



**2019 KONFERENCE**

—

**25 LET FAKULTY DOPRAVNÍ**

**25**

**FAKULTA DOPRAVNÍ  
ČVUT V PRAZE**

**1993 – 2018**

**SBORNÍK PŘÍSPĚVKŮ**

# 2019 KONFERENCE – 25 LET FAKULTY DOPRAVNÍ

**PRAHA, 24. 1. 2019**

**ISBN: 978-80-01-06545-7**



**FAKULTA DOPRAVNÍ  
ČVUT V PRAZE  
1993 – 2018**

Konference – 25 let Fakulty dopravní 2019

Copyright © České vysoké učení technické v Praze Fakulta dopravní, leden 2019  
Všechna autorská práva textu jsou vyhrazena. Není dovoleno kopírování, rozdělování a veřejné šíření textů,  
ani žádné její části bez vědomí editora.

Autor (editor): Ing. Jiří Růžička

Grafika: Jakub Kuchař

Název díla: 2019 Konference – 25 let Fakulty dopravní

Vydalo: České vysoké učení technické v Praze

Zpracovala: Fakulta dopravní

Kontaktní adresa: ČVUT v Praze Fakulta dopravní, Horská 3, 128 03 Praha 2

Tel.: +420 224 359 003

Tisk: pouze elektronicky - online

Pořadí vydání: první

## 25LETÉ VÝHLEDY ČVUT V PRAZE FAKULTY DOPRAVNÍ

Je mou milou povinností uvést tento sborník ČVUT v Praze Fakulty dopravní k završení oslav 25 let nikoliv slovy k historii fakulty, ale naopak úvahou k její budoucnosti. Pokud by to mělo být na období podobně k naší oslavě, tedy na dalších 25 let, je to velmi krásná představa více než sedmi tisíc budoucích absolventů, specialistů a expertů v dopravním oboru.

Čeká nás jistě zázemí jedné fakultní budovy v Praze, v moderním univerzitním kampusu Českého vysokého učení technického, která bude podporovat synergií spolupráce s ostatními fakultami. Můžeme se těšit na krásné a plně funkčně vyhovující prostory s posluchárnami a učebnami, vědeckými laboratořemi a všeobecným zázemím hodného univerzitního pracoviště. Neméně důležitá jsou pracoviště v regionech, reprezentující fakultu po všech stránkách odborné činnosti.

Institucionální akreditace umožní flexibilní přípravu společných mezifakultních i mezinárodních studijních programů a specializací, které budou rozvíjet a doplňovat výuku našich primárních dopravních programů. Významným podílem budou na fakultě zastoupeni zahraniční studenti a akademičtí pracovníci, využívající dostupných mobilitních programů, ať už v rámci vzdělávání či projektů vědy a výzkumu.

Doprava jako vědní obor bude nadále na fakultě rozvíjena po všech stránkách systémového pojetí, technického a technologického vývoje i celospolečenského významu. Ve spolupráci s národními i zahraničními partnery je věda a výzkum primárním pilířem fakultních aktivit, jež nalézají široké uplatnění v profesní praxi i obcích a městech.

Stabilní finanční zázemí univerzity i fakulty společně s optimální a účinnou administrativou položí základ pro cílený strategický rozvoj a efektivní operativní řízení.

Věřím a těší mě, že budu součástí této budoucnosti.

**Pavel Hrubeš**



LAUREÁTI VÝROČNÍ PLAKETY 25LET FAKULTY DOPRAVNÍ ČVUT V PRAZE, UDĚLENÉ DĚKANEM FAKULTY DOC. PAVLEM HRUBEŠEM ZA ZÁSLUHY SPOJENÉ S ROZVOJEM A PODPOROU FAKULTY:

**prof. Ing. Milan Dado, PhD.**

**prof. Ing. Jiří Dunovský, CSc., IWE.**

**prof. MUDr. Josef Faber, DrSc.**

**doc. Ing. Daniel Hanus, CSc.**

**prof. Ing. Josef Jíra, CSc.**

**prof. Ing. Alica Kalašová, PhD.**

**doc. Ing. Bohumil Kubát, CSc.**

**prof. Ing. Milan Lánský, DrSc.**

**prof. Ing. Jiří Máca, CSc.**

**prof. Ing. Jan Macek, DrSc.**

**prof. Ing. Vlastislav Mojžíš, CSc.**

**prof. Ing. Petr Moos, CSc.**

**doc. Ing. Ivan Nagy, CSc.**

**prof. Ing. Jaroslav Nosek, CSc.**

**prof. Ing. Mirko Novák, DrSc.**

**prof. Ing. Emil Pelikán, CSc.**

**doc. Ing. Rudolf Pohl, CSc.**

**doc. Ing. Antonín Pokorný, CSc.**

**prof. Ing. Pavel Příbyl, CSc.**

**prof. Ing. Václav Skurovec, CSc.**

**doc. Ing. Petr Slabý, CSc.**

**prof. Dr. Ing. Miroslav Svítek, dr. h. c.**

**doc. Ing. Libor Švadlenka, Ph.D.**

**prof. RNDr. Miroslav Vlček, DrSc.**

**prof. Ing. Zdeněk Votruba, CSc.**

## SEZNAM PŘÍSPĚVKŮ

Title / Author	Paper ID		
<b>Čtvrtstoletí života na Fakultě dopravní</b> <i>Prof. Ing. Petr Moos, CSc.</i>	<b>1</b>	<b>Dopravní plánování ve veřejné dopravě a absolventi Fakulty dopravní ČVUT - výsledky 25 let trvajících sblížení</b>	<b>8</b>
		<i>Ing. Vít Jánoš, Ph. D.</i> <i>Ing. Zdeněk Michl</i> <i>Ing. Michal Drábek, Ph. D.</i> <i>Ing. Jiří Pospíšil, Ph. D.</i> <i>Ing. Milan Kříž</i>	
<b>10 let Ústavu bezpečnostních technologií a inženýrství</b> <i>doc. Ing. Václav Jirovský, CSc.</i>	<b>2</b>	<b>Dopravní sál FD - železniční laboratoř pro výuku i výzkum</b>	<b>9</b>
		<i>Doc. Ing. Martin Leso, Ph. D.</i> <i>Ing. Dušan Kamenický</i> <i>Ing. Petr Koutecký</i> <i>Ing. Adam Hlubuček</i>	
<b>Bezpilotní létající systém Ústavu letecké dopravy</b> <i>Ing. David Hůlek</i> <i>Ing. Slavomír Brázda</i> <i>Ing. Karel Hercig</i> <i>Ing. Martin Novák, Ph. D.</i>	<b>3</b>	<b>External Factors for Forecasting Freight Transport Trends</b>	<b>10</b>
		<i>Ing. Vít Malinovský, Ph. D.</i> <i>Olaf Meyer-Rühle</i> <i>Helena Kyster-Hansen</i> <i>Arne Böhmman</i> <i>Christian Heinrich</i> <i>Sylke Leonhardt</i> <i>Hans Zuiver</i>	
<b>Bloková výuka v oboru Inteligentní dopravní systémy na FD ČVUT</b> <i>Ing. Martin Langr Ph. D.</i> <i>Ing. Jiří Růžička</i>	<b>4</b>	<b>Heterogeneous networking in C-ITS</b>	<b>11</b>
		<i>Ing. Martin Šrotýř, Ph.D.</i> <i>Doc. Ing. Zdeněk Lokaj, Ph. D.</i> <i>Prof. Ing. Tomáš Zelinka, CSc.</i>	
<b>Děčínské pracoviště Fakulty dopravní ČVUT - Vyslanec moderních dopravních věd na severu Čech</b> <i>PhDr. Stanislava Holíková</i> <i>Ing. Ondřej Smíšek</i> <i>Ing. Alexandra Dvořáčková</i> <i>Ing. Martin Scháno</i>	<b>5</b>	<b>Implementace kompresního algoritmu MSC do FPGA</b>	<b>12</b>
		<i>Ing. Jakub Řada</i> <i>Doc. Ing. Vít Vábera, Ph. D.</i> <i>Ing. Tomáš Musil, Ph. D.</i>	
<b>Deset let zkušeností s joint degrees studiem v programu IS na FD</b> <i>Ing. Zuzana Bělinová, Ph. D.</i>	<b>6</b>		
<b>Doprava ve veřejném prostoru</b> <i>Doc. Ing. Josef Kocourek, Ph. D.</i> <i>Doc. Ing. arch. Irena Fialová</i> <i>Ing. Markéta Habalová</i> <i>Ing. Jaroslav Kácovský</i>	<b>7</b>		



<b>International Dual Master Degrees Program in Smart Cities</b>	<b>13</b>	<b>Metodické zabezpečení modelování rozvoje logistických systémů</b>	<b>21</b>
<i>Ruey Long Cheu</i>		<i>Prof. Dr. Ing. Otto Pastor, CSc.</i>	
<i>Doc. Ing. Tomáš Horák, Ph. D.</i>			
<i>Carlos Ferregut</i>			
<i>Prof. Dr. Ing. Miroslav Svítek, dr. h. c.</i>		<b>Mezinárodní výbor pro železniční výzkum UIC IRRB</b>	<b>22</b>
<i>Ing. Petra Skolilová</i>		<i>Doc. Dr. Ing. Roman Štěrbá</i>	
<b>Jak jsme zaváděli strukturované studium</b>	<b>14</b>	<b>Návrh nových zastávkových označků Pražské integrované dopravy</b>	<b>23</b>
<i>Prof. Ing. Zdeněk Votruba, CSc.</i>		<i>Doc. Ing. arch. Karel Hájek, Ph. D.</i>	
<b>Kalibrace elektronických palubních zapisovačů</b>	<b>15</b>	<b>Poplatky za obnovitelné zdroje energie znevýhodňují ekologickou elektrickou trakci na přepravním trhu</b>	<b>24</b>
<i>RNDr. Racek Kerum</i>		<i>Doc. Dr. Ing. Roman Štěrbá</i>	
<i>Ing. David Hůlek</i>			
<i>Ing. Martin Novák, Ph. D.</i>		<b>Role of Transportation in the Procuction Function of the Region</b>	<b>25</b>
<b>Kvantifikace kvality provozu veřejné dopravy v mezizastávkovém úseku</b>	<b>16</b>	<i>Prof. Ing. Petr Moos, CSc.</i>	
<i>Ing. Vojtěch Novotný, Ph. D.</i>		<b>Sledování činnosti mozku během stavu klidu, přemýšlení a ospalosti</b>	<b>26</b>
<b>Laboratoř letecké bezpečnosti - realizovaný výzkum a vize</b>	<b>17</b>	<i>Prof. MUDr. Josef Faber, DrSc.</i>	
<i>Ing. Andrej Lališ, Ph. D.</i>		<i>Prof. Ing. Mirko Novák, DrSc.</i>	
		<i>Prof. Ing. Zdeněk Votruba, CSc.</i>	
<b>Laboratoř lidského faktoru a automatizace v letectví</b>	<b>18</b>	<i>Doc. Ing. Tomáš Tichý, Ph.D., MBA</i>	
<i>Doc. Ing. Vladimír Socha, Ph.D.</i>		<i>Ing. Jindřich Sadil, Ph. D.</i>	
<i>Ing. Lenka Hanáková</i>		<i>Ing. Zuzana Bělinová, Ph. D.</i>	
<i>Ing. Stanislav Kušmírek</i>		<i>Ing. Martin Langr, Ph. D.</i>	
<i>Ing. Michaela Šerlová</i>		<i>Michal Kovaljov</i>	
<i>Ing. Sarah Van Den Bergh</i>		<b>Standard přestupních bodů a zastávek povrchové dopravy PID</b>	<b>27</b>
<b>Laboratoř odbavovacích a informačních systémů</b>	<b>19</b>	<i>Ing. Vojtěch Novotný, Ph. D.</i>	
<i>Ing. Milan Sliacky</i>		<i>Bc. Čeněk Maléř</i>	
		<i>Doc. Ing. arch. Karel Hájek, Ph. D.</i>	
<b>Laboratoř řízení a modelování dopravy</b>	<b>20</b>	<b>Uplatnění elektrochemických akumulátorů v osobní železniční dopravě</b>	<b>28</b>
<i>Doc. Ing. Tomáš Tichý, Ph.D., MBA</i>		<i>Doc. Ing. Jaroslav Opava, CSc.</i>	
<i>Ing. Jiří Růžička</i>			
<i>Ing. Martin Langr, Ph. D.</i>			

<b>Ústav letecké dopravy FD ČVUT v Praze</b>	<b>29</b>	<b>Vývoj inovativní metody k odhalování trestných činů v silniční dopravě s využitím elektronických nehodových dat</b>	<b>34</b>
<i>Doc. Ing. Jakub Kraus, Ph. D.</i>		<i>Ing. Luboš Nouzovský</i>	
<i>Doc. Ing. Peter Vittek, Ph. D.</i>		<i>Ing. Michal Frydrýn, Ph. D.</i>	
<i>Ing. Michaela Šerlová</i>		<i>Doc. Ing. Tomáš Mičunek, Ph. D.</i>	
<i>Ing. Sarah Van Den Bergh</i>		<i>Ing. Zdeněk Svatý</i>	
		<i>Bc. Jakub Nováček</i>	
<b>Ústav soudního znaleství v dopravě K 622</b>	<b>30</b>	<b>Webové aplikace, Big Data a další aktivity ekonomické sekce Ústavu logistiky a managementu dopravy</b>	<b>35</b>
<i>Doc. Ing. Jindřich Šachl, CSc.</i>		<i>Ing. Jan Tichý, Ph. D.</i>	
<i>Ing. Martin Kobosil</i>		<i>Doc. Ing. Zdeněk Říha, Ph. D.</i>	
		<i>Ing. Mgr. Václav Baroch, Ph. D.</i>	
<b>Vliv konstrukce koleje na emise hluku z železniční dopravy</b>	<b>31</b>	<b>Ústavy</b>	<b>36</b>
<i>Ing. Martin Jacura, Ph. D.</i>			
<i>Ing. Tomáš Javořík</i>		<b>Projekty</b>	<b>37</b>
<i>Doc. Ing. Kristýna Neubergová, Ph. D.</i>			
<i>Doc. Ing. Lukáš Týfa, Ph. D.</i>			
<i>Ing. David Vašica</i>			
<i>Libor Ládyš</i>			
<i>Aleš Matoušek</i>			
<b>Využití rozhodovacích tabulek pro návrh koncepce přestupního uzlu</b>	<b>32</b>		
<i>Ing. Martin Jacura, Ph. D.</i>			
<i>Doc. Ing. Lukáš Týfa, Ph. D.</i>			
<b>Využití SHPB a digitální korelace obrazu při testování auxetických struktur zatížených rázem</b>	<b>33</b>		
<i>Ing. Tomáš Fíla</i>			
<i>Ing. Petr Zlámal, Ph. D.</i>			
<i>Ing. Jan Falta</i>			
<i>Ing. Tomáš Doktor</i>			
<i>Ing. Petr Koudelka</i>			
<i>Doc. Ing. Daniel Kytýř, Ph. D.</i>			
<i>Ing. Marcel Adorna</i>			
<i>Jutta Luksch</i>			
<i>Ing. Michaela Neuhäuserová</i>			
<i>Ing. Jaroslav Valach, Ph. D.</i>			
<i>Prof. Ing. Ondřej Jiroušek, Ph. D.</i>			

## Čtvrt století života Fakulty dopravní ČVUT

prof. Ing. Petr Moos, CSc.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Ústav aplikované informatiky v dopravě, FD ČVUT, moospetr@fd.cvut.cz

Při pohledu zpět do historie universitních studií, které se dotýkají oboru dopravy, zaujímá význačné místo osobnost Františka Josefa Gerstnera, osobnost, která se zapsala do více jak třístaleté historie Českého vysokého učení technického vytvořením konceptu technického vzdělávání na tehdejší nejvyšší úrovni.

Rytíř František Josef Gerstner (1756–1832) byl technik a fyzik, univerzitní profesor v Praze. V roce 1785 publikoval F. J. Gerstner astronomickou práci, ve které opravil zeměpisnou délku řady významných evropských měst. Jako uznání za jeho práci jej jmenovala Královská česká společnost nauk svým řádným členem. Jeho přičiněním byla tehdejší Česká stavovská inženýrská škola v Praze přebudována na Polytechniku (1803). Gerstner sám se stal prvním ředitelem a současně profesorem mechaniky a hydrauliky. Soustředil se na otázky aplikované fyziky, zvláště mechaniky. Rozvíjel hydrodynamiku a s tím související vodní dopravu. Zasloužil se o to, aby inženýrské nauky byly úzce spojeny s matematikou a exaktními vědami. V roce 1830 předal Gerstner své přednášky z mechaniky a hydrauliky svému synovi Františku Antonínovi Gerstnerovi, staviteli první železnice nejen v Čechách, ale i v celé kontinentální Evropě. Na pražské Polytechnice například studoval v letech 1867 až 1869 František Křížík — český vynálezce a podnikatel v oblasti elektrotechniky. V roce 1891 vybudoval první tramvajovou trať v českých zemích a v roce 1903 zprovoznil první elektrickou železnici v Rakousko-Uhersku z Tábora do Bechyně. Pokračovatelem Polytechniky se stalo v r. 1920 České vysoké učení technické.

Studium dopravních disciplín po roce 1945 velmi kvalitně poskytovala v Praze Fakulta dopravní ČVUT a později Vysoká škola železniční s úzkými vazbami na ČVUT. Fakulta dopravní byla zřízena od září 1952 původně jako součást ČVUT. Samostatná Vysoká škola železniční zahájila činnost od školního roku 1953/54 v Praze-Karlíně se čtyřmi fakultami: stavební, strojní, elektrotechnickou a dopravní. Měla tehdy 1200 studentů a 20 kateder. Od školního roku 1960/61 byla přemístěna do Žiliny a změnila název na Vysoká škola dopravy a spojov. Dnes je tato slovenská vysoká škola ve světě známa pod svým současným názvem Technická univerzita Žilina.

Necelý rok před rozdělením Československa požádali čeští kolegové ze žilinské techniky Ministerstvo školství o možnost vytvořit v Čechách fakultu dopravní, která by dovolila českým profesorům a docentům vyučovat v Čechách a současně čeští studenti v Žilině začali uvažovat o dokončení studií v Čechách. Řada významných odborníků (pod vedením prof. Milana Lánského, DrSc., prof. Vlastislava Mojžíše, CSc. prof. Ing. Jaroslava Čápa, DrSc. a dalších) získala možnost připravit program nové fakulty na Technické universitě v Pardubicích. Současně v Praze již v říjnu roku 1992 byly připraveny podklady pro akreditaci Fakulty dopravní na ČVUT v Praze. Na pražském ČVUT v té době pracoval na přípravě podkladů pro akreditaci nové fakulty intenzivně tým vysokoškolských učitelů ze Žiliny (do tohoto týmu patřily osobnosti jako: Prof. Ing. V. Svoboda, CSc., Doc. Ing. Rudolf Pohl, CSc., Doc. Ing. V. Tuzar, CSc., Ing. Karel Staněk, DrSc. a další) a tento tým byl doplněn, dle rozhodnutí rektora ČVUT Prof. Ing. Stanislava Hanzla, CSc., pedagogy z ČVUT. Mezi nejaktivnější tvůrce prvního projektu Fakulty dopravní v roce 1992 patřili spolu s kolegy ze Žiliny tehdejší

prorektor ČVUT Prof. Ing. Jaroslav Vlček, DrSc., Prof. Ing. Petr Moos, CSc., Doc. Ing. Bohumil Kubát, CSc., Prof. Ing. František Lehovec, CSc. a řada dalších. Nutno poznamenat, že po získání akreditace na fakultu již v jejím počátku nastoupili vynikající pedagogové a spoluvůrci konceptu práce a strategie nové moderní fakulty – Prof. RNDr. Miroslav Vlček, DrSc (první proděkan pro pedagogickou práci a tvůrce podmínek pro projektově orientovanou výuku), Prof. Ing. Václav Skurovec, CSc., Prof. Ing. Josef Jíra, CSc., Prof. Ing. Mírko Novák, DrSc. a Prof. Dr. Ing. Miroslav Svítek.

Fakulta dopravní ČVUT v Praze získala akreditaci 5. května 1993 a to ve stejný den jako fakulta dopravní Jana Pernera na TU Pardubice. V akademickém roce 1993/94 začalo studovat na Fakultě dopravní v Praze prvních 200 studentů denního inženýrského studia v pátém a prvním ročníku. V roce 1998 vzešlo z Fakulty dopravní ČVUT prvních 70 absolventů. V dnešní době má fakulta přes 1200 studentů a každým rokem je promováno přes 300 dopravních bakalářů a inženýrů. Na fakultě je možno získat i další akademické stupně – Ph.D., Doc. a Prof.

Akademický senát FD ČVUT postupně během čtvrt století zvolil do čela fakulty následující kolegy jako děkany Fakulty dopravní ČVUT: Prof. Ing. Petra Moose, CSc., Prof. RNDr. Miroslava Vlčka, DrSc., Prof. Ing. Josefa Jíru, CSc., Prof. Dr. Ing. Miroslava Svítka, Doc. Ing. Pavla Hrubeše, Ph.D. (současného děkana fakulty)

„Pochopení dopravy jako multidisciplinárního oboru je nutností pro její další udržitelný rozvoj. Posláním fakulty je pak vybavit budoucí generaci inženýrů rozsáhlými znalostmi, a hlavně dovednostmi v řadě oborů, které budou následně v praxi aplikovat a navzájem propojovat,“ řekl nový děkan fakulty dopravní doc. Pavel Hrubeš při zahájení slavnosti ke 25 výročí na jaře tohoto roku. Toto poslání fakulty ještě doplnil předchozí děkan fakulty profesor Svítek slovy: „Fakulta dopravní ČVUT v Praze se již dlouhodobě zabývá problematikou takzvaných chytrých měst a spolupracuje s mnoha významnými partnery. Otázku udržitelného rozvoje považujeme za klíčový obor. Kromě již vyučovaných předmětů a aktuálně řešených projektů, připravujeme ve spolupráci s americkou univerzitou UTEP i nový dual-degree studijní obor Smart Cities.“

Fakulta má unikátní systém projektově orientované výuky. Studenti tak od čtvrtého semestru pracují na konkrétních projektech úzce spjatých s praxí. V rámci této výuky jsou řešena aktuální témata a problematiky z oboru dopravy a telekomunikací. Tento unikátní systém studia dává studentům možnost si vybrat svou specializaci až po absolvování tří semestrů všeobecného studia. Projektově orientované studium se vyznačuje tím, že významná a déletrvající část studia probíhá v rámci řešení reálných projektů. Projekty jsou na technických univerzitách zpravidla zaměřeny na řešení konkrétních technických, ekonomicko–technických nebo socio-technických úloh. Práce jsou vedeny vedoucími pedagogy, kteří mohou působit též v externích společnostech nebo v orgánech státní správy. Organizačně vypadá projektové studium tak, že po absolvování prvního bloku studia v bakalářském studiu jsou studenti rozřazováni do oborů na základě volby projektů. Projekty si studenti vybírají v rámci projektového řízení z nabídky uvedené na webovských stránkách fakulty. <http://www.fd.cvut.cz/pro-studenty/projekty.html>.

Nabídka je mnohem širší, než počet studentů, takže si lze vybrat. Studenti si vybírají tři projekty, kdy pořadí určuje stupeň zájmu. Pokud je o některý projekt velký zájem, mají přednostní právo na zařazení studenti s lepším prospěchem. Na většině projektů pracuje více studentů, takže se studenti učí práci v týmu a organizaci a rozdělení práce.

V současné době na fakultě studuje 1012 studentů ať už v bakalářském, magisterském či doktorském studijním programu. Fakulta je lokalizována nejen v Praze, ale má i detašované pracoviště v Děčíně s plnohodnotnou výukou.

Přestože je Fakulta dopravní jednou z nejmladších na ČVUT, patří její absolventi k těm nejžádanějším na trhu práce v oblastech spojených s dopravou, telematikou a telekomunikacemi. Za svou 25letou existenci vybudovala řadu unikátních vědecko-výzkumných pracovišť, na kterých projektová výuka probíhá, díky kterým je úzce spjata s praxí a podílí se na řešení řady grantových i komerčních projektů.

Například na modelu v Dopravním sálu lze bez rizika negativních dopadů na skutečný provoz nacvičovat technologii řízení železniční dopravy, řešení mimořádných situací, poruchových stavů apod. Dalším z více než 100 studentských projektů je například projekt MOTOSTUDENT, kdy studenti vyvíjí motocykl vlastní konstrukce a zúčastní se s ním mezinárodního klání studentských týmů z celého světa. Ústav letecké techniky využívá letový simulátor, který je dílem studentů a učitelů z tohoto ústavu.

Vedení fakulty i učitelský tým, jakož i ostatní personál fakulty přijal při založení fakulty tezi, že úkolem fakulty není jenom předat odborné znalosti a zkušenosti, ale že je důležité připravit budoucí absolventy ke schopnosti noblesního vyjednávání o odborných problémech jak s odbornou veřejností dopraváků, tak i s laickou veřejností uživatelů služeb dopravy. V této schopnosti noblesního jednání absolventů ČVUT Fakulty dopravní by měl být jeden z hlavních znaků přípravy studentů pro život.

## 10 let Ústavu bezpečnostních technologií a inženýrství

**Doc. Ing. Václav Jirovský, CSc.**

Ústav bezpečnostních technologií a inženýrství;  
Fakulta dopravní ČVUT v Praze, Konviktská 20, 110 00 Praha 1  
jirovsky@fd.cvut.cz

**Abstrakt** Na konci výzkumného programu Evropské unie FP6 byla akcentována důležitost výzkumu i v oblasti bezpečnostních technologií a inženýrství. Bezpečnost se pak stala novou prioritou výzkumného programu FP7 a H2020 a dalších. Fakulta dopravní Českého vysokého učení technického v Praze reagovala na tuto prioritu a potřebnost bezpečnostních specialistů založením nového Ústavu bezpečnostních technologií a inženýrství, vznikem nových oborů studia a rozšířením výuky o bezpečnostní problematiku. Rok 2018 byl desátým rokem existence tohoto nového a perspektivního pracoviště.

**Klíčová slova** bezpečnost, výzkumné programy pro bezpečnost

### 1. Důvody vzniku

Bezpečnost a bezpečí člověka při jeho konání a ochrana před důsledky nepromyšlených lidských aktivit se staly jedním z vůdčích fenoménů výzkumu a vývoje v technologicky zaměřených odvětvích na počátku tohoto století. Tuto skutečnost si uvědomila i Evropská unie a v rámci přípravy 7. rámcového plánu FP7 rozšířila počet priorit na deset, kde jednou z nejvíce sledovaných priorit se stal právě bezpečnostní výzkum. Poptávka po odbornících, zvládajících bezpečnostní technologie, a zejména bezpečnostní technologie životně důležitých síťových odvětví, stále stoupala a mnohé univerzity připravovaly nebo upravovaly své studijní plány, aby vyhověly této poptávce.

Fakulta dopravní, která je svoji povahou cílena na provoz a budování rozlehlých infrastruktur, byla svým studijním zaměřením nejvhodnější fakultou ČVUT v Praze pro vznik moderního studijního oboru zaměřeného na bezpečnostní technologie a inženýrství. Vzhledem k interdisciplinaritě, která své základy na Fakultě dopravní již z principu má, bylo možno předpokládat, že tento obor by mohl být průřezovým oborem pro celé České vysoké učení technické v Praze. Vývoj v této oblasti ukázal, že založení nového oboru a samostatného ústavu zabývající se bezpečnostní problematikou bylo velmi prozíravé a řada následovníků v této oblasti, lokálních i zahraničních, tento krok jenom potvrdila.

Problematika bezpečnosti je interdisciplinárním oborem propojující znalosti technologií s poznáním humanitních věd. V posledních letech pozorujeme stále větší zdůrazňování bezpečného prostředí a bezpečných procesů spojených s fungováním systémů a infrastruktur, na kterých je moderní společnost závislá. Studium úlohy člověka v socio-technologických systémech v současnosti nabývá na důležitosti a stává se jedním z prvořadých úkolů vědy.

### 2. Historie ústavu

Záměr založit v souladu se strategií Fakulty dopravní nový obor „Bezpečnostní inženýrství v dopravě“ se poprvé objevil ve výroční zprávě fakulty za rok 2017, kdy s návrhem specializovaného ústavu přišel tehdejší děkan Fakulty dopravní prof. Ing. Petr Moos, CSc. V souladu s tímto plánem byla Fakulta dopravní přizvána ke spolupráci v rámci skupiny ESRI (European Security Research and Innovation Forum) a byla založena skupina připravující nový studijní obor a vznik nového pracoviště, která se formovala pod záštitou a s přispěním tehdejšího Ústavu informatiky a telekomunikací (K614).

Tato skupina získala v roce 2008 první grantovou podporu, která usnadnila výstavbu nejenom vlastního ústavu, ale i prvotní vybavení laboratoře. Na konci roku 2008 tak oficiálně vzniká nové pracoviště fakulty „Ústav bezpečnostních technologií a inženýrství“ (K623) jehož vedením je pověřen Doc. Ing. Václav Jirovský, CSc., který je později i jmenován vedoucím ústavu.

V roce 2009 byly na základě schválené akreditace otevřeny nové studijní obory – „Bezpečnost informačních a telekomunikačních systémů“ a „Bezpečnost dopravních prostředků a cest“, a to jako magisterské studium s výukou jak v českém, tak i anglickém jazyce. První absolventi byli promováni v roce 2013.

### 3. Strukturální změny

Společně s tím, jak se ústav rozrůstal, bylo nutno jasně specifikovat jednotlivé oblasti zájmu, a tak se postupně nejdříve vydělila výzkumná skupina zabývající se bezpečností informačních systémů a telekomunikací a následovně výzkumná skupina pro oblast bezpečnosti dopravních prostředků a cest. Vzhledem k interdisciplinaritě oboru bylo nutno zajistit nejenom výuku humanitních předmětů souvisejících s bezpečností vlastními silami ústavu, ale i podporu experimentů prováděných jednotlivými výzkumnými skupinami. Tak dochází k další vnitřní diversifikaci ústavu a vzniká menší skupinka složená ze sociologů a právníků, kteří zajišťují výuku v dotčených oblastech. Pro technickou podporu experimentů prováděných odbornými skupinami vzniká ústavní Laboratoř speciálních projektů orientovaná na přípravu jednoúčelových zařízení a pomůcek pro takové experimenty, jako jsou crash-testy prováděné výzkumnou skupinou bezpečnosti dopravních prostředků a cest nebo penetrační testy a vývoj speciálního software pro oblast bezpečnosti informačních a telekomunikačních systémů.

Tato laboratoř speciálních projektů se v průběhu doby vyprofilovala do samostatné výzkumné skupiny, zaměřené zejména na vývoj specifického hardware a software pro dopravu, jmenovitě např. testeru pro mylné jednotky DSRC nebo snímače magnetických signatur vozidel. V souvislosti s evropským grantem CITISENSE a později lokálním grantem TRAFFICSENSNET se laboratoř orientovala na senzorické technologie pro monitorování vlivu dopravy na životní prostředí a s tím související komunikační technologie.

Posledním týmem, který se konsolidoval jako výzkumná skupina v rámci ústavu, byla výzkumná skupina pro kritické infrastruktury, která se zaměřila na širší problematiku bezpečnosti zejména z hlediska krizového zákona. Významnou část v této skupině zaujala výuka předmětů z oblasti krizového řízení nebo managementu a analýzy rizik.

### 3.1 Vývoj v oblasti bezpečnosti informačních a telekomunikačních systémů

Skupina bezpečnosti informačních a telekomunikačních systémů ve spolupráci s Laboratoří speciálních projektů se v roce 2010 začala zabývat velmi významnou oblastí senzorických sítí, ze které později marketing vytvořil zcela nový tržní segment – IoT a Smart City. V současné době je Laboratoř speciálních projektů a výzkumná skupina bezpečnosti informačních a telekomunikačních systémů

českým lídrem v technologii Smart City, o čemž svědčí nejenom dokončené projekty připravené ke komercializaci, ale i samotný zájem měst a obcí o senzorické jednotky pracující s komunikačními technologiemi SigFox, LoRa nebo NB IoT, navržené pracovníky ústavu a komercializované pod názvem AirTracker. Ústav sám byl prvním českým členem mezinárodní aliance LoRa Alliance, úzce spolupracuje s českým providerem sítí SigFox, firmou Simplecell, poskytovatelem připojení NB IoT společností Vodafone a dalšími.

### 3.2 Vývoj v oblasti bezpečnosti dopravních prostředků a cest

Skupina bezpečnosti dopravních prostředků a cest se formovala jako tým orientovaný spíše na automobilovou dopravu, pasivní a aktivní bezpečnost na jedné straně a chování řidiče jako autonomního prvku v celém dopravním systému. I když z počátku její činnost konkurovala některým aktivitám ostatních ústavů, zejména v oblasti pasivní bezpečnosti, posléze se profilovala jako skupina hledící na bezpečnostní prvky dopravního systému celostně. To vedlo zcela přirozeně ke studiu interakce řidič – vozidlo – infrastruktura a později ke vstupu do nyní často diskutované oblasti autonomních vozidel. Ústav v této oblasti zaujímá poměrně významné místo jak v oficiálních lokálních aktivitách koordinovaných Ministerstvem dopravy tak v mezinárodních uskupeních jako je např. EARPA. Za přínosné lze rovněž považovat úzkou spolupráci v této oblasti s pracovišti Fakulty strojní ČVUT v Praze, zejména pak s Ústavem automobilů, spalovacích motorů a kolejových vozidel, která vyústila v participaci na Centru kompetence automobilového průmyslu Josefa Božka. Problematika autonomních vozidel je pracovníky ústavu sledována dlouhodobě a mezinárodní ohlasy svědčí o vysoké kvalitě výzkumu v této oblasti.

Podobně jako v případě výzkumné skupiny bezpečnosti informačních a telekomunikačních systémů, i v tomto případě se prokazuje výhoda spolupráce s vývojovým pracovištěm – Laboratoří speciálních projektů. Pro analýzy chování vozidel během provozních zkoušek nebo chování řidiče a jeho stylu jízdy byl na základě zkušeností se zahraničními měřicími přístroji vyvinut vlastní systém CarScout. Jeho nespornou výhodou je, oproti zahraničním přístrojům, že vytváří na vozidle senzorickou síť komunikující po vlastní síti WiFi a zajišťující synchronizaci práci jednotlivých senzorů v řádu 10<sup>-5</sup> [s]. Systém je modulární a může být sestaven podle potřeb daného měření.

### 3.3 Ostatní oblasti zájmu

Významným přínosem ústavu jsou rovněž aktivity pracovníků ústavu ve dvou výrazně interdisciplinárních oborech

- ochrana kritických infrastruktur,
- používání pokročilých technologií extrémistickými skupinami.

Prvním významným projektem z oblasti kritických infrastruktur byl evropský projekt FOCUS, který popisoval bezpečnostní scénáře, cestovní mapy a znalostní platformu založenou na informačních technologiích pro předvídaní scénářů. Následovaly drobnější projekty z této oblasti a zejména spolupráce s praxí – např. studie bezpečnosti atomové elektrárny ve Vietnamu apod. Uvedené projekty byly velmi individuální a i přes mnohdy velmi zajímavé výsledky a poznatky se nerozvinula bližší spolupráce mezi výzkumnou skupinou zabývající se ochranou kritických infrastruktur a ostatními výzkumnými skupinami.

Za významný průlom lze považovat první evropský projekt ISDEP, zabývající se radikalizací extrémistických skupin, zejména prostřednictvím pokročilých technologií, a následující TRANSRAD, oba projekty zaměřené na školení a výuku specialistů v uvedených oblastech. Další projekt DERAD vyvolal významnou spolupráci mezi členy ústavu zabývajícími se informačními technologiemi a skupinou pracující na zmíněných bezpečnostních projektech a následující tvorbu e-learningové výukové platformy. Ta se ukázala jako úspěšná, což potvrdily následující projekty TRAINING AID, J-SAFE a zejména JP-COOPS – EU, který umožnil networking mezi soudními, policejními a akademickými institucemi a transfer znalostí z oblasti kybernetické kriminality a terorismu. Vyvinutá platforma HERMES má dnes přes 2000 uživatelů a byla oceněna italským ministerstvem spravedlnosti

Za dobu existence ústavu bylo podáno celkem 153 projektů a dotace z grantů, projektů a ekonomické činnosti přinesly fakultě celkem 166 mil. Kč.

### 4. Výuka

Zatímco efektivita ústavu ve vědecké sféře a komercializaci výsledků je významná, objem výuky realizované ústavem je relativně malý. To je dáno několika faktory. První z nich je poměrně obtížné studium příslušného bezpečnostního oboru pro studenty, kteří spíše hledají snadnější průchod studiem, než vlastní obohacení znalostmi. Druhým faktorem byla změna, kterou senát fakulty omezil minimální počet studentů v oboru, což bylo vztaženo i na nově otvírané obory. To vedlo k tomu, že obory nebyly otevřeny pro malý počet zájemců a časem i k propadnutí akreditace oborů.

Nicméně ústav si zachoval výuku bezpečnostní problematiky v ostatních oborech, vyučovaných jak v českém tak i anglickém jazyce, jako jsou „Management a analýza rizik“, „Security v letecké dopravě“ nebo „Information security“. Rozšířili jsme také nabídku povinně volitelných a volitelných předmětů, kde lze nalézt tak nezvyklá témata jako „Vyjednávání a spolupráce“ nebo „Akustika a elektroakustika v dopravě“. V současné době, podle seznamu předmětů na webových stránkách fakulty, ústav nabízí celkem 13 předmětů v bakalářském, 27 předmětů v magisterském a 5 předmětů v doktorském studiu. Bakalářské a magisterské projekty jsou vypisovány pro všechny obory a v současné době je k dispozici 47 projektů, každý projekt v průměru pro tři studijní obory. Studenti všech studijní směrů mohou použít pro přípravu projektů Laboratoř speciálních projektů, instalovanou měřicí techniku a stroje, vše pod dozorem zkušeného člena laboratoře.

Podklady pro přednášky jsou pravidelně zveřejňovány na vlastním e-learningovém systému ústavu <https://moodlek623.fd.cvut.cz/>, další informace ke studiu a obecně o ústavu jsou na webových stránkách ústavu <https://security.fd.cvut.cz/> nebo na sociální síti ústavu <https://www.facebook.com/ubtifdcvut/>, která má ke konci roku 2018 celkem 6 123 „lajků“.

### Zdroje

- Výroční zpráva Fakulty dopravní ČVUT v Praze za rok 2007, ČVUT Praha 2008
- Výroční zpráva Fakulty dopravní ČVUT v Praze za rok 2008, ČVUT Praha 2009
- Výroční zpráva Fakulty dopravní ČVUT v Praze za rok 2009, ČVUT Praha 2010



## Bezpilotní létající systém Ústavu letecké dopravy

Ing. David Hůlek<sup>1</sup>  
Ing. Slavomír Brázda<sup>2</sup>  
Ing. Karel Hercík<sup>3</sup>  
Ing. Martin Novák, Ph.D.<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Ústav letecké dopravy, Fakulta dopravní, České vysoké učení technické v Praze; Horská 3, 128 03, Praha 2; hulekdav@fd.cvut.cz

<sup>2</sup> Ústav letecké dopravy, Fakulta dopravní, České vysoké učení technické v Praze; Horská 3, 128 03, Praha 2; alpinek.sb@seznam.cz

<sup>3</sup> Ústav letecké dopravy, Fakulta dopravní, České vysoké učení technické v Praze; Horská 3, 128 03, Praha 2; k.hercik@seznam.cz

<sup>4</sup> Ústav letecké dopravy, Fakulta dopravní, České vysoké učení technické v Praze; Horská 3, 128 03, Praha 2; novakm@fd.cvut.cz

**Abstrakt** Bezpilotní létající systém Ústavu letecké dopravy byl projekt, jehož cílem bylo postavit a dále testovat i jinak využívat UAS (Unmanned Aerial System). Projekt byl rozdělen na několik částí. V první části projektu bylo úkolem vybrat pozorovací a přenosové vybavení jako jsou kamery, termovizní kamera, zařízení pro bezdrátový přenos video signálu aj. Při výběru vhodných zařízení byla použita metoda vícekritériálního rozhodování pomocí rozhodovacích tabulek. V další části projektu bylo řešeno upevnění kamery s možností natáčení do 2 směrů. Třetí část projektu řešila umístění, upevnění a zprovoznění vybraných zařízení na UA (Unmanned Aircraft). Poloha jednotlivých zařízení na UA byla vybrána po zvážení několika parametrů, jako jsou zachování funkčnosti zařízení nebo vliv na vyvážení. Na závěr článku jsou popsána možná využití ústavního UAS.

**Klíčová slova** Bezpilotní létající systém, bezpilotní letadlo, UAS, UA, fakulta dopravní, ČVUT, Ústav letecké dopravy

### 1. ÚVOD

Na Ústavu letecké dopravy při ČVUT v Praze, Fakultě dopravní byl řešen studentský projekt s cílem sestavit a uvést do provozu bezpilotní létající systém schopný manuálního i automatického letu. Bezpilotní systém byl navrhnout pro potřeby ČVUT Fakulty dopravní a mimo jiné má objasnit, zda je možné bezpilotní systémy používat pro náročnější úkoly. Jako příklad lze uvést návratové zařízení pro meteorologické sondy. Výzkum v oblasti náročnějšího využití UAS může ukázat, zda je možné tato zařízení bezpečně a efektivně využít k těmto úkolům. Než se ovšem může rozběhnout výzkum i užívání UAS, musí se nejdříve sestavit a vybavit potřebným vybavením jako jsou video kamera, FPV (First Person View) brýle, termovizní kamera, video vysílače a přijímače, OSD (On-Screen Display) a další. Dále bylo nutné vybrat zařízení upevnit na UA tak, aby nenarušila centráž stroje a zároveň si zachovala svou funkčnost. Po upevnění bylo nutné zařízení navzájem propojit a zprovoznit. Jako základ pro UAS byl zvolen RC model vrtulníku. Cílem článku je čtenáře seznámit s průběhem zmíněného projektu a představit práci studentů, kteří studují na Fakultě dopravní.

### 2. VÝBĚR ZAŘÍZENÍ

První bod, který musel být splněn, byl výběr pozorovacích a přenosových zařízení pro bezpilotní systém. Tento výběr byl součástí bakalářských prací studentů podílejících se na projektu [1, 2]. Vybíranými zařízeními byly kamery (běžná i termovizní), testovací minikamera, FPV brýle, Head tracking, autopilot či přenosové

zařízení zajišťující přenos dat a video signálu mezi UA a pozemní stanicí.

Při výběru zařízení byla zvolena metoda rozhodovacích tabulek. Postup byl následující. U každého zařízení se zvolily určité parametry, které byly pro správnou funkci zařízení důležité. Parametrům se přiřadila váha a do tabulky se zaznamenávaly hodnoty vzešlé z násobení váhy a ohodnocení parametrů podle jejich kvality. Tyto hodnoty se sečetly a zařízení s největším součtem bylo vyhodnoceno jako nejvhodnější. V tabulce 1 je uvedena rozhodovací tabulka pro výběr FPV brýlí. Váhy jednotlivých parametrů jsou: Head Tracking a video vstup – 4, cena – 3, rozlišení a úhel pohledu – 2, napájení – 1.

Tabulka 1 – Rozhodovací tabulka pro FPV brýle [1]

název	rozišení	úhel pohledu	video vstup	Head tracking	napájení	cena	celkem
FatShark Dominator	2 - 2	2 - 2	2 - 4	1 - 4	2 - 1	1 - 3	25
FatShark Predator V2, Predator	2	1	2	1	2	1	23
FatShark Base SD	2	2	2	0	2	1	21
FatShark Attitude SD	2	2	2	2	2	0	26
Hubsan FPV virtuální video brýle	1	2	2	0	1	2	21
True 640x480 8ch HeadTrack Video G.	2	2	2	2	2	0	26

Jak je z tabulky 1 patrné, jako nejvhodnější se jeví brýle True 640x480 8ch HeadTrack Video Goggles a FatShark Attitude SD. Brýle od firmy FatShark jsou uzpůsobeny přímo pro použití s RC modelem, tudíž jsou vhodnější než druhé zmíněné. Nakonec, vzhledem k okolnostem a finanční výhodnosti byly použity brýle iWear VR920 (obrázek 1), které již byly v majetku Ústavu letecké dopravy a nebyly využívány. Nevýhodou těchto brýlí je, že jsou určeny pro osobní počítač či notebook. Jejich Head Tracking nekomunikuje s RC ovládním. Proto lze kameru využívat pouze staticky.



Obrázek 1 - FPV brýle iWear VR920 [1]

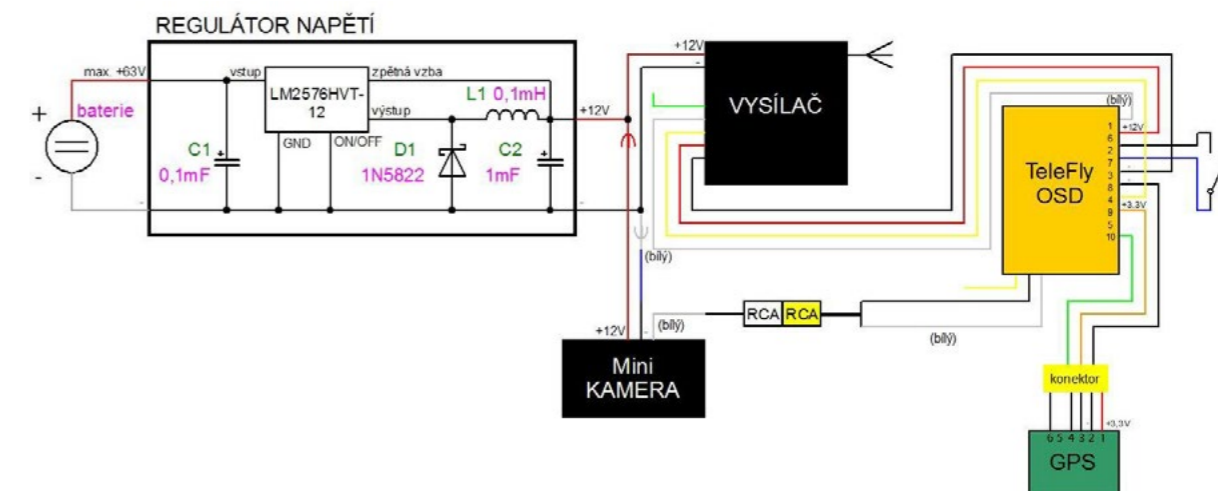
### 3. NÁVRH DRŽÁKUPRO VIDEO KAMERU

Aby se mohla kamera natáčet dle pokynů od FPV brýlí, je nutné, aby byla připevněna k draku UAS pomocí speciálního držáku, který umožňuje otáčení kolem horizontální a vertikální osy. Jako pohonné jednotky byly vybrány elektrické servomotory. Držák je uzpůsoben pro upevnění vybrané kamery (MagiCam SD21) pomocí čtvrtalcového Whitworthova šroubu a je vyroben z duralu. Držák byl navrhnout a vyroben studenty Fakulty dopravní.

### 4. INSTALACE ZAŘÍZENÍ NA UA

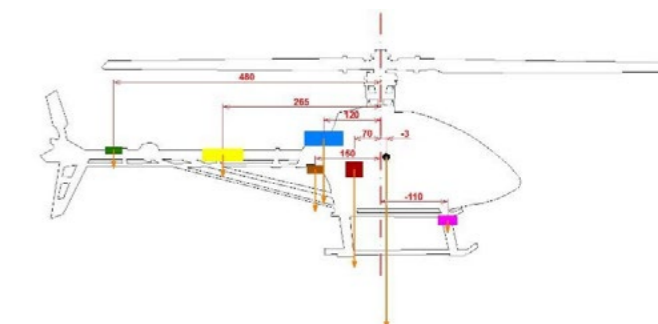
Pořízené vybavení je nutné na UA i na pozemní stanici upevnit a následně jej zprovoznit. Na bezpilotní letadlo se musely připevnit kamery, vysílač a části přenosového systému (GPS modul a OSD). Při výběru vhodného umístění jednotlivých zařízení se brala v úvahu předem stanovená kritéria. Kritéria jsou zachování funkčnosti, dostatečný prostor pro umístění zařízení a vliv na vyvážení vrtulníku.

Přidaná zařízení změnila polohu těžiště. Proto je nutné zkontrolovat, zda se těžiště nachází v povolené centráži. Dovolena centráž byla stanovena experimentálně na základě zkušeností a názoru projektového pilota UA. Podélná centráž je v intervalu -10 mm a +5 mm, příčná pak ±2 mm. Ideální poloha těžiště v podélné rovině je -3 mm, v příčné rovině je nejvhodnější poloha těžiště v ose rotu (0



Obrázek 3 - Schéma zapojení zařízení na vrtulníku [3]

mm). Na obrázku 2 je schematicky znázorněno rozmístění jednotlivých zařízení na používaném UA.



Obrázek 2 – Umístění jednotlivých zařízení na vrtulníku, jednotky jsou v milimetrech [3]

Pro výpočet polohy těžiště byla vybrána tabulková metoda. Princip metody výpočtu nové polohy těžiště je následující. Do tabulky se zaznamenají hmotnosti a ramena od zvolené vztažné roviny, na kterých zařízení působí. Vypočte se moment, kterým zařízení působí na UA, odděleně se sečtou všechny momenty a hmotnost celého UA i s vybavením. Z těchto součtů se vypočítá nová poloha těžiště vzhledem ke vztažné ose [4]. Pokud se nová poloha těžiště nachází mimo dovolenou centráž, je nutné vrtulník vyvážit přidáním závaží nebo přesunem těžkých částí vrtulníku (např. baterie).

Tabulka 2 znázorňuje výpočet nové polohy těžiště po připevnění všech potřebných zařízení. Z tabulky vyplývá, že v podélné rovině se těžiště posunulo mimo dovolenou centráž. Aby se těžiště posunulo zpět do dovolené centráže, je nutné UA vyvážit. To je možné přesunutím těžších částí UA, jako jsou baterie, nebo přidáním závaží.

Tabulka 2 – Tabulka výpočtů změny polohy těžiště [3]

	hmotnost [g]	podélná rovina		příčná rovina	
		rameno [mm]	moment [gmm]	rameno [mm]	moment [gmm]
vrtulník	2 344	-3	-7 032	0	0
minikamera	2	-110	-220	0	0
vysílač	58	120	6 960	0	0
TeleFlyOSD	9	265	2 385	10	90
GPS modul	8	480	3 840	0	0
regulátor napětí	100	70	7 000	30	3 000
kabeláž	30	150	4 500	20	600
<b>celkem</b>	<b>2 551</b>		<b>17 433</b>		<b>3 690</b>
<b>posun těžiště</b>			<b>6,83</b>		<b>1,45</b>

## 5. ZPROVOZNĚNÍ ZAŘÍZENÍ

Na obrázku 3 je schéma zapojení zařízení, která jsou připevněna na bezpilotní systém. K napájení celého systému se používá baterie. Jelikož se používají různě velká napětí, je nutné nejprve upravit napětí tak, aby bylo pro video systém vždy 12 V. Napětí je upraveno pomocí regulátoru napětí. Zpracování videa je následující. Nejprve je pomocí minikamery (popřípadě kamery MagiCam) pořízen obraz. Ten je přiveden do OSD. OSD je zařízení, které do obrazu přidává letová data a zpracovává GPS souřadnice z GPS modulu. Dále jsou data kódována do audio kanálu vysílaného signálu. OSD je vybaveno tlačítkem, které po zmáčknutí uloží současnou GPS polohu jako polohu pozemní stanice. Proto je dobré tlačítko použít v blízkosti pozemní stanice. Signál s video i audio kanálem je poslán do vysílače, který ho moduluje na nosnou frekvenci 5,8 GHz a pošle k pozemní stanici.

Na obrázku 4 je znázorněno zapojení celé pozemní stanice. Video signál modulovaný na nosnou vlnu je přijat přes jednu z antén (směrovou nebo všesměrovou). V přijímači je signál demodulován. Dále je signál poslán přes tracker do driveru. Driver signál dekóduje a z GPS dat a ze svých GPS souřadnic určí polohu UA. Následně do trackeru pošle příkaz, kterým směrem má tracker natočit směrovou anténu. Video signál je z driveru poslán do rozdělovače signálu, který video signál rozdělí na 2 výstupy. Z jednoho výstupu jde signál do grabberu. Grabber je zařízení, které video signál s RCA (cinch) vstupem převede na USB a umožní zobrazit a nahrát video v počítači. Druhým výstupem je video signál přiveden do video převodníku. Převodník má za úkol převést signál z RCA vstupu na VGA výstup. Z tohoto výstupu je signál přiveden do FPV brýlí nebo do monitoru.

## 6. MOŽNÁ VYUŽITÍ UAS

V dnešní době je rámec využití UAS obrovský. Pro zajímavost uvedeme některá z nich, která by mohla fakulta dopravní využít. První a dalo by se říci i nejčastější využití je sledování pomocí video kamery. Pozorovat zle v podstatě cokoliv. Jako příklad uvedeme monitorování dopravy, využití při kontrole perimetru letiště či nádraží, kontrola budov a další. Sledování objektů a okolního prostředí lze provést i v infračerveném spektru pomocí termovizních kamer. Bepilotní systém lze využít i pro transport nákladu. Díky UAS se přeprava na krátké vzdálenosti zrychlí a bude flexibilní. Bepilotní systém je možné použít i v místech nebezpečných pro život. Příkladem může být měření výšky radiace v zamořeném

prostředí či monitoring dopravních nehod spojených s požárem vozidel. Bepilotní systém by teoreticky mohl být využíván i jako návratové zařízení pro jednorázové meteorologické sondy, které se v dnešní době po měření spouštějí na padáku a počet, který se vrátí, je nízký.

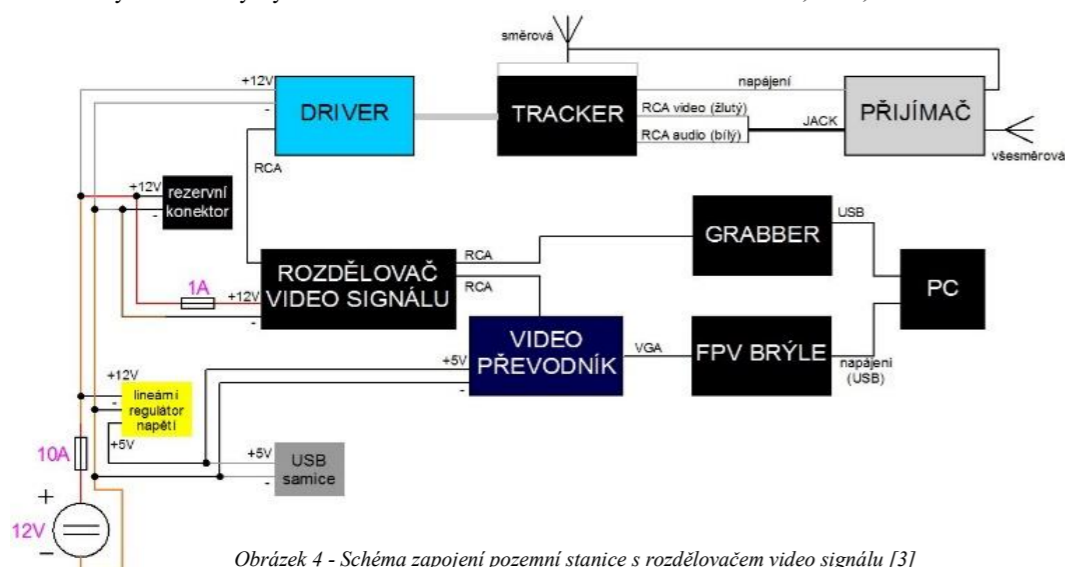
## 7. MOŽNÁ VYUŽITÍ UAS

Využívání UAS se u nás i ve světě rozšiřuje a obecně provoz a využití bezpilotních létajících systémů je rychle se rozvíjející odvětví. Odvětví využívání UAS skrývá velké možnosti a výzkum v této oblasti může přispět k rychlejšímu a efektivnějšímu plnění využití jejich potenciálu. Proto i studenti ČVUT Fakulty dopravní nechtějí zůstat pozadu a přispět svými poznatky k výzkumu v oblasti UAS a jejich využití.

V rámci studentského projektu financovaného ze Studentské grantové soutěže ČVUT byl vybrán a pořízen bezpilotní létající systém schopný manuálního i automatického letu. Dále bylo vybráno, nakoupeno a zprovozněno potřebné vybavení. Celý UAS byl studenty otestován a tím byla ověřena jeho funkčnost. Články, které jsou tomuto článku podobné a také popisují vývoj zmíněného projektu, byly již publikovány v odborných časopisech a na mezinárodních vědeckých konferencích.

### Zdroje

1. HŮLEK, David. *Sledovací bezpilotní prostředek ČVUT FD: Analýza pozorovacích zařízení*. Praha, 2013. Bakalářská práce. ČVUT v Praze, Fakulta dopravní. Vedoucí práce Ing. Martin Novák, Ph.D.
2. HERCIK, Karel. *Sledovací bezpilotní prostředek ČVUT FD: Bepilotní a přenosový systém*. Praha, 2013. Bakalářská práce. ČVUT v Praze, Fakulta dopravní. Vedoucí práce Ing. Martin Novák, Ph.D.
3. HŮLEK, David. *Sledovací bezpilotní prostředek ČVUT FD: Aplikace pozorovacích zařízení*. Praha, 2015. Diplomová práce. ČVUT v Praze, Fakulta dopravní. Vedoucí práce Ing. Martin Novák, Ph.D.
4. SCHORŮ, Jan, Petr ŠUSTEK. *Hmotnost a vyvážení vrtulníky (031 00): Učební texty pro teoretickou přípravu dopravních pilotů dle předpisu JAR-FCL 2*. první. Ludvík Kulčák. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2008, 68 s. ISBN 978-80-7204-597-6.



Obrázek 4 - Schéma zapojení pozemní stanice s rozdělovačem video signálu [3]

# Bloková výuka v oboru Inteligentní dopravní systémy na FD ČVUT

Ing. Martin Langr, Ph.D.<sup>1</sup>  
Ing. Jiří Růžička<sup>2</sup>

<sup>1</sup> K620 – Ústav dopravní telematiky; Konviktská 20, 110 00 Praha 1; langr@k620.fd.cvut.cz

<sup>2</sup> K620 – Ústav dopravní telematiky; Konviktská 20, 110 00 Praha 1; ruzicji4@fd.cvut.cz

**Abstrakt** Obor Inteligentní dopravní systémy (dále jen ITS) vyučovaný na FD ČVUT je v bakalářském studijním programu Technika a technologie v dopravě a spojích vyučován blokově. Blokovaná výuka je jednou ze součástí moderních výukových konceptů, který dlouhodobě funguje např. ve Švédsku. Základním rozdílem oproti klasické výuce probíhající v českých podmínkách je, že se studenti nevěnují většímu množství předmětů najednou, ale naopak se intenzivněji (několik týdnů) zabývají jedním konkrétním předmětem. Princip blokované výuky s sebou přináší výhody i nevýhody. V tomto článku dochází ke zhodnocení zkušeností s blokovanou výukou na FD ČVUT, které byly nabyty v prvních dvou letech od jejího zavedení. Zároveň jsou v závěru článku naznačeny vize a směry, jak tuto alternativní formu výuky v českých podmínkách více podporovat a rozvíjet.

**Klíčová slova** blokovaná výuka, inteligentní dopravní systémy

## 1. INTELIGENTNÍ DOPRAVNÍ SYSTÉMY

V průběhu roku 2014 byly na Fakultě dopravní připravovány reakreditace stávajících studijních oborů v bakalářském studijním programu Technika a technologie v dopravě a spojích. Mezi nimi i studijní obor Inteligentní dopravní systémy.

Nejprve byly zhodnoceny předchozí studijní plány a zkušenosti s jejich realizací. Závěrem bylo, že obor je ovlivněn jistou historickou zátěží, zejména v podobě v minulosti prováděné úpravy studijních plánů ze 4 na 3leté studium a také ne zcela vhodně řešené návaznosti na některé předměty navazujícího magisterského oboru stejného zaměření. Zástupci hlavních ústavů podílejících se na výuce oboru se shodli, že stávající podoba oboru není vhodným výchozím bodem a je třeba připravit studijní plány oboru ITS zcela od začátku. Vznikla tedy základní vize přípravy oboru, která spočívala zejména v důsledném dodržení postupu dle pedagogických zásad, tedy od detailního popisu požadavků, cílů a záměrů až po formulaci konkrétních tematických oblastí a zajištění jejich výuky prostřednictvím jednotlivých předmětů. Dále to byl důraz nejenom na množství znalostí, ale i na další kompetence, schopnosti a dovednosti studentů. Součástí vize byla i snaha o snížení roztržitosti časové zátěže studentů a pokračování v záměru tvorby „méně větších předmětů“. Východiskem pro přípravu nové podoby studijních plánů bylo několik. Ta základní se samozřejmě týkala celofakultních požadavků na tvorbu studijních plánů, které spočívaly zejména ve společné skladbě prvních 3 semestrů výuky a dále pak výuka jazyků, povinné volitelných předmětů a studentských projektů. Mezi východiska se velmi brzy přidala i představa o možné formě blokované výuky hlavních oborových předmětů. Tato forma výuky totiž umožnila řešení celé řady záměrů. Zejména snížení počtu předmětů a roztržitosti oboru. Zároveň šlo o formu výuky, kterou velice kladně hodnotili studenti studující na partnerské univerzitě ve švédském Linköpingu, kde s ním mají dlouholeté zkušenosti.

## 2. CÍLE A PRINCIPY BLOKOVÉ VÝUKY

Příprava akreditace oboru se tedy stala i ideální příležitostí pro zamýšlení nad organizací výuky a jejími využívanými formami a metodami. Především pak nad návrhem zavedení tzv. blokované výuky (či výuky v blocích). Blokovanou výukou je myšlena taková organizace výuky, kdy nejsou všechny předměty vyučovány paralelně v průběhu celého semestru, ale postupně za sebou. V každý okamžik v průběhu semestru tak mají studenti nižší počet předmětů, kterým se tak mohou věnovat s vyšší efektivitou. Modelů blokované výuky existuje celá řada. Například v případě středních škol (především v USA) je využívána řada propracovaných modelů, jak předměty do jednotlivých bloků uspořádat. V prostředí vysokoškolského vzdělávání lze také nalézt řadu příkladů. Nedají se však jednoduše shrnout do jednoduchých doporučení či schémat. Každá univerzita s výukou v blocích pracuje dle svých potřeb. V prostředí ČR není snadné nalézt konkrétní příklady. Ve většině případů jde spíše o blokovanou výuku okrajových kurzů či ojedinělých předmětů většinou mimo standardní rozvrh. V případě ITS však bylo cílem využití blokované výuky jako základního stavebního kamene oboru.

Blokovaná výuka organizuje den do méně četných, ale zato delších časových period umožňujících zvýšení flexibility vzdělávací činnosti. Obecně je cílem organizování tohoto druhu výuky zlepšení akademických výsledků studenta. Třídy blokované výuky bývají méně početné a jsou více směřovány na zapojení studentů do výuky různými výukovými formami a metodami.

Blokovaná výuka s sebou přináší řadu výhod, ale samozřejmě také některá rizika, se kterými je třeba počítat a řádně se na ně připravit. Mezi nejvýznamnější výhody blokované výuky lze zařadit zejména:

**Lepší vyučování a vzdělávání** – díky delším blokům má vyučující více času k naplnění studijních plánů a možnost vyzkoušet probranou látku se studenty v praxi. Více času umožňuje také rozvoj různých projektů, zahrnout do výuky více tvořivosti a zapojit studenty více do různých školních aktivit.

**Schopnost zaměřit pozornost** – studenti i učitelé mají možnost se zaměřit na méně témat a prozkoumat je do větší hloubky.

**Snížení roztržitosti výuky** – omezení frekvence přecházení studentů mezi učebnami (pozdních příchodů, apod.)

**Posílení mezilidských vztahů** – nižší počet předmětů, které jak vyučující tak studenti navštěvují, přináší možnost budovat si silnější mezilidské vztahy, které jsou rovněž nedílnou součástí akademického úspěchu. Vyučující mají možnost lépe poznat zájmy studentů, což jim umožní připravit výuku lépe odpovídající požadavkům studentů.

**Spolupráce vyučujících** – organizace blokované výuky poskytuje vyučujícím delší časové období, ve kterém si mohou sdílet své nápady, strategie, pořádat porady, apod.

**Zvýšení úspěšnosti studentů** – výzkumy prokazují zlepšení hodnocení studentů, mj. se snižuje počet studentů opakujících předměty.



Oproti tomu mezi rizika blokové výuky patří:

**Neuchování probrané látky** – vyšší množství probrané látky může pro některé studenty nést riziko neuchování všech informací, neboť preferují postupné probírání souvisejících témat.

**Problematické absence** – pokud student nebo vyučující absentuje, přináší to větší problém probranou učivo dohnat z důvodu většího množství látky probrané v rámci jednoho či několika dnů.

### 3. VÝSLEDNÁ PODOBA OBORU ITS

Na základě všech uvedených vizí, podkladů a východisek došlo ve shodě všech dotčených ústavů k výslednému návrhu studijního plánu oboru ITS (tedy oborové části studia ve 4. až 6. semestru). Základem je 9 odborných předmětů, jejichž výuka je organizována blokově. Tyto jsou uvedeny na následujícím obrázku.

4. semestr	5. semestr	6. semestr
<b>Matematické metody</b> 11MAMY K611 3+3	<b>Informační systémy v dopravě</b> 14ISYD K614 2+4	<b>Systémy vozidel a interakce s řidičem</b> 16SVIR K616 3+3
<b>Automatizace a měření</b> 14MAUS K614 3+3	<b>Řízení železniční dopravy</b> 20RIZE K620 3+3	<b>Řízení silniční dopravy</b> 20RISI K620 3+3
<b>Dopravní technika</b> 16DOTE K616 3+3	<b>Telekomunikace a místní sítě</b> 14TAMS K614 3+3	<b>Aplikovaná telematika</b> 20APLT K620 4+3

Obrázek 1 – Struktura odborných předmětů vyučovaných blokově

S jednou výjimkou jsou tyto předměty dotovány celkem 6 hodinami týdně. V praxi blokové výuky jde však reálně (se započtením státních svátků a dalších volných dnů) o necelých 80 hodin za semestr, které jsou realizovány vždy souvisle ve 4 týdnech. To s sebou nese specifické požadavky na tvorbu rozvrhu výuky, které jsou však řešitelné a konkrétní ukázka organizace výuky v závěrečném 6. semestru je na následujícím obrázku.

VÝUKA OBORU ITS - 6. SEMESTR														
Plán výuky v průběhu semestru														
týden	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
pondělí	-	-	-	-	-	-	-	-	-	SSv	-	-	-	-
úterý	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
středa	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	SSv	SSv	RD	6
čtvrtek	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	DD	6	6	6
pátek	-	-	-	-	-	-	-	-	SSv	-	-	-	-	-
Rozvrh hodin														
hodina	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
pondělí														
úterý														
středa														
čtvrtek														
pátek														
20RISI	mísnost K404			zahájení výuky 19. 2. 2019										
16SVIR	mísnost B302			zahájení výuky 19. 3. 2019										
20APLT	mísnost K404			zahájení výuky 16. 4. 2019										

Obrázek 2 – Organizace výuky oboru ITS v 6. semestru

Jak již bylo naznačeno, 9 základních odborných předmětů je doplněno o výuku dalších předmětů, na které se nevztahuje forma

blokové výuky. Ty nejsou v rozvrhu na uvedeném obrázku uvedeny. Významná je nabídka povinně volitelných předmětů, kterými si studenti mohou dotvářet odborné zaměření celého studia. V rámci oboru si studenti vybírají 5 takových předmětů. Z pohledu oboru jsou důležité zejména 2 z těchto předmětů, které si studenti zapisují povinně. Jedná se o předměty Elektrotechnická kvalifikace a Aplikovaná elektronika. Díky nim studium celého oboru ITS naplňuje požadavky elektrotechnického vzdělání, které bylo v rámci akreditace potvrzeno a které studentům umožňuje následné získání elektrotechnické kvalifikace. Ta může být významným benefitem při uplatnění u řady zaměstnavatelů na trhu práce.

### 4. ZKUŠENOSTI S BLOKOVOU VÝUKOU

Bloková výuka v oboru ITS momentálně běží už třetím rokem. Z předchozích dvou let je postupně monitorována zpětná vazba jak ze strany jednotlivých vyučujících i studentů, na základě níž dochází k hodnocení, zda se v oboru daří naplňovat vytyčené cíle blokové výuky. Je nutné ale zdůraznit, že tato zpětná vazba může být velmi subjektivní, založená na zkušenostech a pocitech konkrétních jednotlivců, při čemž ji nelze zcela objektivizovat. Jednotlivé vyučované bloky se často vyznačují specifickým charakterem, nelze proto najít univerzální návod, jak k výuce přistupovat. Vyučující jsou až na výjimky s blokovou výukou spokojeni, kladně hodnotí především větší vzájemnou interakci se studenty a možnost řešit intenzivněji a hlouběji konkrétní problematické úkoly, které na sebe často navazují, či možnosti naplánování zajímavých exkurzí během hodin výuky. Zároveň je však nutné poukázat na fakt, že organizace jednotlivých předmětů je pak časově náročnější a vyžaduje ze strany vyučujících pečlivější přípravu. Obecně pak blokovou výuku oceňují více vyučující těch bloků, u nichž dochází k častějšímu střídání vyučujících v průběhu dne, což obecně pomáhá k lepšímu soustředění a udržení pozornosti ze strany studentů a menšímu vyčerpání ze strany vyučujících.

Absolventi blokové výuky si tento koncept většinou pochvalují zejména z důvodu menšího množství předmětů, které jsou však vyučovány intenzivněji. Tím dochází k lepšímu pochopení a prohloubení látky. Dále pak kladně hodnotí množství exkurzí a ukázky přímé spolupráce s praxí, které považují za hodnotnější než velké množství teoretických přednášek. V neposlední řadě hodnotí kladně také možnost absolvovat předmět ihned po ukončení bloku, čímž tato starost odpadá ve zkušebním období daného semestru, dále pak konec nutnosti přejíždění mezi jednotlivými budovami Fakulty dopravní, či převážně lepší komunikaci s jednotlivými vyučujícími. Samozřejmě poukazují i na neduhy blokové výuky jako např. slabší soustředění na mluvený projev jednoho vyučujícího po dobu šesti vyučovacích hodin, dále že někteří vyučující výuku končí dříve, a tak není zcela naplňován potenciál blokové výuky. Dále zmiňují problematiku dlouhodobějších absencí na blokové výuce, kdy může dojít k situaci, že student ztratí přehled o probírané látce a následně je pro něj těžší se látku doučit.

Na základě jmenovaných zkušeností lze konstatovat obrovský potenciál blokové výuky, který bude naplněn pouze za předpokladu, že na sobě jednotliví vyučující budou neustále pracovat.

### 5. STRATEGIE BUDOUCÍHO ROZVOJE

Na základě jmenovaných zkušeností s blokovou výukou byly vytyčeny čtyři stěžejní strategické cíle budoucího rozvoje blokové výuky na Fakultě dopravní, resp. v českých podmínkách obecně. Prvním obecným strategickým cílem je větší propagace samotného konceptu. Tato propagace vyžaduje nejen dobré vysvětlování cílů blokové výuky, ale také vysokou trpělivost při zavádění konceptu do praxe. Jedná se přeci jen o poměrně velkou změnu oproti standardní výuce, na kterou je většina vyučujících zvyklá a do jisté míry jim

vyhovuje. V kombinaci s klasickou výukou na FD je pak organizace blokové výuky procesně náročná.

Druhým strategickým cílem je pak zapracování na větší konzistenci jednotlivých bloků a lepším pochopení návaznosti jednotlivých předmětů mezi sebou a dále na návaznosti látky v předmětech samotných.

Třetím strategickým cílem pak je zapracování na lepším využití časového potenciálu blokové výuky, tedy efektivněji využívat časový prostor určený pro výuku a více střídat jednotlivé vyučující.

Čtvrtým strategickým cílem je postupné budování a zavedení konceptu blokové výuky v navazujícím magisterském studijním programu. Je ale nutné konstatovat, že naplnění tohoto cíle naráží na poměrně velké vnitřní omezující podmínky FD (především se jedná o současné časové požadavky vyučujících).

V dlouhodobějším časovém horizontu by pak od absolventů bylo dobré získat zpětnou vazbu přímo z praxe, např. zda jim možnosti blokové výuky lépe pomohly uchytit se ve stávajícím zaměstnání, zda výběr jednotlivých bloků ve studijním plánu je/není navržen optimálně, a tuto zpětnou vazbu reflektovat při dalších reakreditacích.

### Zdroje

- Langr M.; Akreditace bakalářského oboru ITS; interní dokument ústavu K620; 2014
- Růžička J.; Zápis ze schůze hodnotící blokovou výukou se záměry do budoucna 09/18



## Děčínské pracoviště Fakulty dopravní ČVUT - Vyslanec moderních dopravních věd na severu Čech

PhDr. Stanislava Holíková<sup>1</sup>  
Ing. Ondřej Smíšek<sup>2</sup>  
Ing. Alexandra Dvořáčková<sup>3</sup>  
Ing. Martin Scháno<sup>4</sup>

<sup>1</sup> ČVUT v Praze, Fakulta dopravní – pracoviště Děčín; Pohraniční 1, 405 01 Děčín; holiksta@fd.cvut.cz  
<sup>2</sup> ČVUT v Praze, Fakulta dopravní – pracoviště Děčín; Pohraniční 1, 405 01 Děčín; smisek@fd.cvut.cz  
<sup>3</sup> ČVUT v Praze, Fakulta dopravní – pracoviště Děčín; Pohraniční 1, 405 01 Děčín; dvoraale@fd.cvut.cz  
<sup>4</sup> ČVUT v Praze, Fakulta dopravní – pracoviště Děčín; Pohraniční 1, 405 01 Děčín; schanma1@fd.cvut.cz

**Abstrakt** Tento článek představuje děčínské pracoviště od události, které před 23 lety vedly k jeho založení, až po současné aktivity poskytující vysokoškolské technické vzdělání v Ústeckém kraji, stejně jako expertní znalosti směřující region kupředu. Děčínské pracoviště nabízí vzdělání kvalitou srovnatelné s Prahou, oproti té však umístěným v malebné krajině na okraji dvou chráněných krajinných oblastí České středohoří a Labské pískovce. Menší počet studentů a úzká spolupráce se samosprávami okolních měst a obcí umožňuje děčínským studentům řešit reálné problémy tížící jejich okolí, čímž získávají významné kontakty a drahocenné zkušenosti, které jim přímo pomohou do jejich budoucího zaměstnání.

**Klíčová slova** Děčín, pracoviště Děčín, historie, Ústecký kraj

### 1. HISTORIE DĚČÍNSKÉHO PRACOVIŠTĚ

Již od roku 1990 podporovaly místní i regionální iniciativy založení vysokoškolského pracoviště v Děčíně. Na podzim roku 1994 vznikl společný záměr Fakulty dopravní a Fakulty jaderné a fyzikálně inženýrské ČVUT v Praze a Okresního a Městského úřadu v Děčíně zřídit vysokoškolské pracoviště. Hlavním cílem bylo vytvořit možnosti pro růst vzdělanosti v regionu a následně zvýšit nabídku kvalifikovaných pracovních sil, po nichž je v tomto průmyslovém a dopravně významném prostředí trvale vysoká poptávka. Dalším významným krokem pro založení tohoto pracoviště bylo počátkem roku 1995 usnesení Okresního shromáždění, které při schvalování hospodaření rozhodlo o přidělení částky ve výši 20 milionů Kč na zahájení činnosti vysokoškolského pracoviště a rekonstrukci barokní zámecké sýpky na vysokoškolskou kolej. Tato významná regionální podpora směřovaná ve prospěch nově vznikajícího vysokoškolského pracoviště měla za následek to, že byla slavnostně zahájena činnost pracoviště první imatrikulací studentů 28. září 1995. Prvním studijním oborem byla Logistika v dopravě a telekomunikacích, jejichž absolventi získali titul Bc.

Na podzim roku 1996 byla zprovozněna vysokoškolská kolej a tato budova, na jejímž projektu rekonstrukce se podíleli i studenti Fakulty architektury ČVUT, byla oceněna první cenou v soutěži o nejlepší rekonstrukci historického objektu.

Nový název Ústav pro bakalářská studia získalo pracoviště v roce 2000 a v následujícím roce se významně začalo podílet na Strategickém plánu rozvoje města Děčína v oblasti garance vzdělávání a zvyšování kvalifikovanosti populace v regionu. Ve spolupráci s místními velkými průmyslovými podniky jako Alcan Děčín Extrusions s.r.o., Kabelovna Děčín-Podmokly a.s.,

Severočeská energetika a.s. a SCA-Packaging s.r.o. Jilové byl založen Technologický institut jako program celoživotního vzdělávání, který měl za cíl zvýšit vzdělání a kvalifikovanost pracovníků zdejších podniků. Probíhaly zde studijní, motivační a rekvalifikační programy, včetně ECDL a EBCL. Děčínské pracoviště od počátku trvale spolupracuje s organizacemi veřejné správy a samospráv, s podniky a organizacemi v odborné sféře a na koncepčních projektech rozvoje regionu. V roce 2001 byl také zahájen program kombinovaného studia, kam v prvních letech postupně přecházel velký počet absolventů Technologického institutu, kteří tak získali i vysokoškolské vzdělání.

V letech 2003 až 2005 probíhalo ve spolupráci a s podporou nadace Duhová energie budování multifunkčních učeben na koleji Zámecká Sýpka. Tyto učebny byly vybaveny nejmodernějším počítačovým a audiovizuálním vybavením a tím bylo umožněno rozšíření výuky i do této budovy.



Obrázek 1: Budova děčínského pracoviště

V roce 2012 získala Fakulta dopravní příspěvek na podporu otevření Univerzity třetího věku (U3V) pro pražské i děčínské pracoviště. Program v Děčíně byl zahájen kurzem „Člověk a společnost – sociologie všedního dne“. Otevření U3V bylo velmi vřele uvítáno veřejností a hlavně seniory, kteří do té doby, pokud chtěli být v této sféře aktivní, museli dojíždět na Univerzitu Jana Evangelisty Purkyně do Ústí nad Labem. Program U3V se postupně rozšiřoval a dnes má trvale zařazené jazykové a počítačové kurzy a v každém semestru pak nabízíme kurzy jednak pro zájemce o technické obory, jako vývoj elektrických drah či historii dopravy, tak i kurzy s

aktuální společenskou problematikou. Příkladem toho může být kurz „Problematika etnických menšin“, „Evropská integrace v historických souvislostech“ nebo „Politické strany a stranické systémy“.

V roce 2013 byl změněn název na Fakulta dopravní – pracoviště Děčín. Byl to odraz rozvoje a rostoucích ambicí, které se naplno projeví v roce 2015. Tehdy se podařilo zavést dlouho žádané navazující magisterské studium a v září toho roku mohli nastoupit první studenti ke studiu oboru Logistika a řízení dopravních procesů, kteří po dvou letech kombinovaného studia získali titul Ing.

V současné době připravuje děčínské pracoviště budoucí bakaláře a inženýry v oborech Dopravní systémy a technika, Logistika a řízení dopravních procesů a Letecká doprava. Velmi oceňovanou výhodou děčínskému pracovišti je možnost kombinované formy studia vybraných oborů. V prezenční formě studia se stejně jako v Praze uplatňuje projektově orientovaná výuka.



Obrázek 2: Barokní budova zámecké sýpky, dnes vysokoškolská kolej

### 2. SOUČASNOST

Děčínské pracoviště se v posledních letech specializuje hlavně na oblast simulací a vizualizací v dopravě. Díky spolupráci s českými a saskými univerzitami rozvíjíme v této oblasti specializovanou laboratoř včetně moderního modulárního vozidlového simulátoru.

Vozidlový simulátor bude uveden do provozu začátkem roku 2019 a bude poskytovat další zásadní prvek technického a laboratorního vybavení pracoviště. Jeho provoz bude sloužit nejen pro výuku studentů v několika předmětech, ale bude také sloužit dalším rozvíjejícím aktivitám pracoviště napříč ústeckým regionem a příhraničím. Simulátor vzniká z programu Cíl 2 ve spolupráci s WHZ Zwickau. Mezi další přeshraniční aktivity patří projekt H2AC4schools – Závody saských a českých škol PROJETI světa elektromobility s vodíkem. Jedná se o spolupráci ČVUT, VŠCHT a TU Chemnitz do které je zapojeno dále celkem 15 středních škol.

Experti Fakulty dopravní spolu s děčínskými studenty pro firmy a města našeho regionu navrhuji a prověřují řešení dopravně problematických míst, cyklistickou dopravu nebo dopravně inženýrská opatření usnadňující pohyb osob se sníženou schopností pohybu a orientace prostřednictvím závěrečných studentských prací podle zadání jednotlivých městských úřadů, tak i o zapojení odborných kapacit Fakulty dopravní pro řešení důležitých dopravních problémů regionu.

V rámci spolupráce se samosprávami měst a obcí (např. Děčín, Ústí n. L., Beroun, Česká Lípa) jde jak o návrhy řešení dopravně problematických míst, cyklistickou dopravu nebo dopravně inženýrská opatření usnadňující pohyb osob se sníženou schopností pohybu a orientace prostřednictvím závěrečných studentských prací podle zadání jednotlivých městských úřadů, tak i o zapojení odborných kapacit Fakulty dopravní pro řešení důležitých dopravních problémů regionu.

Příkladem může být stále zastoupení děčínskému pracovišti v Dopravní komisi Magistrátu města Děčín, prostřednictvím kterého byl pro město Děčín zpracován virtuální model organizace dopravy v době rozsáhlých uzavírek při výstavbě Vilsnické spojky, hlavního průtahu městem, také bylo zpracováno hodnocení průjezdnosti nově stavěné okružní křižovatky, též součástí Vilsnické spojky, kterým došlo k potvrzení neadekvátních prostorových dispozic této významné křižovatky, výsledkem čehož byla její stavební úprava ještě před uvedením do provozu, čímž se město vyvarovalo mnohem obtížnějšího řešení dané situace, stejně jako dopravních komplikací s ní spojených.

Studenti také spolupracovali na tvorbě virtuálního modelu budovy nádraží v Děčíně a připravovali podklady pro Magistrát města Ústí nad Labem (MmÚ) k problematice autonomních vozidel, na základě kterých byl vznesen MmÚ požadavek na vytvoření studie proveditelnosti U SMART Zone. Vypracování zmíněné studie se chopili zástupci ČVUT z Prahy i Děčína ve spolupráci se společností KPMG Česká republika, s. r. o. Jejím výsledkem bylo navržení takové zóny na území města Ústí nad Labem, která by byla dostatečně perspektivní pro společnosti zabývající se vývojem autonomních vozidel a pokročilých asistenčních systémů, ale zároveň dostatečně bezpečná pro provoz těchto experimentálních vozidel. Mezi další studentské aktivity patří samozřejmě také zpracování dat z monitorování dopravy pro obec v celém regionu.



Obrázek 3: Výuka ve specializovaném centru pro simulaci a vizualizaci

Děčínské pracoviště dlouhodobě spolupracuje s Okresní hospodářskou komorou v Děčíně i s Hospodářskou a sociální radou Ústeckého kraje, jako člen pracovních skupin a člen Výzkumné vzdělávací platformy Ústeckého kraje se podílí na přípravě a zpracování Akčního plánu Strategie hospodářské restrukturalizace Ústeckého kraje.



Pracoviště také rozvíjí vztahy s firmami působícími v regionu, a to jak při exkurzích a besedách pro studenty, tak při zadávání a zpracování závěrečných kvalifikačních prací. V nedávné minulosti lze zmínit spolupráci s firmami z okruhu automotive ze skupiny Valeo, kdy se studenti zapojili do vyhodnocování videozáznamů jízdy vozidel pro vývoj systémů, které budou v budoucnu použity pro řízení autonomních vozidel. Dalším příkladem za pracoviště Fakulty dopravní v Děčíně je spolupráce s firmou Bohemia Cargo Děčín. Ve spolupráci s ní proběhla beseda se zakladatelem firmy v rámci výuky pro 3. ročník bakalářského studia a exkurze studentů.

Do nadregionálních aktivit Fakulty dopravní se zapojuje pracoviště Děčín i v rámci operačních programů přeshraniční spolupráce (Ziel3/Cíl 3 a Česká republika – Svobodný stát Sasko 2014-2020/Cíl 2) pracoviště dlouhodobě spolupracuje s Westsächsische Hochschule Zwickau. V současnosti pracoviště v rámci společného projektu Využití moderní vizualizační a simulační techniky v oblasti dopravních systémů pokračuje v budování a rozvíjení Laboratoře pro simulaci a vizualizaci. Spolupráce se saskými univerzitami však zahrnuje i další aktivity, kterými je například letní dopravní škola, prostřednictvím které se němečtí studenti účastní několikadenního programu zaměřeného na představení pracoviště a jeho činnosti, stejně jako celého regionu.

### 3. POPULARIZACE TECHNICKÉHO VZDĚLÁNÍ

Děčínské pracoviště Fakulty dopravní se dlouhodobě zapojuje do popularizace technického vzdělávání a propagace možností VŠ studia v regionu, a to zejména spoluprací se středními školami.

Děčínské pracoviště se pravidelně prezentuje na veletrhu techniky Technodays, pořádaném Okresní hospodářskou komorou Chomutov. Forma prezentace je zaměřena na atraktivní představení jak možností studia, tak přitažlivá témata z oboru dopravy, jimž je možné se na děčínském pracovišti věnovat, od přednášek na populární témata typu elektromobilita či autonomní řízení, až po stánek se simulátory a ukázkovým motocyklem, který byl předmětem velkého zájmu středoškoláků. Stejně tak se děčínské pracoviště prezentovalo na letošním Veletrhu škol v Děčíně, kde se společný stánek Fakulty dopravní a Fakulty jaderné a fyzikálně inženýrské setkal s velkým zájmem žáků, studentů i jejich rodičů.

Pracovníci a studenti děčínského pracoviště Fakulty dopravní jsou připraveni pořádat odborně popularizační přednášky na dopravní témata přímo na půdě středních škol, které o to projeví zájem. Příkladem mohou být přednášky na téma Měření jízdní dynamiky a zkoušky bezpečnosti vozidel pro Střední odbornou školu stavební a technickou v Ústí n. L. nebo workshopy na téma Elektromobilita a autonomně řízená vozidla pro Vyšší odbornou školu a Střední průmyslovou školu strojní, stavební a dopravní, Děčín. Jsme připraveni pořádat kroužky se zaměřením na simulace a vizualizace v dopravě. V rámci projektu Věda pro život, život pro vědu v letech 2013 – 2015 jsme pro pět středních škol z regionu severozápadních Čech uspořádali mnoho podobných jednorázových přednášek a workshopů. Také jsme si ověřili přitažlivost další formy spolupráce, a to pořádání letních a podzimních škol se zaměřením na atraktivní témata z dopravy. Střední školy tak mohou ve spolupráci s námi uspořádat na půdě ČVUT několikadenní seznamovací kurzy pro své studenty, které kromě zajímavých odborných dílen a soutěží zahrnují i velmi zajímavé exkurze a volnočasové aktivity včetně například raftování po Labi.

V rámci každoročně pořádaného Dne otevřených dveří probíhají rozšířené exkurze pro žáky místních středních a vyšších odborných škol. Středoškoláci si tak každoročně na přelomu ledna a února mají možnost nejen prohlédnout prostory a vybavení, ale také si vyzkoušet tvorbu dopravních modelů a užití SW i HV pro vizualizaci včetně 3D projekcí. V rámci rozšířené exkurze studentů spojené s návštěvou Dne otevřených dveří děčínského pracoviště v roce 2017 byl například speciální workshop Virtuální realita v dopravě, v roce 2018 to byl workshop zaměřený na budování vozidlového simulátoru a možností jeho využití.

Nejen pro středoškoláky, ale pro širokou veřejnost pořádáme podobné popularizační akce, ať už jde o spolupráci na pravidelném cyklu Úterky s vědou nebo o několikahodinový cyklus ukázek, přednášek a workshopů v rámci Noci vědců v říjnu 2018.

Děčínské pracoviště Fakulty dopravní svou činností dlouhodobě dokazuje, že technické vysokoškolské vzdělávání může být atraktivní i v často nedoceneném regionu severních Čech.

## Deset let zkušeností s joint degrees studiem v programu IS na FD

Zuzana Bělinová<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ČVUT v Praze, fakulta dopravní, Ústav dopravní telematiky, Konviktská 20, Praha 1; belinova@k620.fd.cvut.cz

**Abstrakt** Studium v magisterském oboru Inteligentní dopravní systémy (IS) na Fakultě dopravní (FD) ČVUT v Praze bylo od počátku navrženo ve spolupráci se zahraničními univerzitami. Již od roku 2009 proto studují někteří ze studentů formou joint degrees. Od vzniku oboru úspěšně absolvovalo se získáním rovněž zahraničního diplomu na dvě desítky studentů, z nichž někteří měli jako svou domovskou fakultu naši FD, a někteří naopak pocházeli ze zahraničních univerzit. Spolupráce začala se dvěma partnerskými univerzitami, a to Linköping University ve Švédsku (LiU) a University of Applied Sciences Technikum Wien (UAS) v Rakousku. Po devíti letech spolupráce rakouská univerzita v projektu skončila, nyní tedy studium probíhá jen ve spolupráci se švédskou stranou.

Za dobu existence joint degrees studia jsme se museli vypořádat s řadou úskalí souvisejících se studiem ve spolupráci se zahraničními univerzitami – různými termíny, postupy a zvyklostmi na jednotlivých univerzitách tak, abychom ve výsledku dokázali studentům plnohodnotně uznávat veškeré povinnosti absolvované na partnerské univerzitě. Ukázalo se, že pro úspěch studia touto formou je klíčová vůle všech zúčastněných stran s cílem splnit jak všechny zákonné podmínky, tak najít kompromis mezi zvyky jednotlivých univerzit tak, aby studenti mohli absolvovat se získáním diplomu i ze zahraniční univerzity.

Odměnou za vynaložené úsilí je řada velmi úspěšných studentů, kteří například uspěli se svou závěrečnou prací v některé ze studentských soutěží či se po skončení studia uplatnili na mezinárodní úrovni. Absolventi oboru tak někteří pokračovali doktorátem na zahraniční univerzitě nebo třeba pracují na zajímavých pozicích v zahraničí.

**Klíčová slova** spolupráce se zahraničními univerzitami, joint degrees studium, Inteligentní dopravní systémy

### 1. VZNIK A TVORBA OBORU

Vytvořit fungující studijní obor ve spolupráci se zahraničními univerzitami, který studentům nabídne získání diplomu nejen z naší, ale i zahraniční univerzity, je dlouhodobá záležitost. Vznik našeho oboru se váže k evropskému projektu ETNITE, který byl zaměřen na spolupráci evropských univerzit nabízejících vzdělávání v oblasti dopravy. Tento projekt probíhal v letech 2004-2007 a byla během něj navázána spolupráce s řadou univerzit. Z nich se pět univerzit rozhodlo vytvořit společný studijní program. K cíli – fungujícímu oboru, nakonec dospěly univerzity tři – Univerzity of Linköping ve Švédsku, University of Applied Sciences Technikum Wien v Rakousku a ČVUT v Praze. Ostatní univerzity se nebyly schopny vyrovnat s odlišnostmi, které mezi univerzitami v různých státech nevyhnutelně jsou – především se jednalo o nedostatečnou možnost úpravy jednotlivých studijních programů tak, aby byly kompatibilní s ostatními partnery. Pro náš obor jsme totiž zvolili způsob, kdy student nemá předepsán způsob průchodu studiem na jednotlivých univerzitách a volí si je dle svých preferencí, neb jednotlivé partnerské instituce nabízí obdobný studijní obsah. Na Fakultě dopravní obor Inteligentní dopravní systémy teprve vznikl, a proto byl akreditován již ve spolupráci se zahraničními univerzitami

s ohledem na dohodnuté požadavky. Od prvního ročníku studia tohoto oboru zahájeného v akademickém roce 2009/2010 se tak první studenti přihlásili do studia formou joint degrees. Ve spolupráci výše jmenovaných tří univerzit pak studium úspěšně probíhalo po téměř deset let. Bohužel od roku 2017 univerzita ve Vídni přestala obor Inteligentní dopravní systémy nabízet v anglickém jazyce, a proto nebylo možné ve spolupráci pokračovat. V lednu 2018 proto své joint degrees závěrečné práce ve spolupráci s UAS obhajovali poslední studenti. Od této doby studium probíhá funguje pouze ve spolupráci s Linköping university.

### 2. FUNGOVÁNÍ A FINANCOVÁNÍ OBORU

#### 2.1 Princip fungování oboru

Protože výsledného joint degrees oboru se nakonec účastnily jen tři univerzity, bylo možné umožnit studentům libovolnou mobilitu mezi univerzitami. Podmínkou pro mobilitu bylo, že na partnerské univerzitě, kde student usiluje o získání diplomu, musí absolvovat minimálně 30 kreditů (jeden celý semestr) a s omezením, že první dva semestry je nutné vystudovat na jedné univerzitě. Protože všechny partnerské univerzity využívají systém ECTS (European Credit Transfer System), existoval způsob, jak porovnávat náročnost jednotlivých předmětů. Ovšem i za těchto podmínek nebylo jednoduché dosáhnout vzájemné uznatelnosti jednotlivých semestrů, protože jednotlivé předměty se samozřejmě na jednotlivých univerzitách liší. Proto byl vymyšlen způsob, jak kompatibilitu umožnit, a sice snížením rozlišovací úrovně – místo porovnávání jednotlivých předmětů jsme vytvořili tematické moduly o šesti kreditech, na jejichž tématech a umístění v semestrech se shodly všechny univerzity, a naplnění těchto modulů již bylo zcela v kompetenci jednotlivých univerzit. Díky modulu ITS specializace pak měly univerzity možnost uplatnit své odborné specializace bez nutnosti hledat přesný ekvivalent na partnerských univerzitách. Příklad konkrétních předmětů vyučovaných v rámci jednotlivých modulů v době zahájení studia je v tabulce 1.

Moduly Univerzity	Dopravní modelování a simulace	Inteligentní dopravní systémy	Telekomunikace
ČVUT v Praze	◦ Traffic Simulation ◦ Traffic Flow Theory	◦ Telematic Systems and their Design	◦ Telecommunications in ITS ◦ Signals and Codes
UAS Wien	◦ Transport Modelling and Simulation	◦ ITS in Rail, Water and Airborne Transportation ◦ Traffic Telematics	◦ Telecommunications ◦ Mobile Telecommunication and Network Technology
Linköping University	◦ Traffic Planning and Simulation	◦ Intelligent Transport Systems	◦ Mobile Communication

Tabulka 1 – příklad uznávání předmětů

Důležitou součástí je ale nejen vzájemné uznávání předmětů, které se v principu neliší od standardních studentských zahraničních pobytů, ale i tvorba diplomové práce v joint degrees režimu. Diplomová práce, i když je obhajována jen na jedné z univerzit, kde student absolvuje závěrečný čtvrtý semestr, musí splňovat požadavky všech univerzit, kde student studoval. To zaručuje vedoucí diplomové práce z každé z univerzit. Student tak konzultuje svou práci se dvěma (popř. třemi) vedoucími. Jeden z nich je hlavním vedoucím, ale i druhý vedoucí má nezanedbatelné slovo a student musí respektovat jeho požadavky, protože tento vedoucí má zodpovědnost vůči své univerzitě za odpovídající standard závěrečné práce. Zde je třeba uvést, že s kvalitou práce v joint degrees studiu za jeho historii nebyly problémy téměř nikdy, neb studium je v zásadě náročné, a tedy se do něj pouští jen dobří studenti. Naopak dokonce se v průběhu existence oboru našlo několik studentů, kteří se svou závěrečnou prací uspěli v některé z mezinárodních soutěží studentských prací.

Obhajoba závěrečné práce a popř. státní závěrečná zkouška, je pak uskutečněna na univerzitě, kde student studoval čtvrtý semestr, dle pravidel této univerzity. Na tuto obhajobu, je-li to možné, přijíždí i zástupce druhé univerzity, reprezentovaný nejčastěji tamějším vedoucím dotčené diplomové práce popř. tamějším koordinátorem oboru. Koná-li se závěrečná obhajoba na zahraniční univerzitě, je na FD uznávána. Pro toto, i pro uznávání celých semestrů s předepsanými předměty studovanými v zahraničí, bylo třeba na Studijním oddělení vytvořit nové administrativní postupy, protože se jednalo o poněkud odlišný proces než u běžných zahraničních výjezdů.

## 2.2 Financování

Studium formou joint degrees s sebou samozřejmě nese zvýšené náklady, a to jak pro studenty, tak pro partnerské univerzity. Proto jsme několikrát usilovali o podporu v rámci programu typu Erasmus pro joint degrees obory, bohužel jsme toto financování nikdy neobdrželi. Obor tedy od začátku funguje bez finanční podpory pro univerzity, studenti pak platí poplatkem spojený se studiem v joint degrees oboru. Pro vlastní mobilitu mohou využívat standardní výjezdy v rámci programu Erasmus, nyní Erasmus+.

Joint degrees poplatek za studium byl stanoven tak, aby se shodoval s poplatkem na zahraniční univerzitě, a jedná se o částku 500 € za semestr, která pokrývá čistě zvýšené náklady spojené s double degree studiem – výjezdy na obhajoby, více administrativy spojené s uznáváním nejenom předmětů, ale i závěrečných zkoušek a obhajob, atd.

## 3. ABSOLVENTI OBORU

Zájem o studium oboru formou joint degrees je proměnný – některé roky vyjelo do zahraničí třeba i pět studentů, v jiných letech žádný zájemce nebyl. Celkově za dobu existence obor úspěšně absolvovalo na dvě desítky studentů, kteří v rámci studia studovali na ČVUT a získali zde diplom. Z těchto studentů zhruba polovina měla jako domovskou univerzitu ČVUT, zbylí měli domovskou univerzitu na některé z partnerských univerzit. Šesti studentům, z toho třem z ČVUT, se pak povedlo v rámci studia studovat na všech třech univerzitách a dosáhnout tak diplomu ze všech tří univerzit.

Za dobu existence studia bylo samozřejmě i několik studentů, kteří z různých důvodů se rozhodli ve studiu formou joint degrees nepokračovat, třeba i tak, že nakonec celé studium absolvovali na zahraniční univerzitě.

Mnozí z absolventů oboru pak využili svou zahraniční zkušenost a pokračovali v kariéře v některé z evropských zemí – příkladem mohou být studenti, kteří zvolili postgraduální studium na univerzitě v Německu, pokračovali ve spolupráci nastartované během diplomové práce se společností v Rakousku, našli uplatnění v Belgii, a další.

## 4. PRAKTICKÉ ZKUŠENOSTI

Spolupráce s každou z původních partnerských univerzit měla svá specifika. Studium ve Vídni bylo v zásadě podobné studiu na FD – obdobná organizace semestru, obdobný časový harmonogram akademického roku, obdobně organizované státní závěrečné zkoušky.

Naproti tomu je poznat, že studium ve Švédsku je založeno na jiných zvyklostech a tradicích. Rozdíl začíná už v organizaci akademického roku, semestry jsou označovány jarní a podzimní, a výuka začíná i končí dříve, než je obvyklé v našem akademickém roce. Každý semestr je rozdělen na dvě části, některé předměty jsou vyučovány intenzivně jen polovinu semestru, několik vybraných pak probíhá celým semestrem. Obecně je možno shrnout, že ve Švédsku je od studentů vyžadována mnohem větší samostatná činnost a aktivní zapojení. Velká část studia je vyhrazena samostatné práci na projektech namísto kontaktních hodin studia. Tyto projekty pak vzhledem ke své náročnosti mnohdy vyžadují aktivní spolupráci s dalšími studenty, aby bylo možné dosáhnout vytyčeného cíle. Liší se rovněž přístup k diplomové práci. Obvyklé je vypracování práce ve spolupráci s externí firmou. Při vlastní obhajobě práce pak má hlavní slovo vedoucí práce, který mnohdy vyžaduje další doplnění či úpravy práce ještě po obhajobě. Namísto státní závěrečné zkoušky se studenti musí aktivně účastnit jiných obhajob diplomových prací a vypracovat podrobnou oponenturu diplomové práce některého z kolegů, což obvykle vyžaduje důkladné nastudování dané problematiky.

## 5. BUDOUCNOST OBORU

Řada úspěšných absolventů ukazuje, že vzdělání umožňující zahraniční zkušenost se získáním zahraničního diplomu je pro studenty přínosné, a otevírá jim cestu pro uplatnění se na evropském pracovním trhu. Je proto naším cílem pokračovat v joint degrees studijním programu tak, abychom umožnili více studentům tuto zkušenost a zahájení jejich profesionální kariéry. Jelikož v současné době má náš program jen jednoho zahraničního partnera, je nyní úkolem navázáním spolupráce s další univerzitou a tím rozšíření možností, které se studentům otevírají. Tento krok je ale dlouhodobou záležitostí – nejen nalézt universitu se zájmem, ale dospět až do finální fáze fungujícího společného studia má mnohá úskalí. Zatím jsme ve fázi hledání toho správného partnera – bohužel se nám opět potvrzuje zkušenost, že prvotní zájem, i třeba následovaný osobním jednáním, ještě nevede nutně k cíli, a překážek na cestě je celá řada.

## 6. ZÁVĚR

Studium ve spolupráci se zahraniční univerzitou je velice atraktivní možností pro studenty, kteří mají možnost získat kromě zahraniční zkušenosti i vysokoškolský diplom ze zahraniční univerzity. Pro univerzitu je spolupráce se zahraničím také atraktivní, neb získá podrobné informace o fungování vzdělávacího procesu v zahraničí, dochází ke kontaktu se zahraničními odborníky, a vzniká tak prostor pro navázání spolupráce i v dalších než jen vzdělávacích oblastech. Na druhou stranu vytvořit a udržet fungující joint degrees obor vyžaduje především velké odhodlání od všech zúčastněných stran. Otázek, které je třeba vyřešit, formalit, se kterými je třeba se vypořádat je obrovské množství, a bez dobrého vůle zúčastněných univerzit je to nemožné, protože mnoho věcí v zahraničí a u nás prostě funguje jinak. Na druhou stranu, pohled na absolventy, kteří se uplatňují na evropském trhu práce, veškeré úsilí vyvažuje.

## Doprava ve veřejném prostoru

doc. Ing. Josef Kocourek, Ph. D.<sup>1</sup>

doc. Ing. arch. Irena Fialová<sup>2</sup>

Ing. Markéta Habalová<sup>3</sup>

Ing. Jaroslav Kácovský<sup>4</sup>

<sup>1</sup> ČVUT v Praze, Fakulta dopravní, Ústav dopravních systémů, Horská 3, 128 03 Praha 2, kocoujos@fd.cvut.cz

<sup>2</sup> ČVUT v Praze, Fakulta architektury, Ústav urbanismu, Thákurova 9, 166 34 Praha 6, irena.fialova@fa.cvut.cz

<sup>3</sup> ČVUT v Praze, Fakulta dopravní, Ústav dopravních systémů, Horská 3, 128 03 Praha 2, habalmar@fd.cvut.cz

<sup>4</sup> ČVUT v Praze, Fakulta dopravní, Ústav dopravních systémů, Horská 3, 128 03 Praha 2, kacovjar@fd.cvut.cz

**Abstrakt** V akademickém roce 2017/2018 proběhl již třetí ročník mezifakultní spolupráce mezi Fakultou dopravní a Fakultou architektury, ČVUT v Praze. Na tvorbě veřejného prostoru se podílejí různé profese, mimo jiné dopravní inženýři a architekti. Obě profese mají rozdílné cíle, navrhuji veřejný prostor ze svého úhlu pohledu a kladou na něj rozdílné požadavky, které mohou být vzájemně neslučitelné (např. kapacita komunikace a plynulost dopravního proudu oproti pobytové a estetické hodnotě). Tento rozpor lze překonat pouze kompromisem, který je postaven na dialogu obou profesí. Bohužel tento dialog v praxi neprobíhá tak často, jak by mohl. Proto byla započata spolupráce dopravních inženýrů a architektů již na úrovni studentů, kteří ve smíšených skupinách řeší problémy z praxe. Výsledkem jsou veřejné prostory navržené s citem pro estetiku a obyvatelost, které zároveň ve svých parametrech odpovídají skutečným potřebám dopravní obslužnosti. Tato prvotní zkušenost s druhou profesí připravuje studenty na budoucí praxi a dává příslib vzniku kvalitních veřejných prostorů.

**Klíčová slova** veřejný prostor, doprava, spolupráce, urbanismus, pedagogika, město, kvalita života, Fakulta architektury, Fakulta dopravní, ČVUT v Praze, IPR, Praha, Horažďovice, Čakovice

## 1. ÚVOD

Většina velkých měst se v současnosti potýká s přetížením automobilovou dopravou a jejími negativními dopady na město a jeho obyvatele. Ve druhé polovině 20. století byly ulice navrhovány zejména pro uspokojení dopravní poptávky, veřejný prostor by však měl sloužit všem obyvatelům města. Navíc je prokázáno, že další zkapacitňování komunikací vede pouze k indukci další motorové dopravy. Řešení pro města přeplněná auty proto tkví v kombinaci různých opatření, zejména podpoře alternativních druhů dopravy. Spolupráce mezi Fakultou dopravní a Fakultou architektury byla navázána z naléhavé potřeby vzájemného dialogu zástupců obou profesí, které mají vliv na veřejný prostor města – architektů a dopravních inženýrů. Při návrhu veřejných prostor je nutné, aby architekti akceptovali provoz v ulicích a dopravní inženýři pochopili, že ulice mají mnoho jiných funkcí než jen dopravní, zejména pak pobytovou. Základem všeho je diskuze a nalezení kompromisu, akceptovatelného oběma stranami. Z tohoto požadavku vzešel nápad naučit dialogu studenty výše uvedených oborů již v době studia a položit tak základy spolupráce v jejich budoucím profesním životě. K této přelomové spolupráci dochází v magisterském semináři na Fakultě architektury „Urbanismus 6 – Tendence“, jemuž byl dán podtitul Město a mobilita – Vztah dopravy a kvality života. Studenti Fakulty dopravní se předmětu účastní v rámci projektově orientované výuky a problematiku řešenou v semináři pak zpracovávají jako téma svých závěrečných (bakalářských a diplomových) prací. Studenti Fakulty architektury si předmět mohou zapsat jako volitelný.

## 2. METODY

Výuka magisterského semináře Urbanismu 6 – Tendence probíhá ve třetím semestru (zimním semestru) jednou za čtrnáct dní v blocích délky čtyř vyučovacích hodin konaných na Fakultě architektury. Na prvním setkání je studentům představeno téma a nastíněn řešený problém. Studenti vytvoří smíšené skupiny (studentů architektury a studentů dopravy) a na základě vyhledaných podkladů a vlastních průzkumů řešených lokalit postupně zpracovávají jednotlivé úkoly a následně je prezentují před svými spolužáky a pedagogy a dostávají od nich zpětnou vazbu. Obsah všech zpracovaných úloh je nakonec shrnut do jedné velké prezentace před veřejnými představiteli řešené lokality. Studentům Fakulty dopravní spolupráce s architekty poskytuje nadhled nad problematikou, kterou zpracovávají ve svých pracích. Studenti Fakulty architektury pro zdárné zakončení předmětu zpracovávají ještě tištěné portfolio.

Architektům seminář umožní vhléd do dopravního inženýrství a pomůže jim, aby jejich návrhy byly v praxi proveditelné a funkční. Dopravní inženýři, kteří se většinou uchylují k technicistním pohledům na veřejný prostor a řeší pouze dopravní toky, linie a uzly, zase na základě spolupráce pochopí, že veřejný prostor má další funkce, zejména pobytovou, obslužnou, shromažďovací, ale také estetickou.

## 3. VÝSLEDKY [1]

V této kapitole jsou shrnuty výsledky všech tří ročníků spolupráce studentů a pedagogů obou fakult. V každém roce byly řešeny různé lokality, ve všech však byla hlavním problémem doprava. První úloha je většinou teoretická a analytická, na jejím základě pak studenti navrhuji konkrétní opatření a vize.

### 3.1 1. ročník – akademický rok 2015/2016

V prvním ročníku měli studenti dva úkoly. V prvním, teoretickém, úkolu dostala každá skupina téma, které měla na základě nalezených podkladů zmapovat. Témata měly jednoho společného jmenovatele – alternativní řešení dopravy v prostoru města, které snižují její negativní dopady na životní prostředí a lidské zdraví, jsou bezpečnější a mohou být také ekonomicky výhodnější a mít estetickou hodnotu. Druhý úkol studentům přiřadil dopravně i urbanisticky problémové lokality v Praze. Studenti v mezioborové spolupráci analyzovali silné a slabé stránky přidělených lokalit (pomocí SWOT analýzy) a následně navrhovali konkrétní opatření a dispozice veřejného prostoru.

V prvním ročníku spolupracovali studenti Fakulty dopravní pod vedením doc. Ing. Josefa Kocourka, Ph.D., studenti Fakulty architektury pod vedením doc. Ing. arch. Ireny Fialové a MSc. Arch.



Kateřiny Čechové, absolventi UMPRUM pod vedením emerit. prof. akad. soch. Kurta Gebauera a Institut plánování a rozvoje hlavního města Prahy.

#### Vize města budoucnosti

##### 1) Komplexní městské programy

Většinou se jedná o programy na podporu pěší, cyklistické a veřejné dopravy a omezení individuální automobilové dopravy (má je většina evropských měst včetně Prahy). Dále programy na celkové zvyšování kvality veřejných prostor a podpora elektromobility (Barcelona). Patří sem však také více či méně úspěšné vize nových, chytrých a energeticky soběstačných měst zcela bez motorové dopravy (Masdar City, Dongtan).

##### 2) Pěší provoz a prostor pro pěší

Chůze je základní, nejstarší a nejpřirozenější druh dopravy. Prostupnost města pro chodce je velmi důležitý a často opomíjený aspekt při územním plánování. Dobrému plánování pěší dostupnosti může pomoci generel pěších tras. S kvalitním prostředím pro chodce se do veřejného prostoru vrací i pobytová funkce. Čím atraktivnější je prostředí, tím větší vzdálenosti lidé pěšky (aktivním pohybem) překonávají. Příkladem dlouhodobě úspěšné strategie na podporu pěší dopravy jsou města Kodaň, Vídeň, Lyon nebo Freiburg.

##### 3) Opatření na podporu cyklistiky

Jedná se především o cyklostezky, cyklopruhy, cyklopietokoridory a jednosměrky pojižděné cyklisty v obou směrech. Praha všechny zmíněná opatření používá, jejich síť je však zatím malá a nedostatečně propojená. Příkladem měst podporující cyklistickou dopravu je například Kodaň, Amsterdam nebo Berlín, která mají oproti Praze výhodu v podobě lepší geomorfologie, ale také naladění společnosti pro větší používání jízdních kol.

##### 4) Carsharing

Carsharing (neboli sdílení aut) – až u mezi rodinnými příslušníky či známými, nebo využitím služeb specializovaných firem – snižuje dopravní zatížení ve městě, šetří plochy určené k parkování a odstavování vozidel, snižuje spotřebu energie a množství exhalací (jedno sdílené auto může nahradit až deset soukromých automobilů). Napomáhá tak při vytváření kvalitního prostředí pro obyvatele města.

##### 5) Město bez aut

Neustálé uspokojování poptávky po motorové dopravě zvyšováním kapacity komunikační sítě není dlouhodobě udržitelné. K naplňování vize „města bez aut“ (autora J. H. Crawforda) je nutná podpora alternativních způsobů dopravy – pěší, cyklistické a veřejné dopravy. Zavedením poplatků je možné motorovou dopravu postupně redukovat a pro nově uvolněné plochy komunikací a parkovišť najít nové využití. Snižování motorové dopravy napomáhá také koncept „města krátkých vzdáleností“.

##### 6) Snižování dopravy v klidu a omezení vjezdu do center měst

Omezování vjezdu do center měst je prováděno především zavedením poplatků za vjezd, popřípadě i za pohyb v centru města. To je možné pouze při zajištění kvalitní nabídky veřejné dopravy.

##### 7) Alternativní způsoby dopravy – vize budoucnosti

Model Smart City vytváří za použití senzorů inteligentnější městské sítě (dopravní i inženýrské), nakládání s odpady, osvětlení a vytápění budov. Z alternativních paliv má zatím největší podporu elektrický pohon. V budoucnu by mohly být elektromobily také samoříditelné. Do budoucna by se mohl model rozšířit o intenzivnější spolupráci městských samospráv, místních obyvatel a podnikatelů. Smart City by mohlo pomoci samosprávám vypořádat se se změnami klimatu, nedostatkem vody a stárnutím populace.

##### 8) Alternativní uliční profily

Od dříve propagované segregace jednotlivých druhů dopravy se v příhodných lokalitách pomalu přechází na koncept sdíleného prostoru, který oproti segregaci přináší ohleduplnost jednotlivých účastníků provozu a tím přispívá k větší bezpečnosti. Zúžením jízdních pruhů, dlážděnými povrchy, vysazenými chodníkovými plochami, zvýšenými plochami přechodů a zvýšenými křižovatkovými plochami se docílí snížení rychlosti projíždějících vozidel.

##### 9) Dopravní design

Stavby související s dopravou – přístřešky na zastávkách veřejné dopravy, železniční stanice a stanice metra – jsou velmi často standardizovány, navrhovány bez účasti architektů a designérů. Ve městech se také objevuje používání prvků prvotně určených pro extravilán – balisetů (zelených plastových sloupků) – které působí nevkusně.

##### 10) Placemaking – role umění při tvorbě místa (v dopravně zatížených lokalitách)

Umění ve veřejném prostoru je směřováno spíše na chodce, dotváří ráz místa, ale funguje také jako orientace v prostoru. Ve veřejné dopravě se umění uplatňuje na zastávkách, v prostorách nádraží nebo v dopravních prostředcích. U liniových dopravních staveb je možné instalovat umění pro vnímání v pohybu (např. do středového ostrova okružní křižovatky), v prostorech podchodů, nadchodů nebo jako součást konstrukcí (mosty, protihlukové stěny).

#### Analýza, hodnocení a koncept řešení konkrétních pražských lokalit [2]

##### 1) Oblast ulic Vaňkova, V Chaloupkách a Šestajovická

Lokalita se nachází v Praze-Hloubětíně, součástí řešeného území byla ulice Vaňkova a uspořádání prostoru před mateřskou školou, která se nachází na křižovatce ulic Vaňkova a Šestajovická. Jako hlavní problémy lokality studenti identifikovali nedodržování rychlosti, nepřehlednou křižovatku, chaotické řešení dopravy v klidu, úzké chodníky, návaznost pěších cest a chybějící předprostor před mateřskou školou.

Jako řešení studenti navrhli zjednosměrnění ulice Vaňkova, vznikl tak prostor pro podélné parkování doplněné stromy. Pro snížení rychlosti a tím zvýšení bezpečnosti byl navržen zvýšený přechod pro chodce a zvýšená plocha přilehlé křižovatky. Před mateřskou školou byla navržena parkovací stání a zelené valy osazené stromy a doplněné irskými lavicemi.

##### 2) Ulice Plukovníka Mráze v úseku mezi ulicemi Hornoměcholupská a Horolezecká

Řešená lokalita se nachází v Praze-Hostivaři, úkolem bylo uspořádání ulice Plukovníka Mráze. Hlavními nedostatky ulice byly naddimenzované šířky jízdních pruhů, rozlehlé a nepřehledné křižovatky, nedořešené pěší návaznosti a chybějící nebo příliš dlouhé přechody pro chodce.

Ve studentském návrhu byla ulice Plukovníka Mráze zúžena, byly zmenšeny plochy křižovatek, přidány nové přechody pro chodce a nové chodníky. Byla navržena revitalizace parku a nová „zelená“ cesta spojující park a rybník. Na autobusové zastávce Gercenova byly kvůli intenzitám ponechány zálivy (Obrázek 1). Celá plocha před obchodním domem Taškent byla vydlážděna, aby evokovala centrum lokality. Stávající plocha asfaltu činí 9410 m<sup>2</sup>, plocha asfaltových ploch v návrhu je 6028 m<sup>2</sup>, celkově tak ubylo asfaltových ploch o 36 %. [1]



Obrázek 1: Příklad studentského návrhu řešení ulice Plukovníka Mráze – Student ČVUT v Praze, Fakulta dopravní: Michal Koubek, Studenti ČVUT v Praze, Fakulta architektury: Kristýna Svobodová, Zdenka Říhová, Michal Sommer, Jiří Spurný; Sochařka: Lenka Janušková; Urbanismus 6 – Tendence, 2015 [3]

##### 3) Oblast ulic Šárecká, Evropská a Na Vlčovce

Jedná se o lokalitu v Praze-Dejvicích, řešené území je vymezeno ulicemi Evropská, Na Vlčovce a Šárecká. K hlavním problémům patří rozlehlá a nepřehledná křižovatka ulic Šárecká, Kolejní a Evropská, nedodržování rychlosti v ulici Šárecká, parkování rezidentů v jízdních pruzích, nedořešené pěší návaznosti a chaoticky uspořádané parkování ve vnitrobloku.

Ulice Mydlářka a Šárecká byly zjednosměrněny, vznikl tak prostor pro podélné parkování doplněné stromy. Pro snížení rychlosti a tím zvýšení bezpečnosti byly v Šárecké ulici navrženy zvýšené přechody pro chodce. Nepřehledná křižovatka byla zmenšena, na ušetřené prostoru tak mohou vzniknout lokální trhy. Ve vnitrobloku bylo navrženo parkování a byly doplněny mlatové cesty.

##### 4) Oblast ulic Evropská a Vokovická

Řešené území se nachází na důležité pražské radiále – městské třídě – Evropské. Hlavní nedostatky studenti shledali v příliš velké ploše křižovatky, nedostatku přechodů pro chodce a bariérovém efektu ulice Evropská. Potenciál studenti viděli v dnes již nepoužívaném obratišti autobusů. Hlavním úkolem bylo propojit městské čtvrti Vokovice a Veleslavín a vytvořit lokální centrum.

Byla zmenšena plocha křižovatky, přidány přechody pro chodce, přesunut tramvajový ostrůvek tak, aby byly ostrůvky v obou směrech ve vstřícném postavení. Na místě stávajícího obratiště autobusů navrhli studenti malé náměstí – lokální centrum, kde je možné konat trhy. Kolem školy vznikl scelením stávající roztroušené zeleně nový park, jehož hustě vysazené stromy budou odclňovat hlučnou ulici Evropská.

5) Ulice Veselská v úseku Tupolevova a Beranových  
Řešená ulice se nachází v městské části Praha-Letňany. Jedná se o předimenzovanou čtyřpruhovou ulici, která odděluje dva nespojitelné monofunkční celky – bydlení a průmysl; nehostinné místo, které je zatížené těžkou nákladní dopravou a nevybízí k pobytu ani pěšímu

pohybu. Potenciál tkví v její velkorysé šířce a v dalších předimenzovaných a dnes nevyužívaných plochách parkovišť.

Studenti navrhli zúžení ulice Veselská na dva jízdní pruhy. V jejím okolí tak vzniklo místo na liniový park doplněný mobiliářem a dvěma pumpracky. Předimenzované plochy parkovišť daly prostor pro vznik nových polyfunkčních budov s podzemními garážemi. Okružní křižovatka byla doplněna o okruh pro cyklisty.

6) Centrum městské části Praha-Řeporyje – Řeporyjské náměstí; ulice Dalejská, K Chaloupcem, Smíchovská a K Třebonicům  
Řešeným územím je náměstí v městské části Praha-Řeporyje, jehož hlavním problémem je vysoká dopravní zátěž, neboť je využíváno jako zkratka mezi ulicemi Jeremiášova a Pražským okruhem. Zklidněním náměstí by mělo toto spojení přestat být atraktivní. Náměstí slouží pouze pro průjezd, nikoliv pro pobyt, jeho prostor je roztráštěn a kostel, který by měl být dominantou oblasti, je zarostlý stromy.

Studentský návrh počítá se sjednocením prostoru dlážděným povrchem, který spolu se zmenšením plochy křižovatek podpoří zklidnění dopravy. Návrh počítá s vysazením nových stromů, novým mobiliářem, záhony s bylinkami a dvěma konzolami s vyhlídkou na Dalejský potok. Stromy brání pohledu na kostel budou pokáceny, aby se kostel stal opět dominantou náměstí. Na blízkém prostoru, který nese název „Na Tržišti“ a který dnes slouží spíše jako parkoviště, navrhli studenti nové tržiště se stromořadím, které však může být využito i pro konání dalších kulturních akcí.

##### 7) Oblast ulic Celetná a Hyberská

Řešená křižovatka se nachází na místě původních středověkých hradeb, tedy na hranicích Starého a Nového města pražského. Místo v centru města je obklopeno důležitými historickými budovami. Prochází tudy významná pěší linie z ulice Na Příkopě na Náměstí Republiky. Tato osa je přesto přerušena motorovou dopravou projíždějící pod Prašnou bránou, což je samo o sobě nevhodné. Přestože se v docházkové vzdálenosti nacházejí podzemní garáže pod



obchodními domy Paladium a Kotva, auta parkují na povrchu a brání pohledu i vstupu do přilehlých veřejných budov.

Návrh sjednocuje celý prostor dlažbou a počítá s jeho vyčištěním – zrušením průjezdu Pražnou branou, odstraněním parkovacích stání a vizuálního smogu. Byl zachován průjezd pouze z ulice Na Příkopěch do ulice Hyberská. Odstraněním parkujících vozidel vnikl prostor vhodný k pořádání trhů a dalších městských kulturních akcí.

### 3.2 2. ročník – akademický rok 2016/2017 – Horažďovice

Ve druhé ročníku se zájem studentů přenesl mimo Prahu – do Horažďovic, pětitisícové městečko v západních Čechách, které trápí průtah silnice I. třídy, roztržitost a nečistota veřejných prostor i špatné umístění zastávek hromadné dopravy ve vztahu k centru města. Studenti absolvovali víkendový workshop v Horažďovicích a ve skupinách řešili celkem tři úlohy. Nejprve bylo úkolem zpracovat teoretická témata, následně měli studenti na základě analýz sestavit problémovou mapu města, a nakonec navrhnout řešení konkrétních lokalit ve spolupráci doprava – urbanismus.

V tomto ročníku spolupracovali studenti Fakulty dopravní pod vedením doc. Ing. Josefa Kocourka, Ph.D., studenti Fakulty architektury pod vedením doc. Ing. arch. Ireny Fialové a MSc. Arch. Kateřiny Čechové, studenti z ateliéru Ing. arch. akad. arch. Jiřího Klokočky a Ing. Vladimíra Sitty z Fakulty architektury a město Horažďovice.

#### Teoretická témata

1) Historický vývoj veřejného prostoru a uliční síť Horažďovic

První zmínky o Horažďovicích, trhové vsi na břehu Otavy, pocházejí ze 13. století. Již v této době měla osada fortifikační systém, jehož severní část ustoupila v 19. století průmyslovým a obchodním stavbám. Hlavním náměstím je Mírové náměstí s kostelem svatého Petra a Pavla, dalším důležitým prostorem bylo Josefské náměstí (dnešní prostor před kinem Otava), které však bylo v osmdesátých letech degradováno stavbou průtahu a zbořením několika budov, které ustoupily stavbě kina.

2) Doprava v Horažďovicích

Městem prochází silnice I/22 spojující Domažlice a České Budějovice, které dominuje tranzitní doprava. Radiálním směrem vedou další čtyři silnice, které na průtahu přináší další zatížení. Stavba obchvatu, který by ulevil zatíženému centru a který je již zanesen do územního plánu, je zatím v nedohlednu. Horažďovice leží na železniční trati připojující Klatovy na důležitou trať Plzeň – České Budějovice. Dvě nejvytíženější zastávky linkové autobusové dopravy (U Školy a Železniční stanice) se nacházejí severně od průtahu. Historické centrum města je tak od hromadné dopravy příliš vzdálené. Ve městě je cca 140 parkovacích stání v ulicích a cca 120 na veřejných parkovištích.

3) Prostorové vlastnosti urbánní struktury Horažďovic

Hlavní pohyb se odehrává na průtahu, který městu dominuje. Společenské centrum se nenachází v místě historického centra, ale v okolí průtahu a severně od něj, průtah tvoří bariéru mezi těmito dvěma světy. Veřejné prostory v okolí průtahu nejsou jasně vymezené a není jim věnována dostatečná péče, mají zcela jiný charakter než veřejné prostory v historickém centru.

4) Sociální a ekonomický kapitál a strategie pro Horažďovice  
V Horažďovicích je deficit městské veřejné dopravy. Možností by mohl být okružní systém městských mikrobusů, který by propojil nové zastávky umístěné na důležitých místech (historické centrum, prostor u kina) se stávajícími zastávkami (U Školy, Železniční stanice). Systém by tak propojil historické centrum a zbytek města severně od průtahu a dále by k městu připojil dnes špatně napojenou oblast Horažďovice-Předměstí. Síť stávajících cyklotras není příliš hustá, některé trasy jsou vedeny po průtahu, mají tak spíše tranzitní funkci a nevybízí cyklisty k zastavení se ve městě. Potenciál tkví v zahuštění systému cyklotras o páteřní trasy pro turisty a doplňkové

trasy pro místní. Možností je i zřízení přívozu pro kola a pěší. Městský systém půjčování kol by mohl podpořit propojení města s turistickým ruchem. Pěší dopravě by pomohlo zprůchodnění území. Velkou bariérou je železniční trať, ale i areál nemocnice. Potenciál má také využití nevyužívaných městských a dalších nemovitostí. Nové využití by mohlo dostat například staré silo, které by nově mohlo sloužit jako lezecké centrum.

#### Problémy města

Hlavním problémem studenti shledali dopravně silně zatíženou silnici I/22, která rozděluje město na dvě části. Ve městě chybí alternativní trasy, a tak se veškeré dopravní zatížení soustřeďuje na jedinou ulici. Průtah má předimenzovanou šířku, která umožňuje rychlou jízdu (řidiči nevnímají, že jsou ve městě). V ulici je nedostatek přechodů pro chodce a na těch stávajících se chodci bojí přecházet kvůli rychle jedoucím vozidlům. Výstavbou průtahu navíc vzniklo mnoho hluchých míst bez charakteru, přitom v těchto místech se odehrává společenské centrum města. V Horažďovicích jsou však i další lokality, kde chybí adekvátní propojení – železniční trať lze překonat pouze ulicí Strakonická, jinak tvoří nekompromisní bariéru. Město není dostatečně napojeno na řeku Otavu (což by do centra mohlo přivést turisty – vodáky) a lokalita Horažďovice-Předměstí není dostatečně napojena na město. Ve městě jsou špatně rozmístěné zastávky hromadné dopravy. Železniční stanice je špatně dostupná hromadnou dopravou i pěšky, proto není příliš využívána. Ve městě jsou nevyužívané plochy – prostory pro parkování a pozemky na exponovaných místech vhodné pro výstavbu.

Řešením by mohl být vytvoření alternativních soustředěných polookružních tras. V místě průmyslových areálů by bylo možné zvednout nejvyšší dovolenou rychlost na 70 km/h, ve městě dát naopak šířkou najevo, že už se nejedná o extravilánu (možné doplnit vjezdové brány). Velkým tématem je také propojení jednotlivých lokalit – přidat přechody pro chodce na průtahu, postavit nové lávky přes Otavu, vytvořit místa, kde bude možné překonat železniční trať, zavést systém městských mikrobusů a systém půjčování jízdních kol, vytvořit zastávku v centru města (u kina) a zlepšit napojení na železniční stanici. Dalším bodem je návrh veřejných prostor kolem průtahu, aby dostaly charakter odpovídající centru města.

#### Lokality v rámci Horažďovic

1) Prostor před zámekem – ulice Komenského, Jiřího z Poděbrad a Nábřeží

Jedná se o velký nepřehledný roztržitý prostor s různým využitím (převážně parkováním). Některé plochy jsou bez využití. Oblasti však dominuje průtah. Alej vzrostlých stromů lemující silnici brání pohledu na hlavní dominantu – zámek. Celá plocha je navíc vyasfaltovaná, což neodpovídá charakteru prostoru před zámekem. Základním cílem studentského návrhu bylo upoutat pozornost na zámek a potlačit dominanci průtahu. Z toho důvodu byly zúženy jízdní pruhy na průtahu a pokáceny stromy před zámekem. Chodníky byly přimknuty k silnici a celý prostor (kromě vozovky) sjednocen dlažbou. Vznikl tak prostor pro předzahrádku místního hostince i mlátové prostranství pro konání trhů a dalších městských akcí. Parkování bylo přesunuto ze středu prostranství k jeho okrajům (Obrázek 2 a 3).

2) Prostor před kinem – ulice Strakonická a Plzeňská

V minulosti bylo toto místo jasně prostorově definované, některé budovy však musely ustoupit stavbě průtahu a nového kina. Budova kina je solitér, který narušuje uliční čaru a v jeho okolí vznikají prázdné a roztržitěné prostory různých funkcí (převážně zeleň a parkování). Přitom právě v tomto místě by podle všech analýz mělo být nové centrum města.

Studenti navrhli zrušení odbočovacího pruhu vlevo do ulice Plzeňská a zúžení průtahu na dva jízdní pruhy, vznikl tak prostor pro rozšíření chodníků. Parkoviště bylo přesunuto za kino a na jeho místě vznikl prostor pro náměstí, které bylo doplněno stromy a mobiliářem. Mezi kinem a kulturním domem byla na průtahu navržena nová závlavová

autobusová zastávka, která tak navazuje na centrum. Kino nacházející se na podestě se vybízí pro návrh pobytových schodů.



Obrázek 2 a 3: Pohled na Horažďovický zámek (nahore) a studentský návrh uspořádání prostoru před zámekem (dole) - Student ČVUT v Praze, Fakulta dopravní: David Petr, Studenti ČVUT v Praze, Fakulta architektury: Silvie Krčilová, David Buroň, David Poloch, Jan Matoušek, Václav Fál; Urbanismus 6 – Tendence, 2016 [1]

3) Vstup do města – ulice Strakonická, Příkopy a Ševčíkova  
Z hlediska motorové dopravy se jedná o rozhlednou nepřehlednou křižovatku s nejasnou předností v jízdě. Pro chodce jsou problémem chybějící chodníky a přechody. Jedná se o neupravený nejasný prostor, který neodpovídá vjezdu do historického centra.

Ve studentském návrhu vznikly z jedné nepřehledné křižovatky dvě tak, aby byla jasná hierarchie předností. Ulice jsou navíc vzájemně nakolmeny, což zaručuje lepší rozhledy. Zmenšením plochy křižovatky vzniká prostor pro předzahrádku hotelu Prácheň. V návrhu je také dostavba nároží ulic Ševčíkova a Příkopy a vytvoření přehledného parkoviště se stromy. Celý prostor je vydlážděn a doplněn vodními prvky a městským mobiliářem, aby evokoval vjezd do historického centra.

4) Prostor před kostelem a Husovo náměstí

Prostor dnes nepřipomíná náměstí, jedná se spíše o zelený ostrov s pomníkem a k němu přimknutým parkovištěm. Dominantou prostoru je průtah městem.

Studenti celé náměstí (kromě vozovky průtahu) vydláždili, doplnili stromy, mobiliářem, přechody pro chodce. Průtah byl zúžen a dominantou náměstí se tak stal Husův pomník.

### 3.3 3. ročník – akademický rok 2017/2018 – Čakovice

Zatím poslední ročník se zaměřil na pražskou městskou část Čakovice (do jejíhož katastru patří i obce Miškovice a Třeboradice). Jedná se o atraktivní místo pro bydlení na severovýchodním okraji Prahy. Stále se zvyšující počet obyvatel s sebou však přináší velké dopravní komplikace, neboť místní infrastruktura není na takové zatížení dimenzována. Studenti znovu vytvořili smíšené skupiny a zpracovali

celkem tři úlohy. V první úloze se zaměřili na historii Čakovic, od zemědělských počátků, přes období průmyslu až k postindustriální současnosti. Ve druhé úloze zmapovala každá skupina potenciály a hrozby dle zadaných kritérií, a nakonec se všichni pokusili o syntézu zjištěných poznatků a návrh řešení neutěšené dopravní situace v Čakovicích.

V tomto ročníku spolupracovali studenti Fakulty dopravní pod vedením doc. Ing. Josefa Kocourka, Ph.D., studenti Fakulty architektury pod vedením doc. Ing. arch. Ireny Fialové a MSc. Arch. Kateřiny Čechové, městská část Praha-Čakovice a Institut plánování a rozvoje hlavního města Prahy.

#### Hledání stop

1) Čakovice zemědělské

Čakovice, Miškovice a Třeboradice byly založeny jako zemědělské osady, hospodářské statky obklopující náves s rybníkem. První písemná zmínka je ve Vyšehradské kapitule a pochází z roku 1088.

2) Čakovice průmyslové (19. století)

Prvním průmyslovým podnikem v oblasti byl cukrovar, ve kterém probíhala největší výroba cukru v tehdejší Rakousko-Uhersku. Z tohoto důvodu byly Čakovice propojeny s Prahou železniční tratí.

3) Čakovice průmyslové (20. století)

Od nepaměti zemědělské Čakovice se mění na průmyslovou oblast. K cukrovaru přibývá Severočeská továrna (později ZPA), masokombinát, a především Avia Letňany.

4) Čakovice postindustriální

Po pádu komunismu začíná průmysl velmi rychle upadat. Z průmyslových areálů se staly brownfieldy, které se v současné době víceméně nevyužívají. Pouze areál masokombinátu byl přestavěn na supermarket Globus. V Čakovicích se rozmáhá masová výstavba, jedná se zejména o developerské projekty – obytné soubory, které prudce zvedají počet obyvatel této městské části. Obyvatelé dojíždějí osobními automobily do Prahy za zaměstnáním i veškerými službami, což způsobuje dopravní komplikace, protože infrastruktura není na takové dopravní zatížení dimenzována.

#### Hledání potenciálů a hrozeb

1) Klima a přírodní podmínky městské části v éře globálního oteplování

Oblast Čakovic se vyznačuje mimořádně kvalitní půdou, proto Čakovice historicky tvořily zemědělské zázemí Prahy. Díky mírnému sklonu je oblast odolná proti erozi. Území nejvíce poznamenala výstavba podmíněná průmyslovou výrobou, suburbánní výstavba a scelování zemědělských pozemků. Oproti jiným okrajovým městským částem mají Čakovice deficit zelených ploch. Nejvýznamnější vodotečí je Mratínský potok, jehož koryto však není v dobrém stavu. Velké množství průmyslových a obytných ploch s nepropustnými, teplo jímovými povrchy, zemědělsky využívané půdy spolu s nedostatkem zeleně a vodních ploch způsobují, že Čakovice vykazují stejnou letní teplotu povrchů jako je v centru města.

Potenciál našli studenti v rekultivaci Mratínského potoka (možnost ochlazování městské části), ve výsadbě stromů a užití vodních prvků (v parteru města i v případě nového využití areálu Avie). Dále je možné zřizovat zelené střechy a střešní zahrady a odkrýt zakrytá koryta vodotečí. Hrozbou je pokračování v zastavování území monofunkčními areály s absencí jakékoliv zeleně.

2) Nové rezidenční soubory a jejich vliv na městskou část

Oblast je atraktivní pro bydlení, za posledních patnáct let se počet obyvatel v Čakovicích, Třeboradicích a Miškovicích zdvojnásobil. Vzniklé developerské projekty – obytné soubory vykazují velké množství zpevněných ploch jímajících teplo, malé množství zelených ploch a stromů. Dle územního plánu se v okolí Čakovic nacházejí nemalé rozvojové – zastavitelné plochy.

3) Role nádraží jako veřejného prostoru městské části  
Dodnes neelektrifikovaná trať do Čakovic byla postavena jako nákladní propojení cukrovaru s Prahou, což vysvětluje špatnou



polohu nádraží vůči centru Čakovic a také jeho špatnou dostupnost. Pozůstatkem doby industrializace jsou také železniční vlečky cukrovaru a Avie. Výpravní budova prošla rekonstrukcí, veřejný prostor kolem ní však nijak upraven nebyl a ve stávajícím stavu je nefunkční a nereprezentativní. Potenciál spočívá ve vytvoření lepší přestupní vazby, čímž se stane železniční spojení do Prahy atraktivnější.

4) Role příměstského zemědělství v udržitelném rozvoji městské části

Z hlediska zemědělství našli studenti největší potenciál ve kvalitě místní půdy. Bylo by zde možné založit zahrádkářské kolonie, komunitní zahrady nebo zahrady na střechách a vypěstovanou úrodu pak prodávat na místních farmářských trzích. V místech styku obytné zástavby a polí by bylo vhodné zřídit aleje stromů, sady nebo zahrádkářské kolonie, aby byla odcloněna zemědělská činnost od obytné zástavby.

5) Role aktivních forem dopravy – pěší a cyklisté – v blízkých dopravních vztazích v městské části

Největší potenciál studenti vidí ve zprůchodnění území – cesty skrz areál cukrovaru a areál Avie a přes železniční trať – využití pěší a cyklistické dopravy ve spojení s železniční dopravou pro rychlé a energeticky nenáročné cestování do Prahy, které ulevuje přetížené komunikační síti.

6) Potenciál brownfieldů pro další rozvoj městské části  
Studenti identifikovali v Čakovicích tři brownfieldy – areál Avie, areál cukrovaru a Globus (postavený na místě dřívějšího masokombinátu). Hlavním cílem bylo učinit uzavřené areály prostupnější a vytvořit polyfunkční městskou čtvrť, ve které bude zastoupeno jak bydlení, tak pracovní příležitosti (obchody, služby, administrativa, lehký nerušící průmysl, vědecké inkubátory, skleníky apod.). Výhodou je poloha areálů vůči železniční stanici. Areály cukrovaru a Avie mají potenciál stát se novými subcentry Čakovic (Obrázek 4 a 5). V areálu Globusu by bylo možné zahustit zástavbu, vytvořit nové pracovní příležitosti a parkoviště umístit do podzemních garáží. Vyplyvající hrozbou je další nárůst motorové dopravy.

7) Vliv plánované dopravní infrastruktury na rozvoj městské části

V současné době jsou ulice Cukrovarská a Kostelecká přetíženy motorovou dopravou. Podle dostupných analýz plánovaná stavba pražského okruhu Čakovicím uleví jen velmi málo, jelikož řeší spíše tranzitní přepravní vztahy, nikoliv lokální situaci. Další plánovanou silnicí je propojení ulice Veselská až na křižovatku ulic Toužimská a Polaneckého. Proti tomuto propojení se však zvedl odpor občanských iniciativ a ochránců přírody, jelikož vede přes lesopark Letňany, který stihl vzniknout dříve než plánovaná silnice. Uvažuje se o modernizaci (zdvoukolejnění a elektrizaci) železniční trati do Prahy, o zřízení železniční zastávky Třeboradice a o využití cukrovarské vlečky pro obsluhu sídliště u zámeckého parku. Prověřuje se také prodloužení metra – linky C z Letňan do Čakovic. Oba záměry (železnice i metro) by byly pro Čakovice přínosem, jsou však velmi nákladné.

8) Hledání center obce

Hlavní linií je ulice Cukrovarská, na které se nachází i hlavní historické centrum Čakovic. Subcentra identifikovali studenti na návsi v Třeboradicích a Miškovicích a u sídliště u zámeckého parku. Následně určili potenciální budoucí centra v průmyslových areálech cukrovaru a Avie.

#### Hledání řešení

V současné době jsou ulice Cukrovarská a Kostelecká přetíženy motorovou dopravou. Linky městských autobusů vedené po těchto ulicích nabírají zpoždění v řádu několika desítek minut. Problém zpožděných autobusů by mohl být vyřešen přetrasováním linek přes Letňany a areál Avie. Většina studentských návrhů počítá s novými silničními propojeními (např. Čakovice – ulice Toužimská, ulice Za Tratí – ulice Kostelecká severně okolo areálu Globusu nebo zřízení nové severojižní ulice skrz areál Avie, která má potenciál stát se novou městskou třídou).

Další možností je využití stávající železniční trati, která by po modernizaci byla dvoukolejná a elektrizovaná a umožňovala tak provoz vlaků v podstatně kratším intervalu, než je nyní, čímž by se zkrátila i doba jízdy. Z nádraží by se mohl stát nový dopravní uzel, který by nabízel služby cestujícím (obchody, restaurace), a který by se mohl napojit na novou čtvrť vznikající na místě areálu Avie. Do místa stávajícího železniční stanice by mohla být prodloužena linka metra C. Součástí uzlu by mělo být také záhybné parkoviště P+R pro cestující ze Středočeského kraje.



Obrázek 4 a 5: Pohled na ulici v brownfieldu Avia v Čakovicích (nahore) a studentský návrh nového městského bulváru Avia (dole) – Student ČVUT v Praze, Fakulta dopravní: Ondřej Frýba, Studenti ČVUT v Praze, Fakulta architektury: Karel Golán, Vojtěch Novotný, Monika Ohrazdova, Karolína Pettiková; Urbanismus 6 – Tendence, 2017 [1]

Součástí řešení je také podpora pěší a cyklistické dopravy s funkcí dopravní i rekreační, tranzitní i místní. Místo městskou částí plánovaného protažení železniční dopravy po stávající cukrovarské vlečce k sídlišti u zámeckého parku studenti navrhli stezku pro chodce a cyklisty ve stopě vlečky spojující nádraží a sídliště. Důležité je celkově zprůchodnit území a učinit tak nádraží dostupné pěšky i na kole

Dále je možné zavést okružní linku mikrobuse, obsluhující co nevíce obyvatel (i obyvatel Miškovic a Třeboradic), se zastávkou na nádraží, jelikož nádraží není v docházkové vzdálenosti naprosté většiny obyvatel. Pomohla by také aktivní podpora sdílení aut.

Ze studentských prací vyplynulo, že dopravní situaci v Čakovicích lze řešit různými způsoby, navrhovaná řešení je možné přibližně rozdělit do tří skupin – okamžitá, střednědobá a dlouhodobá řešení. Okamžitá (jako např. zprostitnění území pro chodce a cyklisty, zlepšení dostupnosti nádraží a zlepšení vedení linek autobusů MHD) může městská část začít realizovat prakticky okamžitě. Pro střednědobá a dlouhodobá řešení, na kterých by se podílely další subjekty zastupující magistrát nebo stát (zejména přeměna

průmyslových areálů v návaznosti na železniční dopravu a metro), je možné začít zpracovávat studie.

#### 4. ZÁVĚR

Vzájemnou spolupráci Fakulty dopravní a Fakulty architektury nelze hodnotit jinak než pozitivně. Studenti řeší pod vedením pedagogů problémy z praxe a učí se vzájemně od svých kolegů z druhé fakulty. Dopravní problémy bývají většinou důsledkem mnoha nejen dopravních příčin. Některé z nich nejsou mnohdy na první pohled viditelné. Seminář se snaží, aby studenti nacházeli tyto skryté příčiny a řešili je přednostně před viditelnými důsledky. Pro zástupce řešených lokalit jsou materiály od studentů podnětné a inspirativní a mohou posloužit jako impuls ke změnám. Tento seminář se díky mezifakultní spolupráci a vzájemnému obohacování se o informace a zkušenosti výrazně liší od ostatních předmetů. To otevírá prostor pro navázání dalších inspirativních spoluprací s různými obory, nejen technickými (např. ekologickými nebo sociologickými). Vzájemně poznání také boří zažitá předsudky a stereotypy, které mohou o jednotlivých profesích panovat.

#### 5. PODĚKOVÁNÍ

Autoři článku by rádi poděkovali pedagogům – doc. Ing. arch. Ireně Fialové, doc. Ing. Josefu Kocourkovi, Ph.D. a MSc. Arch. Kateřině Čechové za vznik a tříleté trvání tohoto semináře, MSc. Arch. Kateřině Čechové za poskytnutí podkladů a všem zúčastněným studentům za jejich práce.

#### Zdroje

1. Sylaby a studentské práce ze semináře Urbanismus 6 – Tendence, vyučovaném na Ústavu urbanismu, Fakulty architektury, ČVUT v Praze, jehož garantkou je doc. Ing. arch. Irena Fialová.
2. TecniCall, Časopis pro spolupráci vědy a praxe. Rektorát ČVUT. Jaro 2016, ISSN 1805-1030
3. KOUBEK, M. Studie vhodného řešení uličního prostoru v ulici Plukovníka Mráze v Praze-Hostivaři, Diplomová práce, ČVUT v Praze, Fakulta dopravní, 2016.



## Dopravní plánování ve veřejné dopravě a absolventi Fakulty dopravní ČVUT - výsledky 25 let trvajících sblížení

Ing. Vít Janoš, Ph.D. <sup>1</sup>  
Ing. Zdeněk Michl <sup>2</sup>  
Ing. Michal Drábek, Ph.D. <sup>3</sup>  
Ing. Jiří Pospíšil, Ph.D. <sup>4</sup>  
Ing. Milan Kríž <sup>5</sup>

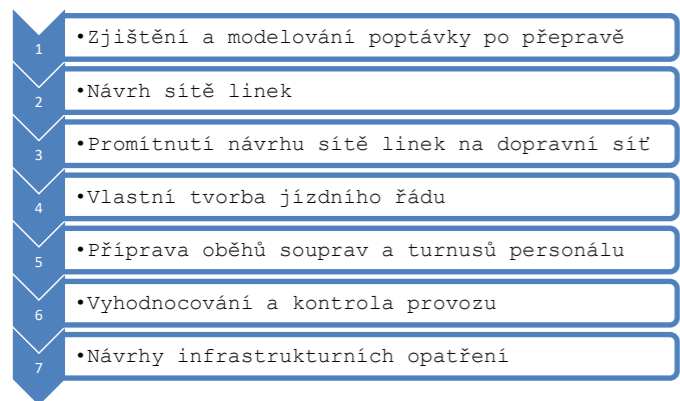
<sup>1</sup> ČVUT v Praze Fakulta dopravní, Ústav logistiky a managementu dopravy; Horská 3, 128 03 Praha 2; janos@fd.cvut.cz  
<sup>2</sup> ČVUT v Praze Fakulta dopravní, Ústav logistiky a managementu dopravy; Horská 3, 128 03 Praha 2; michlzde@fd.cvut.cz  
<sup>3</sup> ČVUT v Praze Fakulta dopravní, Ústav logistiky a managementu dopravy; Horská 3, 128 03 Praha 2; drabemic@fd.cvut.cz  
<sup>4</sup> ČVUT v Praze Fakulta dopravní, Ústav logistiky a managementu dopravy; Horská 3, 128 03 Praha 2; pospilir@fd.cvut.cz  
<sup>5</sup> ČVUT v Praze Fakulta dopravní, Ústav logistiky a managementu dopravy; Horská 3, 128 03 Praha 2; krizmil1@fd.cvut.cz

**Abstrakt** Článek představuje stručné resumé o vývoji výuky v oblasti plánování veřejné dopravy, dopravní technologie a dopravního modelování na Ústavu logistiky a managementu dopravy (K617) Fakulty dopravní ČVUT a to jak z pohledu struktury výuky, tak i z pohledu odborných dovedností, které si studenti v rámci bakalářského a navazujícího magisterského studia osvojují.

**Klíčová slova** plánování dopravy, veřejná doprava, dopravní modelování

### 1. Problematika dopravního plánování ve veřejné dopravě

Dopravní plánování ve veřejné dopravě představuje komplexní proces, který je nutné realizovat k vytvoření provozního konceptu / jízdního řádu. Jízdní řád je finálním produktem dopravního plánování ve veřejné dopravě – míra jeho použitelnosti pro jednotlivé skupiny cestujících ovlivňuje, jak bude vypadat dělba přepravní práce v jednotlivých relacích, jaké budou náklady objednatelů na jeho funkčnost a ve výsledku, jaká bude reálná podoba veřejné dopravy v dané oblasti.



Obrázek 1 Plánování nabídky ve veřejné osobní dopravě – cyklicky se opakuje a jednotlivé kroky mají zpětné vazby

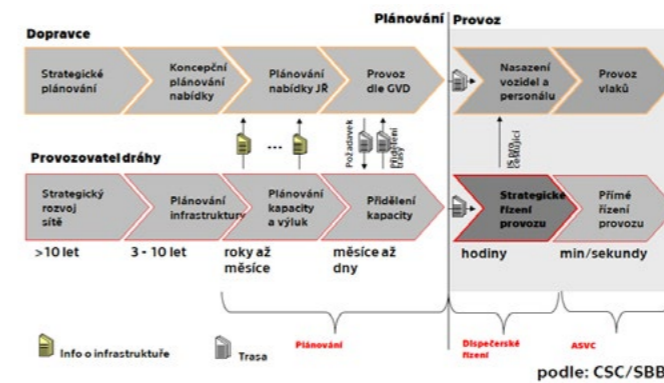
Jedním z prvních významných spouštěčů, proč se problematikou dopravního plánování v rámci výuky a profilování absolventů zabývat, byla regionalizace veřejné dopravy od roku 2005. S posilujícím se vlivem a „emancipací“ objednatelů ve veřejné dopravě rostl hlad po kvalitních a erudovaných absolventech dopravních oborů, schopných dopravně plánovat.

Dalším významným milníkem bylo přijetí zákona 194/2010 Sb. o veřejných službách v přepravě cestujících, který objednatelům dopravy na všech úrovních uložil povinnost dopravně plánovat.

Jedním z posledních velkých impulsů je současný fenomén Smart Cities. „Smart“ atributy nejsou tvořeny jen chytrými technologiemi a telematickými aplikacemi na řízení provozu, případně nízkouhlíkovými technologiemi aplikovanými v dopravních prostředcích, ale i veřejnou dopravou – nevhodné linkové vedení s nevyhovujícími intervaly a výsledným malým podílem veřejné dopravy na celkové dělbě přepravní práce není „smart“ ani trochu – o to více pak roste zatížení v jiných druzích dopravy se všemi sekundárními dopady.

Samotný taktový grafikon je sice reprezentován relativně jednoduchým zobrazením v nákresem jízdního řádu i výsledných tabulkách jízdního řádu, představuje ale sofistikovaný matematický multimodální model návaznosti linek různého přepravního určení s mnoha okrajovými podmínkami a stupni volnosti, což klade značné požadavky na cit a zkušenosti plánovače při hledání optimálních řešení. Agregaci přepravní poptávky do páteří sítě linek se systémovými návaznostmi je dosahováno atraktivní četností a rychlostí spojení mezi nejvýznamnějšími sídly v území a řešením obslužné vrstvy „poslední míle“ je vytvořena plošně konkurenceschopná alternativa vůči individuální dopravě. Princip taktového grafikonu původně vznikl na železnici z důvodu úspor a rozvinul se především v Nizozemsku, Švýcarsku a německy mluvících zemích. Náš tým na jeho rozvoji a implementaci dlouhodobě spolupracuje s TU Drážďany a ETH Curych.

Systémová koncepce obsluhy území se uplatňuje na všech úrovních plánování, od strategického plánování rozvoje a údržby infrastruktury přes dopravní plány a plány mobility měst a vyšších územně správních celků, požadavky při pořizování nových vozidel, návrh ročního jízdního řádu po strategii dispečerských opatření při mimořádnostech. Příklad postupně upřesňovaného plánu a realizace železničního jízdního řádu je uveden na obrázku 2.



Obrázek 2 Plánování železničního jízdního řádu z pohledu dopravce a správce infrastruktury v průběhu času

### 2. Historie

Problematika dopravního plánování ve veřejné dopravě byla historicky navázána na téma technologie dopravy, a to především kvůli četným provozním souvislostem.

Kořeny těchto vazeb byly patrné již v prvních studijních oborech, které se vyučovaly na Fakultě dopravní ČVUT od jejího založení, a to sice v oboru Ekonomika a management v dopravě a spojích, již od akademického roku 1993/94. Obrovský vliv na popularizaci tématu dopravního plánování ve veřejné dopravě měl prof. Ing. Vladimír Svoboda, CSc. (1936–2006), který od roku 1996 zastával funkci vedoucího Ústavu logistiky a dopravních procesů.

Provozně-technické a technologické souvislosti plánování ve veřejné dopravě však původně byly součástí pouze oborového předmětu Technologie dopravy. Tento rozsah se ovšem stále více ukazoval jako nedostačující.

Významnějším výukovým rozšířením bylo zavedení oborového předmětu Provoz technologie a bezpečnost železniční dopravy v roce 2005, kdy v rámci cvičení studenti poprvé využívali „na ostro“ softwarový nástroj FBS ke konstrukci jízdního řádu a aplikovali tak teoretické znalosti do konkrétních praktických úloh.

Prvními nositeli „technologického odkazu“ prof. Svobody, rozvíjejícími výuku oboru, byli jeho tehdejší doktorandi Ing. Vít Janoš, Ph.D. a Ing. Karel Baudyš, Ph.D. Významným milníkem bylo v tomto ohledu zavedení projektové výuky, kdy byl v roce 2000 poprvé vypsán studentský projekt „Možnosti zavedení integrálního taktového grafikonu v podmínkách ČR“, který v nejrůznějších názvových mutacích přežívá do současnosti a trvale sdružuje milovníky jízdních řádů a veřejné dopravy. Vášeň několika projektantů k tématu byla natolik silná, že natrvalo rozšířili řady vyučujících technologických předmětů (Ing. Jiří Pospíšil, Ph.D., Ing. Zdeněk Michl, Ing. Michal Drábek, Ph.D. a Ing. Michal Kríž). Postupně rozšiřování odborného zájmu a zkušeností týmu od dopravně-koncepčních a provozně-technologických témat umožnil týmu vyučujících technologických předmětů nabídnout studentům v posledních letech i další specializace v projektech „Rozvoj nákladní železniční dopravy“ a „Konkurenceschopná veřejná doprava“, které tak pokrývají výrazně širší portfolio nabídky pro zájemce o plánování dopravy.

### 3. Současná podoba výuky

Všichni studenti Fakulty dopravní se s problematikou dopravního plánování ve veřejné dopravě setkají ve společné části bakalářského studia, a sice ve 2. semestru v rámci předmětu 17TEDL Technologie

dopravy a logistika. Studenti se seznámí nejen se základy oborových technologií, ale i se základy problematiky plánování veřejné dopravy. Malou ochutnávkou je pro ně zpracování semestrální práce, kdy v zadané síti s náhodně generovanými přepravními a provozními parametry vypracují matici přepravních vztahů, na kterou mají navrhnout jednoduchou provozní koncepci, včetně oběhů vozidel.

Další znalosti v oboru technologie dopravy se rozvíjí až v rámci studijního oboru (specializace) Logistika a řízení dopravních procesů v bakalářském (obor LOG) i navazujícím magisterském studiu (obor LA).



Obrázek 3 Návaznosti předmětu 17TEDL Technologie dopravy a logistika v bakalářském (nahore) a navazujícím magisterském studiu (dole) oboru (specializace) LOG/LA

V rámci bakalářského studia je v oboru LOG součástí studia předmět 17TVD Technologie veřejné dopravy. Tento předmět je zaměřen celý pouze na dopravně-technologické souvislosti plánování nabídky v osobní silniční a železniční veřejné dopravě. Studentům tak poskytuje ucelené penzum znalostí v oblasti plánování veřejné dopravy. Nabyté znalosti si studenti ověřují v poměrně komplikované semestrální práci, ve které mají náhodně generované vstupy v oblasti parametrů sídelní sítě, poptávky po přepravě, vozidel a disponibilního finančního rámce. Při dodržení finančního rámce musí studenti navrhnout takový provozní koncept, který maximalizuje přepravní výkon na síti. Své poznání v rámci bakalářského studia završují předmětem 17GEDS Geografie dopravních systémů, který zajišťují vyučující Univerzity Karlovy z oboru dopravní geografie. Studentům se tak otvírají potřebné mezioborové interakce mezi dopravou a obecnými vztahy v území, které mají obecný vliv na mobilitu.

V navazujícím magisterském studiu se studenti již podrobně seznamují s dopravně inženýrskou problematikou dopravní technologie, dopravního plánování a dopravního modelování. Nejprve jsou prohloubeny znalosti studentů v oborových technologiích – 17TZD Technologie železniční dopravy a 17TSI Technologie silniční dopravy. Zatímco přednášky mají teoretický charakter, na cvičeních technologie železniční dopravy zpracovávají studenti model komplexní provozní koncepce – počínaje sestavou grafikonu na vybrané trati, přes oběhy vozidel až po finální provozní kalkulaci. Propojuje se tak nejen znalost dopravní technologie a dopravního plánování, ale i ostatní znalosti nabyté ve studiu oborů LOG a LA. Předmětem, který znalosti dopravního plánování dovršuje o schopnost dopravního modelování, je 11DOPM Dopravní plánování a modelování, který společnými silami zajišťuje Ústav aplikované matematiky (K611) a „domovský“ Ústav logistiky a managementu dopravy (K617). Mimo teoretických znalostí v oblasti dopravního modelování studenti během cvičení sestavují vzorový dopravní model v makroskopické úrovni, se všemi reálnými interakcemi.







Kolejiště je vybaveno vlastními elektronickými moduly umožňující stavění výhybek (elektromotorický přestavník), svícení návěstidel a detekci obsazenosti infrastruktury (kolejové obvody). Všechny řídicí moduly jsou propojeny páteří sběrníci typu CAN-BUS, která zajišťuje datovou komunikaci se všemi moduly a řídicími částmi. Řídicí systém obsahuje rovněž diagnostický systém, který umožňuje kromě diagnostiky rovněž funkce nezávislého nastavování poruch infrastrukturních prvků (návěstidla, kolejové obvody, přestavníky). Pro umožnění lokalizace polohy vozidel jsou v infrastruktuře instalovány lokalizační prvky tzv. balízy, které umožňují každému vlaku zjistit konkrétní identifikační číslo tohoto prvku v daném místě kolejiště. Přenos informace z balízy na vozidlo probíhá na principu Infrad. Mezi řídicím počítačem a vozidlem dochází k periodické obousměrné datové komunikaci s využitím technologie Bluetooth. Směrem z vozidla jsou přenášeny informace o aktuální poloze vlaku (ID poslední přečtené balízy, odometrie – počet otáček motoru, směr jízdy vozidla). Na vozidlo se vysílají povely o požadovaném směru a rychlosti jízdy. Zvolená koncepce řízení vozidel umožňuje plně automatický provoz bez nutnosti manuálního řízení vozidel s výjimkou posunů, při kterých je nutné vozidla řídit manuálně. Tento přístup rovněž umožňuje předvedení principu řízení vozidel s technologií ERTMS/ETCS, jejichž principy se postupně v DSFD zavádějí.

## 1.2 Typy zabezpečovacích zařízení v DSFD

V DSFD jsou použita typická zabezpečovací zařízení, která jsou dnes běžně používána na síti SŽDC. Je možné tedy simulovat reálný provoz a obsluhu těchto systémů v souladu se skutečnými předpisy a zvyklostmi reálného provozu.

Ze staničních zabezpečovacích zařízení jsou v rámci DSFD zastoupeny:

1. Elektromechanické zabezpečovací zařízení s klasickým uspořádáním (řídicí přístroj RANK na stanovišti výpravčího, bubnový přístroj a stavědlový přístroj vzor 5007 na stavědlech) v žst. Senohraby;
2. Elektrodynamické zabezpečovací zařízení v žst. Sednice;
3. Reléové zabezpečovací zařízení typu AŽD71 cestového typu s tlačítkovým ovládacím v žst. Strančice;
4. Reléové zabezpečovací zařízení typu TEST13 v žst. Davle;
5. Elektronické zabezpečovací zařízení s jednotným obslužným pracovištěm (JOP), kterým je řízena žst. Čerčany, odbočka Pyšely a obě odstavná nádraží ONA a ONB.

Jednotlivé mezistaniční úseky jsou vybaveny také typickými traťovými zabezpečovacími zařízeními:

1. Tříznakový obousměrný automatický blok;
2. Poloautomatický blok;
3. Automatické hradlo;



Obr. 4 Reléové zabezpečovací zařízení



Obr. 3 Elektromechanické zabezpečovací zařízení



Obr. 5 Jednotné obslužné pracoviště (JOP) elektronického zabezpečovacího zařízení



Obr. 6 Pohled na pracoviště centrálního dispečerského pracoviště

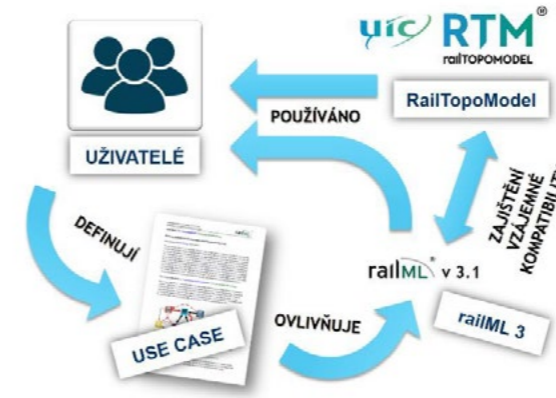
## 2. Výzkum v Dopravním sále Fakulty dopravní

Prostředí DSFD dále slouží také pro výzkum nových technologií řízení a zabezpečení provozu na železnici. Koncepce DSFD byla již od počátku svého vývoje (cca. rok 2000) řešena s výhledem na možnost realizace technologií zaměřených na tzv. „Inteligentní dopravní systémy“. Hlavním předpokladem těchto systémů je zvládnutí systému přímého řízení pohybu vlaku (uzavřená řídicí smyčka). To znamená, že všechny vlaky musí být vybavena palubní technologií pro řízení vlaků a poskytování informací o vlaku (zejména přesná poloha a celistvost soupravy). Infrastruktura musí být pokryta bezdrátovým přenosovým systémem zajišťující „on-line“

komunikaci s vlaky a řídicí ústřednou. Tyto předpoklady umožňují realizaci zcela nových přístupů k řešení problematiky zajištění bezpečného pohybu vlaků a realizace automatizačních a optimalizačních procesů vedoucích k vyšší využitelnosti (spolehlivost a kapacita) železniční dopravy než bylo dosud možné. V DSFD jsou proto realizovány projekty, které mají za cíl vývoj a následné ověření v laboratorních podmínkách principů inteligentních systémů na železnici. V následujícím textu jsou uvedeny základní komponenty ITS-R, které jsou vyvíjeny a ověřovány v prostředí DSFD.

## 2.1 Datový popis infrastruktury

Pro realizaci inteligentního systému řízení železničního provozu jsou klíčové informace popisující dopravní cestu, po které se vlaky pohybují. Tato informace zahrnuje nejenom koleje, ale rovněž všechny objekty, případně také tok informací, důležitých pro obsluhu dopravní cesty, jízdy vlaků ale i přepravu zboží a cestujících. V prvé řadě je v DSFD realizován systematický popis železniční infrastruktury a tvorba souvislého víceúčelového datového modelu, který bude sloužit pro realizaci automatizovaného řízení a zabezpečení železniční dopravy (technologie typu ETCS a automatického vedení vlaku). Model je založen na principech členění kolejiště aplikovaných v současnosti v ČR, zároveň však reflektuje logiku mezinárodní metodiky UIC RailTopoModel. Jako rozhraní pro komunikaci mezi modelem a navazujícími aplikacemi se předpokládá využití railML® verze 3. Železniční značkovací jazyk railML® 3 je vyvíjen na základě RailTopoModelu v rámci nezávislého konsorcia railML.org, jedním z jehož členů je i ČVUT-FD. Naše pracoviště DSFD se v současnosti aktivně podílí na vývoji schématu infrastruktury, který má předpoklady stát se Evropským železničním standardem pro datový popis železnice. Výsledkem těchto aktivit by měla být mj. specifikace tzv. „use case“ Dopravního sálu FD, která bude reálně ověřena právě v prostředí železničního systému DSFD.



Obr. 7 Metodika UIC RailTopoModel a railML

## 2.2 Systém řízení a zabezpečení „inteligentních vozidel“

V DSFD se realizuje technologie známá pod označením ERTMS/ETCS, která je v současné době uplatňována na skutečné železnici v Evropě i po celém světě. Unikátem DSFD je postupná implementace všech aplikačních úrovní řízení železničního provozu (Aplikační úroveň 1, 2 i 3) tak, aby bylo možné následně demonstrovat výhody a nevýhody jednotlivých řešení. Velkou principiální výzvou je zejména realizace aplikační úrovně 3, která již zcela využívá vlastností „inteligentních vozidel“ s minimalizací vybavenosti infrastruktury. Využívá se plně přímé datové komunikaci vlaku s infrastrukturní částí, kdy je povoleno k jízdě (či další doplňkové informace, jako nejvyšší dovolená rychlost apod.) předáváno na vlak výhradně datově bez dosavadního způsobu

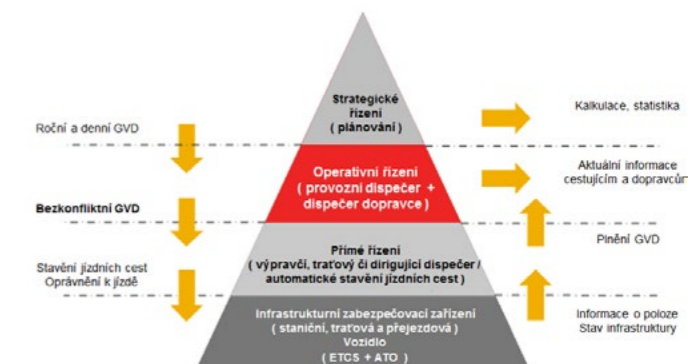
prostřednictvím návěstidel rozmístěných kolem tratě na pevně daných místech. Kromě toho, že pohyb vlaku je tedy plně pod „on-line“ kontrolou, lze tento přístup s výhodou využít pro tzv. „flexibilní řízení“ provozu tak, že lze oprávnění k jízdě (délka úseku, kam může vlak pokračovat v jízdě) měnit dynamicky podle dopravní situace a pohybu dalších vozidel. Tím lze maximálně využít kapacitu železniční infrastruktury. Společně s nasazením dalších prostředků operativního řízení provozu lze tak i výrazně zvýšit spolehlivost řízení železnice. Hlavním přínosem tohoto řešení je rovněž výrazná minimalizace drahých a náročných technologií v infrastruktuře. Musí však být vyřešeny všechny otázky bezpečného a spolehlivého řízení provozu za všech předvídaných okolností, včetně řešení poruchových stavů. Zvládnutí právě těchto provozních a bezpečnostních pravidel se dnes jeví jako klíčové k reálnému nasazení této technologie. V prostředí DSFD lze většinu těchto okolností bezpečně zkoušet.



Obr. 8 Zobrazení brzdňových křivek jízdy vlaků pod dohledem systému ETCS v úrovni 3 (flexibilní řízení provozu s pohyblivým blokem)

## 2.3 Systém automatizace a optimalizace řízení železničního provozu

V návaznosti na oba předchozí projekty se v DSFD realizuje systém umožňující automatizace postupů řízení a IT podporu v jednotlivých fázích řízení provozu. Cílem tohoto projektu je zavést takový automatizační a řídicí systém, který umožní zcela autonomní pohyb všech vlaků na kolejišti. Vlaky se budou pohybovat pouze na základě zadání grafikonu vlakové dopravy bez nutnosti manuálního stavění vlakové cesty pro každý vlak a řešení konfliktů mezi zpožděnými vlaky. Kromě předávání požadavků na postavení vlakové cesty v daný čas bude systém provádět optimalizaci řízení provozu tak, aby byl splněn grafikon vlakových cest podle zadaných kritérií.

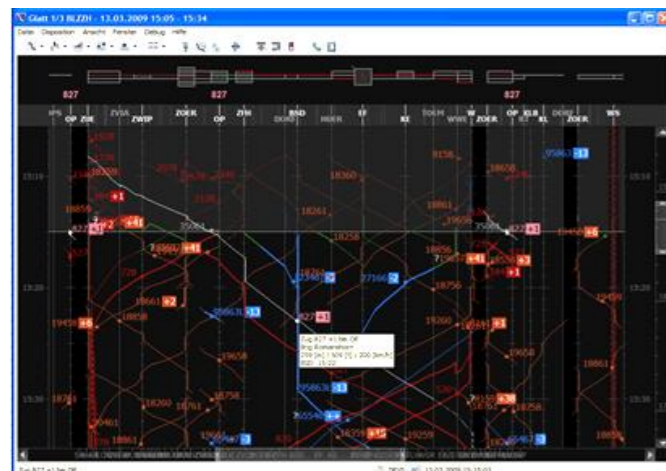


Obr. 9 Struktura úrovní systému řízení železniční dopravy

Daná úloha spočívá v nutnosti aplikace „inteligentních“ algoritmů, které „vypočítají“ v dostatečném časovém předstihu optimální řešení konfliktů v jízdách vlaků a udržováním vlaků v požadovaných časových polohách. Projekt realizuje v současné době nové přístupy podle evropských trendů, kdy proces řízení železnice je rozdělen do tří úrovní – strategické, operativní a přímé. Strategické řízení se zaměřuje na dlouhodobé plánování a přidělování tras v grafikonu vlakové dopravy (GVD). Operativní řízení pak zajišťuje řešení konfliktů v jízdách vlaků, vzniklých vlivem nepředpokládaných odchylek od naplánovaného GVD. V koordinaci s jednotlivými dopravci vydává dispoziční v řádu hodin až minut před samotnou jízdou vlaku. Přímé řízení pak tvoří činnost pro



zabezpečení jízdy vlaků a posunu – ovlivňování prvků infrastruktury obsluhou zabezpečovacího zařízení. V rámci výzkumných činností v DSFD byla navržena architektura a procesy řízení provozu. Jsou vyvíjeny aplikace pro podporu jednotlivých úrovní řízení – automatizované stavění cest v rámci přímého řízení a optimalizace provozu (zahmující predikci jízdy vlaku, automatickou detekci konfliktů a návrh optimálního řešení) v rámci operativního řízení.



Obr. 10 Grafikon vlakových cest s predikcí jízdy vlaků a detekci konfliktních cest.

#### 2.4 Simulátor kolejového vozidla

V DSFD se v současné době realizuje simulátor kolejového vozidla. Hlavní zaměření tohoto simulátoru je určeno pro simulaci a školení řízení kolejového vozidla s národními (LS) a interoperabilními (ETCS) vlakovými zabezpečovacími systémy. Předmětem školení strojvedoucích by měl být zejména nácvik a upevnění postupů ovládání řídicích, automatizačních, zabezpečovacích a informačních systémů za běžných provozních situací i za nestandardních nouzových či kritických situací. Simulátor má rovněž umožnit výrazným způsobem zvýšit efektivitu školení a zácvičku na nové technologie ERTMS/ETCS, která zavádí jinou

filozofii řízení a kontroly jízdy vozidla oproti současnému stavu. Filozofie kontroly jízdy vozidla pod dohledem systému ERTMS/ETCS je založena na periodické kontrole dodržení rychlosti i velikosti odrychlí (vyjádřeno dynamickým rychlostním profilem - brzdovou křivkou), což vyžaduje od strojvedoucího zvýšené soustředění a rozdělení koncentrace mezi pohled na trať a další ovládací prvky vozidla a displej DMI zobrazující informace nutné k bezpečnému vedení kolejového vozidla. Proto koncepce simulátoru kolejových vozidel v DSFD bude konstruován jako plný simulátor včetně kinematické pohybové plošiny. Tím by mělo být dosaženo velmi realistického vjemu strojvedoucího při řízení kolejového vozidla.



Obr. 11 Kokpit simulátoru kolejových vozidel (zdroj Škoda Transportation, a.s.)

#### 3. Závěr

V příspěvku byla presentována laboratoř DSFD, její koncepce, použitá technologie i rozsah a záměr činnosti které se v laboratoři realizují. DSFD má za cíl poskytovat velmi technologicky vyspělé prostředí nejenom pro výuku a presentaci stávajících technologií v oblasti řízení a zabezpečení na železnici, ale umožňovat také výzkum a ověřování nových přístupů v této oblasti.

## External Factors for Forecasting Freight Transport Trends

Vít Malinovský<sup>1</sup>  
Olaf Meyer-Rühle<sup>2</sup>  
Helena Kyster-Hansen<sup>3</sup>  
Arne Böhm<sup>4</sup>  
Christian Heinrich<sup>5</sup>  
Sylke Leonhardt<sup>6</sup>  
Hans Zuiver<sup>7</sup>

<sup>1</sup> Czech Technical University, Faculty of Transportation Sciences, Department of Mechanics and Materials; Na Florenci 25, Praha 1, Czech Republic; malinovsky@fd.cvut.cz

<sup>2</sup> ProgTrans AG; Gerbergasse 4, 4001 Basel, Switzerland; olaf.meyer-ruehle@progtrans.dk

<sup>3</sup> Tetraplan A/S; Kronprinsessegade 46E, 1306 Copenhagen, Denmark; hkh@tetraplan.dk

<sup>4</sup> TSB Innovationsagentur Berlin GmbH-FAV; Fasanenstraße 85, 10623 Berlin, Germany; aboehmann@fav.de

<sup>5</sup> TSB Innovationsagentur Berlin GmbH-FAV; Fasanenstraße 85, 10623 Berlin, Germany; cheinrich@fav.de

<sup>6</sup> Transver GmbH; Maximilianstraße 45, 80538 Munich, Germany; leonhardt@transver.de

<sup>7</sup> Mobycon; Hooikade 13, 2627 AB Delft, The Netherlands; h.zuiver@mobycon.nl

**Abstract** Modern era in developed industrial countries is distinguished by occurrence of new phenomena – significant increase of global transported volumes. Of course, this fact also brings increased demands on freight transportation system and, namely, on its infrastructure. Afterwards, the proper freight system has to be continuously developed to be able to adapt itself to quantitative and qualitative increasing demands and common changes. Concurrently the freight system has to accommodate environmental requirements as, for example, reduction of greenhouse gas emissions or decrease dependence on fossil fuels. Since the freight transportation sector represent a very complex system comprising lots of subjects – often with different interests and proposed methods – it is necessary to find some uniting way to achieve common consensus how to proceed. Determining the external factors fundamentally affecting development of freight transportation system represents a basic way for finding common solution.

**Keywords** rail transportation, freight transport, logistics, external factors, transportation planning, greenhouse gas emissions

#### 1. Social and economic development with respect to its impact on transport demand trends

The first task includes determining long-term quantitative trends for freight transport performance concerning 30 European countries (EU 15, EU 12, Switzerland, Norway, Croatia) taking account of based on social and economic trends (population, gross domestic products, foreign trade etc.) and their key drivers as well as impact on freight transport demand.

Unlike the Western Europe countries, the Eastern member states are supposed to have moderately increasing population. That is why, future development of population in various parts of the EU space will be different. Likewise, also the drivers of freight transport demand are distinguished within the scope of spatial production division which certainly affects corresponding transport distances. It is worth to notice that labour division and the foreign trade will trend to “globalize” under present day conditions. According to the new analyses, GDPs of individual member countries will be based predominantly on manufacturing industry as well as on service sector which importance constantly increases. At the same time, it emerged that European trade is more significant than intercontinental one and foreign trade grows at a higher level than GDP.

The following trends were found out:

► Up to 2050, annual growth rates of all kinds of freight transport performance in the EU countries decrease.

► Total transport performance in the Western Europe is produced on German territory, where the growth is expected to be 89% from 2005 up to 2050 (France 21%, while Italy and Spain 13% in 2005).

► International transport (export, import, transit) will represent higher growth than national one.

► Within the scope of the modal share up to 2050, road transport would decrease in the most member countries, while rail transport increase by 3%, and waterway transport will develop only in some regions (for example Germany and Benelux).

Countries	2005 in billion tkm	05-20 in %	05-35 in %	05-50 in %	05-20 in p.p.a.	20-35 in p.p.a.	35-50 in p.p.a.
<b>Growth rates of national transport performance</b>							
EU27	1.494,6	27	38	42	1,60	0,55	0,19
EU15+CH, NO	1.324,3	26	38	43	1,55	0,60	0,23
EU12+HR	206,3	33	38	36	1,91	0,23	-0,05
All 30 countries	1.530,5	27	38	42	1,60	0,55	0,19
<b>Growth rates of international transport performance</b>							
EU27	820,0	46	71	88	2,57	1,06	0,63
EU15+CH, NO	710,5	42	66	82	2,38	1,03	0,62
EU12+HR	128,5	71	105	126	3,65	1,20	0,65
All 30 countries	839,0	47	72	89	2,59	1,06	0,63
<b>Growth rates of total transport performance</b>							
EU27	2.314,5	34	50	58	1,95	0,75	0,37
EU15+CH, NO	2.005,9	32	48	57	1,86	0,77	0,38
EU12+HR	334,7	48	63	71	2,63	0,68	0,30
All 30 countries	2.340,6	34	50	59	1,98	0,75	0,37

Table 1 – Growth rates of land transport performance

Countries	1995	2000	2005	2007	2020	2035	2050
<b>Modal shares of road transport performance (in %)</b>							
EU27	79,7	82,4	83,8	83,8	84,5	82,7	80,4
EU15+CH, NO	85,2	85,8	86,8	86,5	86,7	85	82,9
EU12+HR	49,3	59,6	64,8	66,7	71,6	68,2	63,9
All 30 countries	79,7	82,4	83,8	83,8	84,5	82,8	80,4
<b>Modal shares of rail transport performance (in %)</b>							
EU27	17,8	15,2	13,9	14,1	13,3	15	17,1
EU15+CH, NO	12	11,7	10,9	11,3	11,1	12,6	14,6
EU12+HR	49,5	39	33,8	32,2	27,2	30,2	34,2
All 30 countries	17,8	15,3	14	14,2	13,3	15	17,1
<b>Modal shares of inland waterway transport performance (in %)</b>							
EU27	2,6	2,4	2,2	2,1	2,2	2,3	2,5
EU15+CH, NO	2,8	2,5	2,3	2,2	2,3	2,4	2,6
EU12+HR	1,2	1,4	1,4	1,1	1,2	1,5	1,9
All 30 countries	2,5	2,4	2,2	2,1	2,1	2,2	2,5

Table 2 – Modal share trends for transport



## 2. Transport Demand and Congestion Trends

While congestions represent a significant obstacle for economic growth, successful trade, and competitive economies, it is important to be able to estimate congestion and other network events. Assigning transport demands to the existing and planned transport network is a way how to achieve the task. The most presumable development of the transport situation can be outlined by the help of so called reference scenarios measures. These reference scenarios have been compiled during 2007-2009 within the scope of TEN-CONNECT project study processed by a research team headed by Tetraplan AS, Denmark, on the basis of the TRANSTOOLS model. The tool covers an updated traffic model including all transport modes in the EU27 and the neighbouring countries area as well as an assessment functional model for assessment of economic, environmental, and social impacts on transport infrastructure. For observing transport demands directly relating to congestion in the TRANSTOOLS model were identified and afterwards determined the following "key drivers": *GDP growth* responding to transport demand as well as social and economic trends, *Transport costs estimates rail* anticipating moderate decrease caused by improved interoperability and efficient planning, *Transport cost estimates road* moderately growing due to general cost increase as a consequence of improved logistical operations, and *Infrastructure development* concurrently being under decision making or planned process. During analysing, monitoring both road and rail congestion trend is of great significance. The congestion profile on current European road are very uneven with the lowest measures in Balkan, Eastern Europe, and Turkey, medium ones in South and Northern Europe, and the highest ones in Great Britain and Central Europe. Travel time and transport flow do not show any linear relationship. It means that high congestion regimes are relatively more sensitive to traffic growth and, subsequently, small increases in traffic volume in Central Europe and UK may cause significant.

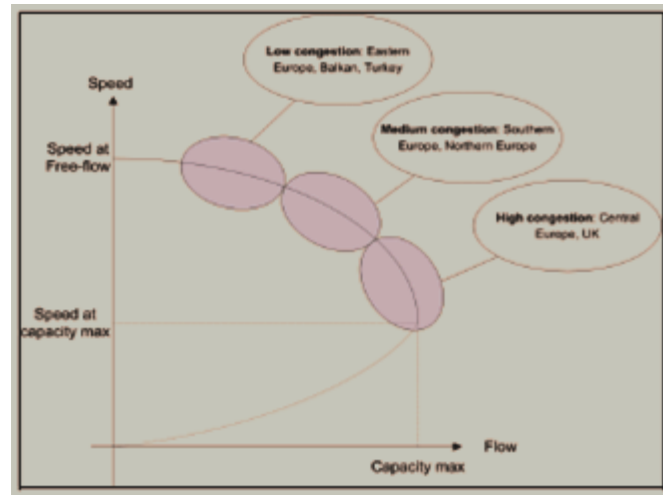


Figure 1 – Congestion profile for European regions

In the central Europe, the transport growth will moderately increase while in the Eastern Europe, Balkan and Baltic countries a more rapid growth is expected. At the global European level, amount of congestion probably rise from the current level in period of 2020 and 2030. In the Central Europe congestion level will rise together with increased traffic which will be of large impact. Bottlenecks on road routes are primarily concentrated within the vicinity of great cities as shown on Figure 2 – namely London-Manchester-Birmingham triangle, the Ruhr district and Northern Italy around Milano – while slower increase of congestion is expected in France, Spain, Scandinavia, and Eastern Europe.

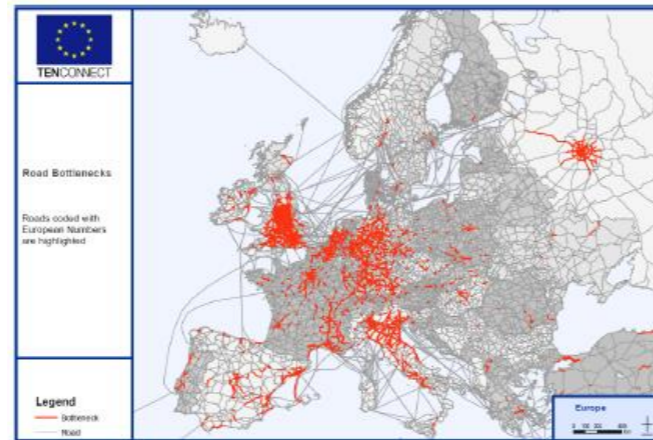


Figure 2 – Bottlenecks on European road routes

According to expectations, rail transport measured in ton-km will increase relative to road transport. It will represent a 23.3% share in 2030 (19.5% in 2005). Further, it can be anticipated longer ways due to market specialization, move from national transport to international one, and growth in specific bulk-corridors to Ukraine and Russia. Rail transport will be possible more sensitive to regional bottlenecks due to regional bottlenecks. Railway network and increased operation volumes on terminals and re-loading centres will cause great demands. Inland waterways are not included in to the model because no congestion can affect them.

## 3. Emission Trends Related to Transport

Transportation comes under main causal agents causing various environmental problems.

- Climate change represents the most important problem and, therefore, its mitigation is very urgent.
- Emissions penetrate to atmosphere cause acidification and tropospheric ozone forming.
- Due to emissions and environmental noise, transportation may cause serious health impacts.

Data on direct impact of the freight transport on environmental problems are not enough available. Nevertheless, "key drivers" for environmental aspects were determined and include fuel type and consumption (energy efficiency), transport volume, modal split, technology type, and development state.

Between 1995 and 2005, energy use and the associated carbon dioxide emissions from freight transport grew very fast. Inland freight transport operation (road, rail, and inland waterways) in the European Economic Area member countries increased by 30% (2.6% yearly) during this period. According to the Organisation for Economic Co-operation and Development, the energy consumed by the freight transport will continuously grow (approximately by 1.1 % yearly) between 2005 and 2030. The oil dependency of the freight transport sector would be slightly moderated by using bio- and other alternative fuels in road transport. Nevertheless, the total consumption of oil products in road transportation will constantly grow up to the year 2030 in the EU.

Apart from greenhouse gases (GHGs), the freight transport emits also other atmospheric pollutants as, for example, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, volatile organic compounds (VOCs), CO, and particulate matter. Lowering the kinds of emissions is more successful controlling GHGs and the freight transport decreased them by approximately 30-60% since 1990. Both historical and expected CO<sub>2</sub>-emission from the freight transport by modes in the time period 1970–2050 is shown on Figure 3.

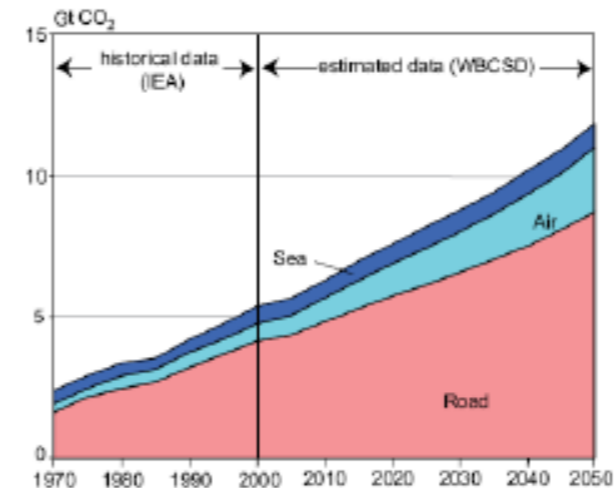


Figure 3 – historical and expected CO<sub>2</sub>-emission from freight transport between 1970–2050 (Ribeiro et al. 2007)

The graph on Figure 4 shows originators of CO<sub>2</sub>-emissions expressed in megatons of CO<sub>2</sub>-equivalent (OECD/ITF 2008).

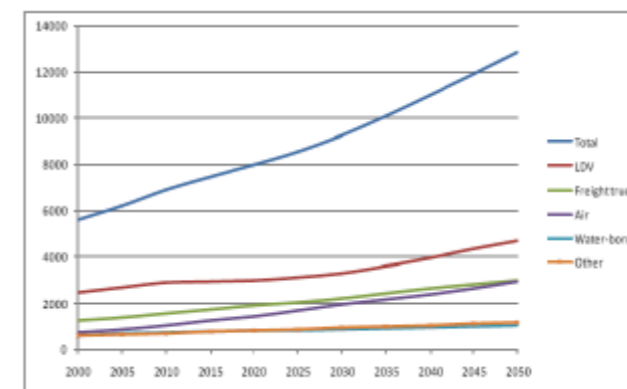


Figure 4 – Originators of CO<sub>2</sub>-emissions in Mt of CO<sub>2</sub>-equivalent

## 4. Energy Trends

Examining key trends in the extensive energy system with emphasis on factors influencing energy demand for the freight transport was processed by means of analytical methodology focused on quantitative aspects on two large models developed and operated by Energy-Economy-Environment Modelling Laboratory (E<sup>3</sup>M-Lab) at ICCS/NTUA (Athens, Greece). The PRIMES energy model for Europe and the PROMETHEUS stochastic energy model for analysing alternative prospects at the global level.

For analysing future energy demands in the freight sector, four "key drivers" were recognized and determined: evolution of overall freight transport and composition of economic growth, intermodal shifts influencing the kind of fuel and overall energy efficiency, technological improvements, and future course of fuel prices (oil prices in particular).

The "key drivers" depend on developments and actions within the EU area and includes different policy interventions (taxation, fiscal incentives, and the development of different infrastructure kinds) promoting sustainability in the freight transport. The world economy up to 2050 will be similar as economy in the last four decades nevertheless a lower growth in both advanced and emerging economies. According to the baseline budget projections, world conventional oil production will peak before 2020 (with a 40% probability) while non-conventional petroleum (tar sands, extra-heavy oil, and schists) probably compensates substantially more than

50% of world demand (also with a 40% probability). Future noticeable fuel savings can be achieved by R&D effort on alternative road transport technologies and their fiscal supports. The freight activity currently growing at rates similar to economic growth is expected to decelerate faster, even by 2050 the activity will be still dominated by trucks. Between 2005 and 2050, the energy demand for freight transport will decline by more than 30% owing to technological demands. High prices could provide a necessary stimulus for transiting the freight sector to alternative energy base. However, oil prices are very volatile in both short as well as longer terms. Transition of the road transport sector towards hydrogen traction is not considered as probable within the projected horizon. The graph on Figure 5 shows three alternative geological probability assessments of undiscovered hydrocarbon resources representing the probability that oil price will exceed September 2008 level of 100 \$/bbl (solid lines) or oil price will be lower than 2005 level of 55 \$/bbl (dotted lines)

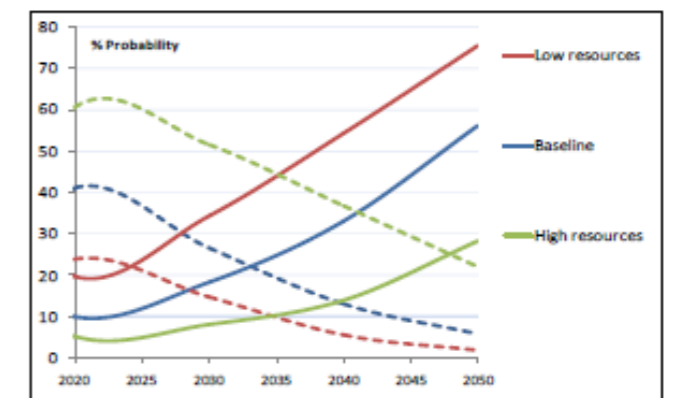


Figure 5 – Alternative oil price developments

## 5. Logistics Trends

Logistics trends come through within international networks of production companies are of a significant impact on transport demands. Also other activities (sourcing, production, and warehousing) within logistics networks are necessary to fulfil the final customers' requirements.

For analysing the logistics trends, a set of "key drivers" was recognized and determined. Financial objectives or minimizing total logistics costs consist of facility, inventory, and transportation costs. Between economies of scale and responsiveness similar to the market, there is a basic trade-off. Also a wide variety of other factors influencing the network design and facilities location as, for example, macroeconomic factors, availability of infrastructure and manufacturing, quality and cost of workers, and logistics technology should be considered.

Outsourcing subcontracting a process to a third-party, offshoring dislocation a production activity to a distant country for lowering operational costs, and decentralization reducing a number of production, procurement, or distribution site come under common logistics trends. The resulting proposal of the logistics network is predominantly based on a cost perspective. Offshoring leading to a reduction of overall logistics costs by 25-40% can be mentioned as an example. On the other hand, relevant "soft" factors (delivery time, flexibility, or risks of logistics network) can lead to a significant cost reduction. Stricter regulations and increased awareness of customers with considering the environment may support a new considering a company strategy. All common logistics trends relating risks (accidents, congestion) and environmental aspects (dependence on fossil fuels, CO<sub>2</sub> emissions) should be also considered.

New logistics trends (costs, risks, and environment) becoming more important within the scope of integrated perspective. Transportation



distances can be reduced by moving production activities closer to the market by means of nearshoring, onshoring, or decentralization which may bring a positive impact on the key indicators (on CO<sub>2</sub> emissions in particular). Using a flexible supply base can bring benefit in form of low costs in an offshore facility and concurrently quickly respond to demand fluctuations by maintaining the market from an onshore site too. So, the amount of long-distant freight transport can be reduced and, concurrently, mitigating transportation disruptions (accidents and congestion) can be achieved. Flexible transportation also helps to improve the performance of a logistics network considering the key indicators by changing transport mode, multi-modal transportation, or using multiple routes. Improving in transportation efficiency (better vehicle utilization and reducing empty trips) may lead to reduction of a transport volume. So, CO<sub>2</sub> emissions and fossil fuel consumption can be considerably reduced. The overview Logistics Trends are figured in Table 3.

New logistics trends – Integrated perspective	Characteristics	Relevance for key indicators	Case study
Network redesign	Nearshoring, onshoring and decentralization	Reduced transportation distances and number of transports	Using regional distribution centres, a company from the metal manufacturing industry was able to reduce the average distance to the customer by 46%.  In the apparel industry, the decision to produce at an onshore facility reduced CO <sub>2</sub> -emissions by 25%.
Flexible supply base	Using multiple supply sources (offshore and onshore)	Reduced number of long-distant transports and mitigation of transportation risks (accidents and congestion)	Hewlett Packard uses an offshore facility to produce the base volume and employs also an onshore facility to quickly react to disruptions and demand fluctuations.
Flexible transportation	Change of transport mode	Reduced CO <sub>2</sub> -emissions and dependence on fossil fuels	UfW Walter saved 1,211 km per shipment by changing the mode (1,575 km on the road vs 312 km short sea/trucking), in total over 1.2 million km per year.
	Multi-modal transportation  Multiple routes	Reaction to occurrence of risk events (accidents and congestion)	
Transportation efficiency	Vehicle routing and loading	Reduced number of empty trips	By maximizing full truck load, PepsiCo, on average, saved 1.5 million km and 1,700 tonnes of CO <sub>2</sub> -emissions.
	Consolidated shipments	Improved vehicle utilization	A manufacturer of household and personal-care products cut fuel use by 630,000 litres by combining multiple customer orders.

Table 3 – Overview Logistics Trends

## References

1. Malinovský, V. (2009). Vize nákladní dopravy na železnici do dalších desetiletí. CARGO, revue pro dopravu a logistiku, Vol. 2, No. 3, Praha, p. 48-51, MK ČR E 17910.
2. Malinovský, V., Krušina, K. (2009) Planning Rail Haulage for Coming Decades. Proceeding EURO – Žel 2010, Žilina: Žilinská univerzita, Slovak Republic, 2009, p. 139-145, ISBN 978-80-554-0197-3.
3. Malinovský, V., Kyster-Hansen, H., Henriques, M., Zuiver, H., Rosič, H., Bauer, G. (2009) Key Demonstration Projects. Proceeding Management Summary I – on Policy, Technology & External Factors, Freightvision Project, Brussels: AustriaTech Federal Agency for Technological Measures Ltd., Vienna, Austria, p. 10-11.
4. Malinovský, V., Böhm, A.C., Feyen, E., Hamisch, B., Heinrich, Ch., Leonhardt, S., Panse, F. (2009) Infrastructure Technologies & ITS. Proceeding Management Summary I – on Policy, Technology & External Factors, Freightvision Project, Brussels: AustriaTech Federal Agency for Technological Measures Ltd., Vienna, Austria, p. 12-13.
5. Malinovský, V., Krušina, K. (2010) Funding for ERTMS / ETCS. Proceeding Management Summary IV, Revised Version, Vision & Action Plan, Freightvision Project, Brussels: AustriaTech Federal Agency for Technological Measures Ltd., Vienna, Austria p. 37.
6. Malinovský, V., Krušina, K. (2011) Chapter Funding for ERTMS/ETCS. Monografie Freightvision – Sustainable European Freight Transport 2050 – Forecast, Vision and Policy, Recommendation, Springer, Heidelberg, Germany, p. 196-199, ISBN 978-3-642-13370-1.
7. Malinovský, V. (2013) Planning Rail Transportation for Further Decades. 20th Anniversary of the Faculty of Transportation Sciences, Czech Technical University in Prague, p. 293-298, ISBN 978-80-01-05320-1.
8. Author team led by Tetraplan, Copenhagen, Sweden (2018) TEN-CONNECT: Traffic Flow: Scenario, Traffic Forecast and Analysis of Traffic on the TEN-T, Taking into Consideration the External Dimension of the European Union, <https://www.re2.uni-kiel.de>, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Germany

## Heterogeneous networking in C-ITS

Martin Šrotýř<sup>1</sup>  
Zdeněk Lokaj<sup>2</sup>  
Tomáš Zelinka<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Ústav aplikované informatiky v dopravě, Fakulta dopravní, ČVUT v Praze; Konviktská 20, 110 00 Praha 1; srotyr@fd.cvut.cz  
<sup>2</sup> Ústav aplikované informatiky v dopravě, Fakulta dopravní, ČVUT v Praze; Konviktská 20, 110 00 Praha 1; lokaj@fd.cvut.cz  
<sup>3</sup> Ústav aplikované informatiky v dopravě, Fakulta dopravní, ČVUT v Praze; Konviktská 20, 110 00 Praha 1; zelintom@fd.cvut.cz

**Abstrakt** Cooperative Systems are part of the Smart Cities solutions and the essential part of the cooperative systems represents guaranteed quality of information exchange both between VANET members (V2V) as well as between VANET and Infrastructure (V2I). This article presents proposal of multiplatform routing protocol designed for combination of two most widely accepted mobile technologies. Properties of proposed protocol are in VANET communication simulation compared with selection of mostly discussed routing protocols designed for VANET conditions.

**Klíčová slova** Cooperative systems, VANET, routing protocols, simulation.

### 1. INTRODUCTION

C-ITS (Cooperative Intelligent transport systems) represent one of key essentials of the smart cities/planet solutions. An important benefit of such systems is to increase the efficiency and security of transport as a whole. According to a study [4] there could be possible to eliminate up to 60 percent of the consequences of traffic accidents, which are most often caused by not enough skilled or not enough concentrated drivers. Such drivers are not able appropriately react on the dynamically developing road conditions caused between others also by improper behavior of other drivers. Improvement of transport systems security and efficiency is dependent on additional information sharing about road and traffic condition.

Infrastructure and police authorities have been continuously collecting a considerable amount of information about traffic conditions, road stage, police controls, accidents etc., However, such mass information is only partially available to drivers e.g. via radio services or intelligent navigation systems. Coverage is, however, limited on certain roads and even critical information might easily need several seconds to be delivered to driver.



Fig. 1. Example of cooperative systems

In order to improve road safety and traffic efficiency services a standardized telecommunication solutions for direct communication

between vehicles (V2V), as well as between vehicles and roadside infrastructure (V2I), must be standardized, widely adopted and massively unconditionally implemented.

Vehicles in C-ITS solutions use to be clustered in the dynamically developing VANETs (Vehicle Ad hock Networks) and required performance of C-ITS solutions induce prerequisites on guaranteed quality of information exchange both between VANET members (V2V) as well as between VANET and Infrastructure (V2I). Cooperative principles in VANETs compel preferably M2M (machine to machine) communication, however, HMI (Human-machine interface) type of communication, i.e. information exchange between driver and vehicle and via vehicle also with C-ITS cannot be underestimated. Even though fully automated driving (autonomous vehicles) reached remarkable progress, massive integration of autonomous vehicles in real transport traffic will not come soon namely due to existing legal issues. However, in all consequent steps of C-ITS implementations specific information exchange in VANETs conditions will play always key role and it is crucial for C-ITS future development to identify appropriate telecommunication strategy being able to meet all key C-ITS requirements.

In order to improve road safety and traffic efficiency services on the path towards automated driving it is clear that standardized technologies for direct communication between vehicles (V2V), as well as between vehicles and roadside infrastructure (V2I) must be on the national level selected, adopted, and widely implemented. Even though low latency technologies are already available and their availability can provide guaranty on service availability as long as the communication partners are within a certain communication range, their sensitive and effective adoption to the specific conditions of dynamically developing VANET applications has been still urgently needed.

### 2. THE DIFFERENT APPROACHES TO ROUTING IN COOPERATIVE NETWORKS INTRODUCTION

#### 2.1 Existing protocols

There is a large number of different protocols applicable within VANET networks, i.e. ad hock networks with dynamically developing topology. Such networking must properly discovery of proper paths, effectively maintain set of routes and properly react on sudden changes in network topology. The significant group of routing protocols represent topology based routing protocols with either proactive or reactive routing approach. Another routing protocols based on position, cluster routing etc. Follows brief introduction of basic protocols:

##### 1. DSDV (Destination Sequence Distance Vector)

It works on the principle of knowledge of vector distance path between source and destination. DSDV sends two types of packets -

a full listing and incremental. The full listing packets sent all routing information, while the incremental packet is sent only in case of changes, thereby achieves a reduction in network load. Unfortunately incremental type of packets still increase the network overhead, because these packets are sent very frequently that for larger networks, this protocol unusable, however, in networks with a small number of nodes this protocol can be effective enough. DSVS protocol is not standardized and no commercially applied.

### 2. AODV (Ad Hoc On-demand Distance Vector)

It is a combination of protocols Dynamic Source Routing (DSR) and the Destination Sequence Distance Vector (DSDV). This protocol is designed for networks with large numbers of nodes and supports multiple gateways. Routing Hop-by-Hop and sequence number AODV adopted from DSDV. Maintenance process of the route takes from DSR, specifically protocol sends RREQ (Route Request) message to all its neighbors with a request to connect to the target node. If it is not within radio range of the neighbors, the neighbors redistributes the RREQ request further their neighbors. The message carries a sequence number, which prevents the formation of loops, and when the target node is found, it is answered with RREP (Route Reply) message with the number of jumps. Confirmation is sent to all nodes so that all nodes add another route to a node in own routing table.

### 3. GPSR (Greedy Perimeter Stateless Routing)

GPSR protocol is one of the best examples of protocols based on the principle of routing based on location. It uses information about the destination from the nearest neighbor in order to forward the packet. This method is also known as the "greedy forwarding". Each node in GPSR has information on its physical location and position of neighbors. This information about the positions of individual nodes allow better routing and provide information about the targets. Neighboring nodes can also help in routing decision for packets without topology information.

## 2.2 The current approaches to routing

Currently there are different approaches to this topic. There are efforts to invent complex protocols, which will resolve the shortcomings of the already available approaches. Some of possible approaches follow:

### 1. Improvements in the formation of clusters

Routing in VANET networks are improved by better clustering [14] [15]. The formation of clusters is solved, for example, by an ant colony, which is a meta-heuristic technique, inspired by the behavior of ants and their search for food, which seeks an approximate solution of combinatorial problems [18] [19].

### 2. More efficient use of vehicle position

Another approach applies better utilization of the vehicles position for more efficient data dissemination [16]. In this paper, partial modifications of existing protocols were proposed and via simulations verification of author findings were presented.

### 3. Utilization of traffic information

Another approach is the utilization of the current traffic information to optimize spreading packet over networks. Packets are preferably routed to the directions with higher traffic density for achieving increased coverage area. [17].

### 4. Others

There are available specific approaches to the protocols. E.g. addition of a new type of message about the throughput of individual connections [22] or about the content of transmitted information [20],

and the modification of priorities and queuing protocols [21]. Another interesting modification is the use of fuzzy logic to determine the suitability of each vehicle wireless connections for forwarding data [23].

## 3. SPECIFICATION OF METRICS AND OTHER PARAMETERS FOR SIMULATION

Our approach lies on simulation of protocols behavior applied in specific traffic situations.

Simulation of routing protocols depends on available protocols library configurable from the viewpoint of intended simulation. Simulation scenarios represents specific parameters configuration used by the simulation programs.

In case of traffic simulation, the main concern is concentrated on traffic impact on data mobility. Whole set of parameters represent substantial list of input variables for the simulation model. The output of qualitative parameters as response on set input conditions (for a particular routing protocol and the remaining adjustment simulation environment) represents basis for mutual comparison, finding the critical values and for subsequent optimization.

Our simulation is based on combination of simulators SUMO and ns-2 structured in accordance to figure. 2.

Input parameters of simulation are parameters of

- tested protocol,
- network simulator (NS-2) and
- transport simulator (SUMO).

In the particular testing scenario (in defined traffic conditions) parameters of the tested protocol (assuming compatibility of parameters of individual tested protocols) are consequently set and representative results of the various protocols are so obtained.

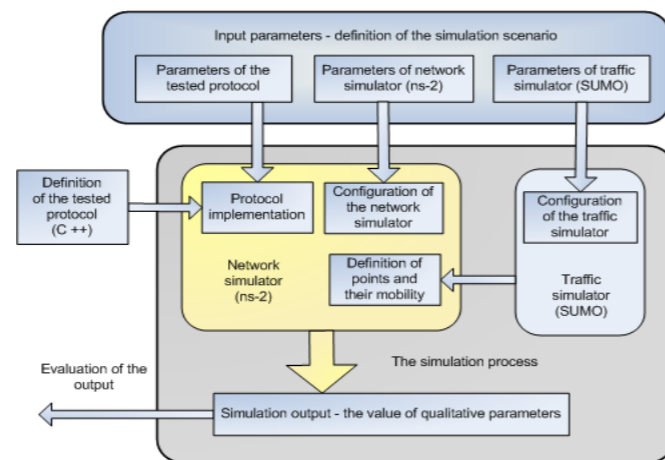


Fig. 2 Process for a particular application of simulator SUMO

For the correct definition of the traffic simulator parameters is important to set an extensive number of parameters, however the for the subsequent processing the only very limited number of parameters like e.g. traffic density in specific area can be modified to simulate different types of traffic situations.

For evaluation reasons subset of widely accepted performative parameters was selected to enable evaluation of the properties of the individual tested protocol. Some parameters were not reachable due to limits of the applied simulation software. Based on the analysis were adopted following five representative performance parameters: (i) Latency, (ii) Throughput, (iii) The success rate of delivery, (iv) The number of hops and (v) Utilization of the available capacity.

## 4. SIMULATION AND EVALUATION OF BASIC ROUTING PROTOCOLS

As part of the methodology was compiled uniform testing scenario that tests the routing protocols in different circumstances; in various environments (city, highway, a combination of highway and local roads, different densities of vehicles) and with different network simulator (channel type, etc.). Essential thing is that for each tested routing protocol are used the same test scenario parameters, thereby maximally ensuring mutual metric for subsequent comparison.

### 4.1 Aggregation of outputs

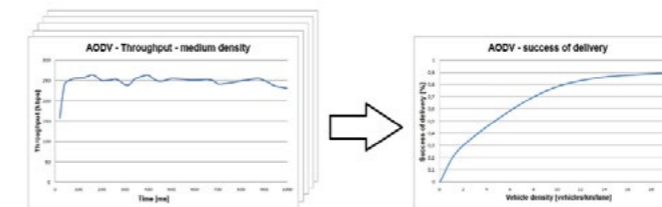


Fig. 3 Data aggregation

Based on the test scenario for each tested protocol are generated five output files describing all the events that occurred during each partial simulation. These data are then aggregated in a single file. For each monitored parameter thereby arises a graph where the vertical axis is the value of the monitored parameter and the horizontal axis is the density of vehicles according to the set mobility of simulation due to aggregation instead of the time course of the parameter. The above principle is illustrated on the figure. 3.

### 4.2 Quantification and display of results

Aggregated data already provide an overview of the protocol using progression of individual observed parameters. However, goal is to be able mutually compare the results of simulations of different protocols that have different characteristics, and some performance indicators can also acquire different non-standardized values is appropriate to quantify the results. This step is suitable in terms of the parameters that are defined specifically (e.g. security) and allows comparison seemingly incomparable values.

Quantification process applies classification tables that determine which values belong in which group. Classification tables must be for each communication technology separately, for each specific configuration of simulation parameters and within the same classification table are available values for different performance parameters. Creating these classification tables requires knowledge of various system parameters and performance indicators.

### 4.3 Summary evaluation of protocol

For final results presentation we decided to use "radar chart" form, which at first glance provides information about the values of individual parameters of simulated protocols. Radar chart aggregated graph has defined a fixed structure and therefore it is possible to compare the graphs of different protocols and their settings between each other. The individual rays of the graph represent the monitored variables and on these rays are then plotted the converted values of classification.

In response to this radar chart was introduced (see figure 10) a comprehensive evaluation of the protocol as a content of area defined by the values of various parameters on this chart.

Evaluation is as follows:

$$S = \sum_{i=1}^n \frac{x_i \cdot x_{i+1} \cdot \sin \frac{360^\circ}{n}}{2}, \quad (1)$$

where  $x_{n+1}=x_1$  and variables are  
 $S \dots$  the area chart (evaluation)  
 $n \dots$  number of vertices in the graph (number of variables)  
 $x \dots$  variable value

wherein in the case where it is used five performance parameters can be the evaluation expressed as follows

$$S = \sum_{i=1}^5 \frac{x_i \cdot x_{i+1} \cdot \sin 72^\circ}{2}, \quad (2)$$

where  $x_6=x_1$ .

Such comprehensive evaluation offers a quick overview of the quality of the routing protocol on the basis of applied performance parameters, where everyone has equal weight. In the case that different parameters have different weights, it would be necessary to choose a different approach and comprehensive evaluation determined using the preferences of the individual parameters.

## 5. DESIGN OF OPTIMIZED SOLUTION OF ROUTING PROTOCOL

Our solution was motivated by the capacity constraints of WAVE / DSRC technology and provides a multiplatform combination of WAVE / DSRC technology and LTE.

The proposed solution uses the location information of individual clients (vehicles obtained from the GNSS system. Clients on regular basis process and distribute a report about the status update (RASU) which contains address, current timestamp, GNSS position and a list of neighbors and their parameters. RASU is distributed by client to its neighboring clients. For LTE RASU message can be delivered (multicast) to all members of shared eNodeB. If D2D service is available in future, RASU report is distributed to neighbors like in DSRC mode. Besides direct communication it is also important connection with the routing server, which is located in a secure Intranet or VPN within the wider network. The server processes all RASU messages from all clients and has an overview of the current position and status of routing tables of the individual clients.

Clients then in the case of an incoming message has implemented a two-tier system of finding a suitable target for forwarding messages. Firstly, the table of neighbors is checked. This RASU report table is continuously updated by RASU information including those of the closest neighbors of neighbor (2 hops are supported). Consequently, if the destination is not among these close neighbors to find, client via LTE sends request to the routing server to create a path to their destination. Routing server provides based on the current state of the positions of individual clients and information about the quality of connection the optimal route (shortest path method with regard to the values of delay of each connection) and information on this path distribute to participants. New record is stored in the routing tables of the participants and the data are ready to be sent.

This brief description is on the figure 4 of architecture of the proposed solution.

Proposed solution stress these basic principles:

- In case communication has local character, it can apply routing information on neighboring clients up to the level of two hops.
- Other routing relies on the central authority, which has an overall view of the situation and individual requests authority replied by routing information sent back to clients.



- The solution be modified based on evaluation of the latency value between individual clients on the network.

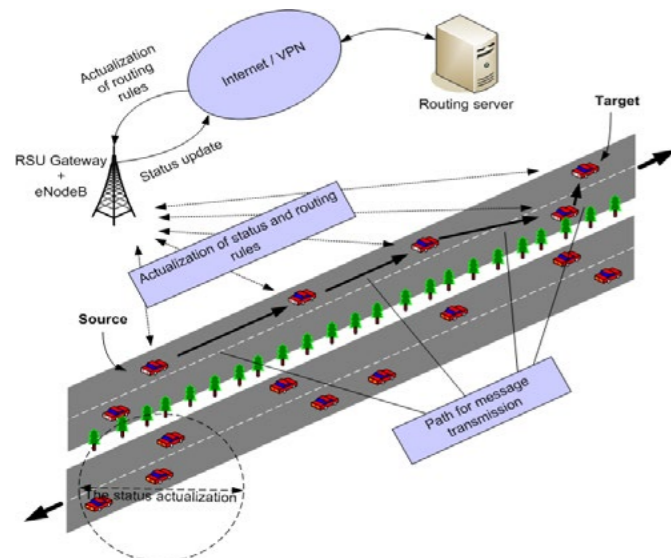


Fig. 4 Architecture of the proposed solution

## 6. RESULTS OF SIMULATION

Simulation of all protocols were carried out according to defined methodology, referred test scenarios and predefined variable parameters for each of the protocols. The following are outputs in the form of graphs of individual observed parameters and summary radar chart. Are displayed all of the tested protocols, including the optimized design of the WAVE-LTE at once for easier comparison.

### 6.1 The latency parameter

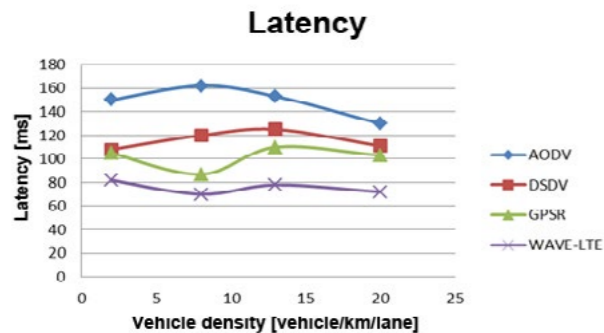


Fig. 5 Latency

We received positive results in case of latency parameter. The progression is similar to GPSR protocol, but the actual values are lower. This is achieved thanks to the fact that requests to update the routing rules are sent only if the destination is outside the neighborhood and achievable thanks to assistance from the infrastructure that determines the optimal route.

### 6.2 The throughput parameter

Throughput parameter in the proposed solution achieves higher values than the other tested protocols. It corresponds most closely to GPSR protocol, but its value exceeds by about 10%.

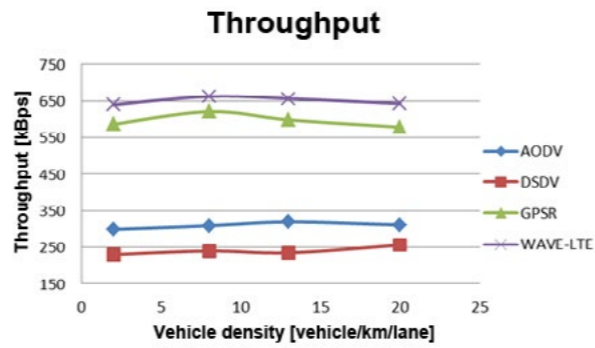


Fig. 6 Throughput

### 6.3 The parameter of successful rate of delivery

The proposed solution is in terms of the measured values of the parameter successful rate of delivery almost identical as the AODV protocol, other protocols have lower values.

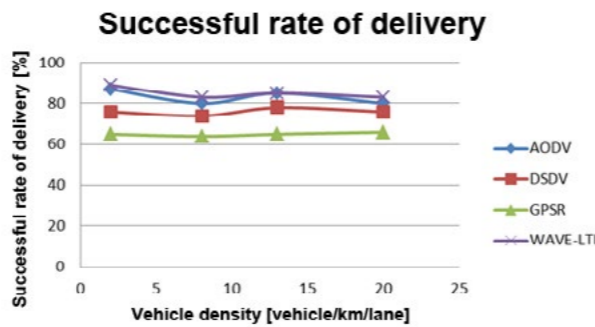


Fig. 7 Successful rate of delivery

### 6.4 The parameter of number of hops

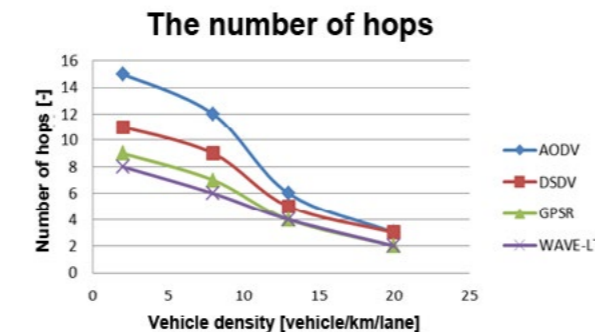


Fig. 8 No. of hops

Parameter of number of hops at the proposed solutions are ranked in the first position. Its values are in part identical to parameter GPSR and the remaining part are on one hop lower and therefore better.

### 6.5 The parameter of utilization of the available capacity

In the proposed solution, the measured values of utilization of the available capacity are 1-2% lower than GPSR protocol

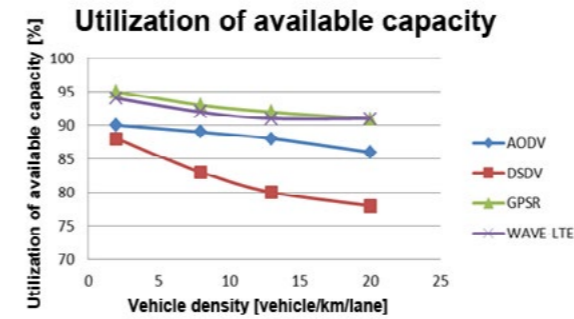


Fig. 9 Utilization of available capacity

In the proposed solution, the measured values of utilization of the available capacity are 1-2% lower than GPSR protocol

### 6.6 Comprehensive evaluation of protocol parameters

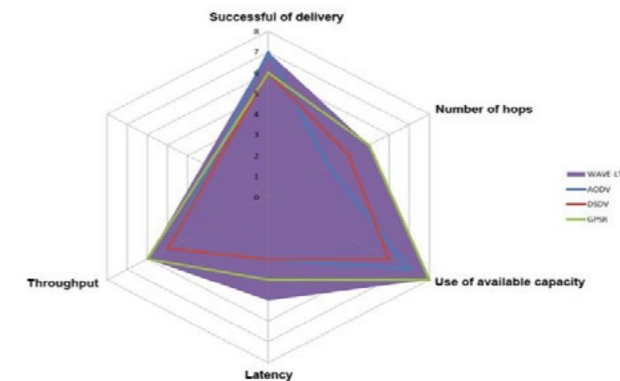


Fig. 10 Comprehensive evaluation

The final summary radar chart on figure 10 displays all of the tested protocols using the edges and the proposed solution is shown as a background area, which stand out the differences between the proposed solution and other protocols.

The numerical comprehensive evaluation of summary provided by the equation (2) is shown in the table 1, together with previous data for comparison.

Protocol	AODV	DSDV	GPSR	WAVE-LTE
<b>Comprehensive evaluation</b>	<b>53,7</b>	<b>52,8</b>	<b>77,0</b>	<b>88,9</b>

Table 1

The proposed solution WAVE-LTE is ranked by number 88.9, which exceeds other values and in terms of comprehensive evaluation of parameter is in the first position.

## 7. CONCLUSION

The draft of the protocol assume hybrid solution of combining approaches and possibilities of technologies WAVE / DSRC 5.9 and LTE. Protocol takes account besides a standard architecture WAVE / DSRC 5.9 also LTE architecture. Integration of LTE technology into solutions a VANET networks is in our view in the mid-term inevitable, anyhow and even current development of LTE technology strongly stress this direction. Using simulation engine designed for VANET type of communication we compared proposed protocol with selection of existing protocols. In most of key performance parameters proposed solution achieves better values, only in the

parameter of use of available final assessment the proposed protocol received by almost 12 points more than the second protocol (GPSR) which converted to a percentage represents approximately 6% better result.

## Zdroje

- [1] Srotyr, M., Zelinka, T., Lokaj, Z.: Advanced VANET routing design. 2015 Smart Cities Symposium Prague (SCSP), New York: IEEE Press, 2015, ISBN: 978-1-4673-6727-1
- [2] Zelinka, T., Lokaj, Z., Srotyr, M.: Service Quality Management in the ITS Telecommunications Systems. Journal of Systemics, Cybernetics and Informatics, Orlando, FL, 2013, Vol. 11, No. 8, pp 29-36, ISSN: 1690-4524
- [3] Starek, T., Volny, M., Lokaj, Z., Bures, P.: Results of project BaSIC (TB0100MD073), Prague, 2013
- [4] Svítek M.: Towards complex system theory, Tutorial, In: Neural Network World 2015, vol.25, no.1, pp. 5-33, 2015
- [5] Jaime-Rodriguez, J. J., Gutierrez, C. A., Luna Rivera, J. M., Campos-Delgado, D. U., Velazquez, R.: Comparative performance analysis of two channel estimation techniques for DSRC systems based on the IEEE 802.11p standard, Central America and Panama Convention (CONCAPAN XXXIV), 2014 IEEE, Panama City, 2014, pp. 1-6.
- [6] IEEE Standard for Message Sets for Vehicle/Roadside Communications, IEEE, NY, 2006, <http://standards.ieee.org/findstds/standard/1455-1999.html>
- [7] ETSI DSRC Standard, No. TS 102 792, Intelligent Transport Systems (ITS); Mitigation techniques to avoid interference between European CEN Dedicated Short Range Communication (CEN DSRC) equipment and Intelligent Transport Systems (ITS) operating in the 5 GHz frequency range, 2015, [http://www.etsi.org/deliver/etsi\\_ts/102700\\_102799/102792/01.02.01\\_60/ts\\_102792v010201p.pdf](http://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/102700_102799/102792/01.02.01_60/ts_102792v010201p.pdf)
- [8] ETSI DSRC Standard, No. ES 200 674-1, Intelligent Transport Systems (ITS); Road Transport and Traffic Telematics (RTTT); Dedicated Short Range Communications (DSRC); Part 1: Technical characteristics and test methods for High Data Rate (HDR) data transmission equipment operating in the 5,8 GHz Industrial, Scientific and Medical (ISM) band, 2013, [http://www.etsi.org/deliver/etsi\\_es/200600\\_200699/20067401/02.04\\_01\\_60/es\\_20067401v020401p.pdf](http://www.etsi.org/deliver/etsi_es/200600_200699/20067401/02.04_01_60/es_20067401v020401p.pdf)
- [9] Hameed M. and Filali F.: LTE and IEEE 802.11p for vehicular networking: a performance evaluation. Springer Open, EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking 2014:2014:89 DOI: 10.1186/1687-1499-2014-89 (<http://jwcn.eurasipjournals.springeropen.com/articles/10.1186/1687-1499-2014-89> 29/2/2014)
- [10] Morgan, Y. L.: Notes on DSRC & WAVE Standards Suite: Its Architecture, Design, and Characteristics," in IEEE Communications Surveys & Tutorials, vol. 12, no. 4, pp. 504-518, Fourth Quarter 2010
- [11] IEEE Guide for Wireless Access in Vehicular Environments (WAVE) Architecture, IEEE, NY, 2013, <https://standards.ieee.org/findstds/standard/1609.0-2013.html>
- [12] Vinel, A.: 3GPP LTE Versus IEEE802.11p/WAVE: Which Technology is Able to Support Cooperative Vehicular Safety Applications? IEEE WIRELESS COMMUNICATIONS LETTERS, VOL. 1, NO. 2, APRIL 2012 125,
- [13] Final draft ETSI ES 202 663 V1.1.0 (2009-11), ETSI Standard Intelligent Transport Systems (ITS); European profile standard for the physical and medium access control layer of Intelligent Transport Systems operating in the 5 GHz frequency band
- [14] HUSSAIN, Rasheed, Junggab SON, Hasoo EUN, Sangjin KIM a Heekuck OH. Rethinking Vehicular Communications: Merging VANET with cloud computing. 4th IEEE International Conference on Cloud Computing Technology and Science



Proceedings [online]. IEEE, 2012, s. 606-609 [cit. 2016-12-12]. DOI: 10.1109/CloudCom.2012.6427481. ISBN 978-1-4673-4510-1. Available from: <http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=6427481>

[15] RONG CHAI, BIN YANG, LIFAN LI, XIAO SUN a QIANBIN CHEN. Clustering-based data transmission algorithms for VANET. 2013 International Conference on Wireless Communications and Signal Processing[online]. IEEE, 2013, s. 1-6 [cit. 2016-12-12]. DOI: 10.1109/WCSP.2013.6677258. ISBN 978-1-4799-0308-5. Available from: <http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=6677258>

[16] LI, Xiaoqing, Weiyang SUN, Xuejun LI a Jichen LIU. GRTR: A Geocasting Routing Based Target Region for VANET. In: 2013 5th International Conference on Intelligent Networking and Collaborative Systems[online]. IEEE, 2013, s. 215-219 [cit. 2016-12-18]. DOI: 10.1109/INCoS.2013.92. ISBN 978-0-7695-4988-0. Available from: <http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=6630412>

[17] HYUN YU, JOON YOO a SANGHYUN AHN. A VANET routing based on the real-time road vehicle density in the city environment. In: 2013 Fifth International Conference on Ubiquitous and Future Networks (ICUFN) [online]. IEEE, 2013, s. 333-337 [cit. 2016-12-18]. DOI: 10.1109/ICUFN.2013.6614836. ISBN 978-1-4673-5990-0. ISSN 2165-8528. Available from: <http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=6614836>

[18] RANA, Himani, Parimala THULASIRAMAN a RUPPA K. THULASIRAM. MAZACORNET: Mobility aware zone based ant colony optimization routing for VANET. In: 2013 IEEE Congress on Evolutionary Computation[online]. IEEE, 2013, s. 2948-2955 [cit. 2016-12-18]. DOI: 10.1109/CEC.2013.6557928. ISBN 978-1-4799-0454-9. Available from: <http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=6557928>

[19] SAHOO, R. R., R. PANDA, D. K. BEHERA a M. K. NASKAR. A trust based clustering with Ant Colony Routing in

VANET. In: 2012 Third International Conference on Computing, Communication and Networking Technologies (ICCCNT'12) [online]. IEEE, 2012, s. 1-8 [cit. 2016-12-20]. DOI: 10.1109/ICCCNT.2012.6395939. Available from: <http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=6395939>

[20] SHOAIIB, Muhammad a WANG-CHEOL SONG. Traffic aware optimized zone based hierarchical link state routing protocol for VANET. In: 2013 IEEE 24th Annual International Symposium on Personal, Indoor, and Mobile Radio Communications (PIMRC) [online]. IEEE, 2013, s. 3117-3122 [cit. 2016-12-20]. DOI: 10.1109/PIMRC.2013.6666682. ISBN 978-1-4673-6235-1. ISSN 2166-9570. Available from: <http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=6666682>

[21] HU, Lili, Zhizhong DING a Huijing SHI. An Improved GPSR Routing Strategy in VANET. In: 2012 8th International Conference on Wireless Communications, Networking and Mobile Computing [online]. IEEE, 2012, s. 1-4 [cit. 2016-12-20]. DOI: 10.1109/WiCOM.2012.6478416. ISBN 978-1-61284-683-5. ISSN 2161-9646. Available from: <http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=6478416>

[22] MACHATA, Tomáš a Jiří HOŠEK. Popis směrovacího protokolu AODV pro MANET sítě a jeho následné rozšíření o nový typ zprávy v prostředí OPNET Modeler. Elektrotechnika [online]. 2011, 13(5) [cit. 2016-12-20]. ISSN 1213-1539. Available from: <http://www.elektrotechnika.cz/cz/download/popis-smerovaciho-protokolu-aodv-pro-manet-site-a-jeho-nasledne-rozsireni-o-novy-typ-zpravy-v-prostredi-opnet-modeler/>

[23] WU, Celimuge, Satoshi OHZAHATA a Toshihiko KATO. Flexible, Portable, and Practicable Solution for Routing in VANETs: A Fuzzy Constraint Q-Learning Approach. IEEE Transactions on Vehicular Technology[online]. 2013, 62(9), 4251-4263 [cit. 2016-12-20]. DOI: 10.1109/TVT.2013.2273945. ISSN 0018-9545. Available from: <http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=6563165>

## Implementace kompresního algoritmu MSC do FPGA

Jakub Řada<sup>1</sup>  
Vít Fábera<sup>2</sup>  
Tomáš Musil<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Ústav aplikované informatiky v dopravě, Fakulta dopravní; Konviktská 20, 110 00 Praha 1; radajak3@fd.cvut.cz  
<sup>2</sup> Ústav aplikované informatiky v dopravě, Fakulta dopravní; Konviktská 20, 110 00 Praha 1; fabera@fd.cvut.cz  
<sup>3</sup> Ústav dopravní telematiky, Fakulta dopravní; Konviktská 20, 110 00 Praha 1; musil@fd.cvut.cz

**Abstrakt** Kompresní algoritmus MSC (MultiStream Compression) je nová bezztrátová kompresní metoda českého vědce Jiřího Kochánka. Jiří Kochánek implementoval svůj algoritmus softwarově v programovacím jazyce C. Na Fakultě dopravní ČVUT byla vytvořena první hardwarová implementace - do hradlového pole (FPGA). Části algoritmu byly transformovány na množinu spolupracujících konečných automatů a zapsány v jazyce VHDL. Navíc bylo nutné navrhnout speciální reprezentaci kódovacího stromu (Left Tree Representation) s ohledem na potřeby algoritmu.

**Klíčová slova** Multistream compression, FPGA, MSC, komprese, Paralelní komprese, Left Tree Representation

### 1. ÚVOD

Kompresní algoritmus MSC je podrobně popsán v [1] a [2]. Stručně lze algoritmus popsat v pěti krocích:

- výpočet statistických ukazatelů ze vstupních dat
- konstrukce binárního stromu – uzly obsahují čítače a přepínače průchodů
- vytvoření posloupnosti hodnot čítačů na základě průchodu stromu (autor algoritmu používá pojem stream)
- analýza posloupnosti hodnot čítačů a výběr vhodné kódovací metody (Elias alpha, ZEB, Huffman, ...)
- vytvoření výstupního souboru (autor také zde používá pojem stream)

Novum algoritmu spočívá právě ve speciální konstrukci stromu a kódování čítačů. Posloupnost hodnot čítačů může být vytvářena paralelně (proto název MultiStream).

### 2. IMPLEMENTACE

Hardwarová implementace algoritmu [3] byla vytvořena s využitím metodologie RTL (Register Transfer Level) [4]. Kroky algoritmu byly transformovány na konečné automaty a datové cesty (Finite State Machines with Datapath - FSMD). Implementace je popsána v jazyce VHDL (Very High Speed Integrated Circuits Hardware Description Language).

Na obrázku 1 je bloková struktura HW implementace. Konečné automaty reprezentující kroky algoritmu jsou zobrazeny obdélníky s ostrými rohy se šedivým podkladem. Obdélníky se zaoblenými rohy představují paměťové bloky. Šipky mezi automaty znázorňují „tok algoritmu“, šipky mezi automaty a paměťmi tok dat.

V prvním kroku algoritmu se vytváří statistika vstupních dat, kde se počítají standardně četnosti výskytu jednotlivých znaků (bajtů) v souboru a jejich první výskyt ve vstupních datech. Binární strom se konstruuje obdobným způsobem jako např. při Huffmanově kompresi na základě četností. Uzly stromu obsahují navíc čítače průchodů a přepínače směru průchodu. V případě paralelního zpracování se

v další fázi určí kořeny podstromu. Tyto podstromy pak budou zpracovány nezávisle v samostatných blocích. V dalším kroku se opětovně procházejí vstupní data a zároveň se prochází i vytvořený strom, kdy se v uzlech aktualizují čítače průchodů. Zároveň se vytváří posloupnost hodnot čítačů: při přepnutí směru průchodu z levého na pravého syna se uloží hodnota čítače do posloupnosti. Pro uložení binárního stromu bylo nutné navrhnout speciální reprezentaci nazvanou Left Tree Representation s tím, že ostatní typy reprezentací nebyly pro potřeby MSC stromu vhodné. Více o této reprezentaci je uvedeno v kapitole 2.1.

Procházení stromu a jeho analýza se provádějí paralelně (automaty ANALYZE v obrázku 1). Uložení hodnot čítačů do posloupnosti je opět navrženo s ohledem na minimalizaci paměťových nároků. Dvě datové struktury SMALL STATISTIC a LARGE STATISTIC, lišící se velikostí, slouží pro uložení malých a velkých hodnot.

Z kódovacích metod pro uložení hodnot čítačů do výstupního souboru byly implementovány pouze dvě: Elias alpha a ZEB; ZEB byla navržena autorem J. Kochánkem speciálně pro algoritmus MSC. První zmíněná metoda je obecně volena pro kódování hodnot čítačů s nízkými hodnotami.

#### 2.1 Reprezentace binárního stromu

Left Tree Representation (LTR) ukládá strom do lineární struktury a reprezentace byla navržena tak, aby neplýtvala s paměťovým prostorem a umožnila snadný průchod stromem. Každý uzel mimo listu zná uložení svých potomků v paměti:

- levý syn je uložen na pozici:  
 $left\_child\_index = parent\_index + 1$
- pravý syn je uložen na pozici:  
 $right\_ch\_index = parent\_index + no\_of\_nodes\_in\_left\_tree$

Prvotně se však strom konstruuje pomocí tzv. *linked representation* a následně je transformován do LTR.

#### 3. PAMĚŤOVÉ ASPEKTY IMPLEMENTACE

Pro uložení dat byly použity dva typy paměti. K uložení uzlů binárního stromu byly využity paměťové bloky BRAM (bloková paměť typu RAM integrovaná do struktury hradlového pole). Pro data mající velký objem – vstupní data, posloupnost hodnot čítačů a výstupní data, SMALL STATISTICS a LARGE STATISTICS – je využita externí paměť SDRAM na vývojové desce.

Každý uzel stromu potřebuje pro uložení 144 bitů. Maximální velikost stromu je 511 uzlů, pro uložení bylo třeba vyhradit 73 584 bitů paměti, což představuje čtyři bloky BRAM.

Jeden záznam statistické informace zaujímá 11 552 bitů. Řízení externí SDRAM zajišťuje k tomuto účelu navržený řadič s vhodným interface pro komunikaci s automaty algoritmu [3]. Interface je navržen jako čtyřportový, aby bylo možné přistupovat do paměti paralelně. Pro rychlejší přístup k datům SMALL STATISTICS a LARGE STATISTICS jsou zařazeny u každého portu mezi automaty a SDRAM interface dva paměťové bloky BRAM

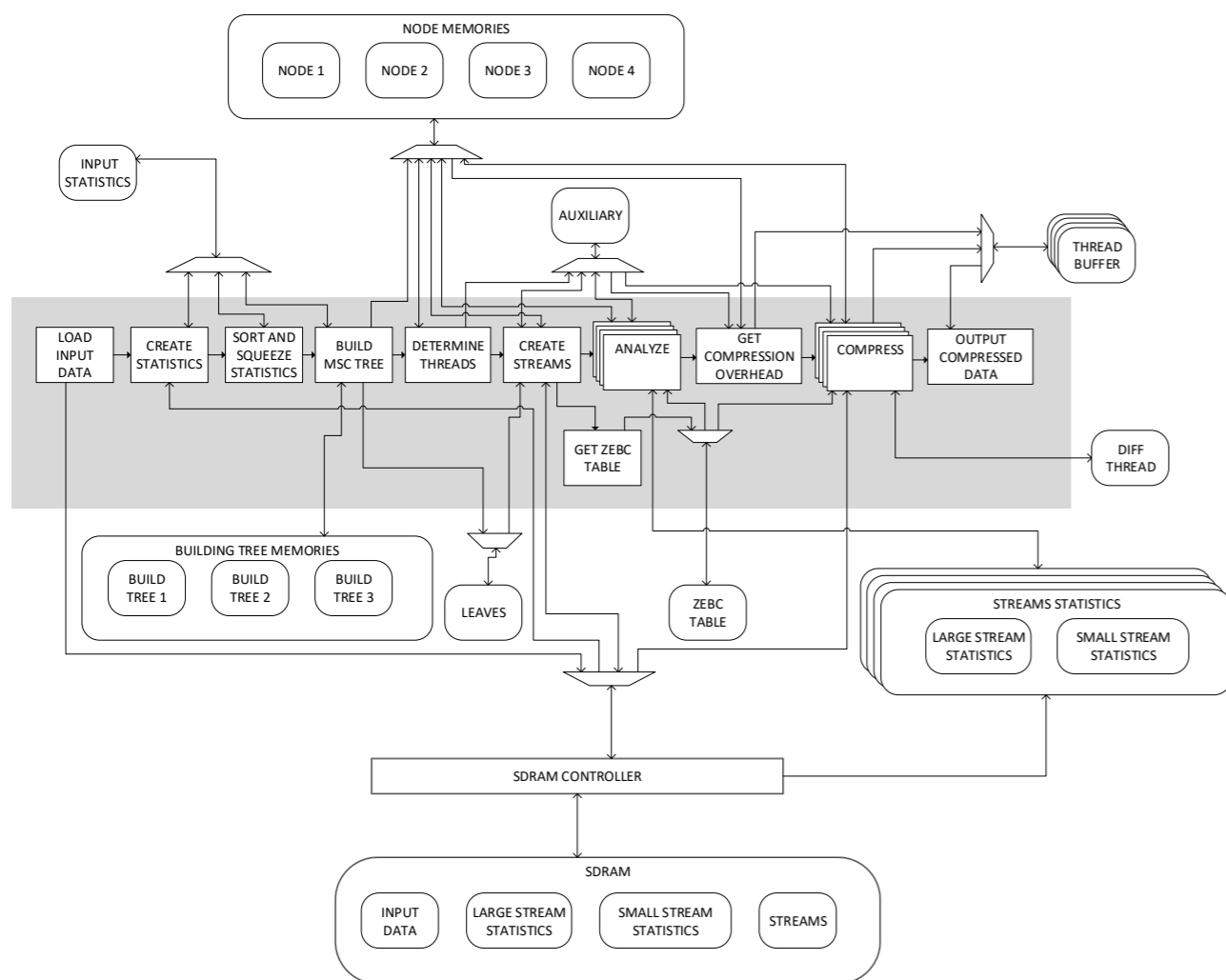
(každý o kapacitě 18 kbitů) sloužící jako „cache“ právě pro hodnoty statistik.

#### 4. PARAMETRY IMPLEMENTACE

Jako cílová platforma byl vybrán obvod FPGA XC6SLX45 z rodiny obvodů Spartan-6 firmy XILINX. Využití zdrojů obvodu shrnuje tabulka 1.

Zdroj	Absolutní počet	Relativní hodnota
Počet využitých registrů	9 265	16%
Počet využitých LUT <sup>1</sup> ve „Slices <sup>2</sup> “	14 346	52%
Počet obsazených „Slices“	4 786	70%
Počet obsazených bloků BRAM	25	21%

Tabulka 1: Využití zdrojů FPGA



Obrázek 1: Bloková struktura HW implementace

Maximální hodinová frekvence překračuje hranici 80 MHz.

#### Zdroje

- Kochánek, J. Způsob transformace a bezztrátové komprimace dat v elektronické podobě, patent č. 2007-114
- Kochánek, J., Lánský, J., Uzel, P., Žemlička, M. The New Statistical Compression Method: Multistream Compression, First International Conference on the Applications of Digital Information and Web Technologies [online], Ostrava: IEEE, 2008 [cit: 12/01/18]. <dostupné na <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=4664366>>.
- Řada, J. Implementace kompresního algoritmu MSC v programovatelném hradlovém poli, diplomová práce, Fakulta dopravní ČVUT, 2016
- Chu, P. P. RTL Hardware Design Using VHDL. Cleveland: John Wiley & Sons, Inc, 2006, ISBN: 978-0-471-72092-8

## International Dual Master Degrees Program in Smart Cities

Ruey Long Cheu<sup>1</sup>  
Tomas Horak<sup>2</sup>  
Carlos Ferregut<sup>3</sup>  
Miroslav Svitek<sup>4</sup>  
Petra Skolilova<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Ruey Long Cheu is with the The University of Texas at El Paso, TX, USA, email: [rcheu@utep.edu](mailto:rcheu@utep.edu)

<sup>2</sup> Tomas Horak is with Czech Technical University, Prague, Czech Republic, email: [horaktom@fd.cvut.cz](mailto:horaktom@fd.cvut.cz)

<sup>3</sup> Carlos Ferregut is with The University of Texas at El Paso, TX, USA, email: [ferregut@utep.edu](mailto:ferregut@utep.edu)

<sup>4</sup> Miroslav Svitek is with Czech Technical University, Prague, Czech Republic, email: [svitek@fd.cvut.cz](mailto:svitek@fd.cvut.cz)

<sup>5</sup> Petra Skolilova is with Czech Technical University, Prague, Czech Republic, email: [skolilova@fd.cvut.cz](mailto:skolilova@fd.cvut.cz)

**Abstrakt** In January 2018, Czech Technical University in Prague (CTU) and The University of Texas at El Paso (UTEP), signed a Memorandum of Understanding (MOU) to jointly develop and implement a Dual Master Degrees program in Smart Cities. Since then, the program structure has been decided, and the management team hopes to start the program with the first cohort of students in August 2018. In this paper, the authors, who are the key leaders in the development of this program, share the history, program structure, enabling teaching facilities, and challenges with the readers.

**Index Terms** Smart Cities, international collaboration, living laboratory, education, quality of life.

### 1. BACKGROUND

The Smart Cities concept uses modern technologies to generate synergy between various subsystems (transportation, logistics, safety and security, energy, buildings, administration, etc.) in a city to improve quality of life of its residents. The Smart Cities solutions strive for effective coordination of some, if not all of the city's subsystems, taking into account the common desire of sustainable development of society while improving the quality of life of city residents. This can be achieved by coordinated efforts to minimize the resources used (water, gas, electricity, land use), while at the same time maximizing the efficiency of the existing infrastructure (transportation, energy and telecommunication networks, information centers, etc.). As a result, the city is able to deliver better services and the residents can enjoy better quality of life.

It is possible to apply the Smart Cities concept towards defined goals or generic targets. The defined goals may be optimization of energy consumption, improvement of air quality, reduction of noise, regulation of transportation systems, etc. Alternatively, the generic targets support the identity of a given place and urban structure, i.e. its own historic, cultural, ecologic or aesthetic essence. The Smart Cities concept can be also applied in a different scope or context, e.g. smart town, smart village or smart region.

Because Smart Cities solutions require professionals in different disciplines (such as engineering, computer science, business, psychology, communications, etc.) to work as a team, engaging residents in the process, education of the Smart Cities decision makers, solution developers and other stakeholders needs a different approach. The authors believe that the undergraduate curriculum

should deliver the fundamental knowledge to students in the respective academic disciplines; while the graduate program shall bring exposure to international practices, innovative research, and interdisciplinary culture in the specific thematic area, which in this case is Smart Cities.

#### 1.1 Czech Technical University (CTU)

CTU ([www.cvut.cz](http://www.cvut.cz)) is located in Prague, Czech Republic. CTU is a public university and the top engineering university in the Czech Republic. It has eight faculties (colleges) with enrollment of 21,000 students. The Faculty of Transportation Sciences (FTS) offers Bachelor, Master and Ph.D. degrees in transportation. FTS has departments offering courses in Traffic Engineering, Intelligent Transportation Systems, Logistics, Air Transportation and others.

#### 1.2 The University of Texas at El Paso (UTEP)

UTEP ([www.utep.edu](http://www.utep.edu)) is a public university in the State of Texas. It is a part of the University of Texas System. The UTEP campus is located on the U.S.-Mexico border, at the western end of Texas. The university has an enrollment of approximately 25,000 students. The College of Engineering at UTEP has eight academic departments with approximately 3,500 students.

#### 1.3 Dual Master Degrees Program

Since 2010, CTU's Faculty of Transportation Sciences and UTEP's College of engineering have successfully collaborated on the Transatlantic Dual Masters Degree Program in Transportation Sciences and Logistics Systems [1], known simply as Transportation & Logistics DMP in this paper. The European Commission's Directorate General for Education and Culture (DG EAC) and the U.S. Department of Education funded the program from 2010 to 2015, as part of the EU-U.S. Atlantis Program. This was the second DMP at CTU FTS and the first program of this kind in The University of Texas System. The Transportation & Logistics DMP has graduated 14 students from CTU and 3 students from UTEP. Given the viability of the Transportation & Logistics DMP and recognizing the new global trend towards developing smart and resilient cities, both CTU and UTEP agreed to revise and expand the dual master degree program to reflect the current need to educate professionals in the growing field of Smart Cities engineering and science, which encompasses transportation and logistics. The experience gained by the program leaders from 2010 to 2018 has been instrumental in the design of the new DMP curriculum and implementation process.

<sup>1</sup> LUT – Look Up Table – blok statické paměti realizující kombinační logiku

<sup>2</sup> Slice - opakující se struktura v obvodech XILINX FPGA zahrnující tabulky LUT, klopné obvody a propojení



#### 1.4. Objective and Outline of Article

The objective of this article is to report the development of this new DMP, to share the program's structure, study plan and courses, to trigger discussion and to receive feedbacks from the experts in the related fields. In the remaining parts of this article, the authors describe the process of developing this new program, highlighting how this new program is different from the Transportation & Logistics DMP. The authors also present the program structure and study plan, followed by brief outlines of the Smart Cities related courses created for the program. The authors also introduce the laboratory facilities that will be used for teaching and research. Finally, the authors share the expected challenges to the successful implementation and long-term sustainability of the new program.

#### 2. DEVELOPMENT PROCESS

Prof. Miroslav Svitek from CTU is one of the pioneers of Smart Cities in the Czech Republic. He is the President of the Czech Smart City Cluster (CSCC) that includes major Czech universities and more than thirty companies ([www.czechsmartcitycluster.com](http://www.czechsmartcitycluster.com)). The Cluster is an important entity involved in Smart Cities implementation in the Czech Republic.

The CSCC is based in the Czech Institute of Informatics, Robotics and Cybernetics (CIIRC) ([www.ciirc.cvut.cz](http://www.ciirc.cvut.cz)) and participates in the Center of Cities of the Future (CCF). CSCC closely co-operates with the Union of Towns and Municipalities (UTM) in the Czech Republic that includes all municipalities in the Czech Republic. This arrangement allows to link industry (CSCC), research and development (CCF) and users (UTM).

The concept of Smart Cities was introduced by Prof. Miroslav Svitek from CTU to UTEP faculty when he delivered a seminar at UTEP College of Engineering in April 2014. In August 2014, professors from Civil Engineering, Computer Science, Electrical and Computer Engineering, Industrial, Manufacturing and Systems Engineering departments at UTEP formed a special interest group named Smart City Community (<http://expertise.utep.edu/communities/smartcities>). The group soon began discussions and visits with Prof. Victor Larios at University of Guadalajara (UdeG), Mexico, who was instrumental in making the downtown of the City of Guadalajara the first IEEE designated Smart Cities test site, and whose Center of Smart Cities Innovation serves as the living laboratory on UdeG campus. With internal funds provided by UTEP and an external grant from Partners of the Americas Foundation, UTEP and UdeG began a bi-directional smart cities study abroad program in June 2016, with CTU faculty's participation in several lectures, sharing the experience in Europe.

In December 2016, UTEP, together with three other partnering universities in the United States established the Center for Connect Cities for Smart Mobility towards Accessible and Resilient Transportation (C2SMART), with five years of funding support from U.S. Department of Transportation.

In 2017, the U.S. National Science Foundation awarded UTEP an International Research Experience for Students (IRES) project to bring 10 graduate and Ph.D. students per year for three years to UdeG for six weeks to conduct research in the Center of Smart Cities Innovation.

The Smart Cities education and research activities at UTEP have accelerated to the level that both CTU and UTEP desired to have a collaborative Smart Cities project. The team took advantage of the successful collaboration in the Transportation & Logistics DMP and replaced it with the International Dual Master Degrees Program in

Smart Cities Science and Engineering, denoted simply as Smart Cities DMP in this article.

#### 3. UNIQUENESS OF THE PROGRAM

The new Smart Cities DMP differs from the Transportation & Logistics DMP in several ways:

- The Smart Cities DMP is opened to graduates from all the departments in the College of Engineering at UTEP and to non-UTEP graduates who have bachelor degrees in any engineering and computer science discipline the Transportation & Logistics DMP only accepts civil engineering and industrial engineering graduates;
- The degree plan is integrated with the new courses created by CTU FTS and courses taught by the Computer Science, Electrical and Computer Engineering, Civil Engineering, Industrial, Manufacturing and Systems Engineering departments at UTEP;
- CTU has engaged the participation of CIICR, a university level institute, to support the research component of the program. Through CIICR, student projects will have stronger linkages with the industry in Europe.

#### 4. PROGRAM STRUCTURE

##### 4.1 Name of Program and Degree Offered

The proposed program is officially called International Dual Master Degrees Program in Smart Cities Science and Engineering. Students who successfully complete all the requirements for the program earn two degrees:

- Master of Science in Engineering (MSE) from UTEP; and
- Master of Engineering in Technology in Transportation & Telecommunications (METTT) from CTU.

The MSE degree at UTEP is an existing degree that requires 33 Semester Credit Hours (SCH) of coursework. This is equivalent to taking and passing 11 graduate courses. At UTEP, 1 SCH is equivalent to 15 contact hours. UTEP will create a Smart Cities concentration under MSE specifically for this Smart Cities DMP.

To earn a METTT degree from CTU, a student must complete and pass 120 European Credit Transfer System (ECTS) credits Graduate courses at CTU generally range from 2 ECTS to 6 ECTS. The METTT is also an existing degree at CTU. CTU will create a new study program in Smart Cities to accommodate the Smart Cities DMP.

In 2010, CTU and UTEP compared contact hours and student workload, and determined that 1 SCH is equivalent to 4 ECTS credits.

##### 4.2. Program Objectives and Outcomes

The Smart Cities DMP has 3 educational objectives:

1. To prepare students for careers that involve the planning, design, implementation and operation of Smart Cities;
2. To expose students with knowledge of science and engineering to international practices, innovative research, and interdisciplinary culture that will facilitate the implementation of smart cities services; and

3. To provide a rigorous and yet flexible Smart Cities curriculum that will meet the needs of graduate students in their respective disciplines.

To achieve the above objectives, the authors defined the outcomes the graduates of this program should acquire:

1. Have knowledge on the concept and challenges of Smart Cities across the world;
2. Have the ability to apply science and engineering knowledge and skills to create Smart Cities solutions;
3. Have the ability to work in an interdisciplinary team;
4. Have the ability to communicate ideas across cultures and disciplines.

#### 4.3. Program Structure

To meet each university's degree requirements, the academic credits (or knowledge) earned by a student toward his/her master degrees are divided into three parts: core courses, technical courses and research. Core courses teaches fundamental knowledge in Smart Cities which students from all disciplines should have. Technical courses are related to Smart Cities but they are tailored to students of a specific discipline, background or career interest. Technical courses are graduate level elective courses offered by the Civil Engineering, Computer Science, Electrical and Computer Engineering, and Industrial, Manufacturing and Systems Engineering departments at UTEP. At CTU, elective courses replace mandatory courses in a fixed curriculum taught by various departments in the Faculty of Transportation Sciences. For example, a student who has a Bachelor of Science degree in Computer Science will take the technical courses offered by the Computer Science Department. However, this student must take all the core courses with all students in this program (who may have background in other disciplines). The research project is for the student to demonstrate how he/she can apply what he/she learned in finding a solution to a Smart Cities problem. The distribution of credits among core courses, technical courses and research are in Table I. A student may take a course in one university and transfer the credits to the partner university.

TABLE I

DISTRIBUTION OF CREDITS

University	CTU (ECTS)	UTEP (SCH)
Core courses	60	18
Technical courses	48	12
Research	12	3
Total in degree plan	120	33

#### 4.4. Study Plan

The DMP works by allowing students to transfer the courses they take in one university to the partner university and count the credits earned as part of the credits required to earn a degree at each institution. Therefore, the student is able to earn two degrees in a shorter time and at lower costs compared to studying at two universities separately. In this DMP, study plans have been designed for students who start the program at CTU and UTEP respectively. Tables II and III show the study plans for students who start at CTU and those who start at UTEP respectively.

TABLE II

STUDY PLAN FOR STUDENTS WHO START AT CTU

Year (semester)	Univ. attended	Credits earned	Credits earned in CTU	Credits earned in UTEP
1(1)	CTU	30 ECTS	30 ECTS	<b>7.5 SCH</b>
1(2)	CTU	30 ECTS	30 ECTS	<b>7.5 SCH</b>
2(1)	UTEP	9 SCH	<b>36 ECTS</b>	9 SCH
2(2)	UTEP	9 SCH	<b>24 ECTS</b>	9 SCH
Total	-	-	120 ECTS	33 SCH

The credits in bold denote transferred credits. A student may transfer fewer credits earned from one university to another. 1 SCH is equivalent to 4 ECTS.

TABLE III

STUDY PLAN FOR STUDENTS WHO START AT UTEP

Year (semester)	Univ. attended	Credits earned	Credits earned in CTU	Credits earned in UTEP
1(1)	UTEP	9 SCH	<b>36 ECTS</b>	9 SCH
1(2)	UTEP	9 SCH	<b>24 ECTS</b>	9 SCH
2(1)	CTU	30 ECTS	30 ECTS	<b>7.5 SCH</b>
2(2)	CTU	30 ECTS	30 ECTS	<b>7.5 SCH</b>
Total	-	-	120 ECTS	33 SCH

The credits in bold denote transferred credits. A student may transfer fewer credits earned from one university to another. 1 SCH is equivalent to 4 ECTS.

#### 4.5. Core Smart Cities Courses

The program will offer a total of six core smart cities courses. The following three courses were created by CTU:

- Smart City Design: Advanced smart city data collection (drones, smartphones, satellite systems, etc.), transmission (telecommunication technologies) and processing (artificial intelligence algorithms); smart city performance analysis (resilience, safety, reliability, integrity); smart city design UML (Unified Modelling Language); multi-agent systems (MAS), design of specific smart city solutions [2] [3] in the field of public administration, cyber and energy infrastructure, mobility, intelligent buildings, water and waste management; case studies – best practices from Europe, United States, China and Latin America;
- Future Cities Laboratory: Creation of virtual and augmented urban models ("twin" models of urban structures of all types or their parts); practical use of artificial intelligence and virtual/augmented reality to simulate different city processes/scenarios (transportation, energy, environment, etc.); modelling of smart street with connected smart elements like street lighting, bins, signs, benches, displays and more;
- Sustainable Cities and Regions: Sustainability and environment, examples from transportation, buildings, energy, water and waste management systems; social and culture factors – quality of life, resident engagement, social cohesion; economy and logistics – sharing economy, last mile goods distribution, effective city management; ways of addressing the long-term sustainability of cities.

The following three courses were revised from the existing courses taught at UTEP with enhanced Smart Cities content:

- Smart Cities Fundamentals: Introduces the students to the interdisciplinary concept of Smart Cities, with focuses on smart buildings, smart healthcare and smart mobility. In addition to attending lecturer and field trips, students will acquire hands-on experience in working in an interdisciplinary, international project team to develop a prototype smartphone application towards the implementation of smart building, smart healthcare and smart mobility;
- Data Integration and Exchange for Smart Cities: This course will introduce cyberinfrastructure foundations and scientific applications with a focus on semantic web, technologies and current research trends in the field. Hands-on activities are used to illustrate practical aspects of cyberinfrastructure;
- Systems Engineering for Smart Cities: Introduction to the key concepts, processes, and process activities carried out by systems engineers. Fundamentals of architecting and engineering of large and complex development projects. Software tools are covered with emphasis on architectural analysis and design, functional design alternatives, and key architectural attributes.

## 5. RESEARCH PROJECTS AND SUPPORTING FACILITIES

A strong motivation to create this DMP is that it presents the opportunity for participating professors from CTU and UTEP to collaborate on research projects. Research collaborations have started in the past by jointly supervising students on thesis/projects. Each student must complete a research project in two semesters. This project is written into the student's CTU diploma thesis and is also counted as UTEP graduate project report. Upon completion of the project, the student must pass an oral defense examination in front of a committee formed by professors from CTU and UTEP. To earn a degree from CTU, the student also has to pass the State Exam (an oral exam) which tests the candidate's competency in three core courses: Smart Cities Fundamentals, Smart Cities Design and Sustainable Cities and Regions.

The CIICR, the flagship research center at CTU, will share its resources, in particular the Center of Cities of the Future (CCF), an independent center within CIICR.

The CCF presents the city as a whole complex system and its individual subsystems, as well as a part of a larger geographical or administrative unit. It introduces the city and its surroundings as a permanently evolving living organism and a complex social physical-cybernetic system with its own unique identity [4]. The aim is to investigate not only the physical and virtual structure of the urban space, but also the entire community of these structures.

The virtual model of Prague and the model of the selected area of the Prague 6 district will be the important part of the CCF. The resulting simulations of the City of Prague will be augmented above the orthomap of the whole city and its surroundings, and above the physical model of Prague 6 district including the CTU campus. Both models will serve to visualize processes occurring in the area based on combined data outputs from various simulation models. The aim is to gain a deep understanding of processes and phenomena that occur within urban structures and to discover their causes when using new resources (such as AI) and to better understand them through improved techniques of visualization. Also, other physical models of a particular type of urban space, connected to remote real-time data inputs, will be installed on CCF's premises.

CCF will serve as the teaching laboratory of one core course and will be the core research facility for student research. It is a virtual testbed

for transforming cities into Smart Cities and as a testing ground for new technologies. This laboratory will have data links with their counterparts in the Civil Engineering, Computer Science, and Electrical and Computer Engineering departments at UTEP, creating "twin" and virtual networks of urban infrastructures and info-structures.

CTU, through CIICR, participates in the Smart Prague project ([www.smartprague.eu](http://www.smartprague.eu)) which aims to make Prague a smart city. The Smart Prague concept has six areas: mobility of the future, smart buildings and energy, waste-free city, attractive tourism, people and urban environment and data arena.

UTEP has recently signed a Memorandum of Collaboration with the City of El Paso. Researchers in the College of Engineering at UTEP are working with staff in the City of El Paso on five projects that will help the city to be smarter in delivering its services to the residents. Some of these projects will become research projects that will involve the DMP students co-supervised by UTEP and CTU professors. By doing so, the City of El Paso may be considered as the living laboratory to test out new technologies and transforming El Paso into a smart city.

## 6. CHALLENGES

Despite the experience in implementing the Transportation & Logistics DMP, the authors still faced many challenges in the development of this Smart Cities DMP. They include academic, interdisciplinary cultural, budget and administrative challenges. The major ones are highlighted here.

The first challenge was to have all the interested professors understand the concept of Smart Cities, have common vocabulary so that they can communicate effectively. Face to face meetings and workshops helped to facilitate this process. These activities are documented in [5].

As Smart Cities is a very broad topic, the second challenge was to narrow the focus to a few strategic areas, based on the expertise of the professors, potential collaborators in the cities and the industry, and potential sources of funding, the group has selected three strategic areas in which courses and projects are built upon: smart mobility, smart buildings and smart healthcare.

Having overcome the first two challenges, the third and consistent challenge is financial support for students. Unlike the Transportation & Logistics DMP which was funded by the EU-U.S. Atlantis Program from 2010 to 2015, students who enroll in this Smart Cities DMP will initially be partially funded by CTU and UTEP through scholarships. International students who study at The University of Texas System have the additional burden of purchasing health insurance from a few recognized U.S. providers. The authors are trying to demonstrate the benefits of this Program to students and professors, so that when funding opportunities arise, the proposal from CTU-UTEP will be very competitive.

Another issue is student recruitment, which is closely related to the cost of study abroad and the amount of financial support a student could receive. Our historical data has shown that more CTU students studied at UTEP than vice versa. CTU, because of the good experience of past UTEP students who studied there, is well known at UTEP. However, more students chose to go to CTU for one semester on exchange than two semesters of DMP because of the out-of-pocket living cost of additional semester. Because of the Czech Republic's accreditation requirement, CTU is unlikely to offer online course to ease the need of UTEP students traveling abroad (to reduce cost of living). In the short term, having more generous financial

support from UTEP's Office of International Program is the only temporary solution.

## 7. CONCLUDING REMARKS

Prague and El Paso are two cities with different climate, history, culture, lifestyle, economic development and standard of living. They also face their own geographical, political challenges and natural resource constraints. By studying two different cities, students will acquire international experience which will make them more innovative in coming out with Smart Cities solutions.

The Smart Cities concept demands a multidisciplinary approach. It also requires the participation and close collaboration of the university, city, residents, and industry stakeholders. Similarly, a smart city education program must involve these stakeholders. In this Smart Cities DMP, CTU and UTEP have designed a program that involves professors and students in several departments. The cities and industry will participate in research projects, using interdisciplinary research facilities on campuses or the cities as the living laboratories. Through these projects, researchers at CTU and UTEP will work with the city officials to engage the residents in helping to test and develop Smart Cities solutions.

## ACKNOWLEDGEMENT

This work was supported by the Project AI & Reasoning CZ.02.1.01/0.0/0.0/15\_003/0000466 and the European Regional Development Fund.

The authors thank the following professors who provided innovative ideas and participated in lively discussions in the creation of this Smart Cities DMP:

- From CTU: Dr. Ondrej Pribyl, Dr. Vladimír Marik.

- From UTEP: Dr. Theresa Maldonado, Dr. Heidi Taboada, Dr. Ann Gates, Dr. Cesar Carrasco, Dr. Soheil Nazarian, Dr. Oscar Mondragon, Dr. Natalia Villanueva Rosales, Dr. Sergio Cabrera, Dr. Jose Espiritu, Dr. Omar Badreddin, Dr. Rodrigo Romero, Dr. Jeff Weidner.
- From UdeG: Dr. Victor Larios, Dr. Rocio Maciel Arellano

## References

1. R. L. Cheu, C. Ferregut, L. Bina, H. Novakova, T. Horak, A. Novak, A. Hudak and S. Aguirre-Covarrubias (2012). Transatlantic dual masters degree program in transportation and logistics systems: the first two years of implementation. Transportation Research Record, No. 2328, pp. 1-8.
2. M. Svitek (2014). Telematic approach into program of smart cities. Proceedings of the 7th Euro American Conference on Telematics and Information Systems (EATIS), Valparaiso, Chile.
3. O. Pribyl O. and M. Svitek (2015). System-oriented Approach to Smart Cities. Proceedings of the IEEE 1st International Smart Cities Conference (ISC2), October 25-28, 2015, Guadalajara, Mexico.
4. M. Postranecky and M. Svitek (2017). Conceptual Model of Complex Multi-agent System Smart City 4.0. In: V. Marik, W. Wahlster, T. Strasser, P. Kadera (eds). Industrial Applications of Holonic and Multi-Agent Systems. HoloMAS 2017. Lecture Notes in Computer Science, Vol. 10444. Springer, Cham.
5. N. Villanueva-Rosales, R. L. Cheu, A. Gates, N. Rivera, O. Mondragon, S. Cabrera, C. Ferregut, C. Carrasco, S. Nazarian, H. Taboada, V. Larios, L. Barbosa, M. Svitek, O. Pribyl and T. Horak (2015). A collaborative, interdisciplinary initiative for a smart cities innovation network. Proceedings of the IEEE 1st International Smart Cities Conference (ISC2), October 25-28, 2015, Guadalajara, Mexico.



## Jak jsme zaváděli strukturované studium

Zdeněk Votruba<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Prof. Ing. Zdeněk Votruba, CSc.  
ČVUT v Praze, Fakulta dopravní, Ústav dopravní telematiky;  
Praha 1, Konviktská 20, 110 00  
[votruba@iss.fd.cvut.cz](mailto:votruba@iss.fd.cvut.cz); [zdevo@icee.org](mailto:zdevo@icee.org)

### Abstrakt

Na přelomu tisíciletí stála Fakulta dopravní před nutností transformovat formu studia. Na základě dobových příspěvků diskutují problematiku zavádění strukturovaného studia za těchto podmínek: (i.) denní forma studia, (ii.) tradiční („kamenná“) technická universita s ambicí být výzkumnou universitou („Research University“), (iii.) zavedená a ověřená projektově orientovaná výuka. Hlavní praktické závěry: (i.) strukturované studium lze účinně koncipovat jako projektově orientované. (ii.) projekty „propojují“ bakalářské a magisterské studium, (iii.) práce v projektech se účastní i doktorandi, (iv.) projekty jsou napojeny na výzkumnou činnost fakulty. Odstup skoro dvou desetiletí umožní tehdejší výsledky i přístupy kriticky zhodnotit.

**Klíčová slova** Strukturované studium, Boloňská deklarace, Projektové studium, studijní plány, akreditace

### 1. DOBOVÝ KONTEXT

Na přelomu tisíciletí stála tehdy velmi mladá Fakulta dopravní před nemalou výzvou. Bylo nutné studijní plány transformovat do formy strukturovaného studia. Tedy z pětiletého inženýrského studia přejít na dvoustupňové studium bakalář / magistr. Doktorského studia se v této fázi změna přímo netýkala. Vedení fakulty i vědecká rada tehdy požadovaly, aby přitom zůstala zachována projektová orientace studia.

Považuji za užitečné se k tehdy probíhajícím úvahám a diskusím vrátit, jelikož podle mého názoru jsou zajímavé i v současnosti. Příprava na změnu struktury studia byla dosti důkladná, přitom vstupní i okrajové podmínky se měnily takřka „pod rukama“. Dále v odstavcích 2. a 3. volně cituji z tehdejších textů.

### 2. PROJEKTOVĚ ORIENTOVANÉ STRUKTUROVANÉ STUDIUM NA ČVUT, FD

#### 2.1 Východiska zavedení strukturovaného studia na vysokých školách

Zavedení strukturovaného studia je v současnosti na našich technických univerzitách již v realizační fázi. Zdá se proto zbytečné opakovat velmi závažné sociální a ekonomické, v podstatě pragmatické argumenty pro jeho zavedení. Lze v tomto případě odkázat na primární dokumenty, materiály Boloňské a Pražské deklarace i některé z mnoha analýz, případně přímo na akreditační podklady škol a fakult. Teoretická východiska jsou rozpracována v dílech prof. Jaroslava Vlčka, DrSc., např. [1,2,4] i v evropských materiálech [3]. Bude užitečné zopakovat některé závěry z této práce, jež používá nástrojů moderní teorie (soft) systémů:

Objem poznatků je předáván v různých režimech, v rozlišení do dvou základních principů: předmětového a procesního, kdy první princip je realizován uspořádáním přímé věcné souvislosti poznatků v čase, druhý uspořádává poznatky zprostředkovanou souvislostí jejich obsahů. Nositelem zprostředkování je účast (využití) poznatků na procesech, specifikovaných historickým kulturním, sociálním atd. významem. Volba specifík procesů je „objednávkou“ na soustavu vzdělání.

Komparativní analýza mezi klasickým poznatkovým kritériem strukturování vzdělávání (studia) a kritériem založeným na účasti na procesech (procesním, resp. projektovým principem) může být formou zobecnění výsledků teoretického přístupu.

Výhody předmětové výstavby studia spočívají především ve zvýšení obecné míry vzdělanosti, odpovídající požadavkům rozvoje vědy a techniky, které nabízejí nové poznatky ve stále větším objemu a rychlosti. Dominuje rozvoj prvků celku (i.e. vzdělání).

Nevýhody předmětové výstavby spočívají ve dvou rámcových skutečnostech:

- rostoucí objem a rychlost vzniku nových poznatků, včetně zkracující se životnosti existujících poznatků může vést k explozivním důsledkům, tj. k přesahu absorpčních kapacit studentů s negativními psychoneurotickými průvodními jevy,
- aplikace předmětového principu zejména ve vyšších stupních struktury poznání postrádá souvislostí až cílovosti (uvědomění si) využití poznatků.

Výhody projektového přístupu k výstavbě studia spočívají jednak minimalizaci nevýhod předmětového principu, jednak umožňují bezprostřední přeložitelnost do strukturálních úrovní vzdělávání, představujících potřebný teoretický základ. Dominuje rozvoj (silných) procesů celku.

Nevýhodou projektového principu je důraz na specializace poznatků, představovanou „objednávkou“ zvládnutí určitých procesů. Takový důraz je v rozporu s prosazující se tendencí poznání, překračující hranice specializovaných poznatků, vytvářejících hranice jakoby vzájemné nesrozumitelnosti, k požadavkům interdisciplinarity poznání.

Výsledky analýzy lze shrnout do rozhodovacího kritéria:

**Do jaké míry je vzděláváním zvládnutelný požadavek obecné, vzájemně se prolínající a doplňující úrovně poznatků, reprezentující jak kulturní úroveň, tak schopnost konkurence v širším civilizačním prostředí?**

Výhody a nevýhody obou principů jsou zřejmě rozhodnutelné racionálním uspořádáním postupu vzdělání, resp. studia. Zformulujeme racionalitu uspořádání do odpovědi na dvě otázky:

- kdy / co stačím (nastudovat)
- kdy / co má přednost ve využití (nastudovaných poznatků).

Společný průnik vyhovujících odpovědí na obě otázky dá interpretaci strukturovaného uspořádání studia:

- přednost ve využití má zřejmě „objednávka“ zajištění procesů volitelných obsahem, neboť zajišťují základní existenci celku. Tato úroveň priority je současně přiřaditelná bakalářskému studiu, tato úroveň studia přináší poznatky s bezprostřední využitelností; prioritou zajištění existujících silných procesů [2] snižuje nároky na interdisciplinarnost poznatků,
- naopak vyšší strukturální úrovně studia jsou vyznačeny na jedné straně pomalejší dynamikou, na druhé straně však rostoucí interdisciplinarností poznatků. V tomto smyslu je i rozlišení vyšších strukturálních stupňů na „magisterské“ a „doktorské“ studium zřejmé.

Z porovnávací analýzy tedy plyne, že konflikt mezi předmětovým a projektovým principem výstavby vzdělávání je racionálně řešitelný využitím principů strukturovaného studia.

Porovnání principů poznatkového a projektového přístupu k výstavbě strukturovaného studia lze provést i přiřazením vah druhům poznatků a typům procesů v zajišťování strukturálních stupňů studia. Za tím účelem lze pracovně zavést druhy poznatků: všeobecně vzdělávací, teoretické, specializované, praktické, a typy procesů: reálné, adaptabilní, vývojové, rozvojové. Jim přiřadíme standardní hodnoty ze stupnice vah: podpůrné (1), potřebné (2), nutné (3).

Z tabulek zajištění dvou základních úrovní strukturovaného studia, tj. bakalářského a magisterského lze získat váhové hodnocení využitelnosti obou principů: poznatkového a projektového:

předměty	všeobecné vzdělání	teoretické vzdělání	speciální vzdělání	praktické vzdělání	součet
bakalář	3	1	3	3	10
magistr	3	3	2	1	9

procesy	reálný	adaptabilní	vývojový	rozvoj	součet
bakalář	3	2	3	0	6
magistr	1	2	1	3	9

Tab.1. Předmětové a procesní ohodnocení studia

Součty a rozdíly vah naznačují, že využití předmětového principu pro výstavbu stupňů strukturovaného studia je méně rozlišitelné (hodnota rozdílu = 1), zatímco využití projektového principu je pro využití výstavby strukturovaného studia rozlišitelnější (hodnota rozdílu = 3). S odvoláním na aplikaci teoretických poznatků o entropii v řízení pak lze usuzovat, že výstavba strukturovaného studia na bázi poznatkového principu je méně říditelná. Důsledkem může být i výskyt tzv. entropického chaosu v uspořádání nějakého celku, v tomto případě celku studia.

Organizace strukturovaného studia, spočívající v uspořádání a výběru studií předávaných a získávaných poznatků, je formou realizovatelnosti strukturovaného studia.

Prvou úlohou řešení organizace strukturovaného studia je určení prostředí, resp. nositele. Obecně jde o dvě možnosti:

- jednotlivé stupně (bakalářské, magisterské, doktorské) budou zajišťovány speciálními typy vysokých škol, např.

typu „Fachhochschulen“, resp. „Research Universities“),  
- jednotlivé stupně bude zajišťovat jedna (stejná) vysoká škola, a to specializací uspořádání studia.

I když je možná první varianta, z našeho pohledu je zajímavá hlavně druhá forma.

Druhou úlohou je výběr poznatků a jejich vzájemné uspořádání, vyhovující charakteristikám stupňů bakalářského, magisterského a doktorského studia. K dispozici máme soubor poznatků, poskytovaných vědou, rozvojem techniky, společenskou zkušeností. V tomto souboru jde o poznatky specializované, poznatky umožňující přenositelnost, zobecnitelnost, a poznatky podporující zobecnitelnost, spojované s pojmem abstraktní, resp. teoretické úrovně. Podrobnější specifikace těchto tříd poznatků by byla odvozena ze seznamu vědních oborů. Předpokládáme, že poznatky spíše specializované budou přiřazované nižším stupňům strukturovaného studia, poznatky zobecnitelné až abstraktní budou přiřaditelné spíše vyšším stupňům strukturovaného studia. Nicméně ve svém celku představují možnou úroveň obecné vzdělanosti. Úlohou je tedy uspořádání specializovaných a zobecnitelných (abstraktních) poznatků do výstavby různých stupňů strukturovaného studia.

Nabízejí se základní čtyři typy uspořádání, spojované obrazně s typy velkých písmen: **I, V, Y a λ** [4].

Jejich interpretace je následující:

- typ **I**: jde o seriové uspořádání poznatků v průběhu (výstavbě) studia,
- typ **V**: jde o paralelní výstavbu studia podle zařazení do strukturálního stupně,
- typ **Y**: jde o serio-paralelní uspořádání studia s možností následně buď specializace nebo naopak zobecnění,
- typ **λ**: jde o skladebné, kompoziční uspořádání různých strukturálních stupňů studia.

Provedená analýza [4] dokládá, že pro náš případ je vhodný typ **λ** ve variantě 2, kde na vstupní

varietu i různých specializací navazuje teoretické zobecňující studium. Tato varianta se jeví jako ideální pro konstrukci studia na „kamenných univerzitách“, kde je magisterské studium významně zaměřené na výzkum. Nevýhodou této varianty však je, že je současně nejnáročnější. Zcela splňuje charakteristiky moderního rozvoje věd, tj. interdisciplinarnost a zvyšování teoretické a abstraktní úrovně poznání, vynucené „soubojem inteligence člověka“ s výkonností techniky.

- Z toho lze vyvodit metodické závěry:
  - přesnější rozpoznání a volba z možných variant vzdělávání může vést ke snížení nejasnosti, až případného zmatku (chaosu) v organizaci studia,
  - volba a realizace v našem případě zejména varianty **λ2** umožní konstrukci výraznější identity vysoké školy. Dosažení výraznější identity je nejen podstatné pro přežití vysoké školy v houstnoucím prostoru nabídek vysokoškolského vzdělání, ale i pro zvýšení konkurenční schopnosti určité školy (university) v soutěži s jinými vysokými školami.

### 3 CHARAKTERISTIKA PROJEKTOVĚ ORIENTOVANÉHO STUDIA

V akademickém roce 1993 / 4 na základě úspěšné akreditace byla zahájena výuka na nově zřízené Fakultě dopravní Českého vysokého

učení technického v Praze (dále též FD). Magisterské (inženýrské) studium bylo od samého počátku ve všech studijních oborech koncipováno jako projektově orientované. Zakladatelé fakulty předpokládali, že se tak vhodně naplní požadavky, vyplývající ze systémového chápání dopravy a telekomunikací a z požadovaných “znalostí a profesionálního uplatnění” absolventů. Myšlenkový základ těchto úvah lze v komprimované formě vysledovat z “Tezí o dopravě jako samostatném vědním oboru” [2]. Strategické rozhodnutí zvolit projektově orientovanou formu studia jako vhodnou předpokládá úspěšné vyřešení některých konfliktů. Jako příklad lze uvést konflikt mezi hloubkou a podrobností znalostí a technických dovedností, které student získá při řešení konkrétního projektu a nutnou úroveň základních systémových znalostí oboru jako celku. Úspěšné řešení (tohoto i dalších) konfliktů rozhodne o celkovém výsledku implementace strukturovaného studia přinejmenším ve stejné míře, jako procesní potenciál, který tato forma studia přináší. Proto v dalším odstavci prezentujeme alespoň na základní rozlišovací úrovni SWOT analýzu projektově orientovaného studia (dále též ve zkratce POS).

### S (strengths – přednosti)

- I. Student si osvojí základy celku oboru na základě kombinace procesního a poznatkového přístupu.
- II. Do značné hloubky zvládne dílčí oblast, zpracovávanou v projektu, a to jak v úrovni poznatků a znalostí, tak zejména procesů, i co se týče praktických dovedností.
- III. Osvojí si přístupy, nezbytné při reálné inženýrské práci, včetně schopnosti “dotázat problému do konce”.
- IV. Naučí se týmové práci a komunikaci v pracovním (výzkumném, projekčním) kolektivu.
- V. Seznámí se s prostředím, v němž bude pravděpodobně po absolvování university působit.
- VI. Znalosti, získané při práci na projektu jsou výhodou pro ty studenty, kteří budou pokračovat v doktorské úrovni studia.

### W (weaknesses – slabiny)

- I. Čas věnovaný projektu nedovolí do potřebné hloubky probrat důležitá témata při limitovaném rozsahu / době studia.
- II. Čas věnovaný projektu prodlužuje potřebnou dobu studia.
- III. POS je individuální, tedy náročné na čas pedagogů.
- IV. V důsledku II. a III. je POS náročné i co se týče požadavků na zdroje školy.
- V. V počátečních fázích studia nemá ještě student základní předpoklady pro práci na projektu a mnohdy ještě není pro tento typ studia dostatečně mentálně vyspělý.
- VI. Pokud projekty probíhají v prostředí university, jsou náročné na kvalitu i rozsah vybavení laboratoří.
- VII. Projekt přináší očekávané výsledky až tehdy, kdy se stane “vícegeneračním”, tzn., pokud na něm pracují studenti více ročníků, s různou úrovní znalostí a dovedností.

### O (opportunities – příležitosti)

- I. Účast ve výzkumu resp. přímé zapojení externích podniků a organizací do práce v projektech:
  - (i.) Práce studentů v projektech lze synergicky využít ve výzkumné činnosti školy i v jejich ekonomických aktivitách. V případě externí spolupráce přispívá k prohloubení vzájemného poznání školy a podniku / organizace,
  - (ii.) upřesní “poptávku” po absolventech a tím i jejich profil,
  - (iii.) zajistí podnikům a organizacím “řízený přísun” absolventů, kteří jsou seznámeni s jejich vnitřním prostředím a podnikovou kulturou,

- (iv.) umožní těmto podnikům a organizacím aktivně působit na volbu témat a zaměření projektů
- (v.) zkrátí adaptační fázi absolventů při nástupu do zaměstnání.
- II. Diplomní práce studenta, za předpokladu že vychází z aktivit v projektu, je potenciálně kvalitnější a často přímo využitelná.
- III. Při práci v projektech se u studentů projeví efekt spontánního “selflearningu”, přirozeného učení a sebevzdělávání napodobením (nebo alternativně “odstrašením” na základě provedené analýzy chyb). Tento efekt zpravidla vzniká v týmech, kde spolupracují různě pokročilí studenti a kde existuje motivující pracovní prostředí a nezbytný prvek tvůrčí hravosti.

### T (threats – hrozby)

- I. Nepodaří se motivovat pedagogy, nebo jejich motivace s časem poklesne pod prahovou hodnotu, nezbytnou pro tuto formu výuky .
- II. Nezíská se (nebo dynamicky zanikne) spolupráce externích subjektů a organizací s universitou.
- III. Nebudou k dispozici potřebné zdroje.
- IV. Externí učitelé, působící v projektech, budou preferovat zájmy a hlediska svých hlavních zaměstnavatelů nad potřebami výuky. Tím ohrozí “tržní neutralitu” university.
- V. Narazí se na infrastrukturní (např. legislativní) bariéry.

### 3.1 Diskuse některých konfliktů:

Konflikty existují v principu mezi libovolnými dvojicemi S – W a O – T. Jejich možné negativní důsledky vyplývají též z nevyužití příležitostí nebo nedostatečné eliminace hrozeb.

- 1) Konflikt mezi požadovanými znalostmi celku oboru a detailními znalostmi dílčí části oboru, získanými v projektu u absolventů. Tento konflikt je pro POS typický. Musí být dynamicky řešen. Řešení jsou možná a dostupná. Neúspěšné řešení tohoto konfliktu vede na jedné straně k povrchnosti vzdělání absolventů, na druhé straně k jejich přílišné specializaci (“fachidiocii”). Obojí je nepřijatelné.
- 2) Konflikt vyvolaný většími nároky na čas pedagogů v kontextu s omezenými zdroji se zdá být podstatný spíše na zahraničních universitách, kde je cena práce pedagoga vysoká. V našich současných podmínkách většina externích učitelů působí na universitách dominantně z jiných důvodů, než ekonomických. Nicméně ekonomická hlediska někdy nutí vedoucí kateder, aby řízením projektů pověřovali magistry / inženýry, kteří jsou zároveň řádnými studenty doktorského studia, a to v rámci jejich povinné pedagogické praxe. To je málokdy vhodné řešení, protože i velmi nadaní, kreativní a pracovití doktorand nemá potřebné praktické zkušenosti a návyky pro tuto činnost.
- 3) Nedostatek zdrojů je významnou kontraindikací pro tuto formu studia. POS totiž předpokládá individuální přístup ke studentům. Nelze tedy nepřiměřeně “zvyšovat produktivitu studia” prací ve velkých kolektivech, metodami písemného nebo elektronického styku studenta a učitele, zkracováním “kontaktních hodin” a pod . Konflikt lze eliminovat např. tím, že externí subjekty, participující na POS se zároveň stanou alternativními zdroji školy. To je možné tehdy, když je projekt zaměřen na problematiku, jejíž řešení je pro externí subjekt zajímavé a přínosné, nebo v případech, kdy je pro něj důležitá právě tato forma studia. Primárním systémovým řešením konfliktu je samozřejmě přiměřené zajištění zdrojů se strany státu nebo regionu s vědomím, že tento typ studia přináší novou kvalitu.
- 4) Konflikty způsobuje též nevhodná struktura projektů, která není v souladu se zaměřením celku studia. Eliminace tohoto typu konfliktů je dlouhodobá a lze k ní přistupovat na základě řešení systémové úlohy o přípustné neregularitě rozhraní.
- 5) Specifickým případem předešlého konfliktu je rozpor mezi žádoucí náplní projektu z hlediska zaměření výuky oboru a potřebou získat pro školu “doplňkové” zdroje. Tento konflikt je v podmínkách

nedostatečného financování školy řešitelný obtížně a dlouhodobě. Zkušenosti FD nicméně ukazují, že v delším časovém horizontu lze nalézt vyhovující dynamickou rovnováhu.

### 3.2 Průběh zavádění projektově orientovaného studia na FD a získané zkušenosti

Projekty na FD byly původně určeny pro II. etapu magisterského studia, tedy třetí až pátý ročník (pátý až desátý semestr) podle doporučeného časového plánu studia.

Celková hodinová týdenní dotace projektů (včetně diplomní práce a semináře k diplomní práci) za doporučenou dobu studia na FD se zvýšila ze 40 hod. v akademickém roce 1995 – 6 na 64 hod v roce 2000 – 2001. Rozhodující při tom bylo prodloužení doporučeného časového plánu studia o 1 semestr. Zároveň je nápadný posun “těžiště” projektů blíže ke konci studia a s tím související povlovnější nárůst THD projektů. To je odrazem získané zkušenosti. Studenti potřebují delší adaptační fázi na projektový způsob studia. Stávající zkušenosti lze po zobecnění vyjádřit těmito tezemi:

- a) O úspěšnosti projektu dominantně rozhoduje osobnost vedoucího projektu a podpora, kterou projektu věnuje vedoucí příslušné katedry.
- b) Krátkodobé projekty (cca 3 roky) se zpravidla neosvědčují.
- c) Přiměřený počet studentů v projektu je typicky 2 – 5 na ročník (celkově tedy 7 – 18 na projekt)
- d) Pokud projekt vede externí pedagog, je účelné, aby s ním spolupracoval alespoň dílčím způsobem interní pracovník příslušné katedry.
- e) Zavedení multioborových projektů v roce 2000 signalizuje příznivé výsledky.

Tyto zkušenosti nelze považovat za překvapivé. Dominantní vliv osobnosti pedagoga je při individuálních formách studia obecně známý. Podpora příslušné katedry je důležitější, než podpora se strany fakulty nebo university. Při krátkodobých projektech nedojde k efektu “selflearningu” a téměř vše tedy záleží jen na vedoucím projektu. Při malém počtu studentů v projektu nedochází k týmové spolupráci. Je –li počet studentů příliš velký, je výsledek podobný a práce v projektu získává objektivně charakter tradičních forem studia, i když se specifickým zaměřením. Spolupráce interního pedagoga umožní eliminovat neúměrné prosazování zájmů a “podnikové kultury” hlavního zaměstnavatele externího vedoucího projektu. Má též pozitivní vliv z hlediska organizačního. Multioborové projekty dále posilují charakter týmové práce projektu o mezioborovou dimenzi. Takové projekty jsou krom toho ze své podstaty větší a dlouhodobější.

Specifickým problémem je vazba projektu s povinně volitelnými předměty. Zde se optimum dosud hledá. Zpočátku vazba neexistovala. Studenti si volili povinně volitelné předměty podle svého zájmu. Omezení byli jen nabídkou. Toto omezení je ovšem minimální, protože student může volit i z nabídky jiných fakult resp. universit. Další omezení je kompetitivního charakteru. Přednost volby mají studenti s lepším prospěchem. Povinně volitelné předměty, na něž se přihlásí málo studentů, se z přirozených důvodů efektivitu výuky v daném akademickém roce neotevřou. Za této situace vedoucí projektů věcně argumentovali, že je žádoucí, aby alespoň zčásti mohli ovlivnit výběr povinně volitelných předmětů. Argument byl přijat, neboť bylo zřejmé, že splnění návrhu může přispět k řešení konfliktu “whole – part” a zvýšit efektivitu studia. Vedoucí projektů získali oprávnění předeepsat studentům daného projektu absolvování nejvýše dvou vybraných povinně volitelných předmětů. Zkušenosti s touto změnou systémových pravidel jsou ambivalentní, někteří vedoucí kateder využívají této změny pravidel pro nedostí zdůvodněné zvyšování pedagogických výkonů katedry. V celkové bilanci jsou dosavadní zkušenosti s POS výrazně pozitivní. Lze to doložit příznivými přijetím jak u studentů, tak u jejich

“odběratelů”, i u spolupracujících subjektů. Absolventi fakulty, kteří pracují v podnicích i státní správě, hodnotí tento typ studia jednoznačně velmi příznivě. Neměli a nemají problémy s nalezením vhodného zaměstnání. Jejich profesní kariéra je ve velké většině úspěšná a rychlá. I co se týče vyšší ekonomické náročnosti POS se katedrám i fakultě jako celku postupně daří kompenzovat tuto nevýhodu z jiných zdrojů, většinou souvisejících s POS. A to navzdory skutečnosti, že na úrovni ČVUT se nepodařilo zohlednit vyšší nákladnost tohoto typu studia ve změně pravidel rozdělování dotace mezi jednotlivé fakulty.

Lze tedy konstatovat, že projektově orientované studium se již stalo výraznou komponentou identity Fakulty dopravní ČVUT.

### 3.3 Projektově orientované studium v kontextu strukturovaného studia (SS x POS)

Získané zkušenosti s POS a teoretická analýza SS dovolují navrhnout systémový model studia, v němž lze dosáhnout propojení silných procesů obou přístupů a tím dosáhnout jediné systémové identity. Vlastní konstrukce modelu vychází z provedené analýzy, není však náplní této práce. Uvádím proto formou tezí hlavní implementační závěry:

Strukturované studium má charakter, vycházející ze strategického pojetí ČVUT jako celku:

- B. Bakalářský stupeň studia v délce 4 let se člení na dvě etapy. Týdenní hodinová dotace činí v obou etapách 26 hodin.
- B.1. v délce 2 let má převážně průpravný a iniciační charakter. V této etapě se též vyrovnávají diference mezi studenty z různých středních škol. Značná pozornost je věnována jazykům a informatickým dovednostem. V této etapě nejsou do studia zařazeny projekty.
- B.2. v délce rovněž 2 let. Zde student získává znalost oboru a potřebné (v oblasti dopravy a telekomunikací podstatné) systémové znalosti. Studium je projektově orientované, týdenní hodinová dotace projektu činí v pátém a šestém semestru po 2 hodinách, v sedmém semestru 6 hodin a v osmém semestru 10 hodin (zde je projekt propojen s vypracováním bakalářské práce). Existuje slabé propojení projektů a povinně volitelných předmětů.

M. Magisterský stupeň studia je koncipován v délce 1,5 – 2 let. Týdenní hodinová dotace činí rovněž 26 hodin. Jde o typ výzkumného (“research”) magistra / inženýra. Po celou dobu studia jsou zařazeny projekty. Studium je rovněž rozčleněno do 2. etap.

- M.1. v délce 1 – 1,5 roku. Studijně výzkumná etapa s podílem projektů: 1. semestr: 2 hod.; 2. semestr 3: hod. (u studentů, kteří plánují magisterské studium na 1,5 roku: 8 hod.); 3. semestr: 8 hodin. I zde existuje slabé propojení projektů a povinně volitelných předmětů.
- M.2. Výzkumná etapa v délce 1 semestru. Práci na projektu (včetně diplomní práce) je věnována plná týdenní hodinová dotace, tj. 26 hodin.

**Propojení projektů:** Předpokládá se, že typicky 3/4 všech projektů budou probíhat za účasti studentů bakalářského i magisterského stupně; typicky 1/2 z úhrnného počtu projektů se budou účastnit i studenti doktorského studia.

**Multioborové zaměření:** podíl projektů s víceoborovým zaměřením se zvýší na 1/3, cílově 1/2.

## 4 JAK TYTO ROZBORY KORIGOVAL ČAS?

1. Nepodařilo se zachovat model: čtyřletý bakalář - dvouletý magistr. Důvody byly ekonomické. Stát byl ochoten financovat bakalářské a navazující magisterské studium o úhrmné délce max. 5 let. Následovaly diskuse o tom, zda volit model 4+1, nebo 3+2. Přestože model 3+2 má evidentní slabiny (např. v zahraničním studiu, nebo v tom, že 3 leté studium nedává předpoklad k účasti absolventa



- v profesních komorách), zdá se, že se tento model stabilizoval.
- Nepodařilo se obecně etablovat bakalářské studium „de facto“ jako plnohodnotné a relativně samostatné vysokoškolské studium, i když „de iure“ tomu tak je. To má za následek, že většina bakalářů pokračuje v studiu magisterském. Důvodů tohoto stavu je více. Je mimo ambici tohoto příspěvku je rozebírat. Nicméně, zdá se, že se nejedná o přechodnou fázi, jak jsme se mylně domnívali před cca 20 lety. Z tohoto hlediska je na zvážení analyzovat situaci, zda se nepokusit se o znovuzavedení pětiletého „výzkumného“ magistra.
  - Model řazení bakalářského a magisterského studia typu **1,2**, i když z analýz vyšel jako optimální, se fakticky zavedl jen částečně. Současný stav má blíže modelu **I**. To vyhoví pro uplatnění absolventů v průmyslové a dopravní praxi, méně v projektování, výzkumu a správě.

- Projektově orientované studium (POS) se úspěšně uplatňuje nadále, i když hodinové dotace projektů poklesly. To je ale problém studia jako celku.

#### Zdroje

- Vlček J.: Systémové inženýrství, ČVUT 1999.
- Vlček J., Votruba Z.: Doprava jako hybridní systém. Sborník konference „Věda o dopravě“, ČVUT, Fakulta dopravní, listopad 2001.
- International Engineering Education Digest, (A periodic electronic newsletter for engineering education leaders) ed. Russel C. Jones, Ph.D., P.E., SEFI)
- Vlček J., Votruba Z.: Projektově orientované studium na Fakultě dopravní ČVUT v Praze, problémová studie CSVŠ, Praha 2001

## Kalibrace elektronických palubních zapisovačů

RNDr. Jacek Kerum<sup>1</sup>  
Ing. David Hůlek<sup>2</sup>  
Ing. Martin Novák, Ph.D.<sup>3</sup>

- <sup>1</sup> Ústav letecké dopravy, Fakulta dopravní, České vysoké učení technické v Praze; Horská 3, 128 03, Praha 2; kerum@chello.cz  
<sup>2</sup> Ústav letecké dopravy, Fakulta dopravní, České vysoké učení technické v Praze; Horská 3, 128 03, Praha 2; hulekdav@fd.cvut.cz  
<sup>3</sup> Ústav letecké dopravy, Fakulta dopravní, České vysoké učení technické v Praze; Horská 3, 128 03, Praha 2; novakm@fd.cvut.cz

**Abstrakt** Cílem předkládaného článku je seznámit čtenáře s kalibrací elektronických palubních zapisovačů. Kalibrace probíhá na Ústavu letecké dopravy Fakulty dopravní. Tyto zapisovače slouží jako záznamové zařízení, které zaznamenává průběh letu. V první části článku je stručně vysvětlen pojem palubní (letový) zapisovač. Dále je popsán samotný postup kalibrace. Poslední část článku se věnuje pověřeným laboratorům, které mohou kalibraci palubních zapisovačů provádět.

**Klíčová slova** Kalibrace letových zapisovačů, letový zapisovač, kalibrace, Flight Recorder, logger

### 1. ÚVOD

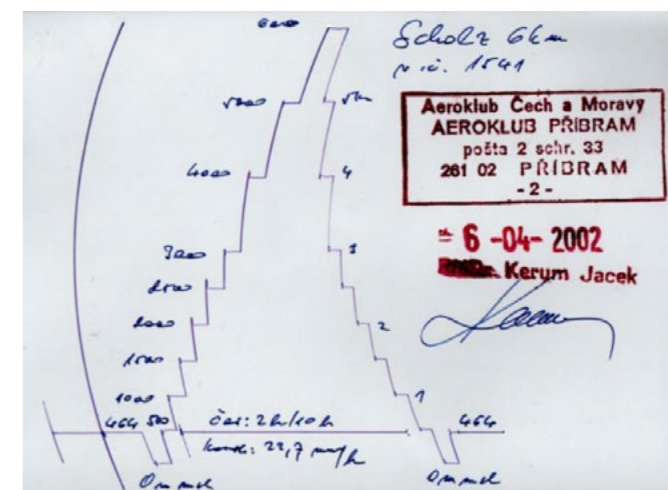
Kalibrací palubních elektronických zapisovačů (Flight Recorder – FR) se Ústav letecké dopravy zabývá od března roku 2011, kdy mu byla Aeroklubem ČR k této činnosti vydána certifikace. Na obrázku 1 je obrázek laboratoře, ve které kalibrace probíhá. Nejrozšířenějšími uživateli těchto přístrojů jsou v aeroklubech ČR plachtaři, přesněji piloti kluzáků, kterých létá kolem 5000, ale zápis letu na elektronické zapisovače potřebují i piloti letounů, balonáři, rogalisté, paraglidisté a další. Kromě našeho ÚLD se kalibrací FR, ale i jejich servisem, zabývá i jedna firma v Českých Budějovicích.



Obrázek 1 – Laboratoř kalibrace palubních zapisovačů na Ústavu letecké dopravy

Palubní zapisovače, nazývané lakonicky logery, jsou dnes hojně rozšířeny ve všech oborech létání, v celém jeho spektru. Vzhledem k ostrému nástupu této záznamové techniky do leteckých sportovních aktivit je zapotřebí si o ní něco povědět, zvláště pokud jde o její rekaliibraci. Podle Mezinárodní letecké federace (FAI) je platnost kalibrace záznamových zařízení 5 let. Na rozdíl od mechanických barografů, jejichž používání FAI ukončila ke dni 5. 10. 2010, se

požadavek na kalibrační list FR diametrálně liší. Zápis kalibračních hodnot perem, později nahrazený fixovým hrotem, je nahrazen tiskem výpočtu měření odchylek tlakového čidla od etalonu. Na obrázku 2 je příklad zápisu kalibračních hodnot pomocí barografu.



Obrázek 2 – Příklad zápisu kalibračních hodnot

Kalibrační laboratoře se řídí doporučením, publikovaným v příslušných dokumentech FAI. Postup tvorby kalibračního grafu upravuje ANNEX C Dodatek 8 Sportovního řádu FAI [1]. Požadavky na způsob a obsah jeho provedení, přípustné odchylky a jistota měření tlakového čidla jsou předem neoddiskutovatelné a musí jim každý barogram vyhovovat. Pro laboratoře z toho vyplývá, že proceduru kalibrace je třeba jednotlivým FR přizpůsobit.

### 2. KALIBRACE LETOVÉHO ZAPISOVAČE

Tlaková čidla FR a jejich vlastnosti jsou dána výrobcem a v přístroji k nim není přístup. Neoprávněné porušení obalu znamená zneplatnění validace, to znamená, že soubory v přístroji zaznamenané nemají právní platnost. Tyto přístroje provádějí rovněž uzavření souboru, takže i v tomto případě znamená jakýkoliv zásah do souboru jeho zneplatnění. Pokud laboratoře nemají od výrobce FR k úkonu upravujícímu základní nastavení oprávnění, nemají možnost korekci provést. Na pověřených laboratořích je v tomto případě pouze zjistit, v jaké diferenci se tlakové čidlo zapisovačů vůči laboratornímu etalonu pohybuje.

#### 2.1 Letové zapisovače a postup kalibrace

Vývoj elektronických zapisovačů od prvních typů řady LX 20 zaznamenal raketový nástup. Mohutné a robustní přístroje, náročné



na umístění v letadle, na příjmu satelitního signálu GPS a na zdroji energie jsou dnes nahrazovány buď naprosto autonomními miniaturními typy nenáročnými na obsluhu a zdroj energie nebo složitými palubními počítači. Tyto přístroje zaznamenávají oproti mechanickým barografům kromě tlakových změn (tedy výškové polohy) rovněž data ze systému GPS (satelitní výškové a navigační polohy), ale dokáží i varovat před případným nebezpečím srážky s jiným letadlem (systém FLARM).

Kontrola funkcí souvisejících s navigací a s dalšími programy přístrojů jsou předmětem servisních podniků. Kalibrační laboratoře porovnávají pouze funkci tlakového čidla. Paleta FR je velmi rozmanitá a postupy jejich kalibrace jsou tak rovněž specifické. U autonomních přístrojů, nezávislých na zdroji energie, tak zvaně do kapsy, je situace velmi jednoduchá. Přístroj stačí zapnout a vložit do podtlakové komory. Zde záleží pouze na úrovni nabití vlastního vestavěného zdroje. Pokud jde o palubní počítače, musí je uživatel z palubní desky demontovat a ke kalibraci dodat část, která nese tlakové čidlo. Z tohoto pohledu je i náročně vybavení kalibrační laboratoře. Vedle zdrojů energie (baterie a akumulátory), které je třeba umístit spolu s přístrojem do podtlakové komory, je třeba disponovat i přípojnými kabely s rozmanitou funkcí konektorů. Mnohdy je přístroje před kalibrací zapotřebí aktivovat navázáním na systém GPS.

Nejméně náročné jsou přístroje řady **Colibri**, **Nano** a **Erix**, které jsou i nejsnadnější na obsluhu. Nevyžadují žádnou zvláštní přípravu, ani požadavek na pozdější připojení k PC pro vyhodnocení kalibrace. Ostatní přístroje, (nejrozšířenější je řada **LX od verze 5000 po 9000**, **GPS**, **Oldie** a další), které jsou závislé na zdroji energie, se musí připojit k akumulátorům. Laboratoře by měly po majitelích požadovat nastavení kroku fixování (zápisu dosažených hodnot) na minimálně 4 sec. Pro dobu kalibrace to je 7 – 11 bodů pro každou zvolenou hladinu.

Postup při kalibraci je v podstatě jednoduchý a práce v podstatě jednotvárná. Po připojení k napájení a po případném navázání na GPS systém je třeba vyčkat 5 minut a pak kalibraci rozběhnout. Po nastavení potřebné hodnoty tlaku na etalonu, která odpovídá požadované výšce letu, je třeba udržet neměnný tlak po dobu 30 – 45 sec a těmito kroky postupovat do požadované výšky a zpět. Základem je hodnota odpovídající 0 m MSL, tedy tlak 1013,25 hPa, nejvyšší požadovaná hodnota je 8000 m. Po ukončení procesu se změnami tlaku je třeba opět vyčkat 5 minut beze změn tlakových hodnot a teprve poté přístroje odpojit od energetických zdrojů. Pokud se tento postup dodrží, přístroj díky své konstrukci tak zvaně pozná, že je „let“ skončil a že se má záznam uzavřít. Software přístrojů jsou nastaveny tak, že pokud nedojde po odpojení od zdrojů k obnovení napájení do 5 minut, program usoudí, že nedošlo ke krátkodobému výpadku energie a že je let skutečně ukončen. Po obnoveném napájení přístroj soubor uzavře a uloží jej do paměti letů. Obsluha (pilot, sportovní komisař nebo kalibrační pracovník) pak záznam pomocí PC vyčtou a vyhodnotí. Postup obsluhy jednotlivých zařízení nemá význam popisovat.

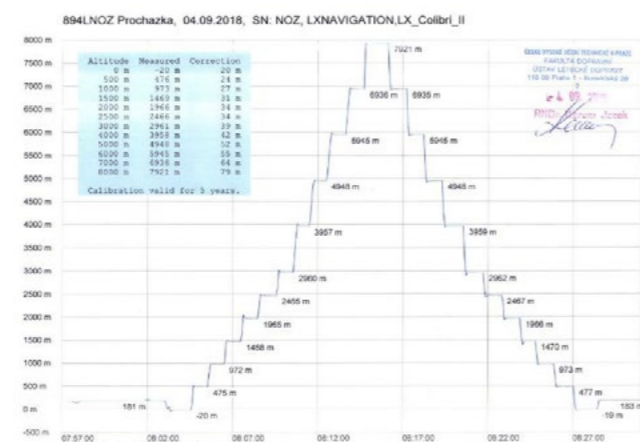
### 3. POVĚŘENÉ LABORATOŘE

Činnost pověřených laboratoří je dána již zmíněným Dodatkem 8 [1]. Je v něm doporučeno, jak mají vypadat kalibrační doklady včetně metodiky kalibrace. Kalibrace FR se provádí podle ISA ICAO (Mezinárodní standardní atmosféra - Doc 7488/3 z roku 1993) [2]. Metodika použití etalonu a komory je každé laboratoři známa a každá se jí zcela jednoznačně a bezpochyby řídí. Jak již bylo zmíněno výše – na rozdíl od mechanických barografů není pracovník laboratoře ani oprávněn, ale ani schopen upravit základní nastavení tlakového čidla FR. To smí provést pouze výrobce nebo jím pověřená servisní dílna,

protože čidlo a jeho korekční prvek je umístěno uvnitř přístroje. Otevření FR by znamenalo poškození pojistky proti manipulaci, kterou je oprávněn opravit opět pouze jen výrobce nebo jím autorizovaný servis – a to znamená komplikaci. Předpokládá se, že v naší republice jsou všechny FR nastaveny na metrický systém. Laboratoře, provádějící kalibraci zapisovačů, by tento fakt měly kontrolovat zvláště proto, že se v některých letadlech začínají objevovat přístroje s anglosaskými jednotkami a posádky by mohly tento systém použít i ve FR.

Každá kalibrační laboratoř může mít svoji metodiku práce. Postup kalibrace si tedy volí, avšak výsledek by se měl co nejvíce přiblížit doporučení v Dodatku 8 [1]. Ten doporučuje výstup pouze do výšky maximálně doporučené výrobcem a následně ukončení. Podle názoru autorů je vhodné zopakovat nastavení stejných hladin rovněž při sestupu, vymezí se tak hystereze tlakového čidla a případně jemné odchylky nepřesnosti práce kalibrátora. Každou dosaženou hladinu doporučují držet alespoň 45 sec, to je dostatečná doba pro ustálení tlaku v komoře.

Po ukončení procesu se data uložená v zapisovači přenesou ve formě IGC souboru do PC archivu laboratoře, kde by měla být uložena po dobu platnosti kalibrace. Autoři připomínají, že podle dokumentu FAI to je pět let. Soubor je pak potřeba pomocí vhodných SW (See You, LXe) nebo SW pro kalibrace otevřít, vytisknout a vyhodnotit. Ke každému „schodu“, který odpovídá nastavení etalonu, je nutné udat výšku, zaznamenanou FR. Pro hlavičku listu by bylo vhodné do zapisovače místo jména pilota a typu kluzáku nastavit „Baro – test“, není to však podmínka. Na obrázku 3 je příklad kalibrační křivky po zpracování a vtištění.



Obrázek 3 – Příklad vtištěné kalibrační křivky se všemi náležitostmi

Barogram v této podobě musí být opatřen dalšími náležitostmi (typ a číslo FR je v hlavičce stejně jako datum záznamu a jeho vlastník). Dále musí obsahovat název a místo laboratoře, jméno a podpis pověřené osoby a **datum** – to z toho důvodu, že datum a čas nastavený ve FR nemusí souhlasit s datem kalibrace). Teprve pak se stává platným dokladem o provedené kalibraci. Podle Dodatku 8 by se měla na základě takto získaného barogramu sestavit i opravná tabulka [1]. Autoři jsou toho názoru, že vyhodnocení a doporučeními náležitostmi opatřený barogram podle výše zobrazených příkladů je dostačujícím dokladem. Nicméně vzor tabulky je přiložen níže (obrázek 4), a pakliže by si její vyhotovení vlastník FR přál, měla by mu laboratoř vyhovět.

Kalibrační tabulka barografu

Letový zapisovač: Volksloger, v.č. SN-11533  
Majitel: Aeroklub Šumperk  
Pověřená laboratoř: Aeroklub Příbram  
Etalon: komorový tlakoměr Füss B 7355

**AEROKLUB**  
Příbram  
LETIŠTĚ DLOUHÁ LHOTA  
P. O. BOX 33, 261 02 Příbram  
tel.: 318 690 318, fax: 318 690 317

Údaje tlakoměru byly korigovány na teplotu, výsledný \*.igc soubor je uložen v AK Příbram

Tlakoměr (m na QNH)	Průměrný údaj FR (m)	Oprava (m)
0	9	-9
500	511	-11
1000	1013	-13
1500	1515	-15
2000	2017	-17
2500	2519	-19
3000	3023	-23
4000	4029	-29
5000	5036	-36
6000	6041	-41
7000	7043	-43
8000	8047	-47

Kalibraci provedl: **RNDr. Karel Jacek** Datum: **24-11-2007**

Obrázek 4 – Příklad kalibrační tabulky

### 4. ZÁVĚR

Tolik ke kalibraci jak dnes již nepoužívaných mechanických barografů, tak hlavně moderních elektronických letových zapisovačů. Kalibrační laboratoř za správnost kalibrace zodpovídá. Je povinná - podobně jako majitelé FR - každých 5 let navázat svůj pracovní etalon na oblastní etalon 2. řádu pro indikaci výšek, správněji pro měření tlaku vzduchu. Pro nás provádí porovnání našeho etalonu pověřená laboratoř pro měření meteorologických veličin v ČHMÚ. Tento článek byl již publikován v odborném periodiku zaměřeném na letectví.

### Zdroje

- FAI. Sportovní řád FAI: Díl 3 – Kluzáky Doplněk C. Sedmý. Švýcarsko, 2000, 62 s. Dostupné z: <http://doczz.cz/doc/285706/sportovna%C3%AD-%C5%99%C3%A1d-fai>
- ICAO. *Manual of the ICAO standard Atmosphere: DOC 7488/3*. 1993. třetí. SKU: DOC-07488-003-01-Q-P.

## Kvantifikace kvality provozu veřejné dopravy v mezizastávkovém úseku

Ing. Vojtěch Novotný, Ph.D.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Regionální organizátor Pražské integrované dopravy, České vysoké učení technické v Praze Fakulta dopravní

**Abstrakt** Kvalita provozu veřejné dopravy zahrnuje, mimo jiné, dva aspekty – cestovní rychlost a spolehlivost provozu. Hodnocení kvality provozu veřejné dopravy veřejné dopravy v daném úseku se nikdy nemůže omezit pouze na dodržování jízdního řádu, ale musí v sobě zahrnovat oba aspekty. Odpovědí může být vyjádření kvality provozu veřejné dopravy prostřednictvím metody „Level of Service“ (LOS). Tato metoda je sice dopravním inženýrům nejvíce známá v rámci popisu parametrů dopravního proudu, jejím základem je však obecný princip, který má mnohem širší použití a který lze efektivně použít i při hodnocení provozu veřejné dopravy.

**Klíčová slova** Slovo 1, slovo 2, slovo 3, ...

### 1. VNÍMÁNÍ KVALITY VEŘEJNÉ DOPRAVY JAKO VÝCHODISKO PRO HODNOCENÍ KVALITY JEJÍHO PROVOZU

Vnímání atraktivitativy či kvality systému veřejné dopravy je kritérium do značné míry subjektivní. Nicméně přesto lze stanovit šest základních oblastí, respektive požadavků, které musí být splněny, aby systém veřejné dopravy byl ze strany cestujících veřejné dopravy vnímán jako atraktivní a kvalitní. Tyto oblasti jsou následující: rozsah přepravní nabídky, cestovní rychlost, spolehlivost provozu, kvalita vozidel, kvalita zastávek a přestupních bodů a kvalita a poskytování informací („pevných“ i v reálném čase).



Obr. 1 Šest hlavních oblastí vnímání kvality veřejné dopravy a jejich přímý vztah k provozu veřejné dopravy.

Provozu veřejné dopravy (nejen) v uliční síti se z těchto definovaných oblastí vnímání kvality veřejné dopravy dotýkají hned dvě:

- cestovní rychlost („Za jak dlouho se do cíle cesty dostanu?“)
- spolehlivost („Opravdu se tam dostanu za tuto dobu? Nepřijedu později?“)

Cestující očekává, že bude mezi počátkem a cílem své cesty připraven za přiměřenou (akceptovatelnou) dobu přiměřenou (akceptovatelnou) rychlostí, která je v principu výhodnější než cesta

automobilem. Zároveň očekává, že do cíle dojde včas nezávisle na vnějších okolnostech.

### 2. PROČ VLASTNĚ VYHODNOCOVAT KVALITU PROVOZU VEŘEJNÉ DOPRAVY?

V evropských podmínkách je veřejná doprava subvencována z veřejných rozpočtů. Pokud se veřejná správa, tedy objednatel veřejné dopravy, chová jako řádný hospodář, musí sledovat kvalitu služby, kterou pro cestující objednává.

Vyhodnocování kvality provozu veřejné dopravy je klíčové ze dvou hledisek – jednak z hlediska kvantifikace celkové kvality systému veřejné dopravy z pohledu cestujících a jednak z hlediska příslušné dopravně-inženýrské analýzy, která musí být nezbytným podkladem pro navrhování a realizaci preferenčních opatření. Vzhledem k těmto důvodům musí být vyhodnocování kvality provozu veřejné dopravy založeno na objektivních kritériích a zároveň vycházet z vnímání kvality veřejné dopravy ze strany cestujících.



Obr. 2 Základním důvodem vyhodnocování kvality provozu veřejné dopravy je identifikace úseků, kde je potřebné zavedení preferenčních opatření. Fotografie uvádí příklad provozu BUS na TT jako opatření pro preferenci VHD i zajištění přestupní vazby mezi TRAM i BUS u jednoho nástupiště (ul. Vršovická, Praha).

### 3. METODA OBJEKTIVNÍHO HODNOCENÍ PROVOZU VEŘEJNÉ DOPRAVY

Metoda objektivního hodnocení provozu veřejné dopravy, kterou představuje tento článek, vychází z vnímání kvality služby cestujícími (viz Obr. 1) a je založena právě na vyhodnocení aspektu spolehlivosti a aspektu cestovní rychlosti, a to na základě dostupných dat ze sledování provozu jednotlivých spojů v síti veřejné dopravy. Nejen z tohoto důvodu bude hodnocení orientováno na mezizastávkový úsek.

#### 3.1 Vyhodnocení spolehlivosti provozu

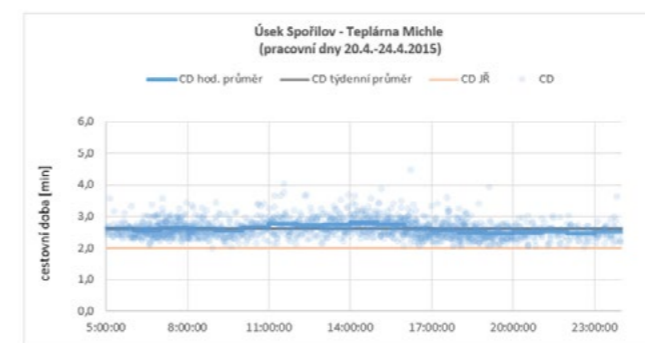
Vyhodnocování spolehlivosti provozu veřejné dopravy jako vyhodnocení dodržování jízdního řádu (jak k tomu v praxi často dochází) je věcně nesprávné a pro objektivní vyhodnocení kvality provozu veřejné dopravy nepoužitelné, a to z následujících důvodů:

- jízdní řád je většinou „zaokrouhlován“ na celé minuty, což je příliš hrubé rozlišení a může do vyhodnocení vnášet určitou chybu
- jízdní řády jsou často konstruovány tak, že již reflektují obvyklá zdržení na infrastruktuře, což mohou dokládat například různé cestovní doby dle jízdního řádu v různých časových polohách v rámci dne

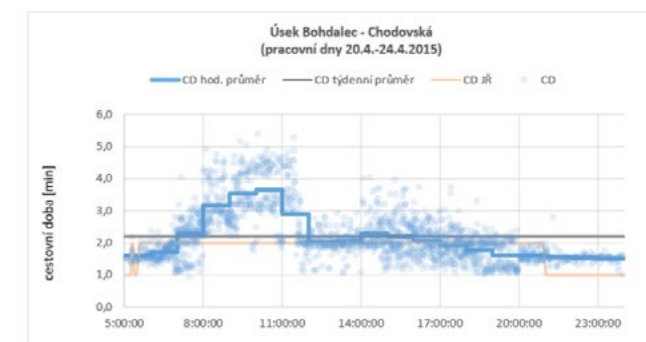
Objektivně lze spolehlivost provozu veřejné dopravy definovat jako schopnost spojů veřejné dopravy projet daným úsekem infrastruktury za relativně stejnou cestovní (jízdní) dobu nezávisle na denní době či dopravní situaci. Pro potřebnou kvantifikaci spolehlivosti lze tedy využít směrodatnou odchylku cestovní doby, která popisuje míru statistické disperze hodnot cestovní doby jednotlivých spojů v daném úseku za daný časový úsek [1], přičemž nejkratším relevantním časovým úsekem je jeden den (24 hod). Pro zvýšení robustnosti hodnoty spolehlivosti lze použít data za delší relevantní časový úsek. (Například 5 pracovních dnů týdne).

Vyhodnocení spolehlivosti provozu metodou směrodatné odchylky cestovní doby lze ilustrovat na porovnání dvou úseků v rámci sítě pražské městské sítě autobusové dopravy PID, úseku Spořilov – Teplárna Michle a úseku Bohdalec – Chodovská, na základě dat o průjezdu jednotlivých spojů daným úsekem. Úsek Spořilov – Teplárna Michle je charakteristický vysokým podílem vyhrazené jízdní dráhy (63,14%) na celkové délce úseku, přičemž zbývající část vede po komunikacích s nízkým zatížením IAD a jediné SSZ v úseku udílí průjezdu vozidel VHD prioritu blízkou absolutní preferenci. Na druhou stranu v úseku Bohdalec – Chodovská sdílí spoje VHD jízdní dráhu s ostatní dopravou, přičemž tento úsek je zatížen vysokými intenzitami IAD. Křižovatka řízená SSZ nacházející se v úseku není vybavená systémem preference VHD.

Již z grafů (Obr. 2 a Obr. 3) je patrné, že „rozptýlenost“ jízdních dob jednotlivých spojů i hodinových průměrů je v rámci dne výrazně větší v úseku Bohdalec – Chodovská, kde v ranní dopravní špičce naroste hodinový průměr téměř dvojnásobně než u úseku Spořilov – Teplárna Michle, kde hodinové průměry jsou přibližně stejné v průběhu celého dne. Obecně tedy platí: Čím nižší směrodatná odchylka, tím menší rozdíly mezi cestovními dobami dosaženou v rámci daného časového období, což indikuje vyšší spolehlivost provozu veřejné dopravy.



Obr. 3 Graf vývoje cestovní doby v úseku Spořilov – Teplárna Michle v pracovní dny v týdnu 20.4.-24.4.2015 (zdroj dat: DPP); CD = cestovní doba; CD hod. průměr = hodinový průměr cestovní doby; CD JŘ = cestovní doba dle jízdního řádu.



Obr. 4 Graf vývoje cestovní doby v úseku Bohdalec – Chodovská v pracovní dny v týdnu 20.4.-24.4.2015 (zdroj dat: DPP); CD = cestovní doba; CD hod. průměr = hodinový průměr cestovní doby; CD JŘ = cestovní doba dle jízdního řádu.

Pro zcela objektivní vyhodnocení je však třeba hodnotu směrodatné odchylky cestovní doby zrelativizovat délkou úseku, neboť vydělením směrodatné odchylky délkou úseku se ve výpočtu nepřímě skrývá i aspekt cestovní rychlosti. Pro potřeby metody hodnocení kvality provozu veřejné dopravy je tedy zavedena veličina index spolehlivosti provozu spojů v úseku i ( $rel_{A-B}$ ), která je dána vztahem:

$$i(rel_{A-B}) = \frac{\sigma_{TT}}{s} \cdot 1000 = \frac{\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [x_{TT} - E(X_{TT})]^2}}{s} \cdot 1000$$

$i(rel_{A-B})$ ...index spolehlivosti provozu  
 $\sigma_{TT}$ ...směrodatná odchylka cestovní doby [min]  
 $x_{TT}$ ...cestovní doba jednotlivého spoje [min]

$E(X_{TT})$ ...střední hodnota cestovní doby  
 $n$ ...počet měřených spojů  
 $s$ ...délka úseku [m]

Pro index spolehlivosti provozu spojů v úseku i ( $rel_{A-B}$ ) opět platí, že čím nižší je číselná hodnota indexu, tím je spolehlivost provozu veřejné dopravy v daném úseku vyšší.

#### 3.2 Vyhodnocení cestovní rychlosti

Cestovní rychlost vyjadřuje, jak rychle se cestující dostane do cíle své cesty. Při obvyklé četnosti zastávek veřejné dopravy v urbánním prostředí kolem 500 m v území a obvyklé době staničení kolem 20 s lze při ideálním pohybu vozidla veřejné dopravy dosáhnout cestovní rychlosti i vyšší než 25 km/h. To sice platí pro „ideální úsek infrastruktury“, ale tyto hodnoty poskytují určitý obraz o potenciálu zvýšení cestovní rychlosti vlivem preferenčních opatření.

Cestovní rychlost není nic jiného než cestovní doba relativizovaná délkou úseku. V případě vyhodnocování dat o provozu spojů v určitém úseku se obvykle uvádí ukazatel průměrná cestovní (jízdní) rychlost  $V(cest_{A-B}; avg)$ , respektive průměrná cestovní (jízdní) rychlost v pracovní den. Hodnota průměrná cestovní (jízdní) rychlosti sice poskytne určitou informaci o kvalitě provozu veřejné dopravy v daném úseku, nicméně tato hodnota nemusí zohledňovat fyzickou trajektorii vozidla danou trajektorii či uspořádáním infrastruktury. Stejná hodnota cestovní (jízdní) rychlosti může být „maximální možná“ v úseku s náročnými i směrovými poměry a zároveň v „přímém vodorovném úseku“ může být výsledkem negativního vlivu IAD na provoz veřejné dopravy a indikovat potřebu realizace preferenčních opatření. Objektivní posouzení cestovní rychlosti VHD v daném úseku musí být založeno na definování směrodatné cestovní rychlosti  $V(cest_{A-B}; dec)$ , kterou spoje veřejné dopravy mohou pravidelně v daném konkrétním úseku sítě infrastruktury dosahovat za bezproblémových podmínek, respektive v případě existence účinných preferenčních opatření.



Hodnota směrodatné cestovní rychlosti sice může být modelována na základě fyzické trajektorie pohybu spojů v konkrétním úseku, nicméně z hlediska jejího určení je více „komfortní“ vyjít z existujících dat o pohybu spojů s využitím jednoduché myšlenky, že tato směrodatná cestovní rychlost je reálně dosahována v těch časových obdobích, kdy je provoz individuální automobilové dopravy minimální. Pro účely této metody hodnocení byl zvolen 10% kvantil cestovní doby z denních dat [2].

Výpočet směrodatné cestovní rychlosti  $V$  (cest<sub>A-B;dec</sub>) pro konkrétní mezizastávkový úsek je následně dán vztahem:

$$V(\text{cest}_{A-B; \text{dec}}) = 0,06 \cdot \frac{S_{A-B}}{Q_{10}(V_{\text{cest};A-B})}$$

$V(\text{cest}_{A-B; \text{dec}})$ ...směrodatná cestovní rychlost v daném mezizastávkovém úseku [km/h]  
 $Q_{10}(V_{\text{cest};A-B})$ ...10% kvantil cestovní doby v daném mezizastávkovém úseku [min]  
 $S_{A-B}$ ...délka mezizastávkového úseku [m]

Objektivní vyhodnocení cestovní doby jako parametru kvality provozu veřejné dopravy v daném úseku musí být založeno na porovnání průměrné cestovní rychlosti  $V(\text{cest}_{A-B; \text{avg}})$  dosahované v daném úseku s hodnotou směrodatné cestovní rychlosti  $V(\text{cest}_{A-B; \text{dec}})$ , respektive – pro detailnější zkoumání – porovnání  $V(\text{cest}_{A-B; \text{dec}})$  s reálně dosahovanými hodnotami cestovní rychlosti v hodinových časových řezech. Za účelem vyjádření tohoto porovnání se zavádí index cestovní rychlosti v daném mezizastávkovém úseku ( $V_{\text{cest};A-B}$ ), který je dán následujícím vztahem:

$$i(V_{\text{cest};A-B}) = \frac{V(\text{cest}_{A-B; \text{avg}})}{V(\text{cest}_{A-B; \text{dec}})}$$

$i(V_{\text{cest};A-B})$ ...index cestovní rychlosti v daném mezizastávkovém úseku  
 $V(\text{cest}_{A-B; \text{avg}})$ ...průměrná cestovní rychlost dosahovaná v daném úseku za dané časové období [km/h]  
 $V(\text{cest}_{A-B; \text{dec}})$ ...směrodatná cestovní doba pro daný mezizastávkový úsek [km/h]

Index cestovní rychlosti de facto vyjadřuje míru přiblížení se průměrné cestovní rychlosti hodnotě směrodatné cestovní rychlosti. Čím vyšší hodnota indexu cestovní rychlosti, tím vyšší kvalita provozu veřejné dopravy v daném mezizastávkovém úseku (vyšší dosahovaná průměrná rychlost).

### 3.3 Celkové hodnocení kvality provozu s využitím principu „Levels of Service“

Provoz veřejné dopravy můžeme v daném úseku označit za kvalitní, pokud vykazuje adekvátně vysokou cestovní rychlost a vysokou spolehlivost. Hodnotit mezizastávkový úsek uspořádanou dvojicí indexu spolehlivosti  $i(\text{rel}_{A-B})$  a indexu cestovní rychlosti  $i(V_{\text{cest};A-B})$  není úplně praktické. Když však provoz automobilové dopravy může být dle principu „Levels of Service“ indikován stupni provozu (1-5 v Evropě, respektive A-F v Americe [3]), proč stejný princip nevyužít v podobě stupňů kvality provozu veřejné dopravy?

Pro potřeby hodnocení kvality provozu veřejné dopravy bylo definováno 5 stupňů kvality veřejné dopravy:

stupeň kvality provozu veřejné dopravy	numerická hodnota stupně	definice stupně kvality provozu veřejné dopravy
vyňkající	1	Provoz veřejné dopravy je zcela bezproblémový, veřejná doprava je vysoce atraktivní a konkurenceschopná, podmínky pro ekonomickou efektivitu jejího provozu jsou velmi dobré.
dobrý	2	Provoz veřejné dopravy je relativně bezproblémový, veřejná doprava je atraktivní pro cestující, podmínky pro ekonomickou efektivitu jejího provozu jsou dobré.
střední	3	Kvalita provozu veřejné dopravy je ještě dostatečná, atraktivita veřejné dopravy pro cestující není dostatečně vysoká, podmínky pro ekonomickou efektivitu jejího provozu jsou slabé.
nizký	4	Kvalita provozu veřejné dopravy je nedostatečná, atraktivita veřejné dopravy pro cestující je nízká, ekonomická efektivita jejího provozu je nízká.
ne přijatelný	5	Kvalita provozu veřejné dopravy je nedostatečná, dochází ke snížení atraktivnosti veřejné dopravy pro cestující i ekonomické efektivitu provozu pod akceptovatelnou mez.

Tab. 1: Stupně kvality provozu veřejné dopravy.

Výsledný stupeň kvality provozu veřejné dopravy je pro konkrétní mezizastávkový úsek stanoven na základě příslušného indexu spolehlivosti  $i(\text{rel}_{A-B})$  a indexu cestovní rychlosti ( $V_{\text{cest};A-B}$ ), a to s využitím teorie fuzzy množin a lingvistické proměnné [4]. Nejprve je provedena fuzzifikaci obou indexů na lingvistické hodnoty odpovídající stupňů kvality provozu dle Tab. 1.



Obr. 5 Příklad grafu funkce příslušnosti pro fuzzifikaci indexu cestovní rychlosti.

Výsledný stupeň kvality provozu veřejné dopravy v daném úseku je určen prostřednictvím sady logických pravidel (viz Tab.2):

P1:	„V případě, že obě hodnoty indexu cestovní rychlosti a indexu spolehlivosti mají 100% příslušnost k tomu samému stupni kvality provozu, výsledný je tento stupeň kvality provozu.“
P2:	„V případě, že obě hodnoty indexu cestovní rychlosti a indexu spolehlivosti nemají 100% příslušnost k tomu samému stupni provozu a zároveň platí, že neexistuje shodný maximální součet hodnot příslušnosti ke dvou stupňům kvality provozu, výsledný stupeň kvality provozu je ten, který má vyšší součet hodnot příslušnosti.“
P3:	„V případě, že u maxima dojde k „nerozhodnému výsledku“, výsledný stupeň kvality se rovná kvalitativně nižší hodnotě stupně kvality provozu veřejné dopravy.“

Tab. 2: Sada logických pravidel určení výsledného stupně kvality provozu.

Metoda hodnocení kvality provozu veřejné dopravy je koncipována tak, aby v případě existence dat o provozu spojů veřejné dopravy umožňovala strojové či plně automatizované vyhodnocování jednotlivých mezizastávkových úseků, a tedy identifikaci problematických úseků provozu (úseků s nízkou kvalitou provozu veřejné dopravy). Pro vyhodnocení de facto stačí údaje o reálných časech odjezdů spojů ze zastávek (viz výše).



Obr. 6 Princip identifikace problémových míst s využitím metody hodnocení kvality provozu veřejné dopravy.

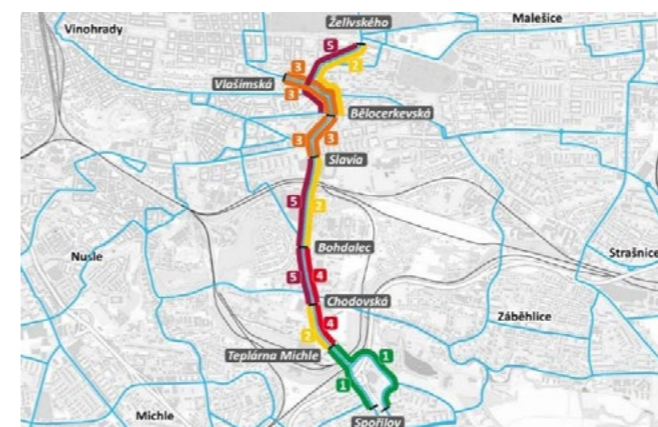
### 4. PŘÍNOSY HODNOCENÍ KVALITY PROVOZU VEŘEJNÉ DOPRAVY PROSTŘEDNICTVÍM STUPŇŮ KVALITY PROVOZU VEŘEJNÉ DOPRAVY

Sledování kvality provozu veřejné dopravy by mělo být samozřejmým úkolem veřejné správy („Pokud poskytují službu občanům/zákazníkům a platím ji z veřejných prostředků, měl bych se zajímat o kvalitu této služby...“). Vyhodnocení dodržování jízdního řádu je však z hlediska objektivního hodnocení kvality provozu nepoužitelné, hodnocení naopak musí vycházet z vnímání kvality veřejné dopravy ze strany cestujících.

Metoda hodnocení kvality provozu veřejné dopravy s využitím stupňů kvality provozu na bázi („Levels of Service“), kterou představil tento článek, má hned několik výhod:

- metoda v sobě zahrnuje hodnocení obou aspektů – jak cestovní rychlosti, tak spolehlivosti, metoda je vysoce objektivní
- metoda je založena na statistické vyhodnocení a zpracování dat z provozu o pohybu spojů, není třeba žádných dodatečných měření
- výstupy z metody jsou přehledné, i pro laika srozumitelné a umožňují názornou vizualizaci, například s využitím geografických informačních systémů

Systematické a pravidelné vyhodnocování kvality provozu veřejné dopravy umožní především snadnou a relativně rychlou identifikaci problematických míst (tj. míst s nízkou kvalitou provozu veřejné dopravy) k dalšímu prověření a zároveň slouží jako zásadní podklad



Obr. 7 Příklad vizualizace stupňů kvality provozu veřejné dopravy v úseku Spořilov – Želivského v rámci pražské autobusové sítě PID.

pro efektivní a komplexní návrh preferenčních opatření v dané lokalitě. V tomto smyslu se představená metoda jeví jako velmi potřebná.



Článek vznikl za podpory projektu SGS17/105/OHK2/1T/16 „Rozhodovací nástroj pro preferenci VHD“.

### Zdroje

- HAVLENA Ondřej, JAVOŘÍK Tomáš, NOVOTNÝ Ivo, NOVOTNÝ Vojtěch, SVETLÍK Marian. Quantifiable benefits of public transport priority measures. In: NOUZOVSÝ, L., et al., eds. Sborník příspěvků konference Young Transportation Engineers Conference 2016 [sborník]. Young Transportation Engineers Conference 2016. Praha, 06.10.2016. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2016, s. 1-11. ISBN 978-80-01-06016-2
- NOVOTNÝ Vojtěch, JAVOŘÍK Tomáš a NOVOTNÝ Ivo. Traffic Data Evaluation as Part of Public Transport Priority Measures Assessment. In: Transport Problems 2016, Proceedings. V International Symposium of Young Researchers Transport Problems 2016. Katowice, 27.06.2016 - 28.06.2016. Katowice, Wydział Transportu Politechniki Śląskiej. 2016, s. 791-800. ISBN 978-83-935232-8-3.
- HOFSTRA UNIVERSITZ. Road Levels of Service. [hofstra.edu](https://people.hofstra.edu/geotrans/eng/methods/levelservice.html) [on-line]. © 2017 [cit 2017-09-25]. Dostupné z: <https://people.hofstra.edu/geotrans/eng/methods/levelservice.html>
- ZADEH, L.A.: The Concept of a Linguistic Variable and Its Applications to Approximate Reasoning. Information Sciences, volume 8, 1975, s 199-249, ISSN 0020-0255



## Laboratoř letecké bezpečnosti – realizovaný výzkum a vize

Andrej Lališ<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Ústav letecké dopravy, Fakulta dopravní ČVUT v Praze; Horská 3, 128 03 Praha 2; lalisand@fd.cvut.cz

**Abstrakt** Tento článek představuje Laboratoř letecké bezpečnosti, která je jedním z vědeckých pracovišť na Ústavu letecké dopravy, FD ČVUT v Praze. Letecká bezpečnost patří nesporně mezi priority moderní letecké dopravy a existuje zde velký potenciál pro další inovace a výzkum. Tento potenciál je v příspěvku popsán, stejně jako místo, které v tomto kontextu zaujímá představovaná laboratoř. Článek také stručně představuje realizovaný výzkum na tomto pracovišti jako i vizi a potenciál pro jeho další práci.

**Klíčová slova** laboratoř, letecká bezpečnost, výzkumné projekty

### 1. LABORATOŘ A MODERNÍ BEZPEČNOST

Výzkum v oblasti bezpečnosti je v dnešní době velmi aktuální, a to z celé řady důvodů. Pravděpodobně tím nejdůležitějším faktorem je dnešní společnost a její postoj neboli citlivost vůči bezpečnostním problémům. S neustále se vyvíjející technologií a s nárůstem její dostupnosti všem vrstvám moderní společnosti se také zvyšují požadavky na její bezpečnost a tolerance vůči problémům plynoucím z její absence se nadále snižuje. „Bezpečnost na prvním místě“ je heslo, které proniklo do téměř všech oblastí moderního života, a znamená zcela určitě závazek, který se dostává od manažerů či politiků až k inženýrům, od kterých se očekává, že se otázkou bezpečnosti budou zabývat po technické stránce.

Motivace k prioritě bezpečnosti je dána do značné míry historickou zkušeností s nehodami. V tomto ohledu je celkem nedůležité, zda mluvíme o srážce dvou Boeingů 747 na ostrově Tenerife v roce 1977 nebo nehodě jaderného reaktoru v Černobylu či explozi raketoplánu Challenger v roce 1986. Tyto události přinesly značnou ztrátu na lidských životech, zdraví a majetku, resp. finanční škody, které ovlivnily v mnohém chod budoucích událostí. Dnes se takovéto události zdají být více pod kontrolou i díky tomu, že se pozornost přesouvá k mnohem méně viditelným problémům, které sice nepředstavují takové riziko jako výše uvedené příklady, nicméně jejich dopad na chod společnosti bývá mnohdy zásadní. V letecké dopravě dnes např. rutinní nedostatky v provozu mohou způsobit zpoždění nebo neočekávané náklady na opravu, navíc když nejsou adekvátně řízeny, mohou v kombinaci s dalšími faktory přispět k událostem s větším dopadem. Je zde tedy zřetelně stoupající trend v zavádění proaktivního přístupu a snaha řešit problémy mnohem dřív, než se projeví ve ztrátách.

Samostatným důvodem pro aktuálnost tématu bezpečnosti je současná teorie bezpečnosti, resp. stav poznání v této oblasti. Dodnes se objevují nové teorie a modely, které cílí na uchopení jevů ve složitých sociotechnických systémech právě po stránce bezpečnosti, a i když mnohé z nich nabízí nesporně přínosná řešení, žádná teorie ani model bezpečnosti nenabízí kompletní řešení, nebo odpověď na jakoukoliv otázku. Celkové řešení v jednotlivých případech zůstává v rukou odborníků a výzkumníků, kteří musí posuzovat každý případ samostatně a zpravidla kombinovat vícero přístupů s vlastní zkušeností a kreativitou. Otázka bezpečnosti tedy nadále zůstává výzvou i z pohledu vědeckého a akademického a je zde zcela nepochybně značný prostor pro další práci.

Laboratoř letecké bezpečnosti reaguje na tuto situaci vlastním výzkumem v kontextu letecké dopravy. Letectví patří mezi rizikové průmysly, kde nehody mohou mít značné dopady na člověka a společnost, jako i na životní prostředí, a existuje zde proto přirozená snaha o řízení bezpečnosti. I když letectví disponuje neustále se vyvíjejícími globálními i regionálními standardy pro oblast bezpečnosti, zdaleka nelze tvrdit, že pokrývají všechny aspekty bezpečnosti dostatečně. V mnoha případech je nutné klíčová rozhodnutí přijímat ve skupinách expertů, kteří svou shodou zaručují nejvyšší pravděpodobnost úspěchu nebo účinnosti opatření a rozhodnutí. Ovšem nadále se jedná o subjektivní názor, který nemůže zajistit úplnou správnost ve všech případech. Neexistence nebo omezení v současných metodikách, postupech a nástrojích je pro Laboratoř letecké bezpečnosti výzva, na kterou směřuje svůj výzkum.

### 2. REALIZOVANÝ VÝZKUM

Laboratoř letecké bezpečnosti má dnes 6 členů a od roku 2014 se podílí na realizaci větších výzkumných projektů s podporou Technologické agentury ČR ve spolupráci s významnými leteckými organizacemi českého leteckého průmyslu. Tyto projekty jsou orientovány na sběr a zpracování dat o bezpečnosti, jelikož data o bezpečnosti pochází ve většině případů z auditů, inspekcí nebo hlášení o událostech. Daná data jsou sbírána lidmi v provozu a jako taková jsou zatížena subjektivitou inspektorů, auditorů a provozního personálu. Jakékoliv analýzy nad těmito daty tedy nemohou vést ke zcela objektivní analytické činnosti. Významné realizované projekty v Laboratoři letecké bezpečnosti jsou popsány v následujících kapitolách.

#### 2.1 Výzkum indikátorů bezpečnosti letecké dopravy

Jedná se o vědecko-výzkumný projekt realizovaný v letech 2014 až 2017. Partnerem projektu se stali Řízení letového provozu ČR, s.p., Letiště Praha, a.s., České Aerolinie Technics, a.s. a Delta Systém Air, a.s. Výzkum byl orientován na indikátory bezpečnosti, tedy na typické události z leteckého provozu, o kterých je potřeba sbírat data. V projektu byl vytvořen prototypový nástroj s názvem „INBAS Reporting Tool“ - nástroj pro podporu hlášení o událostech z leteckého provozu založený na práci s indikátory bezpečnosti. Nástroj umožňuje také základní analytickou činnost (obr. 1) a byl uvolněn v demonstrační verzi na webovém portálu projektu a také nasazen do provozu u partnerů projektu.

#### 2.2 Výzkum systému pro správu a analýzu dat o bezpečnosti leteckého provozu na státní úrovni

Tento vědecko-výzkumný projekt byl realizován v letech 2015 a 2016 ve spolupráci s Úřadem pro civilní letectví. V průběhu projektu vznikl systém s názvem SISel (Safety Intelligence System – viz. obr. 2), který umožňuje sběr a analýzu dat o bezpečnosti na úrovni státu, a přímo podporuje činnost odborných skupin zřízených na této úrovni k posuzování bezpečnostních problémů českého letectví jako i dozorovou činnost Úřadu pro civilní letectví nad odvětvím letecké dopravy v České republice. Systém SISel se dnes aktivně využívá na

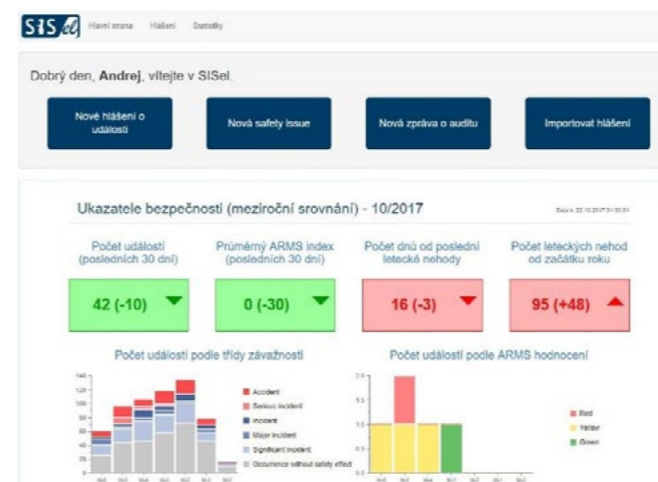
Úřadě a směrem do budoucnosti je plánováno jeho další rozšiřování o nové funkce jako i podporu práce různými odděleními Úřadu.

### 2.3 Aplikace moderní systémové teorie bezpečnosti do letectví

Tento projekt patří mezi současně probíhající a jeho cílem je vývoj inteligentních komponent pro současné systémy sběru a zpracování dat o bezpečnosti v letectví. Inteligence těchto komponentů vyplývá zejména z aplikace nejnovějších modelů bezpečnosti dostupných v teorii, které se ale doposud využívají pouze experimentálně. Partnerem projektu se stali Letiště Praha, a.s. a České Aerolinie Technics, a.s., kteří se rozhodli podílet se na experimentální aplikaci nejnovějších poznatků z teorie. Projekt byl spuštěn v listopadu 2017 a bude pokračovat až do listopadu 2019 a jeho výsledkem bude experimentální software, který demonstruje dosažení nových funkcionalit pro sběr a zpracování dat o bezpečnosti v letectví.



Obr. 1: Výstup analýz systému INBAS



Obr. 2: Hlavní panel systému SISel

### 2.4 Výzkum problematiky rizika

Posledním významným projektem Laboratoře letecké bezpečnosti je projekt zabývající se problematikou rizika v kontextu studií bezpečnosti. Projekt je zde vázán na konkrétní studii – výstavbu nové

vzletové a přistávací dráhy na letišti Václava Havla v Praze. I zde je centrem pozornosti možnost úpravy nebo doplnění platných metodik provádění studií bezpečnosti s pomocí nových poznatků teorie bezpečnosti. Partnerem projektu je Letiště Praha, a.s. a projekt probíhá od listopadu 2017 s plánovaným ukončením v listopadu 2019. Výsledkem bude nová metodika pro realizaci studií bezpečnosti v leteckém průmyslu.

### 3. POTENCIÁL A VIZE

Laboratoři letecké bezpečnosti se podařilo získat stabilní postavení na českém leteckém trhu a její další fungování staví na úspěchu předešlých projektů. Řešení kvality a obsahu dat o bezpečnosti je nezbytným základem pro celou řadu analytických činností a vědeckých projektů v budoucnosti. Laboratoř má v tomto směru zcela výjimečné zaměření, jelikož podobná pracoviště v Evropě nebo ve světě se zabývají mnohem častěji přímo analytickou činností nad daty, které v leteckém a dalších rizikových průmyslech již existují. Výzkum laboratoře je naproti tomu orientován na vytvoření kvalitního vzorku dat, který bude možné následně podrobit pokročilejším analýzám a tím dospět k novým poznatkům nejenom v oblasti bezpečnosti letecké dopravy, ale velmi pravděpodobně i v oblasti bezpečnosti jako takové.

K dosažení takto ambiciózní vize je zapotřebí výzkum realizovat jako tzv. multidisciplinární, tedy zapojením několika různých vědeckých skupin z ČVUT, ale i potenciálně zahraničních univerzit, které běžně na výzkumu nespolupracují. Laboratoř letecké bezpečnosti v tomto ohledu figuruje jako mediátor myšlenek, které sjednocují různé vědecké týmy, a jako garant dlouhodobé vize těchto aktivit.

V této chvíli již laboratoř vypracovala několik návrhů na multidisciplinární projekty, které sjednocují různé odborníky na bezpečnost s odborníky na lidský činitel, odborníky na tvorbu znalostních systémů či počítačovou grafiku a interakci. V této chvíli zbývá jenom čekat na další výsledky, které Laboratoř z navrhovaných projektů vytvoří, a které budou posouvat oblast letecké dopravy dále.

### Zdroje

- Vittek, P., et al. Challenges of implementation and practical deployment of aviation safety knowledge management software. In: Křemen, P. a Ngomo, A.-C.N., eds. Knowledge Engineering and Semantic Web - 7th International Conference. International Conference on Knowledge Engineering and Semantic Web. Praha, 21.09.2016 - 23.09.2016. Basel: Springer. 2016, s. 316-327. Communications in Computer and Information Science. ISSN 1865-0929. ISBN 978-3-319-45879-3.
- Křemen, P., et al. Ontological Foundations of European Coordination Centre for Accident and Incident Reporting Systems. Journal of Aerospace Information Systems. 2017, 14(5), s. 279-292. ISSN 1940-3151.
- Ledvinka, M., Lališ, A., a Křemen, P. Towards Data-Driven Safety: An Ontology-Based Information System [online]. Journal of Aerospace Information Systems. 2018, ISSN 2327-3097.
- Lališ, A. a Stojíć, S. Advancing Knowledge Inference of Prague Airport Safety Management. Ekonomika i upravljenje: problemi, resheniya. 2018, 2018(3-4), s. 41-46. ISSN 2308-927X.



## Laboratoř lidského faktoru a automatizace v letectví

Vladimír Socha<sup>1</sup>  
Lenka Hanáková<sup>2</sup>  
Stanislav Kušmírek<sup>3</sup>  
Michaela Šerlová<sup>4</sup>  
Sarah Van den Bergh<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Ústav letecké dopravy, Fakulta dopravní ČVUT v Praze; Horská 3, 128 03 Praha 2; sochavla@fd.cvut.cz

<sup>2</sup> Ústav letecké dopravy, Fakulta dopravní ČVUT v Praze; Horská 3, 128 03 Praha 2; hanakle1@fd.cvut.cz

<sup>3</sup> Ústav letecké dopravy, Fakulta dopravní ČVUT v Praze; Horská 3, 128 03 Praha 2; kumista@fd.cvut.cz

<sup>4</sup> Ústav letecké dopravy, Fakulta dopravní ČVUT v Praze; Horská 3, 128 03 Praha 2; serlomic@fd.cvut.cz

<sup>5</sup> Ústav letecké dopravy, Fakulta dopravní ČVUT v Praze; Horská 3, 128 03 Praha 2; vandesar@fd.cvut.cz

**Abstrakt** Předložený článek představuje Laboratoř lidského faktoru a automatizace v letectví, která je jedním z vědeckých pracovišť na Ústavu letecké dopravy, FD ČVUT v Praze. Studium lidského faktoru v letectví je ve vědecké komunitě známé již několik dekad. Neustálý technický pokrok a výzkum v této oblasti však stále přináší nové otázky a výzvy. Laboratoř má snahu monitorovat nové trendy v diskutované oblasti a zapojovat se do výzkumných aktivit reflektujících současně požadavky ne jen na letecký personál. Článek stručně popisuje nejvýznamnější výzkumné aktivity laboratoře spolu s navázanými spolupracemi.

**Klíčová slova** laboratoř, lidský faktor, výzkum, spolupráce

### 1. Úvod

Laboratoř lidského faktoru a automatizace v letectví se specializuje na hodnocení a objektivizaci lidského činitele v letecké dopravě se současným transferem inovací v této oblasti do systému automatizovaného řízení v letectví. Primárně je laboratoř zaměřená na hodnocení a klasifikaci psychofyziologického stavu leteckých specialistů, jako jsou piloti, řídicí letového provozu nebo technici údržby letecké techniky. Pro tyto účely je laboratoř vybavená vhodnou přístrojovou technikou, prostředky pro zpracování signálů a vyhodnocení naměřených dat.

V laboratoři probíhá také vývoj nových zařízení a softwarových řešení, např. inteligentního systému pro měření reakčního času nebo simulačního systému letových a environmentálních podmínek pro určování letových parametrů UAV. Součástí laboratoře je i simulátor bezpilotních prostředků. Simulátor je používán pro osvojení základních návyků pro ovládání bezpilotních prostředků pomocí datového spoje. Simulátor Phoenix 5 umožňuje nácvik s letouny, vrtulníky, kvadrokoptéry a dalšími speciálními typy bezpilotních prostředků, přičemž poskytuje možnosti hodnocení a optimalizace výcvikového procesu u operátorů UAV a rozhraní člověk - stroj.

Laboratoř spolupracuje s odbornými kapacitami z domácích i zahraničních univerzit a institucí. Členové laboratoře se podíleli na řešení několika úspěšných projektů, jako "Výzkum tréninkových metod pilotů s využitím leteckých simulátorů" nebo "Vývoj prototypu leteckého simulátoru a výzkum jeho použití". V současnosti se členové laboratoře podílejí na řešení projektů orientujících se na stanovení efektivních individuálních programů výcviku pilotů/posádek letadel v oblasti stresových – zátěžových situací s využitím simulačních prostředků virtuální reality za účelem

zvýšení bezpečnosti leteckého provozu, aplikací autoregulačních technik pro výcvik leteckých posádek a.j.

Kromě výzkumných aktivit se členové laboratoře podílejí na zabezpečování výuky v předmětech, které jsou úzce provázané s činností laboratoře. Jako příklad je možné uvést předměty jako lidský činitel v letectví, ergonomie v letectví, programové prostředky pro řešení diplomových nebo bakalářských prací či základy elektrotechniky a elektroniky. Laboratoř má také ambici vychovávat nové vědecké pracovníky a to už od bakalářských studií. Proto laboratoř, v rámci projektové výuky, garantuje a koordinuje projekt „Lidský faktor v letectví“ a to jak pro studenty bakalářského studia, tak navazujícího magisterského. Problematika lidského faktoru v hlubším pojetí a ve vícerozličných oblastech je potom řešena v rámci disertačních prací, kde je v současnosti aktivních pět doktorandů.

### 2. Realizovaný výzkum

Laboratoř lidského faktoru a automatizace v letectví má v současnosti 8 členů, kteří vedou nebo konzultují práce více jak 15 studentům. Členové laboratoře jsou zapojeni do několika projektů nejen v oblasti letecké dopravy. Výčet nejzajímavějších spoluprací a projektů, na kterých Laboratoř participuje je popsán níže.

#### 2.1 Objektivizace psychofyziologického stavu leteckého personálu

Psychický diskomfort nebo zvýšená zátěž může negativně ovlivnit vykonávání určitých činností a to hlavně v profesích, které jsou zodpovědné za lidské životy. Do takové skupiny povolání můžeme zahrnout letecké specialisty a to hlavně piloty. Psychofyziologický stav se odráží ve změně některých fyziologických parametrů, pomocí kterých je možné jej popsat. Existuje řada metod pro zpracování biologických signálů, které jsou však ve většině případů založené na lineárních metodách. V rámci primárních výzkumných aktivit byli a jsou navrhované nové metody založené na možnostech hodnocení komplexity naměřených signálů a následné interpretace vyhodnocených parametrů v kontextu objektivizace mentální a fyzické zátěže [1].

Kromě uvedeného jsou v rámci přidružených výzkumných aktivit taktéž realizované experimenty, při kterých je využíván standardní koncept sběru zpracování biologických signálů a to pro účely určování specifických zátěžových situací u pilotů. Jedním z větších projektů, na kterém členové laboratoře spolupracovali byl "Výzkum tréninkových metod pilotů s využitím leteckých simulátorů" (ITMS 26220220161), kde byli identifikované a objektivizované některé

problémy při změně zobrazení letových, motorových a navigačních údajů z analogové formy na glass cockpit [2].

Na uvedenou problematiku publikovali členové laboratoře několik odborných publikací (viz [1-7]).

### 2.2 Únava pilotů

Únava pilota je jedním z klíčových faktorů, které mohou nepříznivě ovlivňovat bezpečnost letu. Proto se výzkumné aktivity v rámci lidského činitele kromě jiného orientují právě na exaktní zhodnocení vlivu únavy na pilotů a faktory s tím spojené. Cílem výzkumných aktivit laboratoře je, na základě experimentálních měření, určování vlivu únavy pilota na přesnost a správnost vykonávaných činností a jeho psychofyziologickou kondici.

Laboratoř v tomto kontextu organizuje výzkumné aktivity opírající se o 24 hodinové měření pilotů při kontinuálních letech na leteckém simulátoru. Toto téma sloužilo i jako podklad pro vypracování oceněných bakalářských prací. Tato forma výzkumných aktivit probíhá ve spolupráci s Leteckou fakultou Technické univerzity v Košiciach, kde taktéž probíhají obdobná měření, jejichž snahou je zabezpečit dostatečně velký výzkumný vzorek pro následnou diseminaci výsledků.

### 2.3 Design HW a SW prostředků pro výzkum lidského faktoru

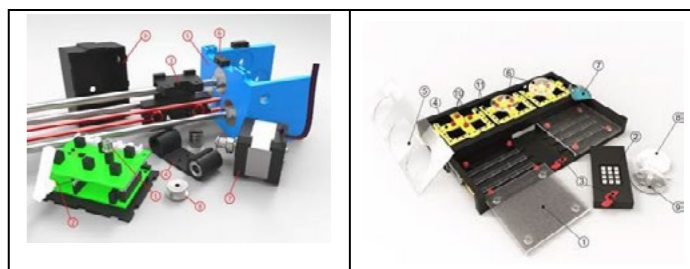
Vzhledem k tomu, že členové laboratoře mají bohaté praktické zkušenosti v oblasti technického kreslení, 3D modelování, konstrukčního programování a elektroniky, tak v Laboratoři přímo navrhuji a vytvářejí vlastní konstrukční řešení pro účely dalších výzkumno-vývojových aktivit.

Konstrukční návrh senzorké sítě na určení zdroje amoniaku v prostoru vycházel z myšlenky vyvinout cenově dostupnou platformu na rychlý pre-screening obsahu zavazadel cestujících a návštěvníků letišť, která by byla integrovatelná do interiéru letištních hal či jejich vstupních bran. Další podmínkou, kterou si konstruktérský tým kladl, bylo, aby koncept měl možnost jednoduché modernizace či schopnosti detekovat ne jen amoniak jako primární nebezpečnou látku, ale i jiné prvky jako peroxidy či dusičnany.

Ze samotného principu fungování elektrochemických plynových senzorů je známo, že po saturaci selektivním plynem dochází ke změně elektrického odporu předcházejícího senzoru. Z elektronické logiky v takovém případě dochází k "logické jednotce". Pro možnost vykonání opětovného měření s daným senzorem je potřebná jeho desaturace, čímž poklesne elektrický odpor v součástce. V praxi to znamená, že senzor musí opustit prostor, kde se nachází plyn vyvolávající změnu odporu. Z daného předpokladu a předcházejících podmínek kladených na senzorkou síť určující lokalizaci zdroje amoniaku či jeho stopy v prostoru vychází požadavek, aby senzory byly pohyblivé, resp. platforma umožnila pohyb měřící jednotce. Tato úvaha koresponduje s minimalizací finančních nákladů spojených s počtem senzorů na m<sup>2</sup> pokryté plochy. Za účelem detekce zdroje či plynové stopy v prostoru bylo možné navržením vhodného designu platformy zkonstruovat jak 1, tak i 2 dimenzovatelnou senzorkou síť. Konceptuální návrh je znázorněn na Obr. 1A. Uvedený koncept je řešený ve spolupráci s Ústavem chemických věd Přírodovědecké fakulty Univerzity Pavla Jozefa Šafárika v Košiciach.

V případě zařízení pro měření reakčního času byl na základě definovaných limitací současných řešení navržen základní koncept zařízení. Toto zařízení bylo navrženo za účelem měření rychlosti reakcí uživatele na vnější opto-akustické podněty, resp. určení

rychlosti vyhodnocení podnětu se zapojením specifických motorických jednotek na vykonání vyžadovaného pohybu. Navržený koncept, na rozdíl od běžných zařízení na měření reakčního času, dokáže taktéž dedukovat změnu v rozhodovacím procesu subjektu, čímž zavádí do měřicího procesu další proměnnou. Tato vlastnost zařízení je zabezpečena stálou kontrolou polohy končetin po celý průběh měření. Systém mimo měření rychlosti reakcí či změny v rozhodovacím procese byl navržen tak, aby dokázal nepřímo měřit vedení nervového vzruchu ve svalovém vlákne. Navržený koncept je znázorněn na Obr. 1B, pro bližší informace [8].



**Obrázek 1** Konstrukční řešení pro senzorkou síť zaměřenou na detekci NH<sub>3</sub> (A) a systém pro měření reakčního času (B).

Kromě výše uvedených byly laboratoři lidského faktoru a automatizace v letectví navržena dvě softwarová řešení ve formě grafických uživatelských prostředí vytvořených v C#. Tato řešení jsou ve své podstatě aplikací modifikovaných psychologických testů využívaných na Ústavu leteckého zdravotnictví a také známého NASA task load indexu.

### 2.4 Ostatní spolupráce a sekundární výzkum

Laboratoř lidského faktoru a automatizace v letectví taktéž spolupracuje s ostatními institucemi na sekundárních výzkumných aktivitách, kde prostřednictvím vlastní personální matice zabezpečuje řešení parciálních úloh v komplexních výzkumných aktivitách. Jedna z nejvýznamnějších spoluprací je orientovaná na nové technické přístupy využívané v rehabilitaci a jejich objektivizaci. V těchto výzkumných aktivitách Laboratoř spolupracuje s Fakultou biomedicínského inženýrství ČVUT v Praze a současně se společností EMBITRON, s.r.o., také viz [9, 10].

Laboratoř také spolupracuje s Klinikou dětské onkologie a hematologie, 2. Lékařské fakulty Univerzity Karlovy v Praze a FN Motol na analýzách spojených s výzkumem hepatoblastomů a nefroblastomů u dětí s hlavním ohledem na efektivitu léčby, přežívání a přidružené komplikace.

### 3. Potenciál a vize

Kromě výše zmíněných aktivit a již navázaných spoluprací je cílem vědecko-výzkumných aktivit Laboratoře lidského faktoru a automatizace v letectví tyto spolupráce dále rozvíjet a navazovat nové kooperativní aktivity ve všech oblastech spojených s lidským faktorem. Dalším záměrem Laboratoře je navázat na bohatou publikační činnost vědecko-výzkumných výsledků v mezinárodně uznávaných žurnálech jako Web of Science či Scopus. Také díky bohatým konstrukčním aktivitám členů Laboratoře je vizí pracoviště transferovat inovativní řešení do praxe, protože aplikace výsledných řešení by mohla zkvalitnit procesy nejen v letecké dopravě.

Ambiciózní tým členů, jejich vize a vysoké pracovní nasazení činí z Laboratoře prvotřídní pracoviště uplatnitelné nejen v rámci česko-slovenské vědecké komunity, ale i na světové vědecké scéně zaměřené na lidský faktor v letectví.

## Zdroje

1. Socha, V., et al. Evaluation of Pilots' Psychophysiological Condition using Recurrence Quantification Analysis of Heart Rate Variability. In: Ostaševičius, V., ed. Proceedings of 20th International Conference Transport Means 2016. 20th International Conference Transport Means 2016. Juodkrante, 05.10.2016 - 07.10.2016. Kaunas: Kauno technologijos universitetas. 2016, s. 428-434. ISSN 1822-296X.
2. Socha, V., et al. Effect of the change of flight, navigation and motor data visualization on psychophysiological state of pilots. In: SAMI 2015 - IEEE 13th International Symposium on Applied Machine Intelligence and Informatics, Proceedings. 13th IEEE International Symposium on Applied Machine Intelligence and Informatics. Herlany, 22.01.2015 - 24.01.2015. Budapešť: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc.. 2015, s. 339-344. ISBN 978-1-4799-8221-9.
3. Šerlová, M., et al. Pilots psychophysiological condition assesment. MAD - Magazine of Aviation Development. 2018, 6(4), s. 12-18. ISSN 1805-7578.
4. Socha, V., et al. Evaluation of relationship between the activity of upper limb and piloting precision. In: Maga, D., Štefěk, A., a Březina, T., eds. 16th Mechatronika 2014. Mechatronika. Brno, 03.12.2014 - 05.12.2014. Brno: Brno University of Technology. 2014, s. 405-410. ISBN 978-80-214-4817-9.
5. Socha, V., et al. Basic Piloting Technique Error Rate as an Indicator of Flight Simulators Usability for Pilot Training. International Review of Aerospace Engineering. 2016, 9(5), s. 162-172. ISSN 1973-7459.
6. Socha, V., et al. Flight simulators use efficiency in flight training. In: New Trends in Process Control and Production management. 5th international scientific conference Marketing Management, Trade, Financial and Social Aspects of Business. Košice, 18.05.2017 - 20.05.2017. London: CRC Press. 2018, s. 463-469. ISBN 978-1-138-05885-9.
7. Kušmírek, S., et al. Upper limb movement activity as an indicator of piloting error rate. In: Socha, V., Hanáková, L., a Lališ, A., eds. New Trends in Civil Aviation. New trends in Civil Aviation. Praha, 07.12.2017 - 08.12.2017. Leiden: CRC Press/Balkema. 2018, s. 261-266. ISBN 978-0-8153-7602-6.
8. Socha, V., et al. Design of reaction time measuring device. In: Transport Means 2018 - proceedings of the 22nd International Scientific Conference. Transport Means 2018. Trakai, 03.10.2018 - 05.10.2018. Kaunas: Kaunas University of Technology. 2018, s. 580-584. ISSN 1822-296X
9. Průcha, J., et al. Effect of High-Induction Magnetic Stimulation on Elasticity of the Patellar Tendon. Journal of Healthcare Engineering. 2018, s. 1-8. ISSN 2040-2295
10. Čapek, F., et al. Directional orientation of pheasant chicks at the drinking dish and its potential for research on avian magnetoreception. Folia Zoologica. 2017, 66(3), s. 175-182. ISSN 0139-7893.

## Vznik a význam laboratoře odbavovacích a informačních systému ve veřejné dopravě na Fakultě dopravní ČVUT v Praze

Ing. Milan Sliacky<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Fakulta dopravní České vysoké učení technické v Praze; Ústav dopravní telematiky; sliacky@fd.cvut.cz

**Abstrakt** V roce 2010 vznikl na základě tehdejší situace ve veřejné dopravě v České republice nápad na vytvoření certifikační laboratoře odbavovacích a informačních systémů. Článek v úvodu popisuje situaci v oblasti interoperability předmětné oblasti daného roku s cílem vysvětlit motivaci vzniku laboratoře. Dále popisuje způsob návrhu laboratoře formou projektu VaV spolufinancovaného z veřejných zdrojů. Po skončení projektů byla na základě jeho výstupů založena Laboratoř OIS. Následuje přehled základních možností využití laboratoře, a to nejenom pro provádění ověřování zařízení a systémů, ale také jako centrum kompetencí v oblasti odbavovacích a informačních systémů na dopravní fakultě, schopné poskytovat odborné konzultace v této oblasti. Přirozené je také uplatnění pracoviště ve výuce předmětů specializovaných na danou problematiku. V závěru článku jsou stručně rozebrány možnosti a předpoklady dalšího rozvoje laboratoře.

**Klíčová slova** odbavovací systém, informační systém, elektronické odbavení cestujících, veřejná doprava, certifikace, standard, standardizace.

### 1. ODBAVOVACÍ A INFORMAČNÍ SYSTÉMY VE VEŘEJNÉ DOPRAVĚ

Primární funkcí odbavovacího systému je odbavení cestujících ve veřejné dopravě. I když z technického hlediska lze odbavovací systém chápat jako podmnožinu systémů informačních, z funkčního hlediska je rozlišení na odbavovací a informační systémy zřejmé – informační systémy jsou zde chápány ve smyslu systémů určených pro informování osob (cestujících, řidičů, dispečerů a dalších). Vzhledem k úzkému propojení obou typů systémů a také z historických důvodů se pro tuto oblast ujal termín odbavovací a informační systémy (ve veřejné dopravě) známé pod zkratkou OIS.

Nejběžnější aplikací OIS v ČR jsou systémy elektronického odbavení cestujících a dispečerské systémy. Elektronické odbavovací systémy (EOC) umožňují cestujícím ve veřejné osobní dopravě odbavení prostřednictvím elektronického jízdního dokladu místo klasické papírové jízdenky. V roce 2010 byly (a dodnes – v roce 2019 - stále jsou) nejpoužívanějším nosičem elektronické jízdenky tzv. bezkontaktní čipové karty (nazývané též dopravní karty nebo proprietární čipové karty).

### 2. SITUACE V OBLASTI ODBAVOVACÍCH A INFORMAČNÍCH SYSTÉMŮ V ROCE 2010

Česká Republika byla v roce 2010 z hlediska rozšíření a technické úrovně odbavovacích a informačních systémů ve veřejné dopravě na špičce a to nejenom ve středoevropském nebo evropském měřítku. S tím úzce souviselo také široké technologické zázemí, neboť zde působilo hned několik etablovaných domácích výrobců. Z těch největších a nejstarších uveďme např. společnost Mikroelektronika spol. s r.o., EM TEST ČR spol. s r.o.; ČSAD SVT Praha, s.r.o. a

BUSE s.r.o. Vedle nich vznikali a rychle rostli noví výrobci OIS jako Telmax s.r.o., Ing. Ivo Herman, CSc., Bustec s.r.o. a další.

Zavádění OIS do praxe probíhalo již od devadesátých let minulého století, a to nejprve vznikem lokálních projektů na úrovni měst nebo menších regionálních celků. Dalším krokem byl postupný vznik tzv. integrovaných dopravních systémů (IDS) s rozsahem více méně na úrovni jednotlivých krajů (s výjimkou propojení hned dvou krajů – Královéhradeckého a Pardubického). Vznik IDS mj. způsobil, že iniciátory implementace nových technologií již nebyli jen dopravci, ale i organizátoři a koordinátoři IDS. Vznik a rozvoj IDS probíhá dodnes.

Systémy OIS realizované v ČR nebyly (a z velké části dosud nejsou) vzájemně propojitelné, přestože interoperabilita je celospolečensky žádoucí. Z důvodu nepropojitelnosti pak nemůže cestující v oblastech různých odbavovacích systémů (krajích, městech, na národní ani mezinárodní úrovni) použít jeden elektronický jízdní doklad, ale musí mít pro každý takovýto systém vystaven doklad samostatný. Obdobně v oblasti informačních systémů např. vozidla veřejné dopravy, která překročí hranice jednoho systému OIS, jsou pro okolní nepropojené dispečerské systémy v anonymitě a v důsledku toho např. objednatelé ani cestující nemají přehled o zpoždění návazných spojů a možných alternativních řešeních plánované jízdy.

Mezi důvody nepropojitelnosti popisovaných systémů obecně patří různé použité technologie, bezpečnostní koncepty, rozdílné datové formáty atp. Příčinou tohoto stavu je živelný rozvoj OIS od devadesátých let minulého století. Při implementaci těchto systémů pro jednotlivá města nebo oblasti měli dodavatelé různá zadání a interoperabilita OIS nebyla zadavateli chápána jako zásadní vlastnost.

### 3. MOTIVACE VZNIKU LABORATOŘE OIS

Tyto negativní skutečnosti vnímalo i Sdružení pro dopravní telematiku (SDT) – sdružení výrobců a dodavatelů dopravní telematických aplikací, systémů a služeb působící v České a Slovenské republice. Problematika interoperability systémů OIS byla řešena v rámci jedné z pracovních skupin působících v rámci sdružení pod názvem Platební karty v dopravě. Tato skupina se pod vedením Ing. Jiřího Matějce dané problematice systematicky věnovala a věnuje již od r. 2008. Jako jednu z hlavních překážek zavádění interoperability v oblasti odbavovacích a informačních systémů ve veřejné dopravě skupina identifikovala absenci všeobecně akceptovaných technických standardů.

SDT se rozhodlo aktivněji se podílet na odborném řešení této problematiky, a proto v r. 2013 – 2014 byl pod jeho vedením řešen v rámci programu BETA, organizovaném Technologickou agenturou ČR, vědeckovýzkumný projekt nazvaný „Interoperabilita a standardizace systémů elektronického odbavení cestujících ve veřejné dopravě“, číslo projektu TB0100MD008 (dále jen projekt Beta). Projekt odborně vedl Ing. Roman Srp (SDT) a jeho hlavním



cílem bylo pro potřeby Ministerstva dopravy ČR vypracovat metodiku pro zavedení a dlouhodobou udržitelnost interoperability systémů EOC.

Z analýzy zkušeností ze zahraničí, zejména příkladů dobré praxe z Německa (aktivity kolem sdružení VDV) a Velké Británie (množina standardů ITSO) a dalších evropských států, vyplynulo, že k propojitelnosti systémů EOC musí v dané zemi existovat tzv. standardizační entita, což je instituce, jejímž úkolem je vytvořit, provozovat a aktualizovat organizačně-technickou specifikaci vzájemné propojitelnosti systémů EOC (zkráceně standard EOC). Důležitým zjištěním byl mj. fakt, že ke vzniku standardů je nutné zajistit také financování těchto aktivit.

Projekt Beta definoval jednotlivé fáze standardizace, identifikoval klíčové hráče a podrobně popsal důležité aspekty standardizační entity, jako organizační struktura, ekonomika a právní forma této instituce. Z technologického pohledu projekt definoval tzv. centrální prvek nutný pro existenci standardu, resp. nutný pro zajištění propojitelnosti systémů. Velice významným aspektem standardu, resp. celého jeho „ekosystému“ je dlouhodobá udržitelnost a na tuto skutečnost brán zřetel v průběhu celého řešení projektu.

Projekt Beta zdůraznil také potřebu vzniku certifikačního pracoviště, jehož hlavním účelem bude certifikace, resp. ověření shody dílčích technologických součástí regionálního systému EOC se standardem EOC. Toto pracoviště by mohlo existovat v rámci standardizační entity nebo by certifikace mohla být poskytována formou služby externím nezávislým subjektem. Kromě certifikačních služeb EOC by takovéto pracoviště mohlo samozřejmě poskytovat i služby ověřování a certifikace pro další systémy z oblasti OIS.

#### 4. PROJEKT VAV FINANCOVANÝ TA ČR

Potřeba nutnosti ověřování technologických komponent a systémů vůči technickým standardům a normám byla známá již v roce 2011, tedy před zahájením projektu Beta. Kromě aktivit mířených na vznik standardu EOC bylo proto úsilí SDT směřováno také do vytvoření ověřovacího pracoviště OIS. A již tehdy bylo zřejmé, že bez zajištění dostatečného množství peněz to nebude možné.

Jako vhodná forma pro realizaci projektu vytvoření ověřovacího pracoviště OIS byl identifikován projekt typu VaV financovaný z odpovídajícího dotačního programu. Z hlediska náplně a cílů takovéhoto projektu byl jako vhodný zvolen program vědy a výzkumu Alfa spolufinancovaný z veřejných zdrojů a realizovaný Technologickou agenturou ČR.

Projektová přihláška, na tvorbě které se obsahově i organizačně významně podílelo SDT, uspěla v 2. výzvě programu Alfa. Projekt byl řešen v období 01/2012 – 05/2015 pod názvem „Technická podpora a metody pro ověřování interoperability odbavovacích a informačních systémů ve veřejné dopravě“, číslo projektu TA02030435 (dále jen projekt Alfa). Hlavním řešitelem projektu byla ČVUT v Praze Fakulta dopravní, partneři projektu byly: Centrum dopravního výzkumu v.v.i., které primárně zastřešovalo oblast informačních systémů; Mikroelektronika spol. s r.o. a EM TEST ČR spol. s r.o., což byly v té době největší výrobci systémů EOC v ČR, dále ČSAD SVT Praha, s.r.o. – mj. významný dodavatel systémů rozúčtování, resp. clearingů EOC a nakonec společnost XT-Card a.s. – dodavatel bezpečnostních řešení a integrátor systémů EOC.

Projekt sliboval několik ustatelných VaV výsledků. Cílem metodiky (certifikované MD ČR) bylo definovat vhodné způsoby (metody) ověřování funkcí a parametrů vybraných komponent nebo rozhraní odbavovacích a informačních systémů za účelem jejich certifikace. Cílem metodiky dále bylo popsat laboratorní pracoviště, které tyto

definované způsoby ověřování umožní realizovat v praxi. Kromě metodiky certifikace byly v rámci projektu vyvinuty také funkční vzorky nutné pro provádění ověřování: zkušební prostředí pro čipové technologie, simulátor centrálního prvku zařízení OIS a čtyři zkušební stolice pro simulaci vozidlového zařízení prostředků veřejné osobní dopravy. Integrace jednotlivých komponent do funkčního celku byla realizována formou poloprovozu certifikačního pracoviště OIS. Součástí této aktivity bylo také provedení modelových testů ověření shody. Podrobnosti k obsahové stránce projektu lze nalézt na stránkách <http://ois.fd.cvut.cz>.

Účelem všech výše uvedených výstupů bylo navrhnout platformu pro ověřování interoperability odbavovacích a informačních systémů a dále poskytnout technickou podporu pro standardizaci. Výsledky projektu byly implementovány do praxe formou vzniku pracoviště ověřování a certifikace systémů OIS na Ústavu dopravní telematiky, ČVUT v Praze Fakulty dopravní, které oficiálně začalo působit ode dne 1. října 2015, je známe pod názvem Laboratoř odbavovacích a informačních systémů ve veřejné osobní dopravě (zkráceně Laboratoř OIS), a které využívá všech poznatků dosažených v projektu Alfa. Na tomto místě je vhodné zdůraznit, že výhodou daného řešení je nezávislost laboratoře, jejímž garantem je přímo univerzita.

#### 5. VYUŽITÍ LABORATOŘE OIS

Odbavovací a informační systémy ve veřejné dopravě v ČR jsou postupně zdokonalovány. Propojitelnost s jinými OIS představuje jejich inovaci a je tak dalším logickým krokem jejich vývoje. Úroveň interoperability v oblasti OIS je však dosud velmi nízká, což znamená existenci více paralelně existujících (často proprietárních, resp. uzavřených) standardů. To klade velké nároky na oblast certifikace, protože pro každý standard je nutné vytvořit a zdokumentovat vlastní postupy ověřování. Laboratoř OIS má aktuálně připravenou dokumentaci pro certifikaci ke dvěma různým standardům EOC a v letošním roce se snad naskytne možnost podílet se na testování standardu třetího.



Při dalším využití laboratoře lze využít synergických efektů provádění ověřování, poskytování konzultací a realizaci výuky. Odborné znalosti a zkušenosti pracovníků laboratoře v oblasti odbavovacích a informačních systémů jsou zhodnocovány formou poskytování odborných konzultací dopravcům, organizátorům a objednatelům dopravy v rámci měst nebo IDS, případně dalším zájemcům.

Technické zázemí a odborné znalosti pracovníků – vyučujících – lze využít v oblasti výuky. Laboratoř OIS je součástí studentského projektu Odbavovací a informační systémy. Praktická cvičení v laboratoři mají studenti předmětu stejného názvu a předmětu

Aplikovaná telematika. Formou exkurze zde probíhá výuka studentů předmětu Úvod do inteligentních dopravních systémů.

#### 6. DALŠÍ ROZVOJ

Z hlediska dalšího rozvoje laboratoře OIS je důležitá existence všeobecně uznávaných technických standardů. Laboratoř proto od svého založení aktivně podporuje standardizaci v oblasti OIS (aktuálně jsou to např. aktivity související se snahou o zavedení standardu vozidlové komunikace VDV 301 do prostředí ČR).

Certifikační aktivity nejsou možné bez úzké spolupráce s dodavateli jednotlivých komponentů OIS. Laboratoř dlouhodobě spolupracuje s většinou hlavních tuzemských dodavatelů, ale do budoucna je důležité navázat spolupráci se všemi výrobci komponent OIS v ČR.

S ohledem na intenzivní technický vývoj v oblasti OIS je rovněž potřebné rozšiřovat a modernizovat technologické zázemí laboratoře, ale i pracovní postupy tak, aby laboratoř byla schopna pracovat

s moderními prvky OIS postupně implementovanými v dopravních systémech v ČR. V této souvislosti je zde velký prostor pro zapojení laboratoře do budoucích projektů VaV.

#### Zdroje

1. Ing. Jindřich Borka, Ing. Jiří Matějčec, Ing. Milan Sliacky, Ing. Roman Srp, Technická podpora a metody pro ověřování interoperability odbavovacích a informačních systémů ve veřejné dopravě, Vědeckotechnický sborník Českých drah, ISSN 1214-9047, Praha, 2013.
2. Výsledek 1 - 12 projektu TB0100MD008 realizovaném v rámci „programu BETA“ Technologické agentury ČR. Sdružení pro dopravní telematiku, Praha, 2013.
3. Svíttek M., Borka J., Sliacky M., Matějčec J., Skuhra R., Jeřábek M., Horažďovský P., Ščerba M., Švédová Z., Metodika ověřování interoperability odbavovacích a informačních systémů ve veřejné dopravě, certifikovaná metodika, výstup projektu výzkumu a vývoje TA02030435, Praha, 2015.



## Laboratoř řízení a modelování dopravy

Doc. Ing. Bc. Tomáš Tichý, Ph.D., MBA<sup>1</sup>  
Ing. Jiří Růžička<sup>2</sup>  
Ing. Martin Langr, Ph.D.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> ČVUT FD, Ústav dopravní telematiky, Konviktská 20, Praha 1, tichy@K620.fd.cvut.cz

<sup>2</sup> ČVUT FD, Ústav dopravní telematiky, Konviktská 20, Praha 1, ruzicji4@fd.cvut.cz

<sup>3</sup> ČVUT FD, Ústav dopravní telematiky, Konviktská 20, Praha 1, langr@K620.fd.cvut.cz

**Abstrakt** Článek představuje činnosti Laboratoře řízení a modelování dopravy, která je specializovaným pracovištěm Ústavu dopravní telematiky na Fakultě dopravní více jak 8 let. Členové laboratoř se podílejí na několika studentských projektech, zejména pak na projektu Řízení a modelování silniční dopravy a dále se podílí na řešení projektů vědy a výzkumu, komerčních projektů, jež jsou nedílnou součástí výuky vybraných předmětů na Fakultě dopravní.

**Klíčová slova** Řízení dopravy, modelování dopravy, VaV, ITS

### 1. ÚVOD – LABORATOŘ

Laboratoř řízení a modelování dopravy (LŘMD) je umístěna v budově v Konviktské ulici v 5. patře a je vybavena zařízením a počítači, které byly získány nejen darem od soukromé společnosti, ale i podanými granty v rámci ČVUT i v rámci grantů vědy a výzkumu (VaV). Součástí vybavení je moderní dopravní řadič křižovatky, ke kterému bylo dodáno řídicí tablo, skládající se z LED diod a magnetických detektorů, které slouží pro simulaci nároků z jednotlivých řízených směrů křižovatky. Na samostatném sloupku jsou umístěna návěstidla se 40 V LED technologií, videodetekci a chodeckým tlačítkem pro věrné testování řízení v rámci studentských projektů. Díky grantům byly nakoupeny různé druhy detektorů pro práci studentů jako je například magnetický detektor, pneumatický detektor, mikrovlnný radar, hlukoměr, meteostanice a další druhy detektorů. Také byly zakoupeny licence SW aplikací VISSIM, AIMSUN, OmniTrans, LISA+ a Sitraffic Office. Na obrázku č. 1 je ukázka vybavení laboratoře.



Obrázek č. 1: Vybavení laboratoře.

Laboratoř má několik základních cílů, které jsou v souladu se strategií ČVUT a jedná se zejména o odborný rozvoj studentů, projektový

přístup v rámci řešení úkolů, kterými jsou nejen vlastní práce studentů, ale i komerční zakázky nebo granty. Dalším záměrem je průběžná analýza aktuálních trendů v oboru a rozvíjení nových přístupů týkající se zejména ITS, řízení dopravy, modelování, ale i aplikací telematiky do dopravního inženýrství nebo spolehlivosti a diagnostické přístupy v ITS a částí týkající se Smart řešení. Ambicí je nabízet studentům možnost odborného růstu v rámci podávaných grantů a komerčních zakázek za účelem získání praxe v daném oboru a zkušeností s projekty i ve spolupráci s komerční i nekomerční sférou. Zkušenosti studenti získávají také na definovaných úlohách viz. ukázka na obrázku č. 2.



Obrázek č. 2: Testování pneumatického detektoru.

### 2. PROJEKTY VaV

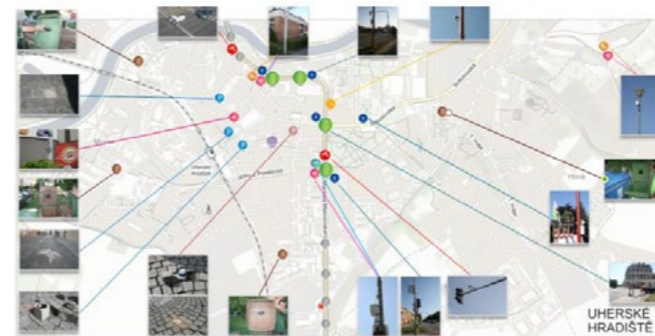
Členové LŘMD se společně se studenty zapojili do mnoha projektů vědy a výzkumu (VaV). Četné výstupy z bakalářských, diplomových, ale i doktorských prací bylo možné provázat s řešeními granty. Projekty VaV jsou velmi často řešeny ve spolupráci se soukromým sektorem nebo s dalšími pracovišti fakulty a výzkumnými organizacemi. Účast odborníků z vysokých škol a praktické zkušenosti soukromých společností mohou významně pomoci posunout obor a problematiku v ITS. Pracoviště umožňuje studentům zapojit se do aktivit u nás i v zahraničí zejména v rámci studijního oboru Inteligentní dopravní systémy, ale i v oboru Dopravní systémy a technika vyučovaných na Fakultě dopravní. Mezi nejdůležitějšími aktivitami, které jsou týmově řešeny, jsou granty poskytované Technologickou agenturou ČR v rámci podpory aplikovaného výzkumu a experimentálního vývoje v programech ALFA, Centra kompetence, ZĚTA a EPSILON. Členové týmu laboratoře se v minulosti podíleli a nadále podílí na mnoha grantech, a to ve spolupráci se studenty i komerčním a nekomerčním sektorem.

Následuje seznam několika konkrétních projektů, kterými se členové Laboratoře řízení a modelování dopravy zabývali nebo v současnosti řeší:

TA01030020 - Zelený tunel, který se zabýval simulací tunelové technologie. TA01030603 - Nové metody pro řízení dopravy v kongescích v intravilánu, který se zabýval simulací a návrhem

nových algoritmů ve městě. TA02031360 - Univerzální řídicí jednotka, který se zabýval simulací a návrhem řídicí jednotky v ITS. TA02030522 - Vývoj nové generace liniového řízení dopravy a testovacího prostředí, kde se řešil návrh a simulace algoritmu LRD. TH0210771 – Pokročilé RGB LED zobrazovací systémy pro dopravní aplikace – běžící projekt – řešící normy a návrhy pro ověřování funkcí zobrazovacích jednotek. TJ01000183 – Predikce dopravních excesů využívající neuronové sítě – běžící projekt s návrhem vhodné neuronové sítě nad dopravními daty. TE01020155 - Centrum pro rozvoj dopravních systémů (RODOS) - kde byly navrhovány a ověřovány v pilotu nové modely pro řízení dopravy v intravilánu a extravilánu. TH02010886 – příprava akčních prvků dopravní infrastruktury – běžící projekt zaměřen na nové trendy v C-ITS.

Z výše uvedeného výčtu je zřejmé, že zapojení studentů i členů laboratoře do projektů VaV není marginální. Například do projektu RODOS v rámci Centra kompetence TA ČR, bylo zapojeno mnoho studentů, a to nejen do hlavních aktivit zpracování vlastních zpráv a bakalářských a diplomových prací, ale i do praktických částí projektu, kdy docházelo na vybraných lokalitách k dopravním průzkumům, vyhodnocování a zpracování dat. Výstupy byly využity v rámci studentského projektu Řízení a modelování silniční dopravy, neboť bylo poskytnuto značné množství dat on-line pro řešení zajímavých úloh pro simulace a řízení dopravy. Příklad úspěšné spolupráce v rámci VaV projektu je uveden na obrázku č. 3, kde došlo k několika průzkumům dopravy v Uherském Hradišti během pilotního nasazení dopravního řízení a senzory IoT. Průzkumy v rámci Smart řešení, kde se angažovali studenti ČVUT FD v rámci projektu RODOS a studentského projektu Řízení a modelování silniční dopravy včetně kolegů z LŘMD. Byl zpracováván rozsáhlých průzkumů za různých podmínek a scénářů řízení dopravy ve městě Uherském Hradišti pro následné vyhodnocení chování systému řízení dopravy, parkování řidičů v korelaci s dalšími měřeními vlivy jako je rychlost, imise, hluk apod.



Obrázek č. 3: Dopravní průzkum v Uherském Hradišti.

### 3. REALIZACE

Členové Laboratoře řízení a modelování dopravy spolupracují i s jinými pracovišti v rámci ČVUT, laboratořemi, fakultami i s privátním sektorem, ale i s institucemi a správci měst, krajů a státu. Úspěšným příkladem je spolupráce s Laboratoří odbavovacích systémů ve veřejné osobní dopravě, kterou vede Ing. Milan Sliacký, kde v rámci konkrétní spolupráce na projektu dochází k testování komunikace a simulace jízdy autobusu s preferencí MHD přímo v řídicí signalizovaní křižovatky a ověřování funkcí zařízení odbavení a funkce preference dopravních prostředků. Další významná spolupráce je se společnou Laboratoří spolehlivosti systémů vedené Prof. Ing. Mirkem Novákem DrSc. V rámci spolupráce dochází k řešení a návrhům na spolehlivostních a diagnostických systémech ITS a řízení. Začíná se uplatňovat i spolupráce v rámci dalších laboratořích a Ústavů na konkrétních projektech.

Při realizaci úkolů, které spadají do komerčních činností, hraje pro LŘMD velkou roli spolupráce se Sdružením dopravní telematiky (SDT). Vzájemná spolupráce vede ke zpracování studií nejen pro členskou základnu SDT, ale i partnery jako je ŘSD. Mezi významné subjekty zájmu o ITS jsou zejména města nebo organizace měst jako jsou Brněnské komunikace a.s., Technická správa komunikací a.s., ROPID, Středočeský kraj, ale i další subjekty, kterým je možné nabídnout širokou škálu odborných zkušeností členů týmu laboratoře.

Laboratoř řízení a modelování dopravy se zabývá zpracováním strategických koncepcí nebo studií týkající se řízení dopravy a ITS, dále také realizací průzkumů včetně návrhu modelů a doporučení konkrétních opatření pro danou lokalitu nebo nezávislé posouzení stavu navrhovaného řešení, a to od záměru až po ověření realizace a vyhodnocení funkce. Do činností jsou zapojováni studenti, aby získali praktické zkušenosti. Zejména se osvědčuje zpracování příslušných studií nebo návrhu konkrétního řešení pro parkování, řízení křižovatek osazených světelně signalizačním zařízením nebo jejím plánování ve vybraných lokalitách měst. Příkladem je například Praha, Slavkov u Brna, již zmiňované Uherské Hradiště, ale další města, kde byly provedeny konkrétní návrhy s posouzením SSZ v rámci bakalářských a diplomových prací. Závěry prací jsou pak následně využitelné pro příslušné odbory dopravy, správce nebo představitelé daného města, aby mohli posoudit, jaká možná řešení jsou v dané lokalitě realizovatelná, jaké jsou dopravní možnosti a zda je vhodné přejít k realizaci či dalším úpravám konkrétních projektů. Návrhy jsou modelovány v simulačním prostředí VISSIM, AIMSUN, LISA+, které umožňují prezentovat konkrétní ukázky a dopady návrhů. Obdobné návrhy, průzkumy, posouzení a další činnosti se zpracovávají i pro komerční subjekty. Dochází tak k velmi pozitivnímu efektu spolupráce akademické sféry s komerční sférou a s municipalitami nad konkrétními úlohami a zadáními s definovanými výstupy.

### 4. ZÁVĚR

V rámci činností Laboratoře řízení a modelování dopravy je možné nabídnout širokou škálu činností, a to od výuky, přes zpracování projektů pro vědu a výzkum až po komerční zakázky nebo odborné posudky. Z výčtu činností a angažovanosti je zřejmé, že LŘMD je vhodným místem pro setkávání studentů při zpracování svých závěrečných prací a získávání znalostí, ale existuje postupně budovaná reference umožňující pro získávání dalších projektů na výzkumné, ale i komerční bázi.

Výhledový rozvoj v oblastech modelování, spolehlivostních systémů v ITS, Smart řešení nebo v rozvoji řešení pro inteligentní města a implementace dopravního inženýrství v aplikacích ITS může být dalším posunem pro činnosti Laboratoře řízení a modelování dopravy. Pro studenty to je velká příležitost při zpracování bakalářských, diplomových, ale i disertačních prací včetně potenciálů zahraniční spolupráce, která se například rozvíjí s Žilinskou Univerzitou na úrovni připravovaných projektů, společné výuky a dalších budoucích činností. Velký potenciál je ve spolupráci s dalšími pracovišti ČVUT a vysokými školami jako je Pardubická Univerzita, ale i spolupráce s komerčními subjekty jako jsou společnosti CEDA a.s., ELTODO a.s., a další, a v neposlední řadě rozvoj spolupráce s organizacemi měst a krajů jako jsou technické služby, dopravní podniky nebo přímo s městy a kraji.

Nedílnou součástí rozvoje jakékoliv laboratoře se zajištěným zájemem jsou studenti a díky projektu Řízení a modelování silniční dopravy dochází ke vzájemné synergii cílů, kde se prolínají bakalářské, diplomové a disertační práce s možností se podílet na grantech a komerčních zakázkách. Vzájemná interakce odborníků a prolínání činností by mělo i nadále vést ke kvalitě výstupů a nabídce získání znalostí v rámci studia a projektové výuky na ČVUT FD.



## Metodické zabezpečení modelování rozvoje logistických systémů

Prof. Dr. Ing. Otto Pastor, CSc.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ČVUT FD, Ústav logistiky a managementu dopravy, Fakulta dopravní, České vysoké učení technické v Praze, Horská 3, 128 03 Praha 2, pastor@fd.cvut.cz

**Abstrakt** V příspěvku jsou vymezeny oblasti modelování v řetězci: teorie dopravy – technologie dopravy – logistika. Jsou naznačeny možné směry modelování vazeb mezi technologií dopravní práce a kvalitou přepravy v prostředí s deterministickými, stochastickými a nelineárními vstupy.

**Klíčová slova** Teorie dopravy jako metodologický základ pro rozvíjení intenzifikačních funkcí přemísťovacích procesů, Oblasti aplikace základního výzkumu teorie dopravy, Působnost modelování ve větvi obecných principů logistiky, Působnost modelování ve větvi dopravní logistiky, Řešení otázek funkční efektivnost dopravy.

Východím metodickým zabezpečením pro rozvíjení logistických systémů je rozvoj teorie dopravy, založený na zkoumání pohybu nehmotného dopravního elementu po definované dopravní síti v technické, technologické a ekonomické realitě. Odtud je také odvozena technologie dopravy (organizace dopravy), která zkoumá pohyb dopravních prostředků a dopravních kompletů po technicky definované dopravní síti všech technických druhů dopravy a jejich kombinace s cílem jeho optimalizace v systémovém pojetí. Tím je dán základní pilíř technologické reality: teorie dopravy – technologie a řízení dopravních procesů – logistika, ve kterém:

**oblast teorie dopravy** tvoří metodologický základ pro rozvíjení intenzifikačních funkcí přemísťovacích procesů. Hlavní působnost modelování je v oblastech:

- základů teorie dopravy, exaktní aparát pro její řešení
- hierarchizace dopravních sítí
- průníků dopravních sítí na bázi horizontální (pro multimodální dopravu) a vertikální (pro úrovně regionální, národní a mezinárodní)
- rozložení dopravních (přepravních) proudů při jejich pohybu po dopravních sítích
- propustnosti dopravních sítí a jejich částí v deterministickém a stochastickém režimu pohybu dopravních jednotek, úzká místa a řešení jejich vlivů na koherentních sítích
- Teorie kvality přemísťovacích procesů

**oblast technologie a řízení dopravních procesů** je zaměřena do aplikací základního výzkumu teorie dopravy do podmínek jednotlivých technických druhů dopravy a jejich kombinace do multimodálních přepravních systémů. Hlavní působnost modelování je v oblastech:

- organizace a řízení dopravy na dopravní síti v deterministickém a stochastickém režimu práce (vzniku požadavku na dopravu, vstupu dopravní jednotky na dopravní síť)
- optimalizace (rozložení definovaných dopravních proudů na dopravní síti podle daných optimalizačních kritérií, shromažďování dopravních a přepravních elementů k

vytvoření dopravních a přepravních kompletů, vyrovnavky dopravních jednotek na dopravních sítích)

- systémové kombinaci technických druhů dopravy a vytváření dopravních a přepravních systémů v osobní i nákladní přepravě
- minimalizace vzniku úzkých míst na dopravní síti a dopravních kongescí
- ekologizace dopravy, dopravních a přepravních systémů
- aplikace telematických systémů v řízení dopravních procesů

**oblast logistiky** je zaměřena do dvou základních větví, a to větve základů a obecných principů logistiky, včetně řízení logistických systémů a větve dopravní logistiky, která uvádí spojitosti dopravy jako nositele hmotného toku s integrovaným řízením logistických systémů. Hlavní působnost modelování ve větvi obecných základů logistiky je v oblastech:

- vědních základů logistiky, včetně aplikovaných metod exaktní a heuristické optimalizace a metod umělé inteligence
- metod logistického marketingu, marketingové strategie v logistice (v období globalizace)
- zásob a jejich řízení, skladových a manipulačních systémů na logistických řetězcích
- makrologistiky a odvětvové logistiky, hodnocení přínosů logistiky podle mezinárodní metodologie
- podnikové logistiky, logistického reengineeringu, obchodní logistiky
- logistické informační systémy, speciální podpůrní informační technologie pro řízení logistického řetězce

Hlavní působnost modelování ve větvi dopravní logistiky je v oblastech:

- řízení oběhových a přemísťovacích procesů jak z pohledu hmotných nebo z regionálního pohledu přepravních řetězců
- dopravy jako nosného fenoménu intenzifikace hmotných toků a logistických řetězců, působení dopravy jako národohospodářské utvářecí síly
- organizace informačních toků na logistických řetězcích, jejich využití pro optimalizaci velikosti přepravních toků
- logistických technologií založených na distribučních procesech a optimálních informačních tocích
- kvality přepravy jako rozhodujícího faktoru nabídky přepravních služeb na logistickém řetězci, včetně nabídky multimodálních přepravních systémů
- prognóz rozvoje logistických systémů
- interaktivního působení změn v tržních mechanismech na rozvoj nových logistických technologií, založených na distribučních procesech a toku informací

Z pohledu dopravní soustavy je nutné dopravu řídit z hlediska:

- optimální dělby práce mezi druhy dopravy k zabezpečení logistické objednávky dopravy
- optimální kvality přepravy

- minimalizace nákladů jak na vlastní proces přemístění, tak na oběhové procesy celkově

Souhrn vlastností dopravní soustavy a jednotlivých druhů dopravy, založených na technické základně a technologii dopravy, lze označit integrujícím pojmem funkční efektivnost dopravy. Některé charakteristiky funkční efektivnosti dopravy jsou objektivně dané, které neovlivňuje organizace dopravy, ale naopak tyto ovlivňují organizaci vlastního přemístění (schopnost dopravy vytvářet sítě, schopnost přepravy libovolného množství, pohodlnost dosažení dopravního prostředku atd.) a naopak charakteristiky, které jsou na organizaci (technologii) přímo závislé a do značné míry samy vytvářejí kvalitu přepravy (stupeň rychlosti přepravy, stupeň spolehlivosti přepravy, bezpečnost dopravního výkonu. Otázky, vzniklé těmito charakteristikami mohou být řešeny technologickými modely práce dopravního systému. K dosažení funkční totožnosti systému a jeho modelu musí být využívána další teoretická východiska. Např. charakter vstupů rozděluje modely na :

- modely deterministické, tj. takové, u nichž vstupy jsou jednoznačně určeny (pravidelně se opakují – např. model pevného jízdního řádu)
- modely stochastické, tj. takové, kde vstupy se pohybují v určitém pásmu kolem střední hodnoty a model je určen soustavou středních hodnot a jejich pravděpodobnostních charakteristik (využití instrumentária teorie hromadné obsluhy). Pomocí stochastických modelů lze v dopravě ve vztahu ke kvalitě přepravy vymežit dva faktory – stanovení rizika, že nebudou dodrženy podmínky výstupu, a to především v charakteristikách rychlosti a spolehlivosti přepravy, jednak lze stanovit pravděpodobnost vzniku kongescí a důsledků jejich vzniku.

- modely se vstupy charakterizovanými soustavou nelineárních diferenciálních rovnic (popisují situace, kdy do systému vstupují šумы, které mohou způsobit chaos, v dopravě různorodost chaotických situací není velká, ale jejich četnost je značná s velkým vlivem na kvalitu přepravy i dopravy). Řešení soustavy nelineárních diferenciálních rovnic je značně složité a často se musí nahradit metodami iteračními nebo jinými přibližnými metodami. Efektivní je nahradit řešení simulací práce části dopravní sítě.

Modelování a řešení problémů, které vznikají, když volba vhodného dopravního systému, či vhodné logistické technologie závisí na možnostech predikce přechodu od řádu k chaosu a opačně bylo rozpracovááno v minulém období i při řešení výzkumného záměru 6840770025 Rozvoj dopravní infrastruktury a optimalizace provozu dopravních sítí na Fakultě dopravní ČVUT v Praze. Lze předpokládat, že k dalšímu řešení přispěje i postupné uplatňování dopravní telematiky. Zdokonalování optimalizačních postupů při stále se zvyšujícím zatížení dopravních sítí bude však nutné hledat i v modelování nelineárních systémů.

**Zdroje:**

- [1] Svoboda, V., Pastor, O.: Základy řízení technologických procesů dopravy, FD ČVUT, Praha 2005
- [2] Svoboda, V.: Logistika, FD ČVUT Praha 2004
- [3] Pastor, O., Tuzar, A.: Teorie dopravních systémů, ASPI, Praha 2007
- [4] Bowersox, D.J., Closs, D. J.: Logistical Management. The Integrated Supply - Chain Process. McGraw-Hill, New York 1996

## Mezinárodní výbor pro železniční výzkum UIC IRRB

doc. Dr. Ing. Roman Štěřba<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Ústav logistiky a managementu dopravy, Fakulta dopravní ČVUT. Víceprezident International Railway Research Board (IRRB); <http://www.railway-research.org/IRRB-Chairmanship>; email: [sterba@fd.cvut.cz](mailto:sterba@fd.cvut.cz)

**Abstrakt** Příspěvek popisuje cíle a přínosy činnosti Mezinárodního výboru pro železniční výzkum Mezinárodní železniční unie (UIC IRRB) pro technologický rozvoj železnice na celosvětové úrovni prostřednictvím koncentrace a aktivizace vědecko-výzkumné základny pro udržitelný rozvoj konkurenceschopné železniční dopravy a roli Fakulty dopravní ČVUT v procesu.

**Klíčová slova** železnice, ekologie, dopravní politika, obnovitelné zdroje energie

### 1. ÚVOD

89. valné shromáždění Mezinárodní železniční unie (UIC) konané v ruském Petrohradě dne 1. prosince 2016 zvolilo doc. Dr. Ing. Romana Štěřbu z Ústavu logistiky a managementu dopravy FD ČVUT víceprezidentem Mezinárodního výboru pro železniční výzkum UIC (UIC IRRB) na funkční období let 2017-2019.

Cílem UIC IRRB je definovat základní výzvy a potřeby železnice na globální úrovni, koncentrovat a aktivizovat vědeckou a výzkumnou komunitu pro jejich řešení. Očekávaným přínosem aktivit UIC IRRB obecně je významný impuls technologickému rozvoji železnice na celosvětové úrovni. Konkrétním globálním tématem je podpora a zlepšení mezinárodní železniční přepravy mezi Evropou a Asií.

V rámci národní Technologické platformy „*Interoperabilita železniční infrastruktury*“ spolupracuje Fakulta dopravní ČVUT na řešení úkolů UIC IRRB a vytipovala několik věcných záměrů a navazujících výzkumných témat, které je nutné v této věci řešit. Nyní se zaměřuje na jeden z úkolů ze strategie UIC IRRB – koncentrovat a aktivizovat vědecké a výzkumné kapacity pro řešení globálních potřeb železnice. Česká Technologická platforma předložila návrh na založení celosvětové databáze výzkumných institucí s jejich odborným zaměřením a dosavadními výsledky. Od tohoto záměru se očekává koordinace a zefektivnění vědecko-výzkumné činnosti zaměřené na železnici s využitím a podporou vzájemné spolupráce průmyslu, operátorů a výzkumných institucí.

### 2. Počátky IRRB

Počátky UIC IRRB sahají do roku 2005, kdy z iniciativy Yoshio Ishida, víceprezidenta japonské železniční společnosti JR East, vznikl IRRB jako pracovní orgán UIC. Yoshio Ishida byl zároveň na období 5 let prvním prezidentem UIC IRRB. Od roku 2010 je prezidentem IRRB prof. Boris Lapidus z Ruských železnic (RŽD). K zakládajícím podnikům patřily francouzské SNCF, britské Network Rail a RSSB, ruské RŽD, korejské Korail, japonské JR East, čínské CARS, AAR&TTCI ze Spojených Států, indické RDSO a australské QR&CRC.

Východiskem pro vznik UIC IRRB byla potřeba zachytit technologický vývoj a inovace, zajistit pro železniční průmysl soudobé technologie, výměny informací o výzkumu a vývoji mezi členskými podniky UIC, diskuse o regionálních řešeních a vzájemná

asistence a koordinace. Zároveň je od počátku věnována pozornost nezávislému výzkumu, rozvojovým aktivitám a intelektuálním duševním právům členských podniků.

UIC IRRB již 15 let přispívá ke sdílení a koordinaci výzkumu a vývoje mezi členskými podniky UIC, nejen k jejich úzké spolupráci vytvářející znalostní základnu mezi kontinenty, ale i k hledání příležitostí k financování výzkumu, vývoje a inovací v zájmu udržitelné konkurenceschopnosti železniční dopravy na globálním přepravním trhu.

Standardní agenda UIC IRRB spočívá v prezentaci nejnovějších vědeckých poznatků, projektů a hledání možností širší mezinárodní spolupráce v této oblasti.

### 3. Databáze výzkumných pracovišť UIC IRRB

V roce 2008 vznikla myšlenka podpořit vzájemnou koordinaci a využívání disponibilních kapacit pracovišť vědy, výzkumu, vývoje a inovací v sektoru železniční dopravy. Cílem projektu je definovat základní výzvy a potřeby železnice na globální úrovni, koncentrovat a aktivizovat vědeckou a výzkumnou komunitu pro jejich řešení. Očekávaným přínosem projektu je významný technologický rozvoj železnice na celosvětové úrovni.

Výzkumný Ústav Železniční, a.s., člen Skupiny České dráhy (ČD VUZ) využívá pro podporu své účasti v UIC IRRB odborné zázemí Národní technologické platformy Interoperabilita železniční infrastruktury (<https://www.sizi.cz/>) s významnou účastí expertů z Fakulty dopravní ČVUT. Technologická platforma předložila prostřednictvím ČD VUZ návrh na založení celosvětové databáze výzkumných institucí s jejich odborným zaměřením a dosavadními výsledky [2]. Od tohoto záměru se očekává zefektivnění vědecko-výzkumné činnosti zaměřené na železnici s využitím a podporou vzájemné spolupráce. Nositelem projektu *Worldwide Research Capacity Finder* (WORC) v UIC IRRB je ČD VUZ. Pilotní verze databáze je k dispozici on-line:

[http://www.rworc.org/WORC4\\_test1/](http://www.rworc.org/WORC4_test1/)

### 4. Expertní skupina Technologické platformy pro IRRB

Národní technologická platforma Interoperabilita železniční infrastruktury poskytuje českému víceprezidentovi UIC IRRB odbornou podporu a asistenci prostřednictvím své Expertní skupiny IRRB [3]. Podílí se na plnění úkolů vyplývajících ze schválené strategie UIC IRRB. Organizuje semináře a workshopy s odborným zaměřením na témata řešená v UIC IRRB, na globální potřeby rozvoje železnice ve světě, prioritní témata železničního výzkumu, vývoje a inovací a vzájemnou koordinaci světových výzkumných kapacit železnice. Expertní skupina se podílí i na výchově mladých odborníků pro sektor železnice. K aktivitám skupiny patří i spolupráce při naplňování Globální vize rozvoje výzkumu (GVRD) v rámci globální vize UIC IRRB formou spolupráce při navrhování prioritních témat železničního výzkumu.

### 5. ZÁVĚR

Přeměna především evropského dopravního systému spojená s rebalancí přepravních výkonů směrem k ekologickým druhům dopravy, z nichž dominantní roli sehraje železnice, bude možná pouze díky četným iniciativám na všech úrovních. Nejde přitom jen o vhodnou úpravu legislativy s klíčovými iniciativami. Je třeba zvýšit konkurenceschopnost ekologické železniční dopravy, a to primárně tím, že nebude zatížena více náklady oproti silniční dopravě a tím vytěšňována z přepravního trhu.

Pozornost je třeba věnovat podpoře výzkumu, vývoje a inovacím v zájmu udržení konkurenceschopnosti železnice v době nástupu tzv. chytrých řešení. Iniciativa UIC v rámci IRRB je vhodnou platformou pro aktivizaci znalostní báze. Může tak dojít k naplnění cíle vytvoření UIC IRRB – stát se lídrem v propojování

výzkumných organizací s železničními podniky a autoritami v zájmu rozvoje sektoru.

### Zdroje

1. IRRB Strategic Document, UIC, Paris, 2011, <http://www.railway-research.org/local/cache-vignettes/L200xH252/sans-titre-2-3f285.png?1449012472>
2. Národní technologická platforma Interoperabilita železniční infrastruktury, <https://www.sizi.cz/irrb>
3. Národní technologická platforma Interoperabilita železniční infrastruktury, <https://www.sizi.cz/skupina-irrb>



## Návrh nových zastávkových označků Pražské integrované dopravy

Karel Hájek, doc. Ing. arch., Ph.D.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Fakulta dopravní ČVUT v Praze, Ústav dopravních systémů; Horská 3, 128 03 Praha 2; karek@email.cz  
Fakulta stavební ČVUT v Praze, Katedra architektury; Thákurova 7, 166 29 Praha 6

**Abstrakt** Příspěvek představuje nový typ zastávkového označků, určeného pro použití v systému Pražské integrované dopravy (PID), tedy v oblasti Prahy a Středočeského kraje. Vznikl z podnětu organizátora dopravy ve Středočeském kraji, společnosti IDSK (Integrovaná doprava Středočeského kraje), ve spolupráci se společností ROPID (Regionální organizátor pražské integrované dopravy). Autorem jeho designového řešení je Karel Hájek. Označků byl navržen v souladu s požadavky, definovanými ve Standardu zastávek PID, na jehož vzniku se klíčovými způsobem podíleli rovněž pracovníci Ústavu dopravních systémů Fakulty dopravní ČVUT v Praze.

**Klíčová slova** integrovaná doprava, zastávkový označků, design

### 1. VYSOKÝ CESTOVNÍ KOMFORT JAKO KLÍČOVÝ FAKTOR ÚSPĚŠNOSTI VEŘEJNÉ DOPRAVY

Moderní dopravní systémy představují harmonii techniky, spojující dopravní a konstrukční inženýrství s urbanismem, architekturou a designem. Výrazná uniformita dopravních staveb druhé poloviny minulého století, se dnes odráží v častém nepochopení smyslu existence dopravy ve městě a snaze o její prostorové a vizuální potlačení. Přitom slovo „městská“ v označení veřejné dopravy neznamena pouze vymezení území tohoto segmentu dopravy, ale poukazuje nepřímě také na městovitost systému veřejné dopravy. Dopravní stavby spoluvytváří kulturní hodnoty krajiny, představující v obrazu měst nekvantifikovatelné kvality.

Zatímco dosavadní vývojové tendence dopravních systémů směřovaly především k technickému zdokonalování, dnes je prioritou růst cestovního komfortu. Pro uživatele veřejné dopravy je rozhodující již samotná cesta na zastávku, čekání na ni a samozřejmě kvalita přestupů. Řada měst a regionů ve světě proto zakotvila požadavky na podobu zastávek a přestupních bodů ve vlastních standardech, označovaných někdy pojmy "design manual" či "design guidelines". V podmínkách moderních integrovaných dopravních systémů je to organizátor dopravy, kdo je zodpovědný za kvalitu služeb pro cestující. Kromě jednotného vizuálního stylu a informací pro cestující, standardů obsazenosti, které se používají pro projektování dopravy a stanovení požadavků na vozidla, je zvyšování úrovně zastávek a přestupních bodů logickým krokem v systému řízení kvality veřejné dopravy. Organizátor Pražské integrované dopravy (PID), organizace ROPID, ve spolupráci s Institutem plánování a rozvoje hl. m. Prahy (IPR), pracovištěm odpovědným za územní plánování a kvalitu veřejného prostoru, ČVUT v Praze Fakultou dopravní, Ústavem dopravních systémů a ČVUT v Praze Fakultou stavební, Katedrou architektury, inicioval projekt zpracování takového design manuálu, resp. standardu.

Pokud mají být moderní systémy veřejné dopravy úspěšné, musí být koncipovány jako vhodná alternativa vůči individuální automobilové dopravě. Samozřejmostí je dnes jednotný tarifní systém v zájmovém území, společný pro použití různých druhů hromadné dopravy.

Snahou je docílení uživatelsky příjemného způsobu přepravy „z domu do domu“, bez nutnosti složitě a časově náročného hledání spojení a vzájemných vazeb. To je podmíněno bezvadným informačním systémem a koordinací jednotlivých složek dopravního systému, především jejich časovou a prostorovou návazností. Moderně vytvořený dopravní systém musí také podvědomě evokovat uživatelsky příjemné prostředí. Cestující dnes jen obtížně hledá cestu k používání veřejné dopravy, která neposkytuje dostatečně kvalitní prostředí pro trávení času na cestě. Cílem Standardu zastávek PID je nejenom aktivní přispění k dlouhodobému zkvalitňování veřejné dopravy, ale také definování požadavků na základní systémové prvky této dopravy. Jedním ze základních informačních prvků je zastávkový označků.

#### 1.1 Stávající stav zastávkových označků PID

Zastávkový označků nevyznačuje jen místo zastavení vozidla v rámci zastávky, ale upozorňuje na přítomnost systému PID, slouží jako výrazný orientační prvek v území a zároveň nese všechny potřebné informace o zastávce a linkách PID. Ke kvalitní zastávce patří označků, který je funkční, výrazný i elegantní, a zároveň cestujícímu poskytuje informace všechny informace, a to včetně informací v reálném čase o odjezdech spojů či mimořádnostech, informací o výlukách či mapy okolí zastávky s vyznačenými hlavními cíli. Zastávkový označků je zároveň z hlediska zákona dopravní značkou a jeho vzhled a umístění tak do značné míry předepisuje zákon č. 361/2000 Sb., o provozu na pozemních komunikacích a také technická norma ČSN 73 6425-1.

V počátcích provozu veřejné dopravy byla místa zastavení označována různými tabulkami, reklamními nápisy či ozdobnými pouličními lucernami. Někde vyznačovala místo zastavení jen čekárna, mnohde však nebyla ani ta. První zastávkové označkůky v podobě, odpovídající dnešnímu stavu, se začaly objevovat v padesátých letech minulého století, od sedmdesátých let je pak podoba označků zastávky předepsána technickými normami a pravidly silničního provozu. Dnešní podoba zastávkového označkůky se v různě modernizovaných podobách používá již od 80. let minulého století.

Standardní zastávkový označků PID se dnes skládá ze dvou základních částí umístěných na nosné konstrukci. Horní část tvoří hlava označkůky, tvořená samotnou dopravní značkou IJ4a se symbolem dopravního prostředku, název zastávky a informace o zastávce (charakter, tarifní pásmo) a zastávajících linkách (číslo, příp. směr). Spodní část tvoří informační prostor, který obsahuje jízdní řády zastávajících linek, informace o tarifu a případně další dopravní informace. Stále častěji bývají do konstrukce označkůky integrovány další prvky, nejčastěji se mezi ně řadí elektronické odjezdové panely zobrazující mj. informace o aktuálním zpoždění spojů. V rámci systému Pražské integrované dopravy existuje aktuálně více než 4300 zastávkových označkůky v Praze a dalších více než 3200 v přílehlé části Středočeského kraje. Označkůky zpravidla spravují jednotliví

dopravci či obce, na jejichž území se zastávka nachází. Správcem nejvyššího počtu zastávek je Dopravní podnik hl. m. Prahy, a.s.

#### 1.2 Návrh nových zastávkových označků PID

Protože současný vzor označkůky PID již přestává splňovat požadavky na design i vybavení, rozhodly se organizace ROPID a IDSK označkůky po designové i funkční stránce inovovat a představit nový vzor označkůky PID.

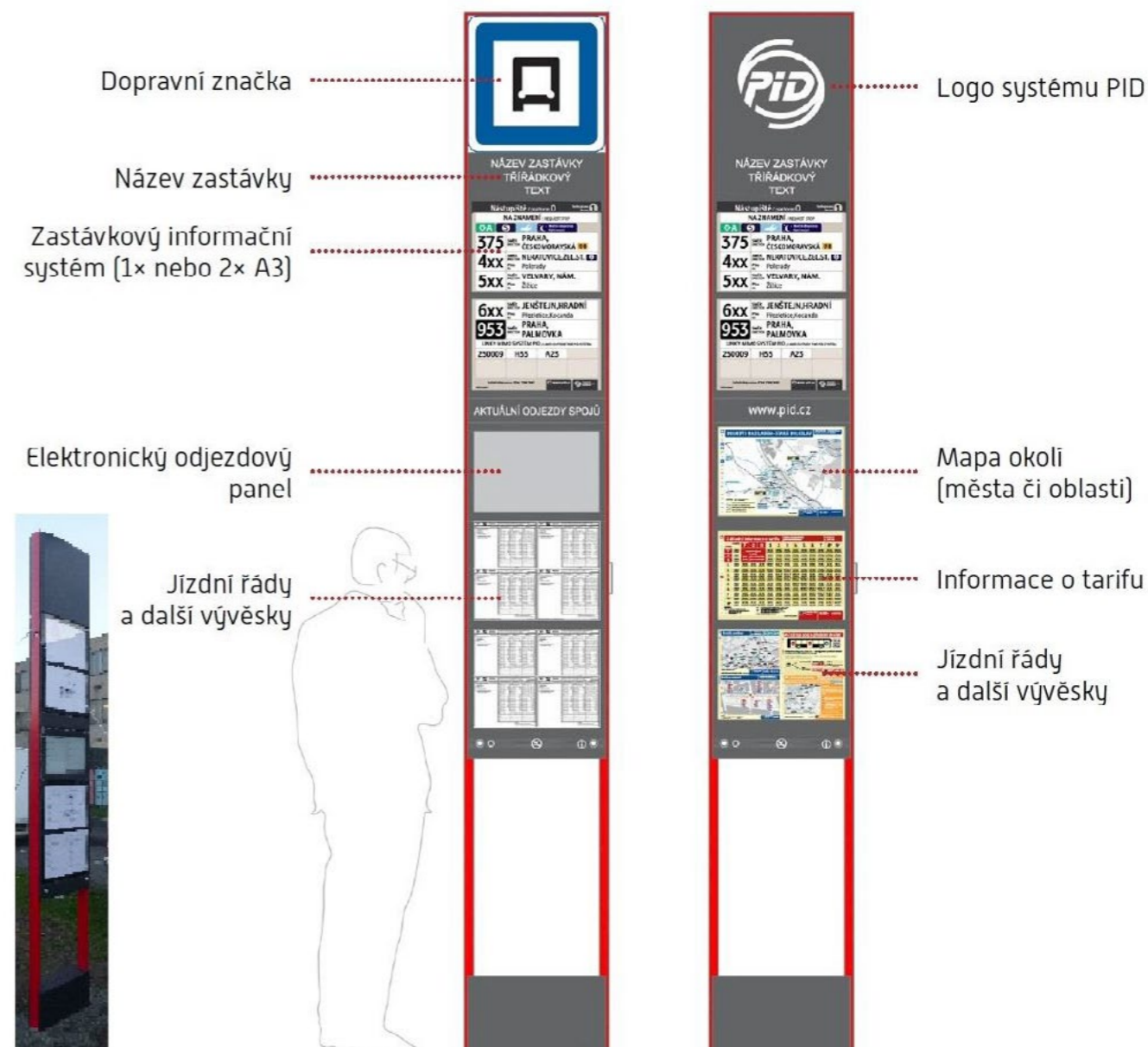
Nový vzor označkůky vychází z tradiční podoby označkůky PID, nicméně je výrazně vizuálně modernější a „čistější“, počítá s využitím kvalitnějších materiálů a především je připraven na aplikaci nových technologických prvků, například zobrazovacích zařízení odjezdů spojů veřejné dopravy v reálném čase, prvků pro nevidomé a slabozraké, či umístění solárního panelu za účelem pokrytí části označkůky spotřebované elektrické energie obnovitelnými zdroji. Barevné řešení je v souladu s požadavky Manuálu tvorby veřejných prostranství (IPR Praha). Součástí aplikace nového označkůky je sjednocení symboliky jednotlivých druhů dopravy v rámci systému

PID a inovovaná grafika označkůky linek, nástupišť a přestupních vazeb.

Nový vzor označkůky byl schválen Řídící radou společného IDS Prahy a Středočeského kraje 19. března 2018 jako závazný jednotný vzor označkůky PID. Jednotliví správci komunikací, kteří označkůky osazují, by se měl novým vzorem označkůky řídit. V závěru roku 2018 byl vytvořen prototyp tohoto označkůky a během roku 2019 bude postupně v rámci ověřovacího provozu aplikován na vybraných zastávkách v rámci Prahy a Středočeského kraje.

#### Zdroje

- Standard zastávek PID - Standard přestupních bodů a zastávek společného integrovaného dopravního systému Prahy a Středočeského kraje, ČVUT, Praha, 2017, ISBN: 978-80-01-06345-3
- Manuál tvorby veřejných prostranství hlavního města Prahy, IPR, Praha, 2014, ISBN: 978-80-87931-11-0



Obr. 1: návrh a prototyp nového označkůky Pražské integrované dopravy



## Poplatky za obnovitelné zdroje energie znevýhodňují ekologickou elektrickou trakci na přepravním trhu

doc. Dr. Ing. Roman Štěrba<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Ústav logistiky a managementu dopravy, Fakulta dopravní ČVUT. Viceprezident International Railway Research Board (IRRB); <http://www.railway-research.org/IRRB-Chairmanship>; email: [sterba@fd.cvut.cz](mailto:sterba@fd.cvut.cz)

**Abstrakt** Příspěvek rekapituluje cíle a nástroje dopravní a energetické politiky a nabízí pohled na zlepšení konkurenceschopnosti ekologické elektrické trakce v dopravě prostřednictvím odbřemenění od poplatků na obnovitelné zdroje energie.

**Klíčová slova** železnice, ekologie, dopravní politika, obnovitelné zdroje energie

### 1. ÚVOD

Bílá kniha dopravní politiky Evropské komise (EK) „*Plán jednotného evropského dopravního prostoru – vytvoření konkurenceschopného dopravního systému účinně využívajícího zdroje*“ z března 2011 nastiňuje základní strategické vize, jež by měly být v nadcházejících desetiletích naplněny v sektoru dopravy. Cílem komplexní strategie je zavést v Evropské unii (EU) konkurenceschopný dopravní systém s rebalancovaným podílem jednotlivých módů na přepravních výkonech, který zvýší mobilitu, odstraní největší překážky v klíčových oblastech a podpoří růst a zaměstnanost. Dramaticky by se také měla snížit závislost EU na dovozu ropy a emise uhlíku v dopravě by měly klesnout do roku 2050 o 60 %.

K dosažení tohoto cíle bude třeba transformovat současný dopravní systém v EU. Hlavní cíle, jichž je třeba dosáhnout do roku 2050, jsou následující:

- žádná vozidla s konvenčním palivem ve městech;
- 40% využívání udržitelných nízkouhlíkových paliv v letecké dopravě; nejméně 40% snížení emisí z lodní dopravy;
- 50% přesun přepravy na střední přepravní vzdálenosti v meziměstské osobní a nákladní dopravě ze silniční dopravy na ekologické druhy dopravy, tzn. železniční a vodní dopravu;
- uvedená opatření v případě zdárné realizace do roku 2050 přispějí k 60% snížení emisí z dopravy.

Jedním z hlavních nástrojů rebalancování přepravních výkonů mezi druhy dopravy u středních přepravních vzdáleností musí být internalizace externích nákladů a jejich promítnutí do cen účtovaných za přepravu. Do té doby, pokud nemají být ekologické druhy dopravy z přepravního trhu vytěšňovány, musí stát kompenzovat jejich neharmonizované náklady, které jsou v rozporu se spravedlivou soutěží mezi jednotlivými druhy dopravy.

### 2. OBNOVITELNÉ ZDROJE ENERGIE

Obnovitelné zdroje energie (dále jen „OZE“) představují společensky a politicky diskutované téma nového tisíciletí. Jedná se o nefosilní přírodní zdroje energie, které jsou nevyčerpatelné anebo

mají schopnost částečné nebo úplné obnovy. Patří mezi ně solární energie, energie z větrných elektráren, energie vodní či energie z biomasy atp. OZE jsou přítomny ve většině rozvinutých států v současnosti zvyčhodňovány vůči převládajícím tradičním fosilním zdrojům energie (uhlí, ropa, plyn). Každým rokem dochází k úbytku neobnovitelných zdrojů, jejichž získávání navíc devastuje krajinu. Podpora OZE je logickým krokem, jehož cílem je snížení emisí skleníkových plynů, čímž dojde ke zmírnění dopadů lidské činnosti na globální oteplování, ale také k zachování životního prostředí a zajištění zdrojů energie pro další generace. Princip OZE totiž spočívá v tom, že činností člověka by tyto zdroje neměly být vyčerpány. Z těchto důvodů je podpora OZE intenzivně regulována jak na úrovni EU, tak i na úrovni tuzemské.

Systém podpor OZE a poplatků na jejich financování je z pohledu ekologické elektrické trakce v železniční dopravě neharmonizovanou zátěží provozního hospodaření dopravců ve výši cca 600 mil. Kč ročně.

### 3. PODPORA EKOLOGICKÉ ŽELEZNIČNÍ DOPRAVY

Podpora ekologické železniční dopravy patří mezi základní stavební kameny dopravní strategie EK i členských států EU, jejímž cílem je podpořit konkurenceschopnost prostřednictvím efektivních, ale hlavně udržitelných dopravních systémů. Cílem tak je dosáhnout do roku 2030 převedení alespoň 30 % silniční přepravy nákladu nad 300 km na alternativní ekologickou dopravu, jakou je doprava železniční či vodní, a do roku 2050 dokonce více než 50 %.

Rozpor v legislativních předpisech, jakož i koncepčních a strategických nástrojů v ČR i na úrovni EU, které upravují problematiku OZE z různých pohledů a které se zabývají podporou železnic a ochranou životního prostředí, ve výsledku vede k nákladové a tedy i cenové diskvalifikaci železniční dopravy provozované v ekologické elektrické trakci na přepravním trhu. Změna v systému placení podpory na OZE, odbřemenění ekologické elektrické trakce v dopravě od placení poplatků OZE, která by zohlednila ekologický význam elektrické trakce v dopravě, by mohla přispět k dlouhodobě udržitelné rebalanci přepravních výkonů mezi jednotlivými druhy dopravy ve smyslu principů a cílů Dopravní politiky EK „*Plán jednotného evropského dopravního prostoru – vytvoření konkurenceschopného dopravního systému účinně využívajícího zdroje*“.

Jedním z témat Dopravní politiky ČR na období 2014-2020 je snižování negativních dopadů dopravy na veřejné zdraví a infrastrukturu, čehož má být vedle dalších opatření dosaženo zvýšením podílu nízkouhlíkové dopravy. Pokud však bezemisní ekologická elektrická trakce (bez ohledu na tzv. „energetický mix“) nebude odbřemeněna od poplatků OZE, nebude cenově konkurenceschopná na přepravním trhu.

V programovém prohlášení vlády ČR je deklarováno, že vláda povede Českou republiku na základě sociálně a ekologicky orientovaného tržního hospodářství k prosperitě. V rámci resortních

priorit se vláda zavázala prostřednictvím Ministerstva průmyslu a obchodu zajistit udržitelnou energetiku a usilovat o environmentální udržitelnost energetiky. V resortu Ministerstva dopravy se vláda zavázala podpořit přesun přepravy nákladů ze silnice na železnici.

### 4. DEKARBONIZACE A NÍZKOUHLÍKOVÁ DOPRAVA

Výsledkem snahy EK o dekarbonizaci je „*Roadmap 2050: praktická příručka Evropské nadace klimatu k prosperující, nízkouhlíkové Evropě*“. Roadmap 2050 zkoumá možnosti dosáhnout výrazného snížení emise skleníkových plynů, a tedy dekarbonizace hospodářství. V červenci 2009 Evropská unie a skupina G8 oznámili cíl snížit emise skleníkových plynů o nejméně 80 % do roku 2050. V říjnu 2009 Evropská rada vymezila vhodné cíle snížení emisí pro EU a další rozvinuté ekonomiky na 80 - 95 % pod úroveň roku 1990, a to do roku 2050.

Na základě studie „*Roadmap 2050*“ přijala EK v roce 2011 sdělení s názvem „*Energetický plán do roku 2050: Bezpečná, konkurenceschopná a nízkouhlíková energetika je možná*“. Cílem plánu je dosáhnout nízkých emisí uhlíku do roku 2050 a současně zvýšit konkurenceschopnost EU a bezpečnost dodávek energie.

Cílů stanovených v Roadmap 2050 by mělo být z pohledu dopravy dosaženo zejména intenzivní elektrifikací dopravního sektoru a užíváním biomasy napříč sektory. Dekarbonizované trasy předpokládají souhrn vozidel poháněných elektrinou, biopalivem a vozidlem na palivové články. Mezi opatření, jimiž má dojít k dekarbonizaci dopravy, patří jednak snaha o změnu skladby způsobu pohonu silničních vozidel, na druhé straně pak podpora jiných druhů dopravy, jejichž produkce skleníkových plynů je výrazně nižší – jako právě železniční.

### 5. DOPRAVNÍ POLITIKA EVROPSKÉ KOMISE

VIZE KONKURENCESCHOPNÉHO A UDRŽITELNÉHO DOPRAVNÍHO SYSTÉMU

#### 5.1 Snížení emisí o 60% v kontextu rostoucí dopravy a podpory mobility

EK stanovila úkol odstranit závislost dopravního systému na ropě, aniž by bylo třeba obětovat jeho účinnost a ohrozit mobilitu. V souladu se stěžejní iniciativou „*Evropa méně náročná na zdroje*“ zavedenou ve strategii Evropa 2020 a v souladu s novým plánem pro energetickou účinnost na rok 2011 je základním cílem evropské dopravní politiky napomoci vytvořit systém, který podporuje evropský hospodářský pokrok, zvyšuje konkurenceschopnost a nabízí vysoce kvalitní služby mobility a zároveň účinněji využívá zdroje. V praxi je podle EK třeba, aby doprava využívala méně energie a aby využívala čistou energii, aby lépe využívala moderní infrastrukturu a snižovala svůj negativní dopad na životní prostředí a zásadní přírodní zdroje jako vodu, půdu a ekosystémy.

Postup k dosažení požadovaného stavu zahrnuje celou řadu potřebných opatření ze strany státní regulace a ingerence ve prospěch:

- zlepšení energetické účinnosti vozidel u všech druhů dopravy;
- vývoje a využívání udržitelných paliv a pohonných systémů;
- optimalizace výkonu multimodálních logistických řetězců, včetně většího využívání energeticky účinnějších druhů dopravy (železnice a vodní doprava) v případech, kdy technologické inovace mohou být nedostačující (např. přeprava nákladu silničními vozidly na velké vzdálenosti);

- účinnější využívání dopravy a infrastruktury prostřednictvím zdokonalených systémů řízení dopravy a informačních systémů (např. ITS, ERTMS aj.);
- nezkrácené stanovování cen, tzn. internalizace externích (dosud nekalkulovaných) nákladů dopravy do ceny za přepravu, atd.

#### 5.2 Účinná hlavní síť pro multimodální meziměstskou dopravu a přepravu

U dopravy na střední vzdálenosti jsou nové technologie méně vyspělé a volba druhů dopravy je omezenější než ve městě. Právě zde však mohou mít kroky EK okamžitý dopad (v důsledku méně omezení plynoucích ze subsidiarity či mezinárodních dohod). Energeticky účinnější vozidla a čistší paliva by samy o sobě pravděpodobně nedosáhly potřebného snížení emisí a nevyřešily by problematiku přetíženosti. Je třeba, aby je doprovázela konsolidace velkých objemů přepravy na dlouhé vzdálenosti, tudíž větší využívání železniční dopravy pro cestující a v případě přepravy nákladu i multimodální řešení využívající lodní a železniční dopravy na dlouhé vzdálenosti.

Lepší výběr druhů dopravy bude důsledkem vyšší integrace modálních sítí. Letiště, přístavy, železniční a autobusové nádraží a stanice metra by měly být stále více propojovány a přeměňovány na multimodální dopravní uzly pro cestující. Informační online systémy a elektronické rezervační a platební systémy zahrnující všechny dopravní prostředky by měly multimodální cestování usnadnit.

Na dlouhé přepravní vzdálenosti jsou možnosti dekarbonizace silniční dopravy omezenější a multimodalita přepravy nákladu musí být pro zasilatele ekonomicky přitažlivá. Je zapotřebí účinné kombinace více druhů dopravy. EU potřebuje speciálně vyvinuté skutečné železniční nákladní koridory, optimalizované z hlediska využívání energie a z hlediska emisí, které by minimalizovaly dopad na životní prostředí, avšak byly by atraktivní díky své spolehlivosti, omezené přetíženosti a nízkým provozním a správním nákladům. Dosavadní situace, kdy železniční nákladní doprava v podstatě využívá jen kapacitu konvenčních tratí zbylou po alokaci tras osobní dopravě, je naprosto nevyhovující a neudržitelná.

Železnice je někdy považována na nepřilíš přitažlivý způsob dopravy, ať už cenově nebo rigidními dodacími lhůtami. Avšak příklady z některých států dokazují, že železnice může nabídnout kvalitní služby. Naprosto klíčovým úkolem je však provést změny, které by srovnaly podmínky podnikání železničních dopravců s ostatními druhy dopravy. Změny ve smyslu srovnání podmínek podnikání v jednotlivých druzích dopravy by železnici umožnily účinně konkurovat a přebírat výrazně vyšší podíl přepravy nákladu i cestujících na střední a dlouhé vzdálenosti.

#### 5.3 Rovnocenné podmínky v dopravě

Stále přetrvávají překážky hladkého fungování vnitřního trhu v dopravě a spravedlivé hospodářské soutěže na přepravním trhu. Cílem EK pro příští desetiletí je vytvořit řádný jednotný evropský dopravní prostor odstraněním všech zbývajících překážek mezi druhy dopravy a vnitrostátními systémy, usnadněním integrace a podporou vzniku nadnárodních a multimodálních provozovatelů. Vedle „bdělého“ prosazování pravidel hospodářské soutěže uvnitř jednotlivých druhů dopravy je nutno činnost a pozornost EK nasměrovat na narovnání podmínek podnikání v jednotlivých druzích dopravy. Vyšší stupeň konvergence a prosazování sociálních, bezpečnostních, ochranných a environmentálních pravidel, minimální služební standardy a uživatelská práva musí být nedílnou součástí této strategie, aby se zamezilo napětí, nesouladu a nevyváženosti v dopravním systému.

Není nadále možné, aby ekologická železniční doprava byla z přepravního trhu vytěšňována, a to především vyššími (dražšími) sociálními standardy zaměstnanců, vyššími náklady na



nesrovnatelně vyšší míru bezpečnosti provozu v intencích technických specifikací interoperability, a v neposlední řadě úhradou poplatků za neekonomické (tržně neobhajitelné) obnovitelné zdroje energie. Veškeré náklady neharmonizované mezi druhy dopravy, které musí nést železniční doprava na rozdíl od jiných druhů dopravy, znemožňují spravedlivou hospodářskou soutěž na přepravním trhu.

#### 5.4 Deset cílů EK pro konkurenceschopný dopravní systém účinně využívající zdroje

Vývoj a využívání nových a udržitelných paliv a pohonných systémů:

- 1) Snížit používání „konvenčně poháněných“ automobilů v městské dopravě do roku 2030 na polovinu; postupně je vyřadit z provozu ve městech do roku 2050; do roku 2030 dosáhnout ve velkých městech zavedení městské logistiky v podstatě bez obsahu CO<sub>2</sub> (dekarbonizace).
- 2) Používání udržitelných nízkouhlíkových paliv v letectví by do roku 2050 mělo dosáhnout 40 %; ve stejné lhůtě by rovněž měly být sníženy emise CO<sub>2</sub> z námořních lodních paliv EU o 40 % (případně o 50 %, pokud je to proveditelné).

Optimalizace výkonu multimodálních logistických řetězců, mj. větším využitím energeticky účinnějších druhů dopravy

- 3) 30 % silniční přepravy nákladu nad 300 km by mělo být do roku 2030 převedeno na ekologické druhy dopravy, jako např. na železniční či lodní dopravu, a do roku 2050 by to mělo být více než 50 %. Napomoci by tomu měly i účinné a zelené koridory pro nákladní dopravu, tzn. s dostatečnou volnou kapacitou pro nákladní vlaky. Splnění tohoto cíle si vyžádá zavedení vhodné infrastruktury.
- 4) Dokončit do roku 2050 evropskou vysokorychlostní železniční síť. Ztrojnásobit do roku 2030 délku stávajících vysokorychlostních železničních tratí a udržovat hustou železniční síť ve všech členských státech. Většina objemu přepravy cestujících na střední vzdálenost (nad 300 km) by do roku 2050 měla probíhat po železnici. Jedním z efektů vysokorychlostních tratí bude, že jejich dodatečná nová kapacita přinese uvolnění kapacity konvenčních tratí od dálkové osobní dopravy pro nákladní dopravu.
- 5) Do roku 2030 plně zprovoznit celounijní multimodální „hlavní síť“ TEN-T s tím, že do roku 2050 by tato síť byla vysoce kvalitní a vysoce kapacitní a existoval by odpovídající soubor informačních služeb.
- 6) Propojit do roku 2050 všechna hlavní letiště na železniční síť, pokud možno vysokorychlostní; zajistit, že všechny hlavní mořské přístavy jsou napojeny na nákladní železniční dopravu a případně na vnitrozemské vodní cesty.

Zvyšování účinnosti dopravy a využívání infrastruktury prostřednictvím informačních systémů a tržně orientovaných stimulů

- 7) Zavést modernizovanou infrastrukturu uspořádání letového provozu (Single European Sky Air Traffic Management Research - SESAR) v Evropě do roku 2020 a dokončit společný evropský letecký prostor. Zavést příslušné systémy řízení dopravy (ERTMS, ITS aj.). Rozmístit evropský globální navigační družicový systém (Galileo).
- 8) Do roku 2020 vytvořit rámec pro informační, řídicí a platební systém evropské multimodální dopravy.
- 9) Snížit do roku 2050 počet úmrtí v silniční dopravě téměř na nulu. V souladu s tímto cílem usiluje EU o snížení dopravních nehod do roku 2020 na polovinu. Zajistit

vedoucí postavení EU v oblasti bezpečnosti a ochrany dopravy ve všech jejích druzích.

- 10) Začít plně uplatňovat zásady „uživatel platí“ a „znečišťovatel platí“ a více zapojit soukromý sektor do odstraňování nesouladu, včetně škodlivých dotací, do vytváření zisků a zajišťování financování budoucích dopravních investic.

#### 5.5 Stanovování správných cen a předcházení nesrovnalostem

Cenové signály hrají klíčovou roli v mnoha rozhodnutích, která mají dlouhodobé účinky na dopravní systém. Poplatky a daně z dopravy je třeba upravit (harmonizovat) tak, aby se více uplatňovala zásada „znečišťovatel platí“ a „uživatel platí“. Měly by podpořit úlohu dopravy při propagaci cílů evropské konkurenceschopnosti a soudržnosti. Celková zátěž pro odvětví by zároveň měla odrazit celkové náklady dopravy, včetně infrastruktury a vnějších nákladů. Širší socioekonomické výhody a kladné externality ekologických druhů dopravy do určité míry opodstatňují jejich veřejné kofinancování, avšak v budoucnosti je pravděpodobné, že uživatelé dopravy budou v cenách za přepravu hradit více nákladů než dnes. Je důležité, aby uživatelé, provozovatelé a investoři měli správnou a důslednou finanční motivaci. Internalizace externalit, odstranění daňové nerovnováhy a neoprávněných subvencí a svobodná a nenarušená hospodářská soutěž nejen intramodální, ale především intermodální, jsou tudíž součástí úsilí sjednotit tržní volby s potřebami udržitelnosti (a odrazit ekonomické náklady „neudržitelnosti“). Jsou rovněž potřebné k tomu, aby vytvořily rovné podmínky pro různé druhy dopravy, které jsou navzájem konkurenční.

Pokud jde o emise skleníkových plynů, používají se dva hlavní tržně orientované nástroje: zdanění energie a systémy pro obchodování s emisemi. Zdanění se v současnosti uplatňuje u paliv používaných v pozemní dopravě, zatímco systémy pro obchodování s emisemi se používají u elektrické energie a uplatňovány jsou i v letectví. Očekávaná revize směrnice o zdanění energie je příležitostí, jak zajistit lepší soudržnost mezi těmito dvěma nástroji. EK zároveň usiluje o rozhodnutí Mezinárodní námořní organizace o globálním nástroji pro námořní dopravu, kde náklady plynoucí ze změny klimatu nejsou v současnosti internalizovány.

Náklady na místní externality, jako např. hluk, znečištění ovzduší a přetíženost, by mohly být internalizovány zpoplatněním využívání infrastruktury. Snahy EK o změnu tzv. „směrnice o eurovině“ je prvním krokem k vyššímu stupni internalizace nákladů z těžkých nákladních vozidel, avšak rozdíl ve vnitrostátních politikách silničních poplatků budou přetrvávat. Je třeba přistoupit k postupnému zavedení povinného systému harmonizované internalizace externích nákladů pro užitková vozidla na pozemních komunikacích.

U automobilů se silniční poplatky stále více považují za alternativní způsob tvorby zisku a ovlivňování dopravního chování. EK musí iniciovat jednotné pokyny pro uplatňování internalizačních poplatků u všech vozidel a pro všechny hlavní externality. Dlouhodobým cílem je zavést uživatelské poplatky u všech vozidel a v celé síti pozemních komunikací s cílem odrazit alespoň náklady na údržbu infrastruktury, přetížení, znečištění ovzduší a hluk.

Jiné druhy dopravy mají ve srovnání se železniční dopravou daňové výhody. Jedná se o příznivé daňové podmínky pro podnikové automobily, výjimky z DPH a daně za energii u mezinárodní námořní a letecké dopravy atd. Tato opatření obecně skýtají protichůdnou (kontraproduktivní) motivaci, pokud jde o verbální úsilí EK zlepšit účinnost dopravního systému a snížit jeho externí náklady rebalancí přepravních výkonů směrem k ekologickým druhům dopravy. Komise musí aktivně konat v zájmu dosažení větší soudržnosti mezi různými prvky zdanění jednotlivých druhů

dopravy a podpory přesunu přepravy na ekologicky a energeticky (z pohledu měrné spotřeby) méně náročnou hromadnou dopravu.

#### 6. REDUKCE POPLATKŮ ZA OBNOVITELNÉ ZDROJE V NĚMECKU

Problematika poplatků a podpor OZE je v Německu upravena zákonem o obnovitelných zdrojích „Erneuerbare-Energien-Gesetz“ (dále jen „EEG“), jehož komplexní reformu přijala německá vláda v srpnu 2014. Tento zákon upravuje mimo jiné metodiku získávání financí na podporu OZE. Dle této metodiky jsou podobně jako v ČR koneční odběratelé zatíženi příspěvkem na podporu OZE.

Německý zákon však obsahuje seznam odvětví, u nichž se výše tohoto příspěvku redukuje, a to na základě jejich přínosu k ochraně životního prostředí. Jedná se o odvětví, která jsou energeticky velmi náročná, a tedy vyžadují vysokou spotřebu energie, přičemž tyto podniky jsou podle těchto kritérií rozděleny na dvě skupiny. Do první z nich patří např. výroby z dřeva a celulózy, těžba soli, do druhé např. výroba piva, výroba obuvi. O zařazení konkrétních podniků mezi tyto výjimky si musí podnik zažádat. Výjimka bude tomuto podniku udělena pouze v případě, že jsou splněny podmínky k jejímu udělení.

Speciální výjimka je udělena železniční dopravě. Výjimka je udělena automaticky, tedy není nutné schvalovat předchozí žádost. Pouze v případě, že nebudou splněny podmínky dle EEG, je konkrétní subjekt nucen platit poplatek v plné výši. Železniční dopravci v Německu tak mohou odvádět na těchto poplatcích na podporu OZE méně než jiné povinné subjekty a tím dosahovat značných úspor nákladů s efektem na vyšší konkurenceschopnost ekologické elektrické trakce na přepravním trhu.

Pro německé železnice to znamená, že platí pouze 20 % základní výše poplatku. Toto snížení poplatkové povinnosti je přitom určeno energeticky náročným železničním podnikům, které spotřebují alespoň 2 GWh za rok.

Výše uvedené formy „úlevy“ však mohou naplňovat znaky státní podpory. Z tohoto důvodu předmětnou zákonnou úpravu posuzovala i EK v rámci notifikačního řízení, aby byla vyslovena její slučitelnost s legislativou EU o státní podpoře. EK shledala po posouzení všech aspektů zákon EEG slučitelným s pravidly státní podpory.

EK dospěla k závěru, že podpora státu je v daném případě omezena na náhradu železnicím za náklady příležitosti plynoucí z použití železniční dopravy spíše než jiného druhu dopravy více znečišťujícího životní prostředí. Tím se dle EK prohlubuje naplňování společných cílů v oblasti dopravy, aniž by byla nepatříčně narušena hospodářská soutěž v rámci jednotného trhu.

Z hlediska snížení poplatku na podporu OZE železnicím EK posuzovala EEG odděleně od zbytku podpory, a to dle Pokynů Společenství ke státním podporám železničním podnikům. EK v rámci tohoto posouzení dospěla k závěru, že podpora železnicím je omezena na minimum nezbytné k dosažení jejího účelu a je přiměřená sledovanému cíli v souladu s čl. 93 Smlouvy o fungování Evropské unie (SFEU). Jednou z podmínek slučitelnosti podpor u železnic je ovšem podmínka, že podpora nepřesahuje 30 % celkových nákladů železniční dopravy ani 50 % uzatelných nákladů.

EK notifikovala EEG v červenci 2014 a ten nabyl účinnosti od 1. srpna 2014.

#### 7. ZÁVĚR

Přeměna evropského dopravního systému spojená s rebalancí přepravních výkonů směrem k ekologickým druhům dopravy bude možná pouze díky četným iniciativám na všech úrovních. Je třeba připravit a realizovat vhodné legislativní návrhy s klíčovými iniciativami. Je třeba zvýšit konkurenceschopnost ekologických druhů dopravy, a to primárně tím, že nebudou zatíženy více náklady oproti silniční dopravě a tím vytěšňovány z přepravního trhu. Jen poplatky za obnovitelné zdroje energie zatěžují ekologickou elektrickou trakci v železniční dopravě 600 mil. Kč oproti jiným druhům dopravy.

Energetika je strategický sektor, který determinuje vyspělost státu nebo společenství a napomáhá k dalšímu rozvoji. V tomto směru pak nabývá na důležitosti téma OZE, které jsou považovány za nejušlechtilější energetické zdroje ve vztahu k životnímu prostředí i ve vztahu k budoucím generacím z pohledu udržitelnosti. OZE nicméně nejsou jediným fenoménem, který může pomoci naplňovat společensky a ekologicky odpovědné cíle dnešní doby. Minimálně stejnou pozornost si zaslouží také oblast podpory a rozvoje elektrické trakce železniční dopravy. Systém by měl fungovat především vyváženě a využívání OZE by mělo být podporováno v takových mezích, aby negativní důsledky z jejich provozování nepřesáhly jejich výhody.

Železniční doprava je na úrovni ČR i na úrovni EU preferovaným ekologickým druhem dopravy, přesto přetrvává nevyhovující stav, kdy ekologická elektrická trakce železniční dopravy přispívá k ochraně životního prostředí dvakrát, když poprvé je tomu v podobě dražších pevných trakčních zařízení a přenosové soustavy pro ekologičtější bezemisní provoz, a podruhé nesením vysokého poplatku na podporu OZE právě z důvodu ekologičtější povahy svého provozu. Tím je železnice na přepravním trhu diskriminována.

Zavedení výjimky z placení plné výše poplatků na podporu OZE pro elektrickou trakci železnice je možné formou legislativní změny zákona o podporovaných zdrojích energie. Změna realizovaná touto novelou by podléhala notifikaci EK.

#### Zdroje

1. Evropská komise: Plán jednotného evropského dopravního prostoru – vytvoření konkurenceschopného dopravního systému účinně využívajícího zdroje, Bílá kniha, KOM(2011), Brusel, 2011
2. Evropská komise: EVROPA 2020 - Strategie pro inteligentní a udržitelný růst podporující začlenění, Sdělení Komise, KOM(2010), Brusel, 2010
3. Evropská komise: Energetický plán do roku 2050: Bezpečná, konkurenceschopná a nízkouhlíková energetika je možná, Sdělení Komise, KOM(2011), Brusel, 2011
4. European Commission: State aid: Commission approves German renewable energy law (EEG 2014) for railway sector, Press release, Brussels, 2014
5. Zákon č. 165/2012 Sb., o podporovaných zdrojích energie

## Role of Transportation in the Procuction Function of the Region

prof. Ing. Petr Moos, CSc.

CTU in Prague, Faculty of transport science; adresa; moos.petr@fd.cvut.cz

**Abstrakt** There is a lot of reasons to describe region in general as a system. It means that we have to speak about settlements as regional elements of the system and about functions of this elements. Naturally, we have to distinguish the mutual relations between these elements, mainly through the effects of the transport. It is not surprise that this regional structure creates the synergy of production functions. It is the reason, why is necessary to describe big region as a “multi-system” (1) interconnected by the transport.

In the system description we cannot stay only in passive characteristics of the region, but we must be able express the behavior of this system. It means we must be able to describe processes in that system. Especially the mobility is very important feature, which influences the production function, power consumption, waste management, etc. The group of the strongest processes we can call as “typical behavior” of the region. Especially the production function of the region is influenced by strong interactions between partial settlements, which is based mainly on transport and communication.

In the contribution the mathematical model describing the role of transportation in production function of regional multisystem is introduced.

### 1. SYSTEM DESCRIPTION OF THE MAIN FEATURES OF THE REGION

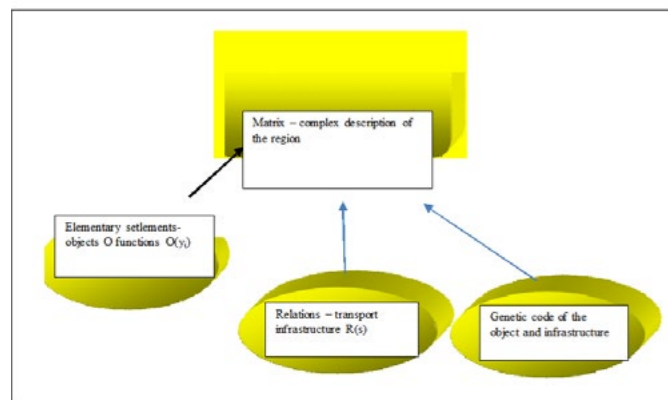


Fig. 1.: Components of the complex description of the region

The system description of the region can be dan in two levels of scope – macro and micro level. The „macro-model“ is based on point of view where is the elementary component of the system is the settlement, micro-model describes the internal structure of the individual settlement with elementary units and internal processes.

System description of the region is possible to express by the general formula:

$$S_i = \{ O(y_i), R(s), g(O, R) \}, \quad (1)$$

where O is a set of elementary objects - settlements in the region,  $y_i$  are functions of objects  $O_i$

and

$g_i$  is the „genetic code of the object  $O_i$

R is a set of relations between of objects,  $s_i$  are parameters of mutual relations  $R_i$ .

The significant role plays identity of each object or part in the city.

The identity of the object or group of objects and the meaning of the genetic code can be expressed as:

$$\{ O_i - g \} \neq \{ O_j - g \} \text{ for } j = 1, 2, \dots, k$$

and simultaneously

$j \neq i$  than  $g(o, f, v) \dots$  is a set given by intersection of sets of system characteristics  $S_i$ , where  $g$  represents the genetic code of the settlement.

### 2. PRODUCTION FUNCTION OF THE REGION – ROLE OF TRANSPORT IN MUTUALITY

As aggregated characteristic of the output from economical processes we can use the form of „production function“. Production function of the region in general relates to macromodel description of the system. In the macromodel dominate material sources and human resources of the settlement, quality of infrastructure and many other parameters.

The general expression of the production function in the very aggregated form we can express as (Cobb and Dungalas):

$$y = f(F, P) \quad (2)$$

where : F ... fond of basic material and capital resources in the region

P ... fond of human resources in the region

If we will consider the elasticity related to fond than we can express them by partial derivatives:

$$\alpha = \frac{\partial y}{\partial F} \frac{F}{y} \quad (3)$$

and

$$\beta = \frac{\partial y}{\partial P} \frac{P}{y} \quad (4)$$

Both this parameters (sensitivities) depend on mobility, on transport possibilities.

The general form of production function can be expressed according Cobb and Dungalas by two – factor formula

$$y = a F^\alpha \cdot P^\beta \quad (5)$$

where  $a$  represents a parameter determining development in organisation and information systems in given region and can be expressed as:

$$a = e^\gamma \quad (6)$$

The parameter  $\gamma$  expresses the quality and senzitivity of the structural economical environment.

Very important is description of production function of region in time, it means the dynamical development. It is possible to reflect the time dimension by Timbergens modification of Cobb-Dounglas model and then the production function will have the form:

$$y(t) = a_0 \cdot e^{\gamma t} \cdot F_t^{\alpha t} \cdot P_t^{\beta t} \quad (7)$$

The Timbergens production function can be decomposed in to the formula with the time dependent partial funds:

$$y(t) = a_0 \cdot e^{(\gamma + \gamma_0)t} \cdot (Z + C)_t^{\alpha t} \cdot L_t^{\beta t} = f(dZ, dC, dL, dI)$$

(8)

(Z is the fund of basic means, C is fund of capital and L is fund of labor)

The operator „d“ represents the changes in sources – funds, I is the parammeter of informatisation in production.

### 3. REGION AS A MULTI SYSTEM WITH MUTUAL INTERCONNECTION BY TRANSPORT OR COMMUBICATION MEANS

The system assesment of the regional development must be dan with the respect of mutual interactions of all three dominant parameters of quality :

- $Q_s$  ... quality of the structure and mobility
- $Q_f$  ... quality of the function
- $Q_e$  ... quality of ekology

All three parameters influence the region in mutual interaction and it is the reason, why it is necessary to express the changes of quality by matrix description:

$$[dQ] = [S] \cdot [dX] \quad (9)$$

where  $[dQ]$  is a vector of complex quality of regional development (see Fig. 2.).

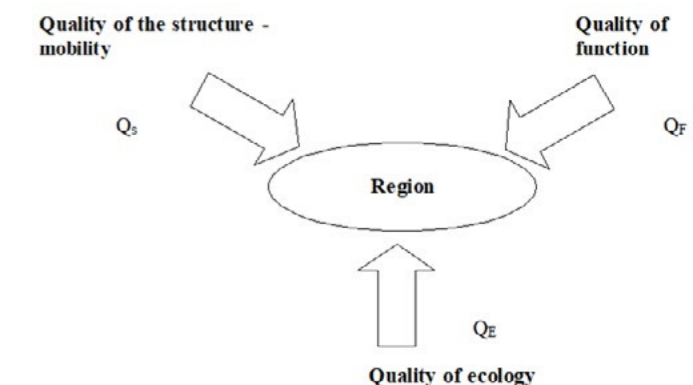


Fig. 2: The assessment of complex quality dQ of the region

$[dX]$  is a vector of structural (E), functional (F), ecological (E) changes normalised in the relativised (%) levels.

$[S]$  is a matrix of the sensitivities of the vector complex quality on the changes in internal parameters of the region  $x$

$$\begin{pmatrix} dQ_s \\ dQ_f \\ dQ_e \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} S_{11}, S_{12}, \dots \\ S_{21}, S_{22}, \dots \\ \vdots \\ S_{33} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} ds \\ dF \\ dE \end{pmatrix} \quad (10)$$

The partial sensitivities  $S_{ij}$  represent mutual influences of changes of internal parameters  $ds, dF, dE$ .

The synergy in behavior of regions and settlement  $s_i$  is possible to approximate by modifcation of Markov chains and transients among partial stages will be described by matrices containing probabilities of mutual influences by the changes of state variables expressed by vectors:

- $dQ_1$  ... beginning of state change in the systém quality
- $dQ_2$  ... end of the state change in the systém quality
- $M_{ij}$ .. the functional describing the mutual tranzients of changes

The matrix equation expressing one transient of quality (one event. in the state space of quality) can be written in the form:

$$\begin{pmatrix} dQ_{s2} \\ dQ_{f2} \\ dQ_{e2} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} M_{11}, M_{12}, \dots \\ M_{21}, M_{22}, \dots \\ \vdots \\ M_{33} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} dQ_{s1} \\ dQ_{f1} \\ dQ_{e1} \end{pmatrix} \quad (11)$$



and the matrix:

$$[M] = \begin{pmatrix} M_{11}, M_{12}, M_{13} \\ M_{21}, M_{22}, M_{23} \\ M_{31}, M_{32}, M_{33} \end{pmatrix} \quad (12)$$

can be consider as the matrix of mutual influences of transients Transients  $M_{ij}$ , can represent the variets, then they can be seen as chaotic attractors creating the new quality. Conditions:

$$M_{12} \neq M_{21} \quad .$$

$$M_{13} \neq M_{31} \quad (13)$$

are representing no reversability of processes.

#### 4. MATHEMATICAL MODEL OF THE SYNERGY AMONG SETTLEMENTS OR REGIONS BY THE TRANSPORT CONNECTION

If two, three or more regions are sharing its activities through smoothly operating personal and freight transport, the production function of integrated group of regions has higher value then the sum of partial production functions of the certain regions and settlements. The parameter of complex quality  $dQ$  arises more strongly due to mutual synergy.

Let us consider, as an example, interaction of three regional subsystems with the complex qualities  $Q(x)$ ,  $Q(y)$ ,  $Q(z)$ , see the structure in Fig. 3, then the resulting complex quality  $Q(x,y,z)$  is described by equation:

$$Q(x,y,z) = Q(x) + Q(y) + Q(z) + Q(x:y) + Q(x:z) + Q(y:z) + Q(x:y:z) + \dots \quad (14)$$

where:

-  $Q(x)$ ,  $Q(y)$ ,  $Q(z)$  are vectors representing the isolated regions or settlements,

-  $Q(x:y)$ ,  $Q(x:z)$ ,  $Q(y:z)$  are increases of quality given by mutual – dual synergy given by two-sides cooperation

-  $Q(x:y:z)$  represents the increase given by three part... and futhermore more sides cooperations

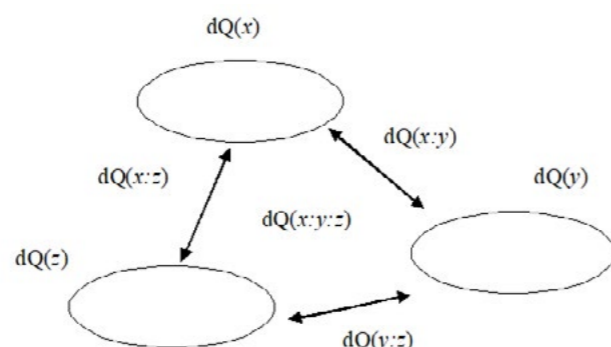


Fig. 4.: Example of three sides synergy in quality of region given by transport and communication

It is clear, that partial settlements create the region, if the integration in to the cooperative body brings the increase of the complex quality.

#### 5. CONCLUSIONS

Our approach in mathematical formulation of potential development of the region is based on the complex Markov chains of tranients of state variables – as characteristics of quality  $Q$ . Good instruments are the senzitivity matrices  $S$  where as partial seszitivities are considered prababilities of chages.

Each region has, beside usual characteristics, own specific benefits for the shering activities as also workers and sources do to properly serving traspot and communication. In the normative parameters we can ad the relative level of the density of road and rail infrastructure, approach to high way capacities and the presence of logistik nodes in the region.

To the descriptors introduced above we can ad mainly potentials to mutuality in abilities cooperate with the others regions and to create basis for the synergy in the increase of production funtion. This synergies in the behavior of the set of regions and settlements are strongly dependent on the quality and transport infrastructure. There are research results describing numerically cotribution of transport to the production funtion of the qluster of partial region and settlements , for example in the production function of the state.

#### References

- [1] Moos, P., Svítek, M., Votruba, Z.: Smart cities,multi-system approach to system modelling. Smart Cities Symposium Prague, SCSP 2016
- [2] Moos, P. Svítek, M., Votruba, Z.: Towards information circuits. Neural Network World 20 (2), pp. 241-247
- [3] Svítek, M., Postránecký, M. and col.: Cities of the Future. (In Czech), NADATOUR, Praha 2018
- [4] MANSFELDOVÁ, A. - MOOS, P.: Genetic Code and Identity of Settlements, Buildings. Workshop'98, ČVUT Praha 1998

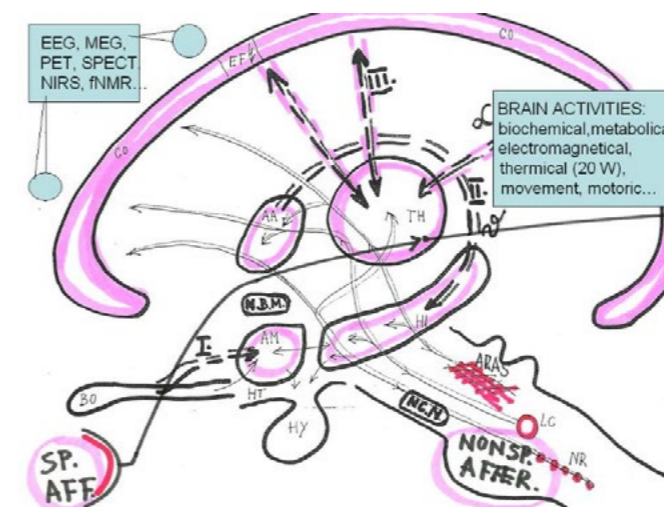
## Sledování činnosti mozku během stavu klidu, přemýšlení a ospalosti

Josef Faber<sup>1</sup>  
Mirko Novák<sup>2</sup>  
Zdeněk Votruba<sup>3</sup>  
Tomáš Tichý<sup>4</sup>  
Jindřich Sadil<sup>5</sup>  
Zuzana Bělinová<sup>6</sup>  
Martín Langr<sup>7</sup>  
Michal Kovaljov<sup>8</sup>

- <sup>1</sup> Ústav dopravní telematiky; ČVUT v Praze fakulta dopravní, Konviktská 20, Praha 1, 110 00; faberjos@fd.cvut.cz
- <sup>2</sup> Ústav dopravní telematiky; ČVUT v Praze fakulta dopravní, Konviktská 20, Praha 1, 110 00; novakmi1@fd.cvut.cz
- <sup>3</sup> Ústav dopravní telematiky; ČVUT v Praze fakulta dopravní, Konviktská 20, Praha 1, 110 00; votruzde@fd.cvut.cz
- <sup>4</sup> Ústav dopravní telematiky; ČVUT v Praze fakulta dopravní, Konviktská 20, Praha 1, 110 00; tichyto1@fd.cvut.cz
- <sup>5</sup> Ústav dopravní telematiky; ČVUT v Praze fakulta dopravní, Konviktská 20, Praha 1, 110 00; sadilj@fd.cvut.cz
- <sup>6</sup> Ústav dopravní telematiky; ČVUT v Praze fakulta dopravní, Konviktská 20, Praha 1, 110 00; machazuz@fd.cvut.cz
- <sup>7</sup> Ústav dopravní telematiky; ČVUT v Praze fakulta dopravní, Konviktská 20, Praha 1, 110 00; langmar@fd.cvut.cz
- <sup>8</sup> Ústav dopravní telematiky; ČVUT v Praze fakulta dopravní, Konviktská 20, Praha 1, 110 00; kovalmic@fd.cvut.cz

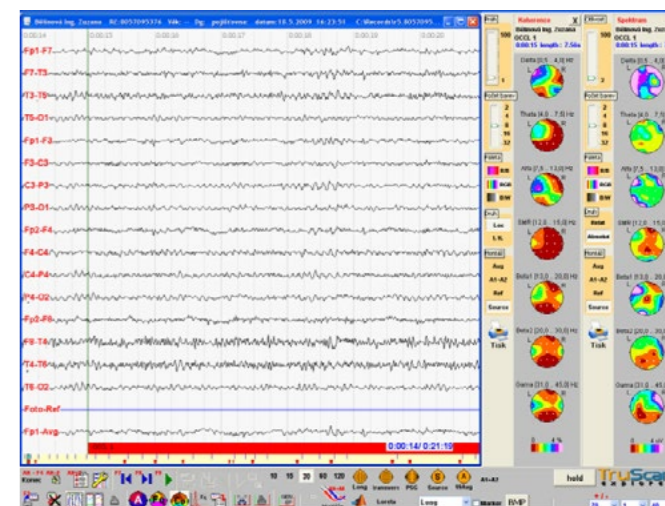
**Abstrakt** Neštěstí v dopravě je stále mnoho a z větší části jsou způsobena lidskou nedokonalostí. Bylo by tedy vhodné mít trvalou kontrolu nad bdělostí řidiče, strojvedoucího, pilota, jeřábníka atd. V naší elektropsychofysiologické laboratoři máme k dispozici dva elektronické přístroje schopné funkce mozku podrobně detekovat: je to elektroencefalograf (EEG) a near infrared spektroskop (NIRS). Jsou to velké diagnostické stroje, ale jejich miniaturisace je realizována až do velikosti tabatěrky. Jedna malá elektroda na hlavě by sledovanou osobu neobtěžovala. Článek se zaměřuje na popis několika stavů mysli sledovaných osob.

**Klíčová slova** EEG, NIRS, mozek, spánek, ospalost, bdělost

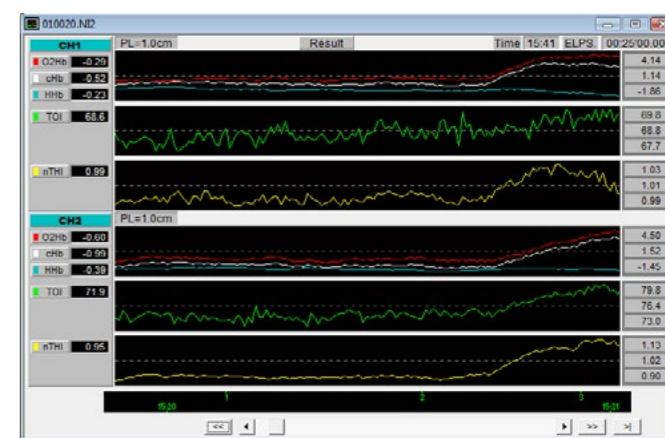


obr. 1

Obr. 1 představuje průřez mozkem a přiložené elektrody s možností neinvazivní a nebolestivé kontroly bdělosti.



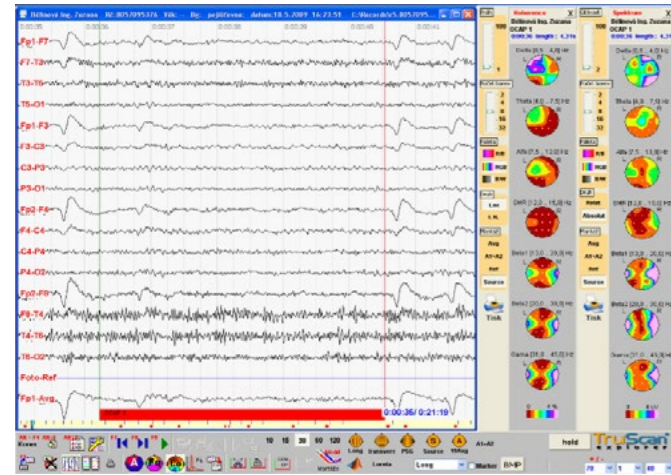
obr. 2



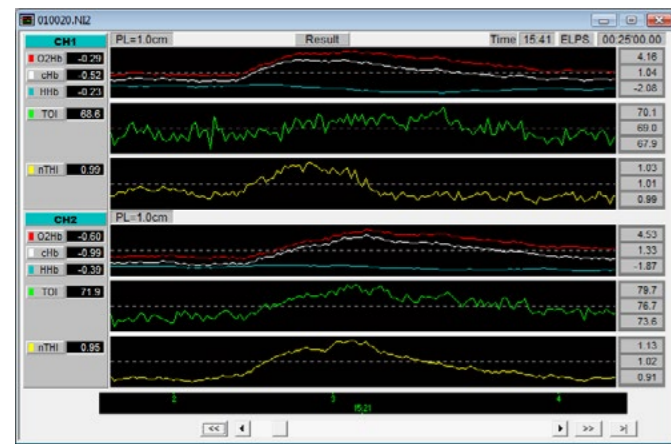
obr. 3



Obr. 2 a Obr. 3 ukazují klidný stav mysli se zavřenými očima: EEG má tzv. alfa aktivitu (kolem 10 Hz) a zvýšenou delta téměř nad celým povrchem hlavy a NIRS nad oběma čelními má klidovou křivku, kde dominuje oxyhemoglobin (červená linie), nižší je hladina CO<sub>2</sub> - kyslíčnicku uhličitého (modrá linie).

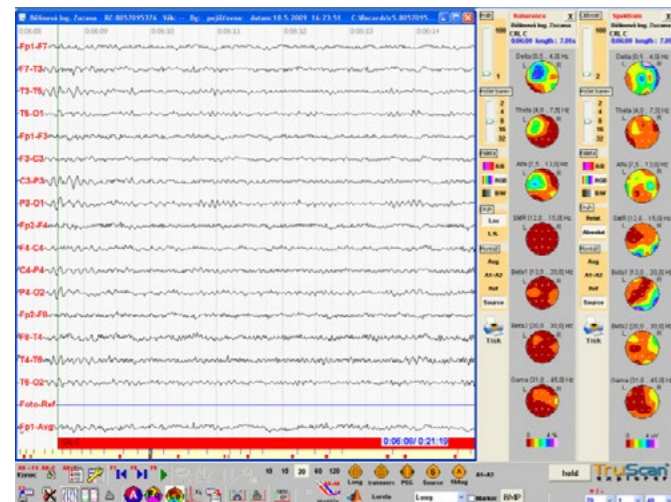


obr. 4

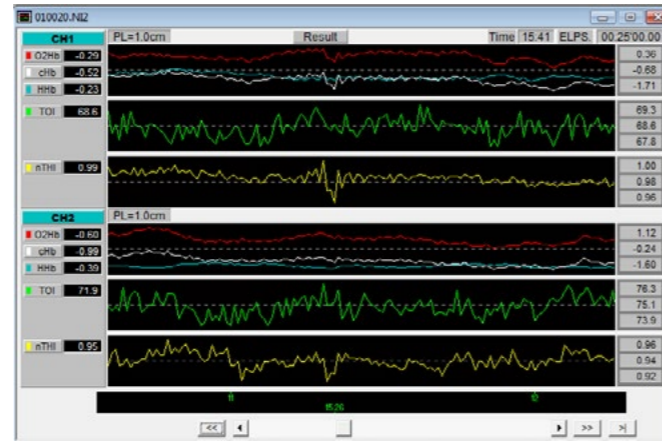


obr. 5

Obr. 4 a Obr. 5 zobrazuje otevřené oči s automaticky zvýšenou pozorností, tomu odpovídá EEG se sníženou amplitudou křivky a zvýšené prokrvení mozku (červené linie oxyhemoglobinu v NIRS).

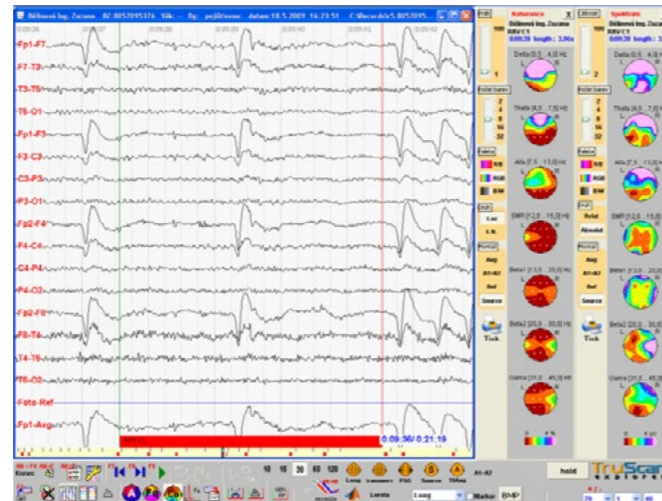


obr. 6

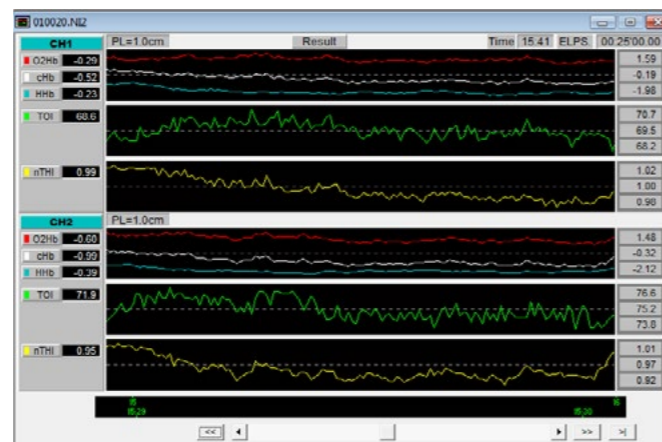


obr. 7

Obr. 6 a Obr. 7 zde je vidět, že během sečítání dvouciferných čísel se mentální aktivita dále zvyšuje: EEG má zvýšené množství theta doprovázené zvýšením pozornosti, čemuž odpovídá snížení alfa vln. NIRS má měnlivé zvýšení oksyličného hemoglobinu odpovídající neplynulé mentaci.

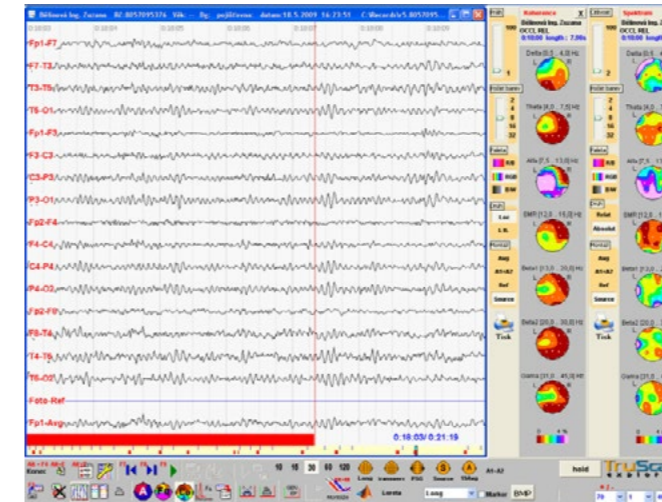


obr. 8

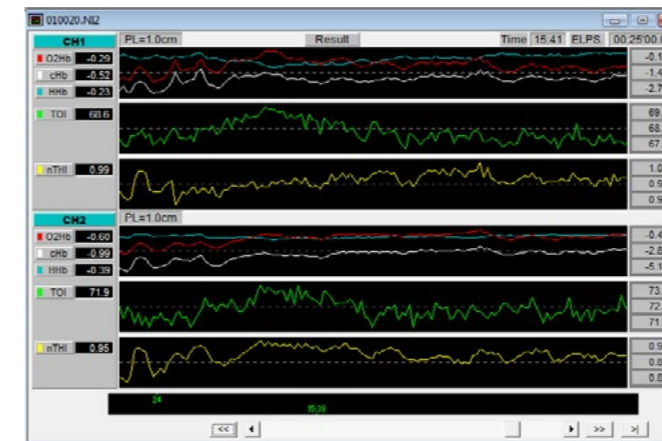


obr. 9

Obr. 8 a Obr. 9 je záznamem při otevřených očích při současném intenzivním myšlení nad Ravenovým testem inteligence. EEG má velké zvýšené delta nad zadní částí lební, kde jsou centra pro optickou analýzu NIRS je podobný jako při počítání a navíc se zvyšuje perfuze (zelená linie) a saturace (žlutá linie).

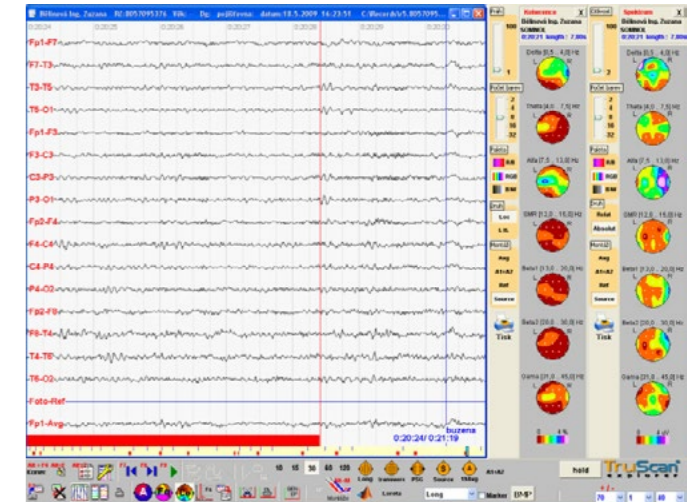


obr. 10

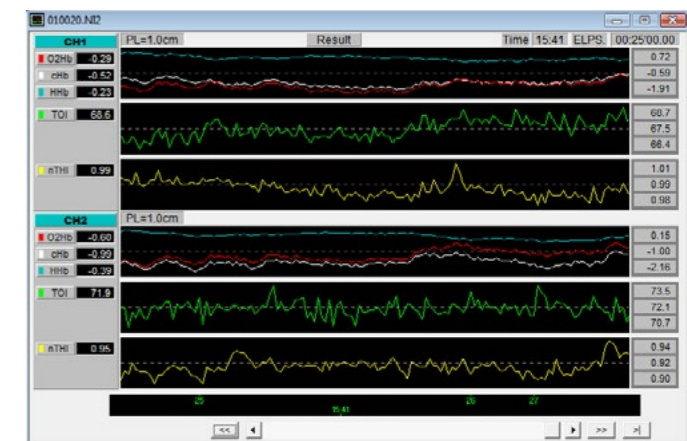


obr. 11

Obr. 10 a Obr. 11 ukazuje stav relaxace po testech, EEG: výrazná alfa se zvýšenou amplitudou. NIRS deoxyhemoglobin stoupá až je dominantní, což je pro stav uvolnění typické.



obr. 12



obr. 13

Obr. 12 a Obr. 13 Stav ospalosti (somnolence), EEG\_ rozpad alfa a také velmi nízká koherenční funkce. NIRS: je vysoká hladina kyslíčnicku uhličitého. Obojí svědčí pro velmi sníženou pozornost jaká je typická pro začínající spánek.

## ZÁVĚR

Naše sensorické i technické sledování osob ukazuje, že je možné účinně a objektivně sledovat stav pozornosti osob, jejichž aktuální činnost vyžaduje zcela lucidní bdělost.



## Standard přestupních bodů a zastávek povrchové dopravy PID

Vojtěch Novotný<sup>1</sup>  
Čeněk Malý<sup>2</sup>  
Karel Hájek<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Regionální organizátor Pražské integrované dopravy, České vysoké učení technické v Praze Fakulta dopravní

<sup>2</sup> Regionální organizátor Pražské integrované dopravy, České vysoké učení technické v Praze Fakulta dopravní

<sup>3</sup> České vysoké učení technické v Praze Fakulta dopravní

**Abstrakt** V moderních systémech veřejné dopravy již nelze za jedině parametry kvality považovat cestovní rychlost, úroveň vozového parku a provázanost spojů. Pro uživatele veřejné dopravy-zákazníky a jejich hodnocení dopravního systému jako celku je rozhodující již samotná cesta na zastávku, čekání na ní a samozřejmě kvalita přestupů. Řada měst a regionů ve světě proto již zakotvila své ideální představy o podobě zastávek a přestupních bodů ve vlastních standardech, běžné jsou pod pojmy "design manual" či "design guidelines". V našich podmínkách dosud takový dokument nevznikl, a tak je Standard zastávek PID v tomto oboru první vlašťovkou. Příspěvek představuje základní principy ukotvené v dokumentu, jeho přínos a roli v systému Pražské integrované dopravy..

### 1. KVALITA ZASTÁVEK A PŘESTUPNÍCH BODŮ JAKO SOUČÁST KVALITY IDS

Fungující, atraktivní a využívaná veřejná doprava je základním pilířem fungujícího a vyspělého území, ať už se jedná o město, aglomeraci či celý region. Kvalita zastávek, přestupních bodů a informací na nich poskytovaných představují signifikantní faktory zásadně ovlivňující hodnocení atraktivity a konkurenceschopnosti veřejné dopravy uživateli-cestujícími, kteří tuto kvalitu samozřejmě očekávají v rámci celého systému integrované veřejné dopravy.



Vhodné navázání zastávky pěší vazbou na boční ulici (zastávka Jindřišská, Praha)

Cesta veřejnou dopravou nezačíná nástupem do vozidla, ale příchodem na zastávku. Zastávky a přestupní body veřejné dopravy tvoří specifický prostor s výraznou koncentrací lidí. Jeho funkční a

esteticky kvalitní provedení pozitivně ovlivňuje dojem z veřejného prostranství a výrazně přispívá k atraktivitě obce, města či čtvrti a rozvoji dané lokality. A naopak – rozvoj území v okolí zastávek, stanic a přestupních bodů a umístění služeb, obchodů či bydlení v jejich blízkosti přirozeně vede k vyššímu užívání veřejné dopravy.



Regionální přestupní bod vlak-autobus (přednádraží žst. Český Brod)

### 2. MOTIVACE KE VZNIKU STANDARDU ZASTÁVEK PID

V podmínkách moderních integrovaných dopravních systémů je to organizátor integrovaného dopravního systému, kdo je zodpovědný za jednotnou kvalitu služby pro cestující. Kromě jednotné značky, vizuálního stylu a informací pro cestující, standardů obsazenosti, které se používají pro projektování dopravy, a standardů stanovující požadavky na vozidla, je zpracování standardu věnující se oblasti zastávek a přestupních bodů logickým krokem v systému řízení kvality veřejné dopravy. Organizátor Pražské integrované dopravy (PID), organizace ROPID, si je tohoto vědoma, a proto ve spolupráci s Institutem plánování a rozvoje hl. m. Prahy, pracovištěm odpovědným za územní plánování a kvalitu veřejného prostoru, a ČVUT v Praze Fakultou dopravní, Ústavem dopravních systémů, iniciovala projekt zpracování Standardu zastávek PID.

Definice pravidel pro oblast zastávek a přestupních bodů v rámci PID je rovněž velmi důležitá kvůli složité majetkoprávní struktuře jednotlivých součástí zastávek a přestupních bodů v rámci PID. Při velkém počtu subjektů investujících do zastávek a přestupních bodů a vykonávajících jejich správu jsou jasná pravidla víc než žádoucí.

### 3. CO JE TO STANDARD ZASTÁVEK PID A KOMU JE URČEN?

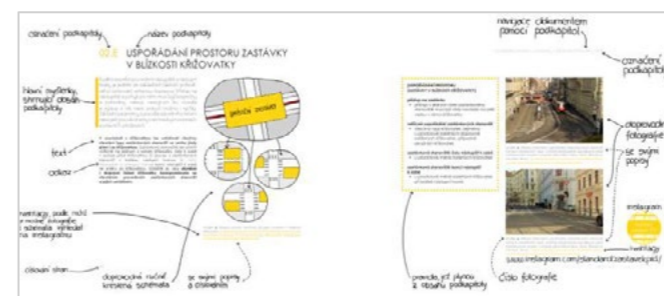
Standard zastávek PID je základním koncepčním dokumentem řešícím problematiku zastávek povrchové dopravy, železničních stanic a zastávek, přestupních bodů a jejich vybavení na území obsluhovaném Pražskou integrovanou dopravou akcentující orientaci integrovaného dopravního systému na zákazníka a soulad řešení zastávky s uspořádáním a podobou veřejného prostoru. Patří do sady standardů, které vydává organizace ROPID společně s nově vzniklou organizací Integrovaná doprava Středočeského kraje (IDSK), tvořící systém řízení kvality PID.

Cílovou skupinou dokumentu jsou především všichni podílející se nějakým způsobem na přípravě staveb a úprav zastávek a přestupních bodů a jejich navazující infrastruktury. Zároveň má dokument ambici být informativním a vzdělávacím podkladem pro veřejnost.

subjekt	úloha subjektu v procesu přípravy zastávky	vztah Standardu k subjektu
samospráva	- iniciační	ukázka kvalitních řešení → „co chci!“ - včetně argumentů pro širokou diskusi
státní správa	- schvalovací ve vztahu k platné legislativě a normám	metodika pro posouzení koncepčnosti návrhu, nenahrazuje normy a další legislativu
organizátor IDS	- garant kvality systému - správa-zastávková služba - iniciační - připomínkovácí - schvalovací	hlavní koncepční dokument pro oblast kvality zastávek
správce infrastruktury	- iniciační - zadání projektu - správa	metodika pro zadání a správu
projektanti	- zpracování kvalitního návrhu v souladu s normami a legislativou - argumentace konkrétního návrhu → - úzká spolupráce s organizátorem a správcem	jasně definovaný a odůvodněný ideový záměr
dopravní veřejnost	- správa-zastávková služba - iniciační - participační při projednávání	návod pro správu zastávek ukázka kvalitních řešení shrnutí moderního know-how

Tabulka ze Standardu zastávek PID vyjadřující roli subjektu při řešení zastávek a jejich vztah k dokumentu

Vlastní dokument není koncipován jako „suchá“ technická norma, jeho účelem ani není normová ustanovení opakovat. Naopak cílem při jeho zpracování bylo pojmut danou problematiku návodně, v komplexním pohledu a souvislostech, doplnit kvalitativní nadstavbu a sjednotit případný výklad norem. Autoři kladli důraz na uživatelskou přívětivost dokumentu, jeho text je tedy doplněn o četná schémata a fotografie zachycující dobrá a špatná řešení tuzemská i zahraniční.



Ukázka dvojstrany Standardu zastávek PID představující navigační prvky v dokumentu

### 4. TÉMATICKÉ OBLASTI ŘEŠENÉ VE STANDARDU ZASTÁVEK PID

Standard zastávek PID se snaží podchytit všechny parametry zastávek mající bezprostřední vliv na kvalitu veřejné dopravy jako celku. Logicky nejdůležitější jsou témata týkající se návrhu zastávek a přestupních bodů (důležitá pro projekční přípravu) a jejich vybavení

(bezprostřední kontakt s cestujícími), nicméně neméně důležitá jsou témata vlastnictví, investorství a správy. Tematická struktura Standardu zastávek PID je následující:

	<b>01 Kvalitní zastávky a přestupní body</b> Kapitola představuje základní kvalitativní požadavky na zastávky a přestupní body veřejné dopravy a pravidla jejich umísťování v území.
	<b>02 Zastávky tramvají a autobusů</b> Kapitola komplexně shrnuje problematiku tramvajových a autobusových zastávek, zejména z hledisek uspořádání zastávek, přístupu na zastávku, umístění zastávky v uliční síti, parametrů nástupní hrany, apod.
	<b>03 Obratiště tramvají a autobusů</b> Kapitola popisuje vhodné uspořádání tramvajových a autobusových obratišť včetně provozních hledisek a zázemí pro řidiče.
	<b>04 Stanice a zastávky linek „S“</b> Kapitola stanovuje principy začlenění stanic a zastávek linek „S“ do území, přístupů na nástupiště, podobu přednádražních prostor a parametry výpravních budov.
	<b>05 Přestupní body</b> Kapitola definuje kategorie přestupních bodů, zásady jejich uspořádání, zásady pro přívětivou přestupní vazbu a popisuje všechny aspekty, které je třeba řešit v rámci multimodálních bodů veřejné dopravy. Rovněž ukazuje příklady řešení, jejichž výsledkem je příjemnější přestupů pro cestující.
	<b>06 Vybavení zastávek a přestupních bodů</b> Kapitola jednak definuje kategorie přestupních bodů a zastávek, na jejichž základě určuje jednotlivým kategoriím standardní rozsah vybavení, a jednak popisuje pravidla řešení jednotlivých prvků mobiliáře. Zároveň připravuje půdu pro rozvoj poskytovaných informací na zastávkách související s umísťováním elektronických



	odjezdových panelů na zastávky a dalších prvků orientace a navigace.
	<b>07 Majetkoprávní řešení zastávek a přestupních bodů</b> Cílem této kapitoly je alespoň v hrubých obrysech nastínit složitost a rozříštěnost současného stavu majetkoprávního řešení zastávek a přestupních bodů v rámci Prahy a Středočeského kraje a popsat relevantní východiska pro možnost návrhu zefektivnění celého systému kompetencí.

Na navrhování a realizaci zastávek a přestupních bodů nelze nahlížet jen z pohledu dopravního inženýrství, řešení je nutné posuzovat také z hlediska urbanismu, koncepce veřejného prostoru a očekávané kvality ze strany cestující veřejnosti. Do řešení zastávek a přestupních bodů tím pádem vstupuje mnoho pravidel různého charakteru a bývá obtížné všechna zároveň dodržovat. Výsledkem při navrhování zastávek jsou pak často kompromisní řešení, jejichž oběťmi jsou plynulost a ekonomika provozu veřejné dopravy, estetika veřejného prostoru, ale především samotní cestující.

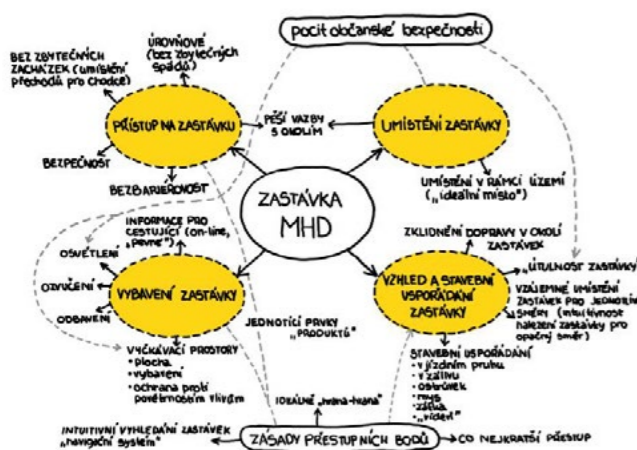


Schéma věcí, které vstupují do procesu návrhu zastávek

Standard zastávek PID má ambici své uživatele v první řadě upozornit na všechny aspekty řešení zastávek a přestupních bodů a popsat je. Vytváří tak platformu shrnující všechna pravidla dotýkající se zastávek a přestupních bodů, jmenovitě jsou to samozřejmě ty obecně závazné jako Zákon o provozu na pozemních komunikacích, Vyhláška o obecných technických požadavcích zabezpečujících bezbariérové užívání staveb, dále technické normy, pravidla tvorby veřejných prostranství daná Manuálem tvorby veřejných prostranství hl. m. Prahy a jiné. Právě komplexnost informací k problematice řešení zastávek a přestupních bodů je jedním ze zásadních přínosů Standardu zastávek PID. Jsou do něj totiž promítnuty nejen základní technické požadavky, ale také poměrně široké spektrum dalších poznatků z návrhů a provozování zastávek u nás i v zahraničí. Toto se podařilo také díky kvalitní spolupráci autorů dokumentu s různými organizacemi, které do procesu příprav a úprav zastávek vstupují.

## 5. UKOTVENÍ DOKUMENTU

Vytvořením Standardu zastávek PID byla organizace ROPID pověřena Radou hl. m. Prahy (ROPID je příspěvkovou organizací hl. m. Prahy) a cílem je, aby se na základě usnesení Rady stal dokument závazným pro odbory MHMP, městské organizace a městské firmy. Dokument bude samozřejmě sloužit po boku dalších standardů kvality a koncepčních dokumentů pro potřeby organizace ROPID a také nově vzniklé organizace Integrovaná doprava Středočeského kraje. Dokument rovněž navazuje například na Manuál tvorby veřejných prostranství hl. m. Prahy, koncepční dokument pro oblast veřejných prostranství, kterých jsou zastávky veřejné dopravy logickou součástí. Jinak bude pro Středočeský kraj, respektive pro jeho jednotlivé obce, v dané problematice dokument doporučen organizací ROPID jako nástroj sledování jednotné kvality dopravního systému PID. Dlouhodobějším cílem pak je, aby Středočeský kraj a jednotlivé obce učinily Standard zastávek závazným pro orgány a organizace ve své kompetenci.

## 6. ZÁVĚR

Standard zastávek PID vznikl postupně od roku 2015 jako výsledek práce pracovní skupiny sestávající ze zástupců organizací ROPID a IPR Praha a zástupců ČVUT v Praze Fakulty dopravní. Autorsky se na tvorbě textů podílelo celkem šest lidí. V červenci 2016 spatřila světlo světa první ucelená, pracovní verze, která byla následně předána k připomínkování partnerským organizacím (například Dopravní podnik hl. m. Prahy, Technická správa komunikací hl. m. Prahy, Sjednocená organizace nevidomých a slabozrakých České republiky atd.) a dotčeným odborům Magistrátu hlavního města Prahy. Jejich cenné připomínky byly zapracovány na podzim 2016 a zároveň dokument dostal finální, svébytnou vizuální podobu. Po druhém připomínkování a finálních úpravách dokončených na začátku roku 2017 může postupně Standard zastávek PID začít sloužit svým cílovým uživatelům a dostát svému úkolu pomoci zlepšovat obraz veřejné dopravy v očích jejích zákazníků – cestujících.



# Uplatnění elektrochemických akumulátorů v osobní železniční dopravě

Jaroslav Opava

Ústav dopravních prostředků

## Abstrakt

Pojednání podává historický přehled od počátků aplikace akumulátorových zdrojů až po současnost. Jsou uvedeny základní fyzikální vztahy určující provozní charakteristiky – dojezdovou vzdálenost a dosažitelnou rychlost za daných provozních podmínek.

**Klíčová slova:** elektrochemický akumulátor, jízdní dosah, lithiové články

- bezhlučný provoz,
- schopnost vysokého krátkodobého přetížení pohonné soustavy,
- jednoduchý přenos výkonu od trakčního motoru na hnací kola,
- nízká údržbová náročnost pohonného systému,
- nezávislost na dovozu palivo-energetických surovin,
- možnost využívat alternativně vyráběnou elektrickou energii,
- zatěžování všeužitečné energetické sítě v období provozních sedel (zejména v nočních hodinách),
- možnost využívat brzdovou energii rekuperačním brzděním,
- minimální potřeba mazacích olejů.

## 1. Úvod

V roce 2010 vypracoval tým pracovníků Laboratoře dopravní energetiky Fakulty dopravní ČVUT studii k problematice použití elektrochemických akumulátorových článků nové generace v lehké kolejové vozbě. Výsledky byly publikovány časopisecky a rovněž bylo o nich referováno před odbornou veřejností.

Následující pojednání uvádí některé podstatné výsledky těchto prací doplněné o výsledky navazujících studijních prací. Historické zkušenosti s aplikací akumulátorů v kolejové dopravě jsou poměrně bohaté a pozitivní. Malé povědomí o této technice v našich odborných kruzích je zapříčiněno zapomenutými domácími zkušenostmi a nedostatkem informací ze zahraničí, kde se tato technika prosadila. To platí zejména o zavedení akumulátorových posunovacích lokomotiv, které sloužily k plně spokojenosti od roku 1925 až do počátku šedesátých let u ČSD v pražském železničním uzlu a v posledním období též v bratislavském přístavu.

V zahraničí doznaly značného rozšíření akumulátorové vozy pro osobní dopravu zejména na síti německých železnic, kde se vystřídaly v průběhu 20. století jejich tři generace. Tomu předcházely od roku 1894 vůbec první pokusy, které vyústily v objednání první série čítající celkem 113 dvouvozových jednotek v roce 1908. Akumulátorové vozy druhé generace přicházely do provozu od roku 1926. Třetí generace byla vyvíjena na počátku padesátých let, kdy současně s dodávkami nových vozů probíhaly též modernizace vozů z dřívějších dodávek. Do roku 1965 bylo dodáno v několika sériích celkem 238 nových vozů s označením ETA 150, pozdější řadové označení 515. K nim bylo dodáno 216 řídicích vozů. Tato vozidla byla v provozu až do poloviny devadesátých let v místní a regionální dopravě.

## 2. Možnosti a předpoklady akumulátorové vozby

Důvodem zájmu o elektrický pohon kolejových a takéž silničních vozidel napájených z elektrických akumulací zdrojů vždy byly a jsou nesporné přednosti elektrického pohonu v porovnání s pohonnými soustavami se spalovacím motorem jako prvotním energetickým zdrojem. Těmito přednostmi a současně možnostmi jsou zejména:

- provoz bez trakčního vedení na tratích s nízkým provozním zatížením, kde je jeho instalace ekonomicky nerentabilní,
- vysoká energetická účinnost celého systémového řetězce,
- nulové emise,

Zájem o akumulátorovou elektrickou vozbu je motivován a umožněn výsledky v oblasti vědy a výzkumu, kterých bylo v posledních dvaceti až třiceti letech dosaženo a které jsou dány: trakčními motory bez komutátorů, příp. s permanentními buďícími magnety s vysokým hmotným výkonem a nízkou údržbovou náročností, avšak s potřebou napájení z regulačních měničů, polovodičovými (tranzistorovými) regulačními měniči napětí a frekvence, které jsou vhodné pro napájení novodobých trakčních motorů, a to jak ve fázi motorické, tak generátorické s vysokou mírou uplatnění automatizačních funkcí, dostupnost akumulátorových zdrojů s vyšší měrnou hmotnou energií oproti klasickým oloveným akumulátorům (více než 5tinásobnou), existence lehkých vysokopevnostních konstrukčních struktur.

Velmi příznivou skutečností pro železniční provoz akumulátorových vozů je systémová předvídatelnost jejich provozu a tudíž možnost přesného plánování časových období a lokalit pro nabíjení. Významnou skutečností je i podstatně nižší vozidlový jízdní odpor kolejových vozidel v porovnání s vozidly silničními.

## 3. Fyzikální popis problému aplikace akumulací zdrojů energie

Stěžejní otázkou pro návrh akumulátorového vozidla, obecně, je hodnota jízdního rádia a dosažitelné rychlosti.

### 3.1 Jízdní rádius

Jízdní rádius, označovaný též, v souladu s ČSN EN 1986-1 pro elektrická silniční vozidla, jako dosah, je v dalším pojednání definován dvojím způsobem:

1. Teoretický dosah je dráha ujetá daným vozidlem s plně nabitým akumulátorovým zdrojem do definovaného stavu vybití danou konstantní rychlostí na vodorovné trati, tj. bez zastávek.
2. Praktický dosah je dráha ujetá daným vozidlem s plně nabitým akumulátorovým zdrojem do definovaného stavu vybití při jízdním cyklu, který je dán domluveným časovým a dráhovým průběhem jízdní rychlosti na dráze daného podélného profilu.

Pro teoretický dosah platí:



$$R_0(V) = \frac{k_E \cdot \varepsilon_E \cdot \mu_E \cdot \eta(V)}{r_v(V)} \cdot 367$$

[km, kWh/t, 1, 1, 1, N/kN, %]

Pro praktický dosah platí:

$$R(V) = \frac{k_E \cdot \varepsilon_E \cdot \mu_E \cdot 10^3}{2,72 [r_v(V) + g] \cdot \frac{1}{\eta} + 1,072 \cdot 10^{-2} \cdot \xi \cdot V^2 \cdot \frac{2-\eta}{\eta \cdot L_S}}$$

[km, kWh/t, 1, 1, N/kN, %, 1, 1, km.h<sup>-1</sup>, 1, 1, km]

Zde značí:

$r_v(V)$  měrný jízdní vozidlový odpor jako funkce jízdní rychlosti,  
g podélný sklon kolejové dráhy,  
 $k_E$  nominální hodnotu měrné energie obsažené v daném akumulátorovém zdroji  
 $\varepsilon_E$  faktor využití nominální hodnoty měrné energie, pro nějž obecně platí

$$\varepsilon_E = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \cdot \varepsilon_3 \cdot \varepsilon_4 \quad [1, 1, 1, 1, 1]$$

přičemž jednotliví součinitelé vyjadřují:

$\varepsilon_1$  poměrné snížení nominální hodnoty měrné energie v důsledku vyššího a časově proměnlivého průběhu proudového zatížení než jaký byl předpokládán při stanovení této nominální hodnoty, kdy se obvykle uvažuje konstantní vybíjecí proud při pětihodinovém nebo tříhodinovém vybíjení,  
 $\varepsilon_2$  poměrné snížení nominální hodnoty měrné energie v důsledku nižší provozní teploty,  
 $\varepsilon_3$  poměrné snížení nominální hodnoty měrné energie v důsledku stáří baterie,  
 $\varepsilon_4$  poměrné snížení nominální hodnoty měrné energie v důsledku zachování určité nezbytné rezervy při vybíjení,  
 $\eta$  střední hodnotu energetické účinnosti platnou pro domluvený časový a dráhový průběh jízdní rychlosti na dráze daného podélného profilu,  
 $\mu_E$  poměrnou hmotnost daného akumulátorového zdroje, která je definována jako:

$$\mu_E = \frac{M_E}{M} \quad [1, t, t]$$

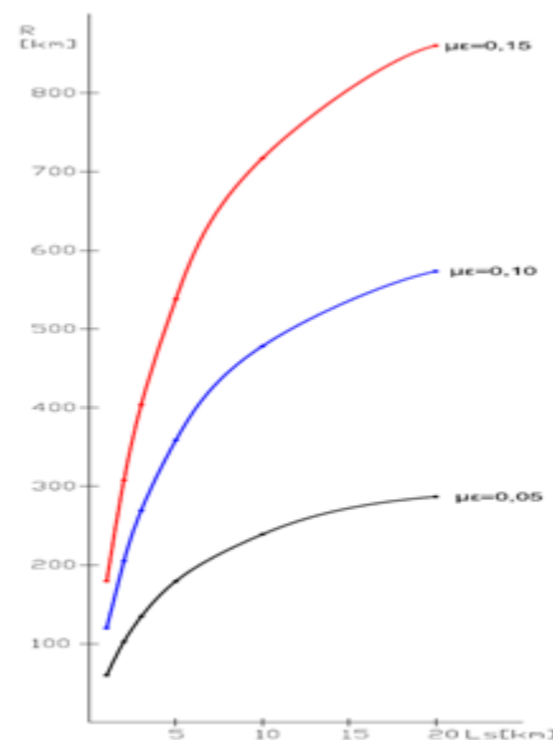
přičemž značí:

M celkovou provozní hmotnost daného vozidla,

$M_E$  hmotnost akumulátorového zdroje elektrické energie,

$L_S$  vzdálenost mezi zastávkami – též délka dráhy jednoho jízdního cyklu

Následující graf je platný pro typický kolejový vůz za současného stavu akumulátorů na bázi lithia. Byl sestaven podle výše uvedené metodiky.



### 3.2 Maximální dosažitelná rychlost

Maximální dosažitelná rychlost  $V_{max}$  akumulátorového vozidla s ohledem na výkon akumulátorového zdroje je obecně dána následujícím vztahem:

$$V_{max} = \frac{k_p \cdot \varepsilon_p \cdot \mu_E \cdot \eta(V_{max})}{r_v(V_{max}) + g + 102 \cdot \xi \cdot a_E(V_{max})} \cdot 367$$

[kmh<sup>-1</sup>, kW/t, 1, 1, 1, N/kN, %, 1, m.s<sup>-2</sup>]

Zde značí:

$k_p$  nominální měrný výkon daného akumulátoru,  
 $\varepsilon_p$  faktor využití nominální hodnoty měrného výkonu  
 $a_E$  konečné zrychlení, tj. zrychlení, pro něž se stanovuje hodnota  $V_{max}$ .  
 $\eta(V_{max})$  hodnota energetické účinnosti při maximální dosažitelné rychlosti

### 4. Dostupné akumulátorové energetické zdroje

V následujícím grafu jsou vyjádřeny základní vlastnosti důležité pro aplikaci elektrochemických sekundárních článků na bázi lithia

v trakčních bateriích. V síti odstupně po 20 % je zachycen stav splnění požadovaných jmenovitých hodnot, na základě údajů renomovaných výrobců, vyjadřujících tyto vlastnosti

- doba životnosti v letech a v cyklech,
- měrná akumulovaná energie ve Wh/kg s cílovou hodnotou 200 Wh/kg,
- měrný výkon v W/kg,
- měrná prodejní cena v EUR/kWh,
- provozní bezpečnost,
- kvalita

a to v časových horizontech 2010, 2013 a hodnoty cílové (označené jako 100 %).



Z grafu plyne, že dosud nejsou splněny všechny požadované parametry z hledisek aplikace v silničních i kolejových vozidlech. To však by nemělo být důvodem k nezájmu o problematiku akumulátorové kolejové vozby. Podmínky kolejového provozu jsou totiž v řadě hledisek příznivější než u vozidel silničních. Dokonce i použití klasických olověných akumulátorů moderní konstrukce poskytuje, přes přibližně třetinové dosažitelné dosahy, pro kolejový provoz velmi dobře akceptovatelné řešení.

### 5. Doporučení pro další výzkum

Na základě uvedených skutečností je možno formulovat následující doporučení pro zaměření aktivit směřujících k zavedení akumulátorových kolejových vozů do komerčního provozu:

Založit koordinační orgán na akademické úrovni vysokých škol a dalších vědeckých pracovišť (příp. z dalších států EU) pro řešení otázek výzkumu a vývoje akumulátorové železniční vozby a pro vytvoření společenského a ekonomického prostředí pro akceptaci železniční akumulátorové vozby. Hlavními úkoly tohoto orgánu by měly být, mimo jiné, tyto dílčí úkoly:

- podporovat výzkum a vývoj optimalizovaných, velmi lehkých a mechanicky vysoce pevných konstrukčních struktur pro použití u akumulátorových kolejových vozů,

- průběžně sledovat a vyhodnocovat vývoj světových cen ropných motorových paliv s ohledem na ekonomickou efektivnost železničního provozu,

- sledovat a vyhodnocovat aktuální poznatky o vlivu emisí spalovacích motorů na životní prostředí a zdraví živých organizmů,

- sledovat vývoj technických a ekonomických parametrů novodobých akumulátorů pro aplikaci v akumulátorové vozbě, jak z hlediska provozního využívání, tak jejich následné likvidace,

- zkoumat řešení vícesystémových nabíjecích stanic s využitím obnovitelných energetických zdrojů,

- iniciovat a podporovat na domácí, případně mezinárodní úrovni vznik multidisciplinárního sdružení pro otázky výrobní a provozní technologie, marketingu a ekonomiky v odvětví kolejové akumulátorové vozby.

### Zdroje

Opava, J.: Energetische Aspekte der Akkutriebwagen, Presentation, Technische Universität Dresden, 14. 2. 2012 Dresden

Opava, J.: Accu Rail Electromobility, In Proceedings of 16<sup>th</sup> International Conference. Transport Means. 2012. Faculty of Mechanical Engineering and Mechatronics Kaunas University of Technology.

Opava, J., Duchoň, B., Mojžíš, V.: Novodobé akumulátory a jejich uplatnění v osobní železniční dopravě, Doprava 4/2010, Praha 2010

Kolektiv: Rail Electromobility, úvodní studie k tématu Uplatnění novodobých akumulátorů v osobní železniční dopravě, Ústav ekonomiky a managementu dopravy a telekomunikací, Fakulta dopravní ČVUT, Praha 2010

Opava, J.: K některým otázkám elektromobility, Mezinárodní konference Elektromobilita v silniční dopravě a 21. století. Duben 2010. Ústav ekonomiky managementu dopravy a telekomunikací.

Opava, J.: Možnosti a podmínky akumulátorových kolejových vozů, 22. Konference PRORAIL, Žilina 2015.



## Ústav letecké dopravy FD ČVUT v Praze

Jakub Kraus<sup>1</sup>  
Peter Vittek<sup>2</sup>  
Michaela Šerlová<sup>3</sup>  
Sarah Van den Bergh<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Ústav letecké dopravy, Fakulta dopravní ČVUT v Praze; Horská 3, 128 03 Praha 2; kraus@fd.cvut.cz

<sup>2</sup> Ústav letecké dopravy, Fakulta dopravní ČVUT v Praze; Horská 3, 128 03 Praha 2; vittek@fd.cvut.cz

<sup>3</sup> Ústav letecké dopravy, Fakulta dopravní ČVUT v Praze; Horská 3, 128 03 Praha 2; serlomic@fd.cvut.cz

<sup>4</sup> Ústav letecké dopravy, Fakulta dopravní ČVUT v Praze; Horská 3, 128 03 Praha 2; vandesar@fd.cvut.cz

**Abstrakt** Tento článek se zaměřuje na představení Ústavu letecké dopravy FD ČVUT v Praze. Charakterizuje jeho vědecko-výzkumnou a výukovou činnost. Představuje jednotlivé projekty a laboratoře, které v rámci Ústavu letecké dopravy kooperují, a které se podílejí na řešení významných výzkumných projektů v rámci ČR i EU. Jsou zde také představeny jednotlivé úspěchy, kterých bylo dosaženo pod záštitou ÚLD a také vize a výhled do budoucích činností kolektivu Ústavu letecké dopravy.

**Klíčová slova** Ústav letecké dopravy, laboratoře, projekty,

### 1. Ústav letecké dopravy

Ústav letecké dopravy (ÚLD), Fakulty dopravní ČVUT v Praze se zabývá dynamicky se rozvíjejícím a velmi atraktivním odvětvím letecké dopravy. Studenti, zaměstnanci, vyučující i externí spolupracovníci dohromady tvoří excelentní tým, který posouvá hranice vědy a techniky stále výše.

Absolventi ÚLD mají možnost dosáhnout titulů bakalář, inženýr nebo doktor na prestižní a uznávané univerzitě řadící se mezi nejstarší technické univerzity v Evropě. V rámci bakalářského studia je možné studovat obory Profesionální pilot (PIL), Letecká doprava (LED) a Technologie údržby letadel (TUL). V rámci magisterského studia je možné studovat obor Provoz a řízení letecké dopravy (PL), přičemž v tomto oboru je možné pokračovat i v doktorském studiu. Ve spolupráci s partnery z letecké praxe jsou absolventi komplexně připravováni v souladu s platnými evropskými standardy, přičemž mohou získat licenci dopravního pilota ATPL nebo technika údržby letadel kategorie B uznávaných v celé EU. Fakulta dopravní a její součást, Ústav letecké dopravy, spolupracuje s mnohými zahraničními univerzitami v oblastech letecké praxe, kde mohou studenti absolvovat část svého studia.

Studium na ČVUT v Praze, Fakultě dopravní je koncipováno jako projektově orientované. Projekt vede studenty k zapojení do vědecko-výzkumné činnosti FD a k získání návyku pro týmovou práci. Studenti oborů LED a PL si mohou volit z projektů:

- Bezpilotní prostředky,
- CNS/ATM technologie a provozní postupy,
- Bezpečnost letecké dopravy,
- Lidský faktor v letectví,
- Provoz a ekonomika letecké dopravy,
- Moderní trendy rozvoje letišť.

Jednotlivé laboratoře ÚLD se věnují výzkumné činnosti, v rámci kterých se usiluje o neustálý o rozvoj současných vědeckých poznatků a myšlenek, které jsou následně zapojovány do praxe

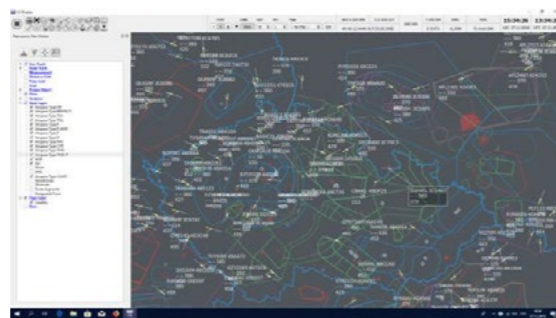
nejen v oblasti letecké dopravy. Laboratoře se dělí dle jejich zaměření na:

- Laboratoř ATM systémů,
- Laboratoř simulací v letectví,
- Laboratoř lidského faktoru a automatizace v letectví,
- Laboratoř nedestruktivních zkoušek (NDT),
- Laboratoř letecké bezpečnosti.

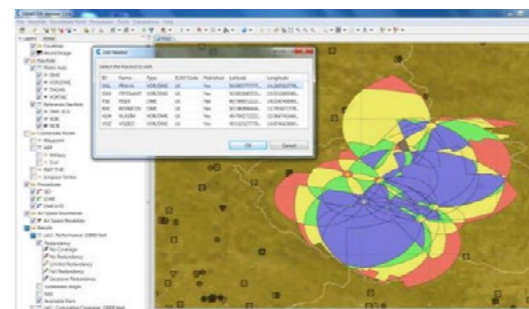
Velký zájem o studium v daných prestižních leteckých studijních oborech činí z Ústavu letecké dopravy lídra v poskytování leteckého vzdělání na Československém univerzitním leteckém trhu. Úspěšní absolventi jsou špičkovými odborníky civilního letectví nejen v ČR a SR, ale i ve světě.

#### 1.1 Laboratoř ATM systémů

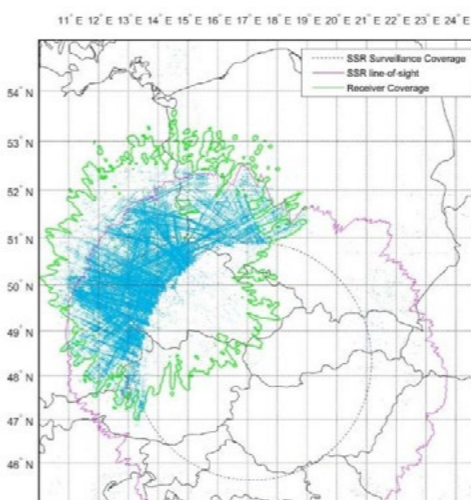
Laboratoř ATM systémů zajišťuje projekt CNS/ATM technologie a provozní postupy, který je orientován jak do technické oblasti systémů, prostředků a technologií využívaných poskytovateli letových navigačních služeb, tak do oblasti provozních postupů, které souvisí s řízením a zabezpečením letového provozu. Jedná se jak o vlastní systémy spadající do komunikační, navigační a přehledové domény, tak o technologie, provozní postupy a budoucí koncepcí související s procesem řízení toku letového provozu (ATFM), managementem vzdušného prostoru (ASM) a s poskytováním letových provozních služeb (ATS), kde dominantní část se týká vlastní služby řízení letového provozu (ATC) (obr. 1, 2). Pro R&D aktivity a k řešení úkolů v rámci studentských projektů mohou studenti a výzkumní pracovníci využívat HW i SW prostředky dostupné právě v rámci Laboratoře ATM systémů (ATM Systems Laboratory) na Ústavu letecké dopravy Fakulty dopravní (obr. 3). Laboratoř disponuje vlastní sítí ADS-B přijímačů rozmístěných v rámci ČR. Spolupráce je mimo jiné navázána s organizacemi a firmami jako je ŘLP ČR, s.p., ERA a.s. či CS SOFT a.s., což umožňuje využívat a pracovat s daty z reálného provozu a reálných systémů.



Obrázek 1 Nástroj k zobrazení přehledových dat od firmy ERA, a.s.



Obrázek 2 Nástroj DEMETER od EUROCONTROL sloužící k modelování navigační infrastruktury.



Obrázek 3 Obrázek výstupu z reálného měření ilustrující prostor zachycení zpráv DF11 (SI= 28) za hranici sledovací mapy pro SSR Mode S - Velký Javorník

Hlavními výzkumnými oblastmi, na kterých se Laboratoř ATM systémů podílí a směřuje, ve kterých rozvíjí portfolio svých aktivit, se soustřeďuje především do oblastí kooperativních přehledových systémů.

Laboratoř se zabývá především problematikou saturace frekvenčního pásma 1030/1090 MHz. Toto pásmo je dnes využíváno všemi běžnými kooperativními přehledovými systémy, jako jsou SSR (Secondary Surveillance radar), ADS-B (Automatic Dependent Surveillance – Broadcast), MLAT (Multilateration) systémy, ACAS (Airborne Collision Avoidance System), atd. Aktivita laboratoře směřuje do oblastí modelování zatížení tohoto pásma s cílem poskytnout všem zúčastněným stranám nástroj umožňující odhad budoucí zátěže. Cílem je umožnit včasnou anticipaci budoucí situace, což umožní provádění relevantních a efektivních opatření ve smyslu změn předpisové základy a racionalizace/rozvoje přehledové infrastruktury s co možná největší nákladovou efektivitou pro všechny zainteresované strany. Rizikem je, že vlivem neustále se zvyšující hustoty leteckého provozu a s neustále se zvyšujícími požadavky na datovou výměnu mezi letadly navzájem a mezi letadly a pozemními přehledovými systémy, dojde k degradaci výkonnostních parametrů kooperativní přehledové infrastruktury.

Další oblastí, kterou řeší Laboratoř ATM systémů, je využití nízko nákladových přehledových technologií na malých (neřízených) letištích. Zde se jedná o užití kombinace ADS-B a multilaterační (MLAT) metody prostřednictvím „low-cost“ ADS-B přijímačů a vývoj automatizovaných nástrojů pro pracoviště AFIS založených na možné dostupnosti přehledové informace na těchto letištích.

Laboratoř se zajímá i o problematiku rušení GNSS signálu a to především ve spojení s leteckou dopravou. V současnosti je odhalování nezákonného rušení založeno na existenci pozemních detektorů, které však mají své limity a to v ochraně rozsáhlých oblastí, jakými je vzdušný prostor, nebo když rušící signál není šířen do blízkosti země. Z tohoto pohledu se např. laboratoř zajímá možnostmi využití systému ADS-B pro detekci rušení GNSS signálu, kdy na základě vysílání z každého letadla je možné získat informace o degradaci navigační informace založené na GNSS systémech a takto nepřímo může každé letadlo sloužit jako detektor rušení GNSS.

#### 1.2 Laboratoř simulací v letectví

Laboratoř simulací v letectví je vybavena simulátory letounů, na kterých je možné realizovat simulace všech aspektů spojených s prací posádky dopravního letounu.

V současné době je Laboratoř vybavena dvoupilotním simulátorem vícemotorového letounu Beechcraft, který vznikl díky podpoře z programu IRP v roce 2012 (obr. 4). Simulátor je vybaven analogovými přístroji, autopilotem, VOR, NDB a ILS navigací. Radiotelefonní vybavení umožňuje současné spojení obou pilotů a řídicího. Simulátor je postupně doplňován o další stupně moduly. V roce 2014 byl přidán elektrický trim na řídicích pákách, byla přidána instruktorská stanice a v roce 2015 byl doplněn modul družicové navigace. Aktuálně v roce 2018 bylo zařízení rozšířeno o integrovaný navigační systém Garmin GTN 750.

Instruktorská stanice simulátoru umožňuje komplexní řízení a nastavení letu. Lze měnit veškeré atributy počasí a podmínek na letišti. Lze simulovat poruchy nejvýznamnějších konstrukčních celků letadla, včetně požáru a nouzového přistání. Díky připojení k internetu je možno provádět let v řízeném prostředí IVAO, také je možné aktuálně stahovat METAR/TAF zprávy z reálného provozu a podle nich upravovat aktuální situaci na simulátoru.

V roce 2019 je plánováno nahradit část analogových přístrojů digitálním displejem (tzv. Glass cockpit) od firmy Aspen. Dále bude simulátor osazen dvojicí radiovýškoměrů pro přesné měření výšky do 1000FT nad úrovní letišť.

Využívají se mock-up letadla A320 a B737 NG, které slouží k výcviku MCC a CRM. Mock-upy rozměrově odpovídají reálným předlohám a zobrazují kompletní vybavení těchto typů. K výcviku se dá použít elektronická podpora pro plánování letu.



Obrázek 4 Současný dvoupilotní simulátor vícemotorového letounu Beechcraft



Během roku 2019 vznikne v Laboratoři simulací v letectví nový simulátor. Tento simulátor bude dotykový trainer pro typ Airbus A320 (obr. 5). Laboratoř tak získá simulátor, který bude simulovat komplexní dopravní letoun včetně všech zásadních systémů. Základní charakteristiky simulátoru jsou:

- detailní simulace avioniky A320-214,
- podpora pro 2x dotykové MCDU (FMS),
- nezávislé displeje pro dva piloty (každý pilot má vlastní EFIS control panel a vlastní QNH nastavení),
- hardwarové sidesticky a propojené pedály nožního řízení,
- hardwarové ovládání motorů, klapek, a spoilerů,
- aktualizovatelná celosvětová navigační databáze,
- Instruktorová stanice přístupná z libovolného tabletu, mobilního telefonu nebo počítače přes webové rozhraní.



Obrázek 5 Budoucí simulátor pro typ Airbus A320

Laboratoř slouží také výzkumným účelům a to především v oblasti výzkumu CRM/MCC a bezpečnosti letecké dopravy.

### 1.3 Laboratoř lidského faktoru a automatizace v letectví

Laboratoř lidského faktoru a automatizace v letectví se specializuje na hodnocení a objektivizaci lidského činitele v letecké dopravě, se současným transferem inovací v této oblasti do systému automatizovaného řízení v letectví. Primárně je laboratoř zaměřena na hodnocení a klasifikaci psychofyzilogického stavu leteckých specialistů, jako jsou piloti, řídicí letového provozu nebo technici údržby letecké techniky. Pro tyto účely je laboratoř vybavena vhodnou přístrojovou technikou, prostředky pro zpracování signálů a vyhodnocení naměřených dat.

V laboratoři probíhá také vývoj nových zařízení a softwarových řešení, např. inteligentního systému pro měření reakčního času nebo simulačního systému letových a environmentálních podmínek pro určování letových parametrů UAV. Součástí laboratoře je i simulátor bezpilotních prostředků. Simulátor je používán pro osvojení základních návyků pro ovládání bezpilotních prostředků pomocí datového spoje. Simulátor Phoenix 5 umožňuje nácvič s letouny, vrtulníky, kvadrokoptéry a dalšími speciálními typy bezpilotních prostředků, přičemž poskytuje možnosti hodnocení a optimalizace výcvikového procesu u operátorů UAV a rozhraní člověk - stroj.

Laboratoř spolupracuje s odbornými kapacitami z domácích i zahraničních univerzit a institucí. Členové laboratoře se podíleli na řešení několika úspěšných projektů a v současnosti se podílejí na řešení projektu orientujícího se na stanovení efektivních, individuálních programů výcviku posádek letadel v oblasti

stresových – zátěžových situací, s využitím simulačních prostředků virtuální reality za účelem zvýšení bezpečnosti leteckého provozu.

### 1.4 Laboratoř nedestruktivních zkoušek (NDT)

Laboratoř nedestruktivních zkoušek a kalibrace letových zapisovačů (NDT - Non Destructive Testing) se zabývá nedestruktivními zkouškami materiálů se zaměřením především na materiály využívané v letectví. Počátky laboratoře sahají do roku 2007, kdy byly ve spolupráci s Ústavem letadlové techniky Fakulty strojní založeny dvě kooperující NDT laboratoře. Jedna je na Karlově náměstí (Fakulta strojní) a druhá v kampusu Horská (Fakulta dopravní). Obě laboratoře navzájem sdílí přístrojové vybavení, čímž se podstatně zvyšuje efektivita a dynamika rozvoje tohoto odvětví na ČVUT. Laboratoř disponuje všemi základními metodami pro zkoušení materiálů. Jako příklad lze uvést metodu vířivých proudů (obr. 6A), magnetickou práškovou metodu, ultrazukovou metodu (obr. 6B) či kapilární metodu. NDT laboratoř vlastní i fibroskop používaný pro detailní vizuální kontroly (obr. 7).



Obrázek 6 Přístroje využívané při metodě vířivých proudů (A) a při ultrazukové metodě (B)



Obrázek 7 Fibroskop využívaný při nepřímé vibrační kontrole

V současné době je laboratoř nedestruktivního zkoušení na Fakultě dopravní využívána především studenty a vyučujícími. Studenti mohou v rámci svých závěrečných prací používat jak laboratorní vybavení, které si mohou zapůjčit do terénu, tak i v samotné laboratoři. Většina závěrečných prací, která byla v rámci NDT laboratoře doposud napsána, se věnovala tvorbě cvičebních úloh pro studenty ČVUT. Vyučující využívají laboratoř převážně pro výuku. V rámci cvičení si studenti vyzkouší všechny nedestruktivní metody, kterými laboratoř disponuje a mohou tak problematiku lépe pochopit.

Jednou částí NDT laboratoře je i kalibrace letových zapisovačů. V této části odborníci z Fakulty dopravní kalibrují letové zapisovače (logery), které se využívají pro validaci sportovních výkonů v rámci bezmotorového létání. Kalibrace probíhá v barokomoře, kdy jsou přístroje otestovány v rozmezí výšek od 0 do 8 000 m n. m. Následně je stanovena kalibrační křivka, podle které lze určit, zda pilot opravdu dosáhl požadované výšky či jestli nepřekročil maximální povolenou výšku letu pro daný závod. Kalibraci palubních elektronických zapisovačů (Flight Recorder – FR) se Ústav letecké dopravy zabývá od března roku 2011, kdy mu byla Aeroklubem ČR k této činnosti vydána certifikace.

### 1.5 Laboratoř letecké bezpečnosti

Laboratoř letecké bezpečnosti je významnou součástí Ústavu letecké dopravy, která se nejen zabývá ale i odpovídá na aktuální témata bezpečnosti, mezi které patří oblasti provozní bezpečnosti i ochrany civilního letectví před protiprávními činy. Laboratoř se věnuje otázkám systémů řízení bezpečnosti, indikátorů bezpečnosti, bezpečnostní kultury, pohotovostních plánů a mnohým dalším aktuálním tématům. Letectví patří mezi riziková odvětví, kde nehody mohou mít značné dopady na člověka, společnost i na životní prostředí a existuje zde proto přirozená snaha o řízení bezpečnosti. Neexistence či omezení v současných metodikách, postupech a nástrojích uplatňujících se v letectví je pro Laboratoř letecké bezpečnosti výzva, na kterou směřuje svůj výzkum. Hlavním vybavením laboratoře jsou pracovníci a know-how.

Nejzajímavější řešené projekty se týkají indikátorů bezpečnosti pro letecký provoz, kde jsou zkoumány indikátory pro řízení letového provozu, letiště, letecké společnosti, organizace oprávněné k údržbě a letecké školy. Na druhé straně se Laboratoř věnuje také indikátorům bezpečnosti z pohledu národních regulátorů. Laboratoř spolupracuje s mnoha partnery, kteří výzkum aplikují do reálného provozu. Pod jejím vedením byl vytvořen prototypový nástroj s názvem „INBAS Reporting Tool“ (nástroj pro podporu hlášení o událostech z leteckého provozu založený na práci s indikátory bezpečnosti) nebo systém s názvem SISel (Safety Intelligence

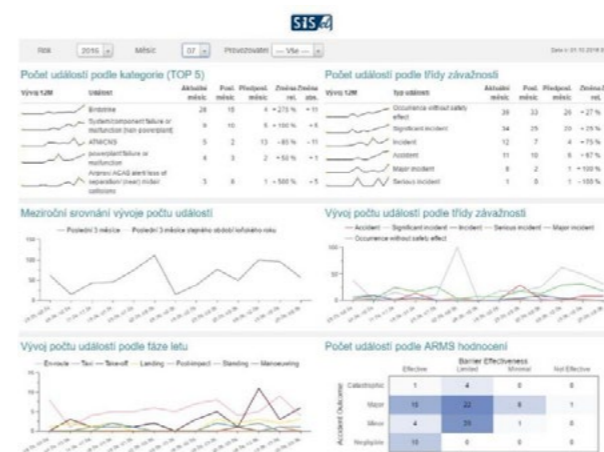
System – sběr a analýza dat o bezpečnosti na úrovni státu, podpora činnosti odborných skupin zřízených k posuzování bezpečnostních problémů českého letectví a dozorové činnosti Úřadu pro civilní letectví nad odvětvím letecké dopravy v ČR; obr. 8).

### 2. Potenciál a vize

Ústav letecké dopravy je komplex sdružující odlišně zaměřené odborníky se zájmem o letectví, kteří se snaží právě oblast letecké dopravy zkvalitnit, zabezpečit a celkově rozvíjet ve všech potenciálních směrech. Vědecko-výzkumné týmy se snaží integrovat svá řešení do praxe a také o nich informovat odbornou i laickou veřejnost. Cílem Ústavu je nadále vykonávat odbornou činnost na prestižní úrovni a také se podílet na významných projektech řešených v rámci ČR, EU i světa. Vizí Ústavu je také neustále zkvalitňovat výuku a spolupracovat s významnými profesionály z oblasti civilního letectví. Potenciálem Ústavu letecké dopravy FD ČVUT je se neustále rozvíjet a reagovat na aktuální problémy, které budou v rámci letecké dopravy řešeny.

### Zdroje

1. Ústav letecké dopravy FD ČVUT v Praze [online]. [cit. 2018-11-29]. Dostupné z: <http://uld.fd.cvut.cz/cs/o-nas/>



Obrázek 8 Ukázka ze systému SISel

## Ústav soudního znaleství v dopravě K 622

doc. Ing. Jindřich Šachl, CSc.<sup>1</sup>  
Ing. Bc. Martin Kobosil<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Ústav soudního znaleství v dopravě (16122); Horská 3, Praha 2; sachljin@fd.cvut.cz

<sup>2</sup> Ústav soudního znaleství v dopravě (16122); Horská 3, Praha 2; kobosmar@fd.cvut.cz

**Abstrakt** Ústav soudního znaleství v dopravě samostatně zpracovává posudky týkající se silničních nehod a také vede a koordinuje přípravu posudků v ostatních specializacích. Ústav garantuje výuku studentů v několika předmětech a vede studentské práce, doktorandské přípravy a výzkumné aktivity. Pořádá vlastní odborné akce a dalších se zúčastní. V současné době pracuje na řadě projektů, věnujících se bezpečnosti dopravy, do kterých zapojují studenty, kteří zde získávají podklady pro své závěrečné práce.

**Klíčová slova** Ústav soudního znaleství v dopravě, znalecká činnost, analýza dopravních nehod, crash test

### 1. HISTORIE

Na počátku byla iniciativa pana doc. Ing. Josefa Jíry, CSc, vedoucího Katedry mechaniky a materiálů K 618, aby se na Fakultě dopravní (FD) vyučovala Analýza silničních nehod. Dopravní nehoda „je fyzikální děj“, analýza je aplikovaná mechanika, je to „detektivka s kalkulačkou“, a tak logicky se předmět vyučoval pod křídly K 618 – a to od školního roku 1997/98. V roce 2000/01 k tomu přibyl předmět „Prevence silničních nehod“ – v logické vazbě: příčiny – analýza – prevence.

Fakulta dopravní ČVUT je znaleckým ústavem od 23.7.2002, kdy byla z rozhodnutí ministra spravedlnosti ČR zapsána do druhého oddílu seznamu ústavů kvalifikovaných pro znaleckou činnost v oborech doprava a spoje s rozsahem znaleckého oprávnění pro dopravní technologii a spoje, logistiku v dopravě a telekomunikacích, dopravní inženýrství a spoje, dopravní infrastrukturu v území, management a ekonomiku dopravy a telekomunikací, automatizaci v dopravě a telekomunikacích, technologii a management a ekonomiku dopravy a telekomunikací, dopravní systémy a techniku, inženýrskou informatiku.

Rozhodnutím ministra spravedlnosti ČR ze dne 10.1.2005 byl dosavadní rozsah znaleckého oprávnění fakulty v oboru dopravy rozšířen pro dopravu silniční a městskou se specializací pro posuzování příčin dopravních nehod a protismykových vlastností vozovek, pro dopravní stavby se specializací pro posuzování pozemních komunikací z hlediska bezpečnosti dopravy, stejně tak pro posuzování technického stavu a oprav silničních vozidel ve vztahu k bezpečnosti silničního provozu.

V návaznosti na toto rozhodnutí ministra spravedlnosti a z iniciativy tajemnice fakulty paní JUDr. Lud'ky Michálkové zřídil děkan FD ČVUT pan prof. Ing. Josef Jíra, CSc dne 2.9.2005 „Ústav soudního inženýrství v dopravě“ jako součást Fakulty dopravní ČVUT v Praze a jako nositele znaleckého oprávnění dle výše zmíněného rozhodnutí ministra spravedlnosti. Ústav byl zřízen při katedře mechaniky a materiálů K 618 FD ČVUT.

Vedoucím byl jmenován doc. Ing. Jindřich Šachl, CSc, tajemnicí JUDr. Lud'ka Michálková, odbornými pracovníky Ing. Tomáš

Mičunek a Ing. Michal Frydřín, spolupracovníkem Ing. Drahomír Schmidt, Ph.D. Ústavu byly přiděleny zrekonstruované prostory v budově Horská 3.

Změnou Organizačního řádu FD ČVUT ze dne 15.11.2006 byl ústav vyčleněn na úroveň ostatních ústavů (dříve kateder) fakulty a zároveň byl název ústavu změněn (v návaznosti na jednání s ÚSI VUT v Brně) na Ústav soudního znaleství v dopravě.

Ústav K 622 nyní vede doc. Ing. Tomáš Mičunek, Ph.D., zástupcem je doc. Ing. Jindřich Šachl, CSc, tajemníkem Ing. Michal Frydřín, Ph.D., jenž je zároveň manažerem pro pedagogickou činnost, manažerem projektů je Ing. Luboš Nouzovský. Ústav má řadu odborných zaměstnanců i externích spolupracovníků.

### 2. ZNALECKÁ ČINNOST

Fakulta dopravní dostává zadání výhradně od soudů a od Policie ČR k podávání posudků revizních nebo takových, které vyžadují zvláštní vědecké zkoumání. Je to dáno zápisem fakulty do II.oddílu seznamu ústavů kvalifikovaných pro znaleckou činnost. Ústav soudního znaleství v dopravě zpracovává samostatně posudky týkající se silničních nehod, v ostatních specializacích se přípravou posudku pověřují pracovníci příslušných ústavů fakulty, neboť znaleckým ústavem navenek je fakulta. Ústav soudního znaleství pak přípravu posudku koordinuje a vede po formální stránce (aby hotový posudek splňoval zákonná kritéria).

### 3. PROJEKTOVÁ VÝUKA

Ústav K 622 v současné době garantuje výuku studentů v předmětech „Analýza silničních nehod“, „Prevence silničních nehod“, „Počítačové simulace a analýzy silničních nehod“, vede studentské projekty, doktorandské přípravy, výzkumné aktivity, pořádá vlastní odborné akce, dalších se pracovníci účastní, vede odbornou spolupráci na předpisech.

Studenti se v rámci projektové výuky hlásí na projekt „Analýza dopravních nehod“, pod jehož záštitou jsou vedeni a pracují na svých závěrečných pracích. Záběr projektu je velmi široký a studenti mohou pracovat na nejrůznějších problémech týkajících se bezpečnosti silničního provozu podle vlastní iniciativy. Projekt Analýza dopravních nehod se v posledních čtyřech letech vždy umístil v první trojici při prezentaci projektů na FD.

Jeden z největších projektů, na kterém dnes Ústav soudního znaleství v dopravě pracuje je série měření dvanácti různých scénářů Crash testů pořádaných ve spolupráci s VIMOT 4U, UPCE Pardubice a USI Žilina, kde se porovnávají naměřená data z CDR řídicí jednotky airbagu vozidla a data z měřicí techniky. Tímto projektem se validuje použití jednotek CDR na Evropských komunikacích a zároveň se získají zkušenosti pro jejich využití ve znalecké praxi.

## Vliv konstrukce koleje na emise hluku z železniční dopravy

Martin Jacura<sup>1</sup>  
Tomáš Javořík<sup>2</sup>  
Kristýna Neubergová<sup>3</sup>  
Lukáš Týfa<sup>4</sup>  
David Vašica<sup>5</sup>  
Libor Ládyš<sup>6</sup>  
Aleš Matoušek<sup>7</sup>

<sup>1</sup> ČVUT v Praze Fakulta dopravní

<sup>2</sup> ČVUT v Praze Fakulta dopravní

<sup>3</sup> ČVUT v Praze Fakulta dopravní

<sup>4</sup> ČVUT v Praze Fakulta dopravní

<sup>5</sup> ČVUT v Praze Fakulta dopravní

<sup>6</sup> EKOLA group, spol. s r.o.

<sup>7</sup> EKOLA group, spol. s r.o.

**Abstrakt** Již několik let dochází v České republice k rekonstrukcím železničních tratí. Avšak doposud nebylo ověřeno, jakým způsobem ovlivní změny železničního svršku emise hluku ze železniční dopravy. To má za následek, že v případě výhledové predikce hluku často dochází k nadhodnocení nebo k podhodnocení akustické situace v okolí železničních tratí a tím také k předimenzování nebo poddimenzování návrhů protihlukových opatření. Tato situace vedla vybrané pracovníky ČVUT v Praze Fakulty dopravní a společnosti EKOLA group, spol. s r.o., k řešení projektu, který přispívá k řešení uvedené situace. Hlavní výsledky tohoto projektu, řešeného v letech 2011–2013, představuje tento článek.

**Klíčová slova** železnice, hluk, emise hluku, železniční svršek

### 1. ÚVOD

Již několik let dochází na území České republiky k investičním akcím na veřejné železniční infrastrukturu, jejichž hlavním cílem je zvýšení traťové rychlosti, bezpečnosti a propustnosti tratí i rozšíření elektrické trakce. Už méně často se zdůrazňuje také další pozitivní vedlejší efekt těchto stavebních prací, kterým je snížení hluku a vibrací z železniční dopravy. Avšak dlouho nebylo přesně známo, jakým způsobem ovlivní změny železničního svršku emise hluku ze železniční dopravy, a to především ve vztahu ke konkrétním typům použitých opatření, k jednotlivým konstrukcím železničního svršku a pro standardně používaný vozový park na českých železničních tratích. To mělo za následek, že v případě výhledové predikce hluku z provozu na tratích, jejichž železniční svršek měl projít zásadní úpravou, docházelo buď k nadhodnocení, nebo naopak k podhodnocení akustické situace v okolí železničních tratí, a tím také k možným předimenzovaným, resp. poddimenzovaným, návrhům protihlukových opatření, což se samozřejmě projevovalo i ve finanční náročnosti každé takovéto rekonstrukce.

V České republice se provádí výpočty hluku ze železničního provozu buď podle české výpočtové metodiky, nebo metodik zahraničních. Bohužel česká metodika vznikla již v minulém století a od té doby nebyla aktualizována a zahraniční metodiky odpovídají specifikům jednotlivých zemí (mnohdy výrazně odlišným oproti situaci v České republice). Z výše uvedených důvodů byla v České republice velmi aktuální potřeba stanovit (s ohledem na používané konstrukce

železničního svršku a na provozovaný vozový park v železniční dopravě) vhodné korekce charakterizující snížení hluku mezi původní a rekonstruovanou tratí tak, aby bylo možné definovat podmínky, za jakých hodnoty emisí hluku platí. To by mělo vést k možnému využití různých typů výpočtových metodik, jejichž výsledky by se měly co nejvíce blížit reálným podmínkám, a tak i následný návrh protihlukových opatření by měl optimální – tedy co nejmenší při splnění právně stanovených limitů. Určení zmíněných korekcí se věnoval tříletý výzkumný projekt „Vliv opatření na infrastrukturu železniční dopravy na snížení vzniku a šíření hluku od jedoucích vlaků“, který finančně podpořila Technologická agentura České republiky.

### 2. SLEDOVANÉ KONSTRUKCE ŽELEZNIČNÍ KOLEJE

Z hlediska konstrukce koleje se rozeznává buď tzv. klasická konstrukce železniční koleje, nebo tzv. pevná jízdní dráha (PJD). Klasická konstrukce železničního svršku obsahuje kolejnice, upevňovací, drobné kolejivo, příčné pražce a šterkové kolejové lože. Pevná jízdní dráha představuje konstrukci bez kolejového lože – kolejnicové pásy jsou uloženy přímo nebo prostřednictvím zabetonovaných pražců (ojediněle kontinuálně) v prefabrikovaných nebo monolitických betonových deskách z cementobetonu, výjimečně asfaltobetonu.

Konstrukcí železničního svršku lze na české železniční síti najít mnoho, ale provedený výzkum byl zaměřen na jeho následující nejrozšířenější sestavy (nacházející se v kolejích s traťovou rychlostí do 160 km/h včetně):

- tuhé nepřímé podkladnicové s rozponovými nebo žebrovými podkladnicemi
- tuhé nepřímé pružné s žebrovými podkladnicemi
- pružné bezpodkladnicové přímé se svěrkami Vossloh Skl 14
- pružné bezpodkladnicové přímé se svěrkami Vossloh 300 na pevné jízdní dráze (pro rychlosti vyšší než 80 km/h)

Ostatní tuhá upevnění nebyla do výzkumu zahrnuta, jelikož se při rekonstrukcích železničních tratí obvykle nezřizují. Pro pevnou jízdní dráhu je výzkum zpracován jen pro rychlosti v intervalu 80–160 km/h, protože jednak nebylo možné ověřit provést u nižších rychlostí (oba úseky v ČR disponují traťovou rychlostí vyšší než 100



km/h) a jednak se zřizování pevné jízdní dráhy ani výhledově neuvažuje na tratích s nízkými traťovými rychlostmi. Výsledky výzkumu nezahnují železniční svršek s ocelovými pražci tvaru písmene „Y“ (i když měření byla na nich v rámci projektu prováděna), jelikož existující úseky na české železniční síti neumožňují ověřit hlukové emise pro rychlosti vyšší než 60 km/h, tedy v pásmu rychlostí, v nichž dominuje hluk z valení.

Za specifickou konstrukcí železničního svršku lze považovat doplnění klasické konstrukce o protihluková opatření, kterými jsou tlumicí bokovnice, umístěné z obou stran ke stojině kolejnice (do spojkové komory). Úseky této konstrukce se v ČR nacházejí prozatím dva (v Poděbradech a Havlíčkově Brodě), ale bohužel nebylo možné prověřit akustický přínos spočívající jen v doplnění bokovnic ke kolejnici, protože navazující úseky kolejí byly konstrukčně řešeny odlišnou sestavou železničního svršku. Efektivitou tohoto typu protihlukového opatření se zabývaly jiné výzkumné projekty.

### 3. MĚŘENÍ IN-SITU

Základem pro stanovení emisí hluku jedoucích vlaků je rozsáhlý soubor dat z provedených „synchronních“ měření (opakovaná měření akustických parametrů při průjezdu téhož vlaku dvěma místy odlišné konstrukce železničního svršku, resp. totožné konstrukce s odlišnou mírou jejího opotřebení) na železničních tratích v ČR s veřejným provozem. Pro měření hluku byla použita metoda měření hladin akustického tlaku integrálním zvukoměrem (hlukoměrem) při průjezdu vozidel kolem pevného měřicího stanoviště podle ČSN EN ISO 3095:2006 „Železniční aplikace – Akustika – Měření hluku vyzařovaného kolejovými vozidly“.

Na každém měřicím stanovišti tak byly umístěny současně tři mikrofony – dva ve vzdálenosti 7,5 m od osy sledované koleje (ve výšce 1,2 m a 3,5 m nad temenem přilehlé kolejnice) a jeden ve vzdálenosti 25,0 m a ve výšce 3,5 m – mimo jiné proto, že některé výpočtové metodiky určují emisní hladiny ve vzdálenosti 7,5 m a jiné 25,0 m (viz níže). Při známých parametrech jedoucího vlaku, konstrukce koleje a na základě výsledků měření akustických parametrů byl zjištěn vliv konstrukce železničního svršku na emise a šíření hluku projíždějících vlaků.

### 4. MATEMATICKÝ MODEL EMISNÍ HLADINY AKUSTICKÉHO TLAKU

Soubor dat získaných měření v terénu a doplněných dopravními charakteristikami vlaků a údaji o konstrukci koleje obsahuje celkem 731 záznamů, z toho 183 průjezdů vlaků nákladní a 548 vlaků osobní dopravy (178 položek přísluší vlakům v motorové traktaci). Data obsahují jak nezávisle proměnné (vysvětlující, vstupní), tak závisle proměnnou (vysvětlovanou, výstupní). Cílem výzkumné práce bylo vysvětlit proměnnou popsat matematickou funkcí v závislosti na vysvětlujících proměnných. K tomu slouží matematický model, který využíval vícerozměrnou regresi a který na základě vstupních hodnot a znalosti jejich chování předložil výstupní hodnotu ve formě matematické rovnice popisující zkoumanou veličinu. Vysvětlující (vstupní) proměnné byly následující:

- sestava žel. svršku
- technický stav žel. svršku
- druh traktace (elektrická × motorová)
- podíl ložených vozů u nákladních vlaků
- počet činných hnacích vozidel zařazených ve vlaku
- celkový počet náprav vlaku
- celkový počet vozidel vlaku
- podíl vozů/náprav s kotoučovými brzdami u osobních vlaků (dle konstrukčních řad vozidel)
- hmotnost vlaku

- délka vlaku
- rychlost vlaku
- existence protihlukových opatření v konstrukci koleje – tlumicí bokovnice

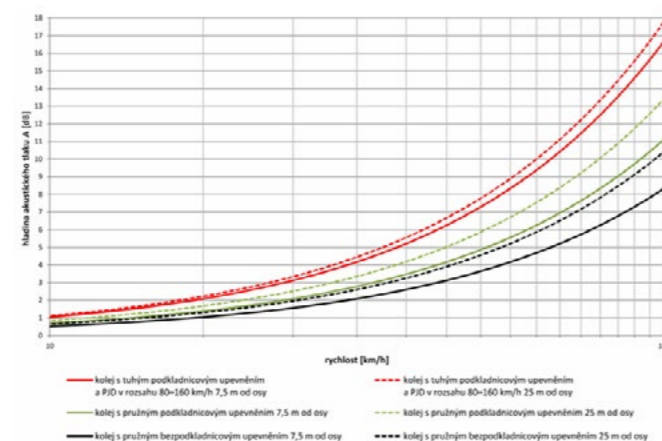
Jedinou vysvětlovanou (výstupní) proměnnou byla hladina expozice zvuku LAE (SEL). Jak je z výše uvedeného seznamu patrné, vstupních proměnných je však velké množství, přičemž některé jsou si svým charakterem podobné. Pro výsledný regresní model bylo vhodné, aby vstupních parametrů bylo co nejméně, ale zároveň aby byla zachována informační hodnota datového souboru. K dosažení tohoto cíle byla využita postupná vícenásobná lineární regrese (Stepwise), kde se v jednotlivých krocích ověřuje významnost jednotlivých proměnných v modelu.

V lineárním modelu byly statisticky prokázány následující vlivy na vznik hlukových emisí při rychlosti vlaku do 60 km/h:

- rychlost vlaku: přímá úměrnost
- počet vozidel vlaku: přímá úměrnost
- podíl vozidel s kotoučovými brzdami: nepřímá úměrnost, rozdíl mezi nulovým a 100% podílem 4–6 dB

V lineárním modelu byly statisticky prokázány následující vlivy na vznik hlukových emisí při rychlosti vlaku nad 60 km/h:

- rychlost vlaku: přímá úměrnost
- počet vozidel vlaku: přímá úměrnost
- podíl vozidel s kotoučovými brzdami: nepřímá úměrnost, rozdíl mezi nulovým a 100% podílem cca 6 dB
- podíl vozidel s jednonápravovými podvozky: nepřímá úměrnost
- konstrukční řešení žel. svršku: nejnepříznivější z hlediska hlučnosti se jeví tuhé podkladnicové upevnění v kolejovém roštu v kolejovém loži a pevná jízdní dráha (bez dalších speciálních opatření), následuje pružné podkladnicové upevnění a nejpříznivěji působí pružné bezpodkladnicové upevnění kolejnic, přičemž rozdíl mezi tuhým podkladnicovým a pružným bezpodkladnicovým upevněním činí 3–4 dB (průměr za celé spektrum rychlostí)
- technický stav žel. svršku: špatný technický stav železničního svršku navyšuje emisí hluku o cca 2 dB (měřeno pouze na tuhém upevnění)
- druh traktace: soubor jevů souvisejících s motorovou traktací snižuje hlučnost o cca 1 dB (může se jednat např. o skutečnost, že většina nákladních vlaků byla měřena na elektrické traktaci)



Obrázek 1: Emisní charakteristiky (faktory rychlosti) pro jednotlivé konstrukce železničního svršku podle výsledků měření pro vzdálenosti 7,5 m a 25,0 m od osy koleje (zdroj: autoři)

Účelem lineárního regresního modelu byla zejména identifikace významných vlivů (proměnných) na vznik hlukových emisí, a tvořil tak přípravou fází na nelineární regresní model, který umožňuje určit

přesnější tvar zkoumaných závislostí – především ve vztahu k rychlosti jízdy vlaků. Do nelineárního modelu vstoupily pouze ty proměnné, které v lineárním modelu vyšly jako významné s výjimkou špatného technického stavu železničního svršku<sup>1</sup>. Proměnná reprezentující motorovou traktaci vyšla v nelineárním modelu jako nevýznamná a v rámci zpřesnění byla z výpočtů vypuštěna. Výsledný model popisuje 83 % proměnlivosti v datech a splňuje z hlediska statistiky předpoklady na něj kladené. Nelineární model byl sestaven z dat získaných měření v letech 2011 až 2012 a byl validován daty naměřenými v prvním pololetí roku 2013.

Výstupem vícerozměrného nelineárního modelu pro potřeby projektu jsou emisní charakteristiky jednotlivých konstrukčních typů železničního svršku dané exponenciálními funkcemi na logaritmické stupnici. Vliv vozidel a další faktory působící na vznik hluku při průjezdu vlaku jsou reprezentovány zbývajícími proměnnými, emisní charakteristiky jsou tak přímo vlastnostmi jednotlivých konstrukcí.

Uvedené emisní charakteristiky (viz tab. 1, tab. 2 a obr. 1) mají stejný charakter jako faktor rychlosti  $F_3$  v české výpočtové metodice, faktor rychlosti  $D_V$  v německé výpočtové metodice „Schall 03“ a faktor rychlosti reprezentovaný členem  $b_c \cdot \lg v_c$  v nizozemské výpočtové metodice „RMR 2006“. Tab. 1 je přednostně určena pro českou a nizozemskou metodiku a tab. 2 pro metodiku německou – s ohledem na to, v jaké vzdálenosti od osy koleje jednotlivé metodiky určují emisní hladiny. Z funkcí uvedených v tab. 1 a tab. 2 vyplývá, že se vliv faktoru rychlosti zvyšuje s rostoucí vzdáleností od osy koleje, ale celková hladina emisí hluku z železniční dopravy s rostoucí vzdáleností od osy koleje samozřejmě klesá.

Tabulka 1: Závislost emisní hladiny akustického tlaku A (LAE) na rychlosti vlaku v km/h pro jednotlivé konstrukce železničního svršku ve vzdálenosti 7,5 m od osy koleje v decibelech

Konstrukce železničního svršku	Emisní charakteristika
tuhé podkladnicové upevnění a PJD <sup>3</sup>	$L_{E,7,5m}(V) = 10 \cdot \log(e^{0,024V}) \approx 0,104 \cdot V$
pružné podkladnicové upevnění	$L_{E,7,5m}(V) = 10 \cdot \log(e^{0,016V}) \approx 0,069 \cdot V$
pružné bezpodkladnicové upevnění	$L_{E,7,5m}(V) = 10 \cdot \log(e^{0,012V}) \approx 0,052 \cdot V$

Tabulka 2: Závislost emisní hladiny akustického tlaku A (LAE) na rychlosti vlaku v km/h pro jednotlivé konstrukce železničního svršku ve vzdálenosti 25 m od osy koleje v decibelech

Konstrukce železničního svršku	Emisní charakteristika
tuhé podkladnicové upevnění a PJD <sup>3</sup>	$L_{E,25m}(V) = 10 \cdot \log(e^{0,026V}) \approx 0,113 \cdot V$
pružné podkladnicové upevnění	$L_{E,25m}(V) = 10 \cdot \log(e^{0,019V}) \approx 0,083 \cdot V$
pružné bezpodkladnicové upevnění	$L_{E,25m}(V) = 10 \cdot \log(e^{0,015V}) \approx 0,065 \cdot V$

<sup>1</sup> Jiná vazba mezi lineárním a nelineárním modelem neexistuje.

<sup>2</sup> I když byl stav železničního svršku z hlediska údržby označen jako špatný, vždy se jednalo o koleje, jejichž technický stav odpovídal platným předpisům pro zajištění provozuschopnosti dráhy. Z uvedených důvodů není příslušná proměnná v nelineárním modelu zahrnuta a konstrukce s tuhým upevněním kolejnic představuje žel. svršek v průměrném technickém stavu.

### 5. KOREKCE EMISÍ HLUKU V ZÁVISLOSTI NA KONSTRUKCI KOLEJE

Rozdíl mezi emisními hladinami jednotlivých konstrukcí žel. svršku představuje tzv. korekce na typ svršku  $K_S$ . Při stanovení hladiny akustického tlaku vybranou výpočtovou metodikou se postupuje tak, že se z příslušné metodiky zjistí faktor rychlosti a z emisní charakteristiky dané konstrukce železničního svršku se pro výpočtovou rychlost stanoví korekce mezi metodikou zjištěnou a skutečnou hladinou akustického tlaku  $K_{VYSL}$ . Tato korekce v sobě

zahrnuje jak tzv. korekci na rychlost  $K_V$  (vyplývající z odlišného faktoru rychlosti vybrané metodiky), tak tzv. korekci na konstrukci železničního svršku  $K_S$ , tedy  $K_{VYSL} = K_V + K_S$ . Výsledná korekce  $K_{VYSL}$  se pak přičte k hodnotě získané příslušnou výpočtovou metodikou. Názorné návody a příklady použití korekcí emisí hluku pro výpočtové metodiky českou, německou „Schall 03“ a nizozemskou „RMR 2006“ jsou uvedeny v metodice (TÝFA, Lukáš, Libor LÁDYŠ et al., 2013a).

Metodika korekce emisí hluku byla prakticky aplikována například do výpočtové metodiky „Shall 03“ firmou Avekol, spol. s r.o., ze Žiliny v projektu „ŽSR, Elektrifikácia trate Bánovce nad Ondavou – Humenné“. Společnost EKOLA group, spol. s r. o., implementovala metodiku v rámci výpočtové metodiky „Schall 03“ při zpracování akustických studií v roce 2013 a 2014. Dále byla metodika implementována v rámci projektů zadávaných SŽDC. Použitím zpracované metodiky, resp. uplatněním stanovených korekcí došlo ke zmenšení plošného rozsahu protihlukových clon až o cca 30 %.

<sup>3</sup> Emisní charakteristika pevné jízdní dráhy platí v rozsahu 80–160 km/h. Její vliv na emise hluku pro nižší rychlosti nebylo možno experimentálně ověřit – viz výše.

### 6. ZÁVĚR

Mezi největší negativní vlivy železniční dopravy na životní prostředí patří bezpochyby její emise hluku a vibrací. Již prostou obnovou vozidlového parku (zejména nasazením vozidel s kotoučovými brzdami) a rekonstrukcí železničního svršku (především použitím pružného upevnění a neojetých kolejnic a odstraněním kolejnicových styků) se docílí významného snížení těchto emisí. Přesto jsou při investičních akcích na české železniční infrastrukturu často navrhována pasivní (sekundární) protihluková opatření, a to podle metodik, které zcela nereflktují stav současného vozového parku v ČR a zvláště moderní konstrukce železničního svršku používané při rekonstrukcích. Dochází tak k nepřesnostem, v jejichž důsledku je výsledná hluková zátěž často významně nadhodnocena či podhodnocena oproti skutečnosti zjištěné při provozu vlaků vylepšeným traťovým úsekem.

Všechna zmíněná fakta byla podnětem k řešení výzkumného projektu, v rámci něhož vznikl tento článek a jehož stěžejním cílem bylo zjistit vliv v ČR používaných konstrukcí železničního svršku na emise hluku z projíždějících vozidel. Základem pro řešení výzkumu se stal soubor téměř tří desítek měřicích kampaní, během nichž byly změřeny emise hluku při průjezdu 731 vlaků po různých typech konstrukcí železniční koleje.

Hlavním výstupem projektu jsou korekce k emisím hluku zjištěným podle zaběhnutých a existujících výpočtových metodik nejčastěji používaných v ČR pro rychlosti vlaků 60–160 km/h. Praktickým výstupem řešení projektu při výpočtu hlukové zátěže železničních staveb je certifikovaná metodika, doplněná internetovou aplikací. K ověření výsledků byly rovněž zhotoveny 3D výpočtové modely a na ně navazující ekonomické zhodnocení úspor při aplikaci stanovených korekcí. Charakteristiku projektu, jeho dílčí výstupy (články a příspěvky z konferencí) i hlavní závěrečné výstupy (metodiku a software) lze nalézt na jeho internetových stránkách: <http://vlakly-hluk.fd.cvut.cz>

Metodika je běžně využívána při řešení akustických posouzení v praxi a upřesňuje predikce akustické situace v rámci prováděných výpočtů, což vede ke snížení rozsahu návrhu protihlukových opatření, a tím i k úsporám investičních nákladů pro realizaci těchto opatření.

## PODĚKOVÁNÍ

Tento článek vznikl v rámci projektu č. TA01030087 „Vliv opatření na infrastrukturu železniční dopravy na snížení vzniku a šíření hluku od jedoucích vlaků“, uděleného Technologickou agenturou České republiky.

Tento článek mírně rozšířený byl publikován jako příspěvek na konferenci RYCHLOST S TICHOSTÍ, která se uskutečnila 2. dubna 2015 v Plzni.

## Zdroje

1. TÝFA, Lukáš, Libor LÁDYŠ et al., 2014a. Projekt výzkumu a vývoje programu ALFA Technologické agentury České republiky č. TA01030087 – Závěrečná zpráva projektu. [Výzkumná zpráva]. Praha: ČVUT v Praze Fakulta dopravní, Ústav dopravních systémů. 85 s., 3 přílohy.
2. TÝFA, Lukáš, Libor LÁDYŠ et al., 2014b. Korekce výpočtových metodik emisí hluku na rekonstruovaných

3. železničních tratích v České republice jako nástroj k objektivizaci modelovaných hodnot. Fyzikálne faktory prostredia. 2014, roč. IV, č. 1, s. 14-18. ISSN 1338-3922.
4. TÝFA, L., D. VAŠICA a J. KRČÁL., 2013. Korekce emisí hluku podle konstrukce železničního svršku v podmínkách ČR – KEHKES-CR 1.0 [online software]. České vysoké učení technické v Praze Fakulta dopravní, Ústav dopravních systémů. Praha. Dostupný z: <https://www.fd.cvut.cz/hluk/>
5. TÝFA, Lukáš, Libor LÁDYŠ et al., 2013a. Metodika stanovení korekcí emisí hluku v závislosti na konstrukci železničního svršku v podmínkách České republiky. Vydalo České vysoké učení technické v Praze (zpracovala Fakulta dopravní) ve spolupráci s EKOLA group, spol. s r.o. Praha. ISBN 978-80-01-05373-7. Dostupné také z: <http://vlak-y-hluk.fd.cvut.cz/index.php?file=vystupy&action=show>
6. TÝFA, Lukáš, Libor LÁDYŠ et al., 2013b. Stanovení korekcí emisí hluku v závislosti na konstrukci železničního svršku v podmínkách České republiky. Silnice železnice. 2013, roč. 8, č. 5, s. 92–96. ISSN 1801-822X.
7. JACURA, Martin et al., 2013. Vliv opatření na infrastrukturu železniční dopravy na snížení vzniku a šíření hluku od jedoucích vlaků. Vědeckotechnický sborník Českých drah. Roč. 2013, č. 36, 16 s. ISSN 1214-9047.

## Využití rozhodovacích tabulek pro návrh koncepce přestupního uzlu

Ing. Martin Jacura, Ph.D.<sup>1</sup>  
doc. Ing. Lukáš Týfa, Ph.D.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ČVUT v Praze Fakulta dopravní, jacura@fd.cvut.cz

<sup>2</sup> ČVUT v Praze Fakulta dopravní, tyfa@fd.cvut.cz

**Abstrakt** Jeden z klíčových problémů, jehož řešení vede ke zvýšení atraktivitu veřejné hromadné dopravy, je optimální uspořádání jejích přestupních uzlů. Cílem je navrhnout příjemné, jednoduché a bezpečné prostředí pro cestující i dopravce a řešení levné na výstavbu i provoz. I když každý přestupní uzel je originál se svými specifiky, tak k projektu jeho rekonstrukce nebo novostavby je vhodné získat nejprve obecnou představu o jeho dispozici. Ta by měla vycházet zejména z intenzity provozu jednotlivých druhů dopravy, síly jednotlivých přestupních vazeb, významu a charakteru dopravních cest. Článek představuje metodiku určení vhodné dispozice uzlů veřejné hromadné dopravy s využitím modifikovaných rozhodovacích tabulek (jednoho z nástrojů systémové analýzy) s konkrétními údaji využitelnými především v prostředí České republiky.

**Klíčová slova** veřejná hromadná doprava, rozhodovací tabulky, přestupní uzel, železniční stanice

### 1. VÝZNAM TÉMATU A JEHO AKTUÁLNOST

Nejen na území České republiky, ale i v dalších evropských státech probíhá diskuze o budoucnosti regionálních tratích. Náklady na jejich údržbu i na provoz vlaků po nich jezdících stále rostou, a tak se stále výrazněji sleduje vytížení vlaků i tratí. Pokud takovéto tratě nemají zaniknout, ale mají být plnohodnotnou součástí systému veřejné hromadné dopravy, je nutné zvýšit jejich atraktivitu s co nejnižšími náklady. To představuje změny jak ve vozovém parku, provozní koncepci (jízdním řádu) a zabezpečení provozu, tak uspořádání a rozmístění stanic a zastávek. Právě železniční stanice a zastávky (nejen na regionálních tratích) by se měly stát jádrem přestupních uzlů veřejné hromadné dopravy. Rozsáhlé pozitivní zkušenosti mají v této oblasti ve Švýcarsku, Švédsku nebo Dánsku. V tomto článku se proto autoři zaměřili na vytvoření nástroje, který by pomohl při prvním rozhodování o podobě přestupních uzlů a určil směřování další diskuze a projektových prací při úpravách, příp. nových návrzích, o jejich podobě.

Na faktory ovlivňující podobu přestupního uzlu a hlavně na jejich váhu existuje mnoho pohledů. Lze použít multikriteriální hodnocení, hodnocení na základě očekávaných rizik, vývojové diagramy a další metody. Obecně však platí, že pro praktické využití je nejužitečnější taková metoda, jež pojme co největší počet rozhodovacích hledisek a zároveň je uživatelsky přívětivá. Jednou z podmínek uživatelské přívětivosti je jednoduchost, a tak se jako optimální rozhodovací metoda pro výše popsaný účel jeví rozhodovací tabulka.

### 2. ROZHODOVACÍ TABULKY

Rozhodovací tabulky jsou jedním z nástrojů systémové analýzy a ve své základní podobě slouží k tomu, aby určily, která činnost (příp. činnosti) se má provést při splnění kterých podmínek. Rozhodovací tabulka je složena ze čtyř částí – kvadrantů (viz tab.1): [5]

- Seznam podmínek (levý horní kvadrant): Kvadrant zachycuje veškeré podmínky (předpoklady), které ovlivňují řešení problému a předurčují jeho možné varianty. U rozsáhlých seznamů se podmínky shlukují do skupin, které vždy reprezentují jeden vstupní parametr rozhodování a jednotlivé podmínky pak představují možné varianty tohoto parametru.
- Kombinace podmínek (pravý horní kvadrant): Kvadrant zachycuje jednotlivé kombinace stavů podmínek, které jsou uvedeny v seznamu podmínek. Tento kvadrant je rozdělen na určitý počet sloupců, tzv. pravidel rozhodovací tabulky. Splnění určité podmínky se vyznačuje písmenem „A“ (ano), příp. anglickým ekvivalentem „Y“ (yes).
- Kombinace činností (pravý dolní kvadrant): Kvadrant obsahuje v jednotlivých sloupcích, které odpovídají pravidlům rozhodovací tabulky, rozhodnutí o tom, která činnost (příp. činnosti) se má provést při dané kombinaci podmínek. Provedení činnosti se vyznačí písmenem „X“.
- Seznam činností (levý dolní kvadrant): Kvadrant obsahuje výčet konkrétních činností, které je třeba provést v rámci veškerých, v tabulce zachycených, variant daného problému.

Práce s rozhodovací tabulkou probíhá následovně: Ze seznamu podmínek se vyberou všechny, které jsou v řešené situaci splněny. V kombinaci podmínek se vybere pravidlo, které zcela odpovídá dané kombinaci podmínek (jsou splněny všechny podmínky daného pravidla). Vybrané pravidlo (sloupec) – jedna z variant možných řešení daného problému – určí tu činnost (příp. činnosti), které se mají provést.

tab. 1 – Schéma uspořádání rozhodovací tabulky

Záhlaví rozhodovací tabulky	Záhlaví pravidel
<b>Seznam podmínek:</b> Jaké jsou podmínky, které rozhodují o výběru správné činnosti?	<b>Kombinace podmínek:</b> Které kombinace podmínek se mohou vyskytnout?
<b>Seznam činností:</b> Jaké jsou činnosti, které je nutné provést při jednotlivých kombinacích podmínek?	<b>Kombinace činností:</b> Kterou činnost (činnosti) je nutno provést při jednotlivých kombinacích podmínek?



### 3. MODIFIKACE ROZHODOVACÍCH TABULEK

Aby rozhodovací tabulky mohly sloužit jako nástroj na podporu rozhodování o koncepci přestupního uzlu veřejné hromadné dopravy, navrhuji autoři tohoto článku jejich následující modifikace:

- Rozdělení do dvou úrovní: První hledisko tvoří podoba přestupní vazby, druhým výsledné doporučení uspořádání nástupišť v železniční stanici, jež je jádrem přestupního uzlu. Druhý faktor je podmíněn právě požadovanou přestupní vazbou, jelikož ne všechny základní koncepce umožňují uskutečnit příslušnou požadovanou formu přestupní vazby, která je výsledkem první rozhodovací roviny. Výběr co nejvýhodnějšího uspořádání je náročný proces, při kterém se musí zohlednit mnoho kritérií.
- Více nabízených řešení: Standardní rozhodovací tabulky obvykle ke kombinaci podmínek přiřazují jen jedno řešení problému. Protože výsledná podoba přestupního uzlu odráží místní podmínky a důležitá je jeho celková funkčnost, rozhodovací proces při určité kombinaci podmínek nabízí více řešení. Výsledné rozhodnutí je pak na uživateli, u něhož se předpokládá znalost prostorových možností, současných i výhledových provozních požadavků a převažujících potřeb cestujících i dopravců. Z tohoto důvodu bylo v kvadrantu rozhodovacích tabulek „Kombinace činností“ zavedeno užívání písmena „V“, které značí výjimečný výběr, tzn. označení varianty, jež sice splňuje dané podmínky, ale použitelná je jen ve výjimečných a odůvodněných případech.
- Skupinové „ano“: Modifikace obecných rozhodovacích tabulek, která byla navržena za účelem zjednodušení, je skupinové „ano“, tzn. situace průniku vyjádření platnosti podmínky pro více sloupců. Tim došlo k výraznému snížení počtu sloupců v tabulce.

### 4. ROZHODOVACÍ TABULKA PRVNÍ ÚROVNĚ

Rozhodovací tabulka první úrovně (tab. 2) přiřazuje nejvýhodnější podobu přestupu mezi jednotlivými dopravními systémy na základě síly přestupní vazby a prostorových možností přednádraží. Výstup z rozhodování v této tabulce je jedním ze vstupních parametrů rozhodovací tabulky druhé úrovně.

Vstupní parametry rozhodovací tabulky první úrovně jsou následující:

- Síla (význam) přestupní vazby: Počet cestujících přemísťujících se mezi páteřním a návazným dopravním systémem determinuje požadavky na podobu pěšího přesunu. Čím vyšší počet cestujících pravidelně využívá přestupu, tím větší důraz se klade na co nejkratší cestu s minimem překonávaných (zejména ztracených) spádů.
- Výhledový počet zastávkových stání pro veřejnou hromadnou dopravu navazující na páteřní dopravní systém (nejčastěji autobusy navazující na vlaky): Tento faktor musí korespondovat s prostorovými možnostmi přednádražního prostoru, tedy zda je možné kupř. umístit zastávku návazné dopravy na odvrácené straně železničního nástupiště, a vytvořit tak přestup tzv. „hrana – hrana“, nebo přichází-li v úvahu pouze zbudování na plochu náročnějšího standardního autobusového stanoviště.
- Horizontální uspořádání dopravních cest jednotlivých druhů dopravy: Vzájemná výšková poloha dopravních cest vylučuje nebo naopak nabízí určité varianty uspořádání přestupního uzlu.

tab. 2 – Rozhodovací tabulka první úrovně

Forma přestupní vazby - úroveň první	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
slabá přestupní vazba	A	A	A						
střední přestupní vazba				A	A	A			
silná přestupní vazba							A	A	A
potřeba do 2 stání pro autobusy		A	A	A			A	A	
potřeba do 5 stání pro autobusy					A			A	
potřeba 6 a více stání pro autobusy						A			A
vyhovující plocha v výpravní budově	A				A			A	A
dopravní cesty kříží se ve více úrovních			A	A			A		
hrana-hrana „P-HH“, „P-PT“, „P-HJ“		X			X			X	X
vertikální vazba „P-VV“			X	X			X		
standardní stanoviště autobusů						X			X
oddálená zastávka	X	V	V						

Zkratky typů přestupních vazeb jsou vysvětleny v další kapitole.

### 5. ROZHODOVACÍ TABULKA DRUHÉ ÚROVNĚ

Rozhodovací tabulka druhé úrovně (tab. 3) kombinuje podmínku plynoucí jako závěr z tabulky první úrovně, tzn. optimální podobu přestupu, s kategorií železniční trati a požadavky provozu. Kromě výstupu z první rozhodovací tabulky jsou dalšími kritérii:

- Kategorie trati a počet hlavních kolejí: Tato hlediska jsou klíčová pro nabídku možností uskutečnění některých úprav železničních stanic, protože ty musí především zohledňovat bezpečnost železničního provozu a být plně v souladu s platnou technickou normou [7].
- Průjezd vlaků stanic bez zastavení: Protože vlaky, u nichž se předpokládá průjezd stanic bez zastavení, nesmí být omezovány pěšími proudy, nesmí se navrhnout centrální úrovňový přechod bez zabezpečení signalizací podle příslušného právního předpisu.
- Délka vlakových souprav: Je-li vlak složen ze čtyř a více vozů klasické stavby, tak cestující vystupující z nejbližších dveří (směrem od lokomotivy) musí k úrovňovému centrálnímu přechodu, který se nachází před lokomotivou, vykonat cestu delší než jednu minutu, a proto není vhodné uspořádání s poloostrovními nástupišti s úrovňovým centrálním přechodem zaústěným do čela nástupiště.
- Požadovaná podoba přestupní vazby: Výstup plynoucí z první rozhodovací roviny se dostává do souladu nebo rozporu s ostatními hledisky.

tab. 3 – Rozhodovací tabulka druhé úrovně

Uspořádání stanice – úroveň druhá	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
trať zařazená do evropské železniční sítě	A	A		A	A	A										
celostátní dráha							A	A	A	A	A		A	A	A	A
regionální dráha													A	A	A	A
jedna hlavní kolej	A	A	A				A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
dvě a více hlavních kolejí				A	A											
průjezd vlaků bez zastavení							A					A				A
pravidelné křížování vlaků		A		A	A				A	A	A		A			A
vlak s více než 4 vozy								A						A		A
křížovatková nebo uzlová stanice							A									A
hrana-hrana		A	A	A								A	A	A		
vertikální vazba							A				A					A
standardní bus stanoviště	A				A	A	A			A			A	A	A	A
oddálená zastávka																
„N-PPE“, „N-HPE“	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X					V
„N-VPE“				X	V											
„N-POO“, „N-POJ“	V	V					V	V	X		V	X	V	X		
„N-VDV“, „N-VJE“									X			X	X	V		
„N-VND“			X												X	
„N-VNJ“			X			V	X					V				

Zkratky typů přestupních vazeb jsou vysvětleny v další kapitole.

Klíčovým hlediskem, které není v rozhodovacích tabulkách zdánlivě uvedené, je celková funkčnost terminálu, tedy kombinace všech zohledňovaných parametrů. Na přestupní uzel nelze totiž hledět jen z jednoho úhlu pohledu a i dvě základní kritéria by byla nedostatečnou podporou pro rozhodování. Právě funkčnost přestupního uzlu má za důsledek nejednoznačnost některých sloupců v pravém dolním

kvadrantu obou úrovní rozhodovacích tabulek, protože výsledek kombinace rozhodujících podmínek se při projekčním návrhu musí podřítit realii právě jedné konkrétní zvažované lokality tak, aby výsledkem byl přestupní uzel vyhovující požadavkům provozu, bezpečnosti a cílovému uživateli – cestujícím.

### 6. TYPY PŘESTUPNÍCH VAZEB A USPOŘÁDÁNÍ STANIC

Přestupy jsou charakteristické různou těsností přestupní vazby. Pojem těsnost přestupní vazby je pro účely této práce chápán z pohledu stavebního, resp. z pohledu času nutného pro přesun cestujících mezi dvěma spoji. Schéma hrana – hrana „P-HH“ představuje přestupní vazbu s nejkratší překonávanou vzdáleností mezi dopravními cestami jednotlivých druhů dopravy a nulovým počtem překonávaných ztracených spádů. Jedna hrana nástupiště je určena pro zastavování vlaků, na odvrácené straně se nacházejí stanoviště autobusů. Schéma hrana – hrana jednosměrná „P-HJ“ vychází z předchozího schématu, avšak ve stanicích se kromě nástupišť s přestupem hrana – hrana (které slouží pro vlaky pouze v jednom směru jízdy) nachází ještě nástupiště ostrovní, na od nějž se cestující dostane výhradně podchodem, a překonává tak ztracený spád.

Schéma vertikální vazby „P-VV“ patří k alternativním řešením s omezenou mírou možnosti svého zřízení, protože předpokládá umístění dopravních cest různých dopravních systémů (např. železniční tratě a pozemní komunikace) v odlišných výškových úrovních a jejich vzájemné křížení. Pro schéma průplet „P-PT“ platí totéž co pro schéma „P-VV“ a navíc ještě musí existovat odpovídající prostor pro zřízení přestupního uzlu. Dopravní cesta jednoho dopravního systému je v tomto případě obklopena z obou stran dopravní cestou druhého dopravního systému a obě dopravní cesty se musí před a za přestupním uzlem mimoúrovňově vykřížít.

Schéma „N-PPE“ je obvyklé pro stanice na dvoukolejných tratích a ve středních a velkých železničních stanicích a pro uzlové a křížovatkové stanice. Představuje existenci nástupišť výhradně s mimoúrovňovým přístupem, resp. s přístupem přímo od výpravní budovy, tj. ostrovních a vnějších vysokých nástupišť. Obvykle se navrhuje dvě ostrovní nástupišť, která mají vždy jednu svoji hranu u hlavní koleje a druhou u koleje předjízděné.

Schéma ostrovního nástupiště a vnějšího vysokého nástupiště u výpravní budovy s jednou obousměrně pojížděnou předjízděnou kolejí „N-VPE“ představuje úspornou modifikaci schématu „N-PPE“ (redukce předjízděných kolejí) a k jejím výhodám patří svedení jedné hlavní dopravní koleje před výpravní budovu. Je alternativou pro stanice s nízkou intenzitou pravidelného předjíždění vlaků, ale není uskutečnitelná tam, kde se počítá se současným předjížděním v obou směrech. Schéma s ostrovním nástupištem mezi hlavními kolejemi „N-HPE“ a případně dalšími vnějšími vysokými nástupišti je opět úspornou modifikací schématu „N-PPE“ a navrhuje se obvykle v případech, že se stanice nachází v oblouku.

Schéma předsunutého nástupiště „N-VND“ je vhodným řešením tam, kde je třeba zachovat dvě předjízděné koleje a zároveň prostorová situace neumožňuje zřídit ve stanicích nástupišť s mimoúrovňovým přístupem. Postačují-li dvě nástupní hrany, nabízí se jejich předsunutá poloha (de facto nová zastávka). Toto řešení lze použít i u jednokolejné trati – schéma „N-VNJ“.

Schéma poloostrovního nástupiště oboustranného „N-POO“ reprezentuje úpravu mezilehlých železničních stanic na regionálních tratích, v nichž je poloostrovní oboustranné nástupiště vloženo do prostoru zrušené staniční koleje. Přístup od výpravní budovy, v ideálním případě napojený na přednádraží, se uskutečňuje po centrálním přechodu. Schéma vnější a poloostrovní nástupiště s

jednou hranou „N-POJ“ je alternativou varianty „N-POO“ – vyžaduje menší nároky na plochu a pouze polovina cestujících musí přecházet dopravní koleje.

Schéma dvou vnějších vysokých nástupišť u výpravní budovy „N-VDV“ je charakteristické nepřecházením cestujících přes kolejiště ani k jednomu nástupišti. Tuto variantu lze doporučit pouze v dostatečně dlouhých železničních stanicích, protože uprostřed stanice odbočí z hlavní koleje koleje předjízděná a vnější nástupiště se umístí k oběma kolejím. Schéma dlouhého vnějšího nástupiště se dvěma hranami „N-VJE“ je modifikací varianty „N-VDV“. Jedna dlouhá nástupištní hrana je rozdělena výhybkou na dvě hrany nástupní, vlaky z obou směrů zastavují před návěstidly zabezpečujícími průjezd přes tuto výhybku.

### 7. PRAKTICKÝ PŘÍKLAD

Metodika, která je popsána v tomto článku, je uplatněna v následujícím skutečném příkladu čímž je doložena praktická využitelnost metodiky. Popsána je mezilehlá železniční stanice Týnec nad Sázavou, která je vzdálena cca 50 km do hlavního města Prahy a leží na regionální železniční trati se silnou rekreační dopravou, často nazývané Posázavský Pacifik, resp. Dolní Posázavský Pacifik.

Před rekonstrukcí stanice se v ní nacházela tři sypaná úrovňová nástupišť v nevyhovujícím stavu – jejich výška jen nepatrně přesahovala úroveň temen kolejnic. Příchod/odchod cestujících na/ze všech nástupišť umožňovaly dva úrovňové přechody. Přístup do stanice i na nástupišť byl sice bezbariérový, avšak s ohledem na výškový rozdíl mezi nástupní plochou nástupišť a výšky podlahy železničních vozů byl vlastní nástup a výstup do a z vlaků bariérový. Od výpravní budovy je ve vzdálenosti cca 50 m situováno autobusové nádraží kapkovitého tvaru s deseti stánkami – pěší chůze při přestupu mezi vlakem a autobusem je však možná jen po nezpevněné a neurovnané ploše přednádraží. Celé autobusové nádraží i vlastní nástupišť a přístup k nim byly zcela nevyhovující – z pohledu bezpečnosti i pohodlí pro cestující.

Pro uplatnění metodiky založené na použití rozhodovacích tabulek jsou rozhodující následující vstupní parametry: mezilehlá železniční stanice, neexistující průjezdná doprava (všechny vlaky ve stanicích zastavují), možnost přemístění autobusového stanoviště v přednádraží blíže ke kolejišti stanice, regionální přestupní terminál, potenciál zvýšení obrátu cestujících, provoz vlaků variabilní délky. Z těchto parametrů byly vybrány v rozhodovacích tabulkách následující sloupec: rozhodovací tabulka první úrovně – sloupec V, rozhodovací tabulka druhé úrovně – sloupec M. Z nabízených variant řešení konfigurace stanice a nástupišť byla pro tento případ vybrána možnost „N-POO“.

Výsledek metodiky odpovídá v rámci železniční infrastruktury skutečné realizaci, k níž došlo v roce 2015. Nové poloostrovní oboustranné nástupišť s výškou nástupní hrany 550 mm nad temenem kolejnice a délky 175 m, resp. 185 m, je vloženo místo jedné zrušené staniční koleje. Přístup tímto nástupištem, výpravní budovou a přednádražím je po jednom centrálním přechodu. Pro zlepšení přestupní vazby vlak je žádoucí rozsáhlá úprava přednádraží, aby vznikla těsnější přestupní vazba vlak – autobus a zároveň se přestup stal pohodlný a orientace cestujících byla výrazně snadnější; rovněž z důvodu krátkého čekání na přestup v rámci integrace VHD postačí menší počet stání pro autobusy. K úpravě přednádraží doposud bohužel nedošlo, ale předpokládá se. Teprve po jeho provedení se ze stanice Týnec nad Sázavou stane moderní regionální přestupní uzel veřejné hromadné dopravy.

## 8. ZÁVĚR

Uplatnění modifikovaných rozhodovacích tabulek s obsahem zaměřeným na přestupní uzly veřejné hromadné dopravy, jejichž jádrem je železniční stanice, se předpokládá jako nástroje na podporu rozhodování v projekčních firmách, u investorů dopravních staveb, krajských samospráv i koordinátorů veřejné hromadné dopravy.

Praktické užití našla metodika například v Technicko-ekonomické studii tratě Hrušovany u Brna – Židlochovice.

### Zdroje

1. Ut egestas vestibulum lacus fermentum consectetur. Praesent sit amet eros sit amet purus
2. Ut egestas vestibulum lacus fermentum consectetur. Praesent sit amet eros sit amet purus

## Využití SHPB a digitální korelace obrazu při testování auxetických struktur zatížených rázem

Tomáš Fíla<sup>1</sup>, Petr Zlámal<sup>1</sup>, Jan Falta<sup>1</sup>, Tomáš Doktor<sup>1</sup>, Petr Koudelka<sup>1</sup>, Daniel Kytýř<sup>1</sup>, Marcel Adorna<sup>1</sup>, Jutta Luksch<sup>2</sup>, Michaela Neuhäuserová<sup>1</sup>, Jaroslav Valach<sup>3</sup> and Ondřej Jiroušek<sup>1</sup>

<sup>1</sup> České vysoké učení technické v Praze, Fakulta dopravní, Konviktská 20, 110 00 Praha 1

<sup>2</sup> Universität des Saarlandes, Institute of Applied Mechanics, Campus A4.2, Saarbrücken, 66123, Německo

<sup>3</sup> Akademie věd ČR, Ústav teoretické a aplikované mechaniky, Prosecká 76, 190 00 Praha 9

**Abstrakt** Pro popis chování materiálů při vysokých rychlostech deformace je použita experimentální metoda dělené Hopkinsonovy tyče (Split Hopkinson Pressure Bar, SHPB), přičemž stanovení deformace vzorku je provedeno metodou digitální korelace obrazu (Digital Image Correlation, DIC) povrchu deformovaného vzorku snímaného rychloběžnou kamerou. Zkoumaným materiálem jsou auxetické struktury, tedy meta-materiály se záporným Poissonovým číslem. V experimentu jsou použity tyče z hliníkové slitiny a vysokopevnostní polymethyl-metakrylátové (PMMA) tyče, na které byly nalepeny fóliové odporové tenzometry. Vyhodnocení experimentu je provedeno z tenzometrického měření a naměřené deformace jsou porovnány s výsledky stanovenými pomocí DIC. Deformace vzorků byly zachyceny pomocí vysokorychlostní kamery s se snímkovací frekvencí 135 000 snímků za sekundu. U všech zkoumaných vzorků bylo dosaženo dynamické rovnováhy ve vzorku a ve vybraných experimentech bylo použito optimalizace technikou tvarování deformačního pulsu, tzv. pulse shaping. Pro vyhodnocení míry auxetického chování struktur byly metodou DIC dále stanoveny příčné deformace vzorků. Díky tomu bylo možné vedle diagramů závislosti napětí-deformace pro jednotlivé struktury určit rovněž průběh funkce Poissonova čísla, tedy velikosti Poissonova čísla v závislosti na velikosti podélné deformace.

**Klíčová slova** auxetický materiál, dělená Hopkinsonova tyč (SHPB), aditivní výroba, digitální korelace obrazu (DIC), rázové zatížení

### 1. ÚVOD

Mechanické vlastnosti materiálu mohou být silně závislé na rychlosti zatížení. Pro některé aplikace materiálů, jako například balistická a protistřepinová ochrana nebo pohlcení deformační energie při nárazech dopravních prostředků, je přesný popis jejich chování při vysoké rychlosti aplikovaného zatížení klíčový. Materiály musí být proto charakterizovány svými vlastnostmi v závislosti na rychlosti deformace dané konkrétní aplikací. Pro experimentální zkoušení materiálů se používají konvenční servo-hydraulické testovací stroje pro kvazi-statické rychlosti deformace okolo  $1 \text{ s}^{-1}$  (100% deformace vzorku je tedy dosaženo během 1 sekundy). Speciální zatěžovací stroje jsou oproti tomu schopny dosáhnout i rychlostí vyšších, a to obvykle až do hodnoty  $100 \text{ s}^{-1}$  (100% deformace vzorku je dosaženo během 0.01 s) a to při použití konvenčních zatěžovacích rámců. Pro vyšší rychlosti deformace odpovídající rázům a penetračnímu zatížení je již ovšem zapotřebí použít jiné zkušební metody. Pro účely zatěžování materiálů impaktním zatížením s rychlostí deformace v rozmezí  $10^2 - 10^4 \text{ s}^{-1}$  bylo vyvinuto několik metod, počínaje průkopnickou prací Johna Hopkinsona a jeho syna Bertrama Hopkinsona [1]. Na základě

těchto výsledků a dále práce Daviese [2] představil v roce 1949 Kolsky [3] metodu dnes označovanou jako metoda dělené Hopkinsonovy tyče (Split Hopkinson Pressure Bar, SHPB) v uspořádání dle Kolskyho, která umožňuje při vyvolání jednoosé napjatosti ve vzorku jeho deformaci za vysoké rychlosti deformace. V rámci experimentální studie byly zkoumány vzorky auxetické struktury s elementární buňkou označovanou v zahraniční literatuře jako missing-rib, jež byly vystaveny dynamické kompresi a získané výsledky byly porovnány s výsledky kvazi-statického zatěžování.

#### 1.1 Teoretické základy testování materiálů pomocí SHPB

Metoda Hopkinsonovy dělené tyče je metoda pro zkoumání deformačního chování materiálu při rázovém zatížení. Primárně byla vyvinuta pro tlakové testy, byla však postupně rozšířena i pro oblast tahového, smykového i dalších módů namáhání. V základní konfiguraci však slouží pro rázové namáhání vzorku tlakem. Dělená Hopkinsonova tyč se skládá ze dvou dlouhých kovových tyčí, mezi které je vložen vzorek, jak je schematicky znázorněno na obr. 2. Deformace ve vzorku je vyvozena prostřednictvím zatěžujícího pulzu, který je vzorkem přenesen za současného plastického přetváření. Experiment v tlaku probíhá tak, že projektil (krátká tyč, striker bar) urychlený nejčastěji stlačeným vzduchem narazí do volného konce první tyče (vstupní tyč, incident bar) a kompresní napěťová vlna (incident wave) generovaná tímto nárazem se šíří vstupní tyčí ke vzorku. Ve vzorku dochází k následnému šíření této tlakové vlny, což způsobuje vzestup napětí; tím se do druhé tyče (výstupní tyč, output bar, transmitted bar) přenáší kompresní impuls a od rozhraní vzorku se šíří odražená tlaková vlna zpět do vstupní tyče. Na rozhraní vstupní tyč – vzorek se část zatěžujícího pulzu odrazí zpět (odražený pulz) a část prochází dál (prošlý pulz) přes rozhraní vzorku do výstupní tyče. Obvykle jsou tyto deformace měřeny tenzometry umístěnými na vstupní a výstupní tyči. Tyče musí být navrženy tak, aby zůstaly během celého experimentu v elastické oblasti, pouze zkoumaný vzorek prochází velkou plastickou deformací.

Chování materiálu za rázového zatížení, tedy dynamické mechanické vlastnosti se vyhodnocují z Hopkinsonova testu ze zaznamenaných elastických pulzů (tlakové i tahové vlny ve vstupní a výstupní tyči). Tyto vlny jsou zaznamenány tenzometry (obvykle fóliové, mohou být i polovodičové) nalepenými na vstupní a výstupní tyči. Mechanické vlastnosti zkoumaného materiálu mohou být analyzovány prostřednictvím teorie šíření elastických vln za



předpokladu jednodimenzionálního šíření elastických vln v materiálu tyčí se stejnou mechanickou impedancí. Vyhodnocením testu získáme pracovní diagramy zkoumaného materiálu - křivky závislosti napětí na deformaci a rychlosti deformace na deformaci pro danou rychlost zatěžování.

Označme deformaci ve vstupní (incidentní) tyči  $\varepsilon_{in}$ , deformaci odraženou zpět  $\varepsilon_{r}$  a deformaci ve výstupní tyči (transmitted)  $\varepsilon_{tr}$ . Všechny tyto deformace jsou funkcí času a lze je považovat také za perturbace posunutí, deformace a napětí, které se pohybují v podélném směru tyčí s rychlostí zvuku v materiálu  $v_p$ . S využitím jednorozměrné teorie šíření elastických vln a za předpokladu, že vzorek je v dynamické rovnováze, může být průměrná nominální deformace  $\varepsilon$ , rychlost deformace  $\dot{\varepsilon}$  a napětí  $\sigma$  v podélném směru vzorku stanovena použitím známých rovnic:

$$\dot{\varepsilon}(\bar{x}) = \frac{-2v_p}{v_p} \dot{\varepsilon}_{in}(\bar{x}),$$

$$\varepsilon(\bar{x}) = \frac{-2v_p}{v_p} \int_0^{\bar{x}} \dot{\varepsilon}_{in}(\bar{x}) d\bar{x},$$

$$\sigma(\bar{x}) = \frac{v_p}{v_p} \dot{\varepsilon}_{in}(\bar{x}),$$

kde  $A_B$  představuje plochu příčného průřezu tyče a  $E_B$  je Youngův modul pružnosti tyčí a  $L_s$  je počáteční délka vzorku a  $A_s$  původního plocha průřezu.

Rychlost deformace a deformace ve vzorku mohou být určeny pouze ze znalosti odraženého pulsu a napětí může být určeno pouze z deformace ve výstupní tyči. Odstraněním času  $t$  ve vzorcích a synchronizací získaných signálů je možné stanovit křivku napětí-deformace pro zkoumaný materiál vzorku. Je třeba poznamenat, že rychlost deformace není během testu konstantní a že vypočítané hodnoty namáhání a deformace jsou nominální, protože jsou vyhodnoceny s ohledem na počáteční délku vzorku a plochu průřezu.

Tyto vztahy jsou odvozeny za následujících základních předpokladů:

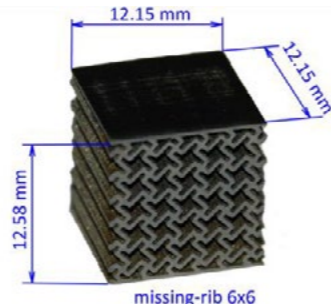
- vlny šířící se v tyčích lze popsat jednorozměrnou teorií šíření elastických vln,
- vliv setrvačnosti vzorku je zanedbatelný a vzorek je v dynamické rovnováze,
- pole napětí a deformace ve vzorku jsou konstantní,
- vliv tření je zanedbatelný.

## 2. MATERIÁLY A METODIKA

### 2.1 Vzorky

Geometrie analyzované struktury vychází z periodického uspořádání čtvercových elementů, u kterých jsou odstraněna vybraná žebra, a které jsou pootočené o úhel 45° ve směru zatížení. Výsledná mikrostruktura vykazuje záporné deformačně-závislé Poissonovo číslo. Vzorky byly vyrobeny metodou selektivního laserového spékání (Selective Laser Sintering, SLS) z práškové austenitické

oceli SS316L-0407 s využitím systému AM250 společnosti Renishaw. Konkrétní podoba vzorků byla navržena pomocí parametrického modeláře dle požadavků na reprezentativní objemový prvek (Representative Volume Element, RVE) struktury a dle geometrických parametrů použitého zařízení SHPB. Na základě těchto požadavků byly navrženy vzorky tvaru kvádrů se čtvercovým průřezem s délkou hrany 12,15 mm a výškou 12,58 mm, aby se minimalizovaly setrvačné a třecí efekty v SHPB experimentech. Vyrobené vzorky (viz obr. 1) sestávaly ze 36 jednotkových buněk uspořádaných v počtu 6 × 6 při jmenovité pórovitosti celého navrženého vzorku 74,37 %, přičemž nominální tloušťka prutů struktury byla 0,3 mm.

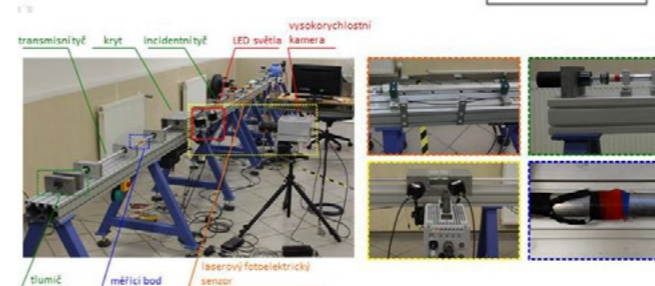
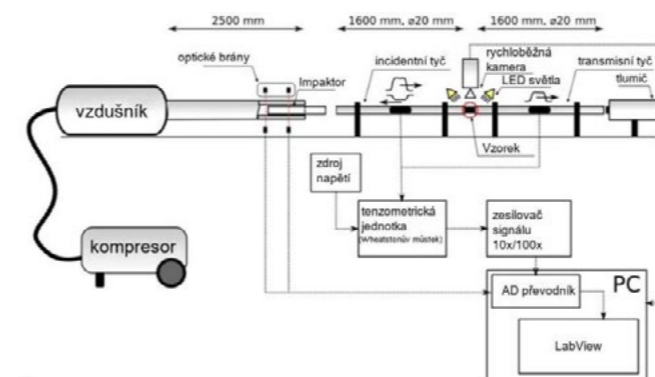


**Obrázek 1.** Testovaná auxetická struktura – s elementární buňkou typu missing-rib, sestávající z 6 × 6 buněk, vyrobená aditivní technologií z práškové austenitické oceli SS316L-0407 za použití metody SLS.

### 2.2 Experimentální sestava

Testování auxetické struktury bylo provedeno za použití tzv. modifikovaného Kolskyho SHPB. Obě tyče a projektil měly stejný jmenovitý průměr 20 mm. V této studii byly použity dva typy materiálů tyčí a projektilu, aby se zjistila možnost jejich použití s tímto typem vzorku (materiál s relativně nízkou mechanickou impedancí). Vysokopevnostní hliníková slitina (EN-AW-7075) byla vybrána jako materiál tyčí s vyšší mechanickou impedancí, zatímco polymethylmethakrylát (PMMA) byl vybrán jako materiál s nižší mechanickou impedancí. Projektil byl urychlován pomocí vzduchového děla s maximálním tlakem 16 barů. Incidentní a transmisní tyče (pro oba materiály - hliník a PMMA) měly stejnou délku 1600 mm a byly uloženy v soustavě polymerních ložisek s nízkým třením (Drylin FJUM, IGUS, Německo) v pouzdrech z nerezové oceli. Délka projektilů byla 500 mm (hliník) a 198 mm (PMMA). Hydropneumatický tlumič a pevná hliníková tyč s vloženým dřevěným blokem byly použity pro pohlcení zbytkové kinetické energie. Povrchy tyčí byly pečlivě vybrušeny a vyleštěny, aby se dosáhlo správné tolerance pro plynulý pohyb ložisek. Umístění tyče bylo upraveno tak, aby se minimalizovaly třecí účinky a bylo dosaženo žádané souososti celé sestavy SHPB. Správné geometrické uspořádání je důležité z hlediska snížení nežádoucích účinků (zvýšené tření, ohýbání tyčí apod.), které ovlivňují přesnost měření. Kontaktní plochy tyčí byly upraveny precizním broušením a leštěním tak, aby bylo dosaženo rovinnosti ploch s maximální nerovností nejvýše 0,05 mm. Účinky vlnové disperze v hliníkových tyčích byly sníženy technikou tvarování pulsu (pulse shaping). Na základě výsledků kalibračních experimentů byl použit měkký měděný tvarovač pulsu (Cu-ETP R220) o průměru 7 mm a tloušťce 0,5 mm. Tento přístup umožnil

dosažení konstantní rychlosti deformace v oblasti plastické deformace vzorku při konstantním napětí (plateau region). Účinky disperze při použití PMMA tyčí byly korigovány metodami popsány v [11,12]. Nárazové rychlosti projektilu byly cca. 21 m/s (hliník) a cca. 45 m/s (PMMA). Tenzometry byly kalibrovány metodou přímého měření síly. Konec incidentní tyče byl fixován a obě tyče byly postupně zatěžovány pomocí šroubového adaptéru se současným měřením síly siloměrem. Hodnoty takto měřené síly byly porovnány s hodnotami měřeny tenzometricky a současně bylo ověřeno správné chování tenzometrů. Dynamické mechanické vlastnosti hliníkových a PMMA tyčí byly vypočteny z kalibračního testu bez vloženého vzorku Baconovou metodou [11].



**Obrázek 2.** Experimentální setup - dělená Hopkinsonova tyč a detaily se zobrazením části s fotoelektrickými snímači (oranžový rámeček), hydraulický tlumič (zelený rámeček), vysokorychlostní kamera s osvětlením (žlutý rámeček) a aplikace tenzometrů (modrý rámeček) pro měření procházejícího pulsu.

### 2.3 Instrumentace

Experimenty byly provedeny v SHPB v konfiguraci se čtyřmi měřicími místy (MP). Každé MP bylo tvořeno párem fóliových tenzometrů zapojených v obvodě polovičního Wheatstonova můstku. Toto zapojení bylo zvoleno z důvodu redukce případného nežádoucího ohybu tyčí a navíc dvojnásobně zesiluje měřený signál oproti zapojení pouze jednoho tenzometrického snímače. Na incidentní tyči byly umístěny 3 MP v následujícím geometrickém rozmištění: 200 mm (čelo tyče-MP1), 600 mm (MP1-MP2), 600 mm (MP2-MP3), 200 mm (MP3-konec tyče), na transmisní tyči byl umístěn pouze jeden MP a to ve vzdálenosti 200 mm od čela tyče. Všechny použité tenzometrické snímače byly stejného typu (s 3 mm aktivní plochou). Fóliové konstrukční provedení tenzometrických snímačů bylo zvoleno z důvodu potřeby měření velkých deformací v průběhu experimentu. Oproti alternativním polovodičovým tenzometrům, umožňuje tento typ fóliových tenzometrů měřit deformaci až do hodnoty 50,000  $\mu\epsilon$  (micro-strain,  $\mu\epsilon/m$ ) oproti

2,500  $\mu\epsilon$  u polovodičových, nevýhodou je jejich nízká citlivost a z toho plynoucí nutnost daný výstupní signál kvalitně zesílit. Tenzometry byly na tyče aplikovány pomocí jednosložkového kyanoakrylátového tenzometrického lepidla a ponechány minimálně 12 hod pro vytvrnutí. Napájení tenzometrických můstků bylo provedeno pomocí bateriového zdroje navrženým na Ústavu mechaniky a materiálů v rámci absolventské práce. Bateriový zdroj s výstupním napětím 3,1 V umožňující odpojení elektroniky nepotřebné při měření (např. nabíjecích obvodů) byl speciálně navržen za účelem snížení šumu v měřicím řetězci a tím zvýšení odstupu signálu od šumu výstupního signálu. K zesílení signálu před jeho digitalizací byl použit nízkošumový zesilovač se ziskem 100. Zesílený tenzometrický signál byl poté vzorkován s frekvencí 20 MHz pomocí 16 bitového A/D převodníku. Vedle tenzometrických signálů byl na vstup A/D převodníku přiveden signál z dvojice laserových optických závor. Optické závory jsou umístěny na hlavní a skrze průchozí otvory (v definované vzdálenosti) zajišťující přímou viditelnost mezi vysílačem a přijímačem umožňují stanovení dopadové rychlosti projektilu. Druhou funkcí optických bran je časová synchronizace experimentu a spuštění záznamu rychlokamery. Z průběhu deformačního děje v průběhu experimentu je pořizován vysokorychlostní záznam (rozlíšení 256 × 168 px s rychlostí snímání 130 kfps) pro potvrzení správného průběhu experimentu a následné vyhodnocení pole posunutí a deformace metodou DIC. Zvolené rozlišení ovlivňuje maximální rychlost snímání a proto byla volba rozlišení kompromisem mezi počtem a kvalitou snímků. Při zvoleném nastavení bylo dosaženo rozlišení 5 px na tloušťku prutu zkoumané struktury. Parametrem významně ovlivňující kvalitu pořizovaného obrazového záznamu je osvětlení prostoru se vzorkem. Pro osvětlení povrchu vzorku byla použita dvojice vysoce svítivých LED světel s dostatečným výkonem a stabilitou. Jednotlivé měřicí a ovládací prvky měřicího řetězce SHPB byly integrovány do prostředí Labview. Naměřená data byla exportována ve formátu TDMS pro následné zpracování v prostředí MATLAB.

### 2.4 Digitální korelace obrazu

Pro stanovení rovinného posunutí a výpočet deformačních charakteristik vzorku byl použita metoda DIC. Základní princip optického měření deformací při SHPB experimentech je založen na použití rychloběžné kamery umožňující pořízení obrazového záznamu deformované struktury vzorku v průběhu experimentu s vysokou snímkovací frekvencí a následnou analýzou určující pohyb vyznačených obrazových bodů (navázaných na strukturu vzorku) mezi po sobě jdoucími snímky zaznamenanými během deformačního procesu. Princip výpočetního algoritmu DIC je založen na výběru čtvercové oblasti pixelů definovaných rozměrů tvořících oblast kolem sledovaného bodu (obr. 3). Velikost sledované oblasti musí být vhodně zvolena s ohledem na výpočetní náročnost algoritmu. Vzhledem k deformaci vzorku je referenční čtvercový vzor v obrazové sekvenci rovněž deformován (kombinace translačních, rotačních a smykových deformací). Poloha deformované podmožiny v obraze je vypočtena na základě extrémů korelačního koeficientu dle zadaných kritérií. V prvním kroku se pro výpočet celočíselné hodnoty posunutí použije normalizovaná metoda křížové korelace (Normalized cross-correlation, NCC), kdy posunutí je určeno na základě maximalizace korelačního koeficientu, který je určen pomocí intenzity pixelů v původním a

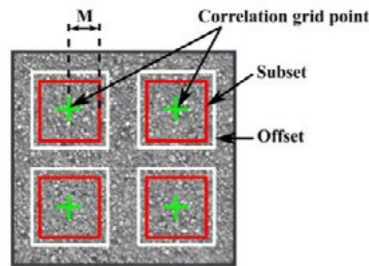


deformovaném obraze:

$$\frac{\sum_{i,j} \left( \frac{I_{ij}(\mathbf{I}_0, \mathbf{I}_1)}{I_{ij}(\mathbf{I}_0, \mathbf{I}_0)} \right)}{\sqrt{\sum_{i,j} \left( \frac{I_{ij}(\mathbf{I}_0, \mathbf{I}_0) - \bar{I}_0}{\sigma_{I_0}} \right)^2 + \sum_{i,j} \left( \frac{I_{ij}(\mathbf{I}_1, \mathbf{I}_1) - \bar{I}_1}{\sigma_{I_1}} \right)^2}} = 1$$

kde  $I_{ij}(\mathbf{I}_0, \mathbf{I}_1)$  je intenzita pixelu v referenčním (nedeforovaném) obraze v bodě  $(i, j)$  a  $I_{ij}(\mathbf{I}_1, \mathbf{I}_1)$  je intenzita pixelu v bodě  $(i, j)$  v deformovaném obraze. Hodnoty  $\bar{I}_0$  and  $\bar{I}_1$  jsou průměrné intenzity v referenčním a deformovaném obraze ( $\bar{I}_0$  a  $\bar{I}_1$ ).

Pro vyhodnocení byl použit vlastní SW nástroj [13] využívající algoritmu Lucas-Kanade [14] s implementací do vývojového prostředí MATLAB. V tomto nástroji byly koeficienty korelace vypočteny během dvoufázového postupu, nejprve na úrovni pixelů a druhého na úrovni zlomku pixelů, aby se přesněji určily hodnoty posunutí. Na úrovni pixelů bylo použito kritérium SSD (sum-squared difference), na subpixelové úrovni byl následně použit algoritmus Lucas-Kanade založený na kritériu SSD s nulovou normalizací (Zero-normalized SSD, ZNSSD). Následně je možné stanovit deformační pole z výsledných posunutí ve dvou směrech každého bodu (výstup algoritmu DIC) a namapovat tyto hodnoty do původní struktury pro popis chování deformace v rovině vzorku.



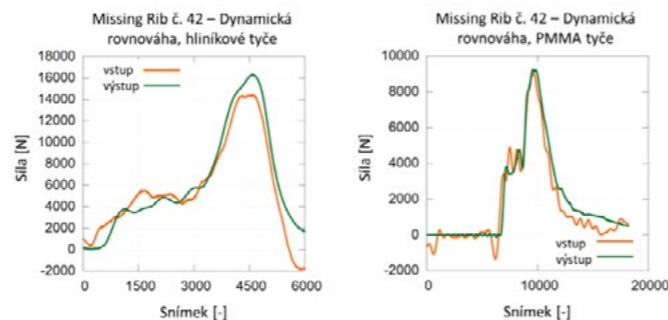
Obrázek 3. Parametry DIC: poloha a počet korelačních bodů, offset. Parametr M definuje velikost podoblasti.

### 3. VÝSLEDKY MĚŘENÍ

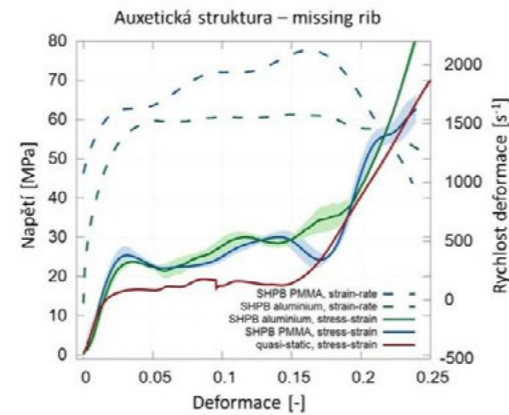
#### 3.1 Závislost napětí-deformace stanovená z tenzometru

Celkem bylo testováno 7 vzorků na dvou rozdílných měřicích tyčích (4 - tyče hliníkové, 3 - PMMA tyče). Dynamické rovnováhy bylo dosaženo u všech experimentů pro oba typy použitých tyčí (příklad na obr. 5). U výsledků z obou tyčí byly zjištěny závislosti napětí-deformace pomocí osazených tenzometrických snímačů. Průběhy naměřených závislostí včetně standardní odchylky spolu s rychlostí deformace a daty z kvazi-statických zkoušek jsou uvedeny na obr. 4. Výsledky měření vykazují značnou shodu a významný efekt vlivu rychlosti deformace pozorovatelný nárůstem napětí přibližně 1,4 násobně v porovnání s kvazi-statickým zatěžováním. Stejný trend byl pozorován v již publikovaných experimentech [15]. PMMA tyče, vykazují na rozdíl od hliníkových tyčí pokles napětí před fází densifikace struktury. Tento efekt může být způsoben několika faktory, jako je vliv rychlosti deformace, rozdílný koeficient tření a

ohybová tuhost tyčí. Mechanická impedance měřených vzorků se také blížila na hranici použitých PMMA tyčí. Z důvodu vysoké zatěžovací rychlosti (45 m/s) byly v PMMA tyčích pozorovány také nelinearity, disperze a tlumení jejichž účinky byly korigovány dle výše uvedených metod. Nejpravděpodobnější příčinou tohoto zkraslení je však možné spatřit v mírně odlišných okrajových podmínkách měření, z důvodu nutnosti instalovat mezi měřený vzorek a čela PMMA tyčí tenké ocelové podložky jakožto ochranu měkkého povrchu tyčí před poškozením. Styčné plochy byly při vložení vzorku potřeny tenkou vrstvou maziva. Vzhledem k tomu, že testovaná struktura missing-rib je asymetrická, byl ve všech experimentech (kvazi-statické a SHPB) zaznamenán výrazný stranový pohyb. Menší rozdíl mezi výsledky z PMMA a hliníkových tyčí lze pozorovat i v dalších výsledcích shrnutých v následujících odstavcích.



Obrázek 4. Příklady naměřené dynamické rovnováhy: hliníkové tyče (vlevo), PMMA tyče (vpravo)



Obrázek 5. Závislosti napětí-deformace a rychlosti deformace na deformaci získané pomocí SHPB s hliníkovými a PMMA tyčemi v porovnání s křivkou napětí-deformace při kvazi-statickém zatěžování.

#### 3.2 Stanovení deformace pomocí DIC

V obrazovém záznamu pořízeném vysokorychlostní kamerou byla vytvořena síť korelačních bodů sestávající z  $26 \times 17$  bodů, kterou byla pokryta zkoumaná oblast vzorku a koncových částí měřicích tyčí. Poloha každého korelačního bodu byla sledována pomocí algoritmu DIC a v každém snímku v pořízené sérii byly stanoveny nové (aktualizované) polohy bodů mřížky odpovídající deformaci zkoumané struktury. Obrázky z vysokorychlostní kamery byly převedeny z nativního formátu na 8-bitový PNG formát pomocí bezztrátového kompresního algoritmu, avšak bez žádných

dodatečných úprav (např. vyhlazování). Ve všech experimentech korelační algoritmus úspěšně konvergoval k nalezení aktuální polohy bodů během celého průběhu experimentů, ačkoli v každém experimentu pro některé body výpočet vedl ke ztrátě korelace, což se týkalo zejména bodů umístěných na okrajích vzorků. Na základě výsledků korelace obrazu byly vypočteny deformace pro 4 odlišné délky oblastí (měrné délky, podobně jako základna u extenzometru). Geometrická konfigurace použitá pro výpočet deformace s použitím těchto čtyř různých základních dělek je znázorněna na obr. 6 s využitím následujících vztahů:

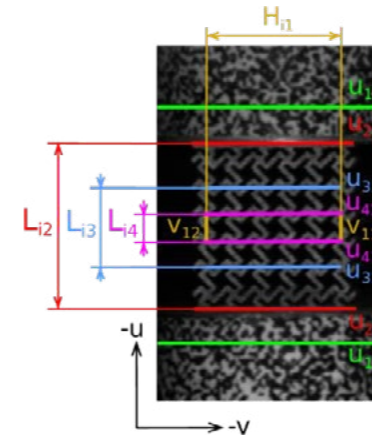
$$\varepsilon_{\mathbf{I}_1} = \frac{U_{11} - U_{12}}{L_{12}}, \quad (2)$$

$$\varepsilon_{\mathbf{I}_2} = \frac{U_{21} - U_{22}}{L_{22}}, \quad (3)$$

$$\varepsilon_{\mathbf{I}_3} = \frac{U_{31} - U_{32}}{L_{32}}, \quad (4)$$

$$\varepsilon_{\mathbf{I}_4} = \frac{U_{41} - U_{42}}{L_{42}}, \quad (5)$$

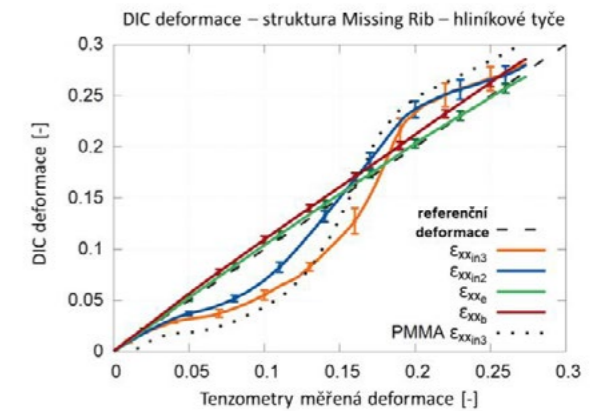
kde  $U_{ij}$  značí posunutí v podélném směru a  $L$  značí původní měrnou délku (základnu). Deformace, vypočtené na základě posunutí bodů v různých místech vzorku, nebo tyče jsou označeny následovně:  $\varepsilon_{\mathbf{I}_1}$  značí deformaci stanovenou korelací bodů umístěných na náhodně vygenerovaném vzoru na koncích měřicích tyčí; pomocí  $\varepsilon_{\mathbf{I}_2}$  je označena deformace stanovená z okrajů vzorku (základna je přesně délka vzorku); poslední dvě hodnoty ( $\varepsilon_{\mathbf{I}_3}, \varepsilon_{\mathbf{I}_4}$ ) jsou stanoveny na základě posunutí střední části vzorku (viz obr. 6).



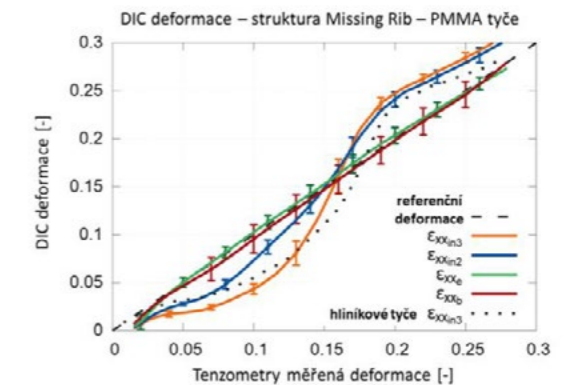
Obrázek 6. Geometrická konfigurace korelační mřížky používaná pro výpočty deformace v různých částech vzorku

Deformace vypočtená použitím vztahů (2)-(5) vykreslená vzhledem k referenční podélné deformaci odvozené z tenzometrického měření je zobrazena na obr. 7 a 8. Je patrné, jaký byl během rázových experimentů vývoj deformace v různých částech vzorků při použití obou zkušebních tyčí z obou materiálů. V případě hliníkových tyčí je deformace  $\varepsilon_{\mathbf{I}_1}$  odvozená z odezvy na koncích tyčí, mírně vyšší než referenční deformace zatímco deformace  $\varepsilon_{\mathbf{I}_2}$

vypočtená z okrajových částí vzorků, referenční deformaci téměř přesně odpovídá. Rozdíl zde odpovídá přibližně velikosti 2 pixelů v obrazových datech, což lze považovat za numerickou chybu samotného korelačního algoritmu. Vedle toho je možné zdroj této odchylky hledat v možném pohybu náhodného korelačního vzoru na tyčích, optických vadách použitých objektívů, nebo v rozdílu mezi předpokládanými a skutečnými mechanickými vlastnostmi samotných tyčí. Deformace  $\varepsilon_{\mathbf{I}_2}$  a  $\varepsilon_{\mathbf{I}_3}$  ukazují odlišné deformační chování v centrální oblasti vzorků, protože mezi počátkem deformace zde a na okrajových částech vzorků dochází k určitému časovému zpoždění. Tečkováná čára potom vyjadřuje deformaci  $\varepsilon_{\mathbf{I}_3}$  odvozenou z měření s použitím PMMA tyčí, kde lze sledovat obdobný trend jako v případě hliníkových tyčí, ovšem absolutní hodnoty veličin se liší. To může být způsobeno efekty popsány v části 3.1. Deformace z experimentů s PMMA tyčemi (viz obr. 8) dále vykazují soulad hodnot  $\varepsilon_{\mathbf{I}_1}$  a  $\varepsilon_{\mathbf{I}_2}$ , které navíc odpovídají hodnotám odvozeným z měření pomocí hliníkových tyčí.



Obrázek 7. Srovnání deformací vypočtených DIC algoritmem z různých základů s tenzometrickým měřením na hliníkových tyčích



Obrázek 8. Srovnání deformací vypočtených DIC algoritmem z různých základů s tenzometrickým měřením na PMMA tyčích

#### 3.3 Vyhodnocení funkce Poissonova čísla metodou DIC

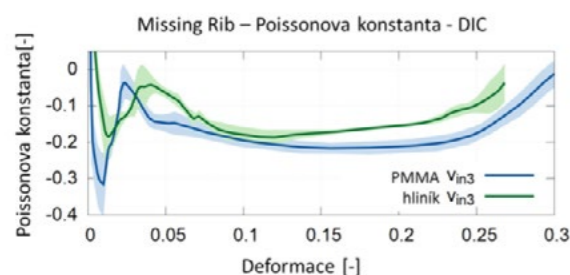
Průměrné hodnoty Poissonova čísla z centrální části vzorku byly vypočteny na základě podélných a příčných deformací odvozených



metodou DIC pro oba typy tyčí ze vztahu

$$\nu_3 = \frac{\epsilon_{33}(\epsilon_{11} - \epsilon_{12})}{\epsilon_{11}(\epsilon_{41} - \epsilon_{42})} \quad (6)$$

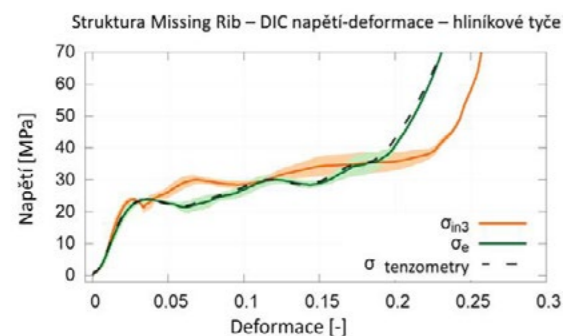
Výsledné průběhy funkce Poissonova čísla jsou vykresleny na obr. 9 jasně ukazující auxetický charakter zkoumané struktury. Je zřetelné, že obě křivky jsou v dobrém souladu, přičemž výsledky vypočtené na základě měření s hliníkovými tyčemi se pohybují v oblasti blíže nezáporným hodnotám Poissonova čísla, což může být ovšem opět způsobeno jevy popsány v kapitole 3.1.



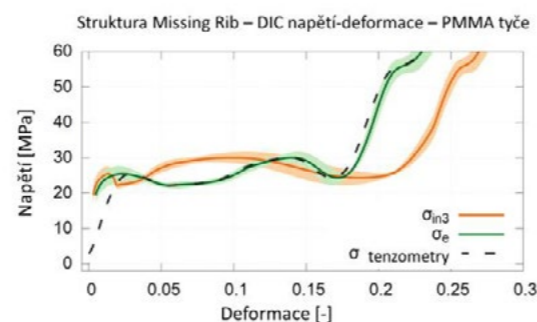
Obrázek 9. Průměrná hodnota Poissonova čísla získaná z měření pomocí hliníkových a PMMA tyčí.

### 3.4 Křivky napětí-deformace odvozené z DIC

Křivky-napětí deformace odvozené s využitím algoritmu DIC byly vypočteny pro měření s využitím jak hliníkových, tak PMMA tyčí. Na obr. 10 a 11 jsou ukázány křivky napětí-deformace pro deformace  $\epsilon_{33}$  z okrajových částí vzorků a  $\epsilon_{33}$  z centrální oblasti vzorků. V případě hliníkových tyčí (obr. 10) je křivka odvozená z deformace na okrajích vzorků téměř identická s průběhem vypočteným na základě tenzometrického měření (čárkovaná čára). Deformační odezva centrální části vzorků je obdobná s rozdílem prodloužené oblasti přibližně konstantního napětí. Podobné závěry lze vyvodit i v případě PMMA tyčí (obr. 11). Rozdíly v počáteční části průběhu křivek odvozených z DIC a z tenzometrického měření jsou způsobeny nízkou tuhostí materiálu PMMA a tzv. ramp-in efektem při průchodu napěťové vlny vzorkem.



Obrázek 10. Srovnání křivek napětí-deformace odvozených pomocí DIC z okrajové i centrální části vzorků s křivkou vypočtenou na základě tenzometrického měření na hliníkových tyčích



Obrázek 11. Srovnání křivek napětí-deformace odvozených pomocí DIC z okrajové i centrální části vzorků s křivkou vypočtenou na základě tenzometrického měření na PMMA tyčích

### 3.5 Výsledky deformace stanovené v celé ploše vzorku

Kromě stanovení deformace vzorku z posunu virtuálních měrek byla provedena také korelace obrazu v celé ploše vzorku. Pomocí korelační submatice  $3 \times 3$  pro každý korelační bod bylo možné stanovit pole poměrných deformací v podélném i příčném směru pro každý bod korelační mřížky. Deformace pak byly použity pro výpočet Poissonova čísla v každém korelačním bodě za použití standardního vzorce  $\nu = \frac{-\epsilon_{33}}{\epsilon_{33}}$ . Na obr. 12 je zobrazen příklad pole deformace stanovené pomocí korelace v ploše vzorku. Výsledky takto stanovených poměrných deformací jsou ve velmi dobré shodě s výsledky získanými ostatními, dříve uvedenými, metodami. Na obou stranách vzorku lze pozorovat lokalizované pole deformací o velmi nízké nominální hodnotě deformace ( $\epsilon_{33} = 0,05$ ), což ukazuje, že experiment byl správně proveden za dynamické rovnováhy. Při hodnotě deformace přibližně  $\epsilon_{33} = 0,18$  je deformace téměř homogenní v celé ploše vzorku. Výsledky poměru Poissona v plném poli vykazují velmi výrazné auxetické chování s Poissonovým číslem dosahujícím cca. -0,3 uprostřed vzorku. Auxetické chování lze pozorovat až do hodnoty deformace cca.  $\epsilon_{33} = 0,18$ , kde struktura přestane vykazovat auxetické chování.

## 4. ZÁVĚR

Auxetická struktura vyrobená pomocí aditivní technologie z práškové nerezové oceli byla podrobena dynamickému tlakovému namáhání za použití SHPB při rychlosti deformace 1500-2000 s<sup>-1</sup>. Při experimentech byly použity vysokopevnostní hliníkové tyče a PMMA tyče. Pracovní diagramy (křivky závislosti napětí-deformace) stanovené pomocí SHPB byly porovnány s křivkami z kvazi-statického zatěžování a byl zjištěn významný vliv rychlosti deformace ve vzorku - hodnoty napětí při dynamickém namáhání dosáhly 1,4-krát vyšších hodnot. Výsledky stanovené ze SHPB testů za použití hliníkových a PMMA tyčí byly ve velmi dobré shodě, ačkoliv experimenty s PMMA tyčemi byly prováděny při nekonstantní rychlosti deformace a impedance vzorku byla na hranici měřitelnosti PMMA tyčí a musela být provedena následná korelace způsobených nelineárních vlivů. Provedené experimenty byly zaznamenány pomocí vysokorychlostní kamery a obrazový záznam byl zpracován pomocí DIC. Korelace obrazových sekvencí umožnila stanovit střední hodnoty deformace v různých částech vzorku, což prokázalo různé deformační chování uprostřed vzorku během experimentu. Poissonův poměr byl rovněž stanoven z obrazové sekvence pomocí DIC ve vybrané oblasti a bylo zjištěno,

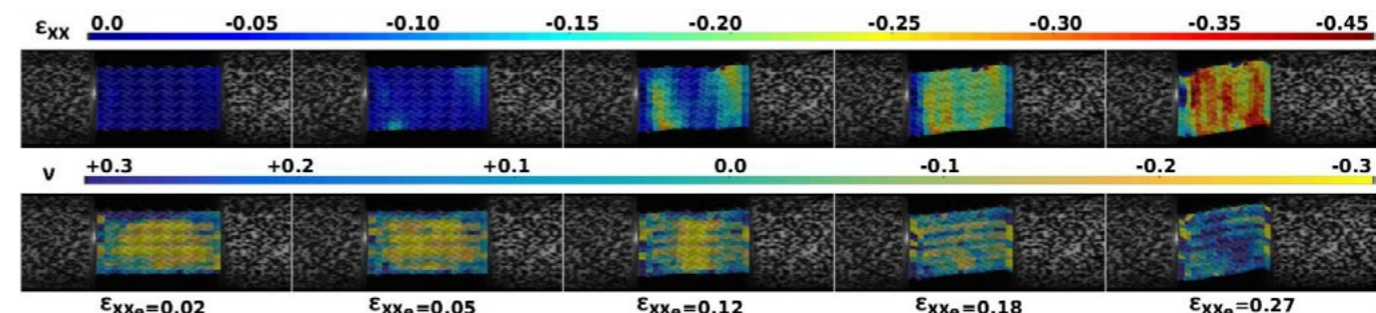
že má zápornou hodnotu. Při použití hliníkových tyčí byla hodnota Poissonova čísla o něco nižší (přibližně -0,15) než při použití PMMA tyčí (přibližně -0,2). Výsledky korelace obrazu v ploše vzorku byly použity pro stanovení pole deformace v podélném i příčném směru. Takto získané hodnoty byly ve velmi dobré shodě s jinými metodami a ukázaly významné auxetické chování vzorku až do hodnoty deformace cca. 0,2 s Poissonovým číslem dosahujícím přibližné hodnoty -0,3. Závěrem lze konstatovat, že se podařilo pomocí DIC a SHPB stanovit chování aditivně vyrobené auxetické struktury při dynamickém tlakovém zatížení.

### Poděkování

Práce vznikla za podpory Grantové agentury České republiky (projekt 15-15480S) a Studentské grantové soutěže ČVUT v rámci grantu SGS17/148/OHK2/2T/16.

### Zdroje

- Hopkinson B., Proc. Royal Soc. Lond., 89 (612), 411-413 (1914)
- Davies R.M., Philos. Trans. R. Soc. Lond. A, 240, 375-457



Obrázek 12. Podélná deformace ve vzorku (horní řádek), Poissonovo číslo v ploše vzorku (spodní řádek)

- (1948)
- Kolsky H., Proc. Roy. Phys. Soc., B 62, 676-700 (1949)
- Jung A., Diebels S., Mater. Des. 131, 252-264 (2017)
- Li T. et al., Mater. Des. 142, 247-258 (2018)
- Xing H.Z. et al., Int. J. Impact Eng. 113, 61-72 (2018)
- Koudelka P. et al., Mater. Technol. 50,311-317 (2016)
- Xing H.Z. et al., Int. J. Impact Eng. 113, 61-72 (2018)
- Liu J. et al., Polym. Test. 36, 101-109 (2014)
- Islam M. A. et al., Int. J. Impact Eng. 114, 111-122 (2018)
- Gao G. et al., Eng. Fract. Mech. 138, 146-155 (2015)
- Bacon C., Exp. Mech. 38, 242-249 (1999)
- Zhao H., Gary G., J. Mech. Phys. Solids 45, 1185-1202 (1997)
- Jandajsek I. et al., In: EAN 2010 Proceedings, 121-126 (2010)
- Lucas B. D., Kanade T., In: Proceedings of Imaging Understanding Workshop, 121-130 (1981)
- Fila T. et al., Adv. Eng. Mater. 19, art. no. 1700076 (2017)



## Vývoj inovativní metody k odhalování trestných činů v silniční dopravě s využitím elektronických nehodových dat

Luboš Nouzovský<sup>1</sup>  
Michal Frydřín<sup>2</sup>  
Tomáš Mičunek<sup>3</sup>  
Zdeněk Svatý<sup>4</sup>  
Jakub Nováček<sup>5</sup>

<sup>1 2 3 4 5</sup> ČVUT v Praze Fakulta dopravní  
Ústav soudního znaleství v dopravě  
Horská 3, 128 03 Praha 2

**Abstrakt** Článek se zaměřuje na Ústavem soudního znaleství v dopravě řešený projekt VIMOT, jehož náplní je mj. návrh nové metody sloužící k odhalování, dokazování a potírání kriminality spojené s motorovými vozidly a její zavedení do praxe. V detailu je představena jedna ze stěžejních částí projektu, a sice nárazové testy orientované na ověřování funkčnosti a použitelnosti EDR (Event Data Recorder) dat a jejich čtení a interpretaci systémem CDR. CDR neboli Crash Data Retrieval je elektronický systém umožňující čtení dat zaznamenaných z různých senzorů a řídicích jednotek daného automobilu. Uživateli tak může poskytnout předehodové a ponehodové údaje, jejichž reálnost byla v rámci prezentovaných zkoušek ověřována porovnáním s referenčním systémem.

**Klíčová slova** systém CDR, nárazové testy, zkoušky funkčnosti, bezpečnost, automotive

### 1. SLOVO ÚVODEM

Projekt s akronymem VIMOT a plným názvem „Vývoj inovativní metody k odhalování trestných činů v silniční dopravě s využitím elektronických nehodových dat“ (VI20172020108) je výzkumným projektem podpořeným v rámci programu Bezpečnostního výzkumu MV ČR. Je zaměřen na vývoj inovativní metody pro odhalování, dokazování a potírání kriminality spojené s trestnou činností v silniční dopravě za použití moderních technických zařízení a nových poznatků z oblasti měření dynamických charakteristik a analýzy manipulovaných škodných událostí. Nově navržená metoda bude vycházet mj. z aplikace moderních technických zařízení umožňujících čtení a dekódování dat z řídicích jednotek motorových vozidel.

Lídrem a hlavním řešitelským pracovištěm projektu je Ústav soudního znaleství v dopravě Fakulty dopravní ČVUT v Praze. Dalšími zapojenými institucemi jsou Dopravní fakulta Jana Pernera Univerzity Pardubice, Ústav soudního inženýrstva Žilinské univerzity v Žiline a Policejní akademie ČR.

Mezi výstupy projektu patří certifikovaná metodika, nástroje podléhající průmyslové ochraně a odborné publikace, které budou obsahovat postupy pro zajištění nehodových dat z vozidla, jejich uchování, zpracování, vyhodnocení a způsob, jak předávat tato data k dalšímu využití Policií ČR. Metodika bude sloužit pro interní potřeby Policie ČR, a to zejména službě dopravní policie a službě kriminální policie. Získaná data by ve svém důsledku měla mít pozitivní dopad na celkovou bezpečnostní situaci v rámci silniční

sítě ČR, snížení nehodovosti a zjednodušení pozice Policie při odhalování trestných činů spojených s motorovými vozidly (např. pojistných podvodů).

### 2. PROBLEMATIKA DAT EDR

Stále častěji se v dnešních dnech využívá různých zařízení, která snímají a zaznamenávají pohyb či jeho charakteristiky, ať už se jedná o přístroje audiovizuální zaznamenávající děj v okolí vozidla či zařízení měřící a zapisující trajektorii, rychlost či zrychlení. Může se jednat např. o kamery do auta či tzv. black-boxy. Více specifická ale do této skupiny zařaditelná jsou zařízení určená pro práci s daty EDR (Event Data Recorder). Jedná se o funkci řídicí jednotky airbagů (ACM – Airbag Control Module), která umožňuje ukládat určité údaje o parametrech vozidla v čase konkrétní (např. nehodové) události. Funkce ukládání nehodových dat vychází z požadavku Národního úřadu pro bezpečnost v dopravě Spojených států amerických (NHTSA – National Highway Traffic Safety Administration). Federálním nařízením (49CFR Part 563) byla následně standardizována data ukládaná pomocí EDR. V Evropě je systém ukládání dat některými výrobci již podporován a v blízké budoucnosti se předpokládá jeho implementace i do evropské legislativy.

Tato funkce však není hlavní funkcí řídicí jednotky airbagu, kterou je vyhodnocování vstupních dat ze senzorů automobilu (mj. náhlé změny rychlosti a otáčení vozidla) a na jejich základě rozhodování, zda při dané situaci došlo k překročení mezních hodnot a měl by být aktivován airbag. Tato data ze senzorů jsou pak ukládána pomocí funkce EDR a pomocí dalších zařízení je lze načíst. Ukládány jsou např. dynamické údaje o vozidle, jako jsou rychlost, brzdění, úhel řízení, a to vždy v čase před danou událostí i po ní, dále pak pořadí nárazů, přítomnost cestujících na sedadlech, využití bezpečnostních pásů atd. Mezi zařízení, kterými lze nehodové údaje číst, patří i CDR System firmy BOSCH.

### 3. CDR SYSTEM

CDR System (Crash Data Retrieval) je systém vyvinutý firmou BOSCH, který umožňuje získávat z automobilu data, která se ukládají do řídicí jednotky airbagů. Pomocí systému CDR můžeme nehodová data z řídicí jednotky získat dvěma způsoby. V případě, že má vozidlo po dopravní nehodě funkční elektrické obvody, lze zařízení CDR připojit k automobilu pomocí diagnostického

konektoru (DLC), který je využíván pro palubní diagnostický systém (OBD).



Obr. 1 – Bosch CDR Kit

V případě, kdy je připojení přes DLC nemožné, lze se k řídicí jednotce airbagu ACM připojit se zařízením CDR přímo pomocí speciálních kabelů. Vzhledem k velkému množství typů ACM, existuje i velké množství připojovacích kabelů, které se prodávají individuálně.

Součástí základní sady CDR je rozhraní, které umožní propojení automobilu s počítačem, na němž je nainstalován program Crash Data Retrieval Tool. Sada dále obsahuje kabeláž (OBDII kabel, USB to serial port kabel) a napájecí adaptér. Samotné získání dat pak probíhá pomocí programu Crash Data Retrieval Tool. Uživateli po kontrole spojení rozhraní CDR s vozidlem vyplní VIN vozidla a po připojení vybere z nabídky modul, ze kterého se mají data stáhnout.

### 4. REFERENČNÍ MĚŘICÍ ZAŘÍZENÍ

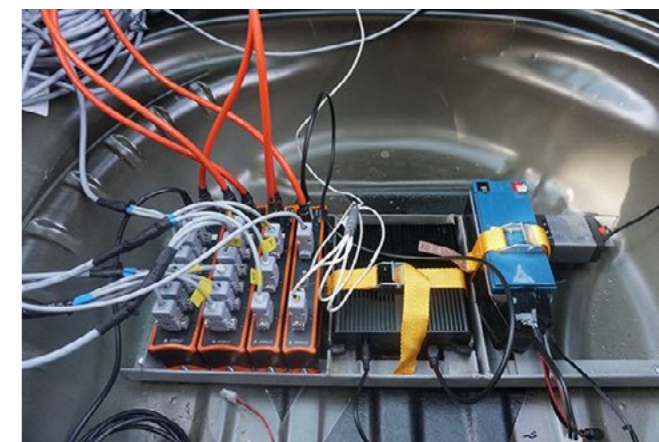
Pro ověřování věrohodnosti zaznamenaných a vyčtených hodnot (především zrychlení) byla testovací vozidla vybavena nezávislou měřicí soustavou skládající se z měřicí ústředny DEWESoft Krypton a jejího zdroje energie, akcelerometrů společnosti Kistler a Measurement Specialities, potenciometrů značky Micro-Epsilon či siloměru bezpečnostního pásu a speciálně připraveného měřicího počítače. Tato soustava je dále v textu označována jako měřicí systémem Krypton. Druhý kolizní partner byl vždy vybaven samostatným zařízením PicDAQ5 výrobce DSD.

Měřicí počítač byl zkonstruován pro využití v extrémních případech, jako jsou právě nárazové testy, není v něm tedy využito žádných otáčivých nebo volně uložených součástí. Ve zjednodušeném pohledu se jedná o základní desku vybavenou základními PC komponentami včetně síťové karty a WiFi modulu, která je zabudována do hliníkového šasi. Komunikace s tímto počítačem, kterým je měření nastavováno, softwarově prováděno a na jehož disk jsou naměřená data ukládána, probíhá pomocí bezdrátového spojení a funkce vzdálené plochy.

Ústředna Krypton byla využita ve dvou provedeních, a to dva kusy 3xSTG a dva kusy 6xSTG, dohromady tak umožnila zapojit až 18 kanálů, přičemž na každém z nich je možno měřit frekvenci až 20 kHz. Její provedení je modulární, proto bylo možno ji při testech s více než dvěma automobily rozdělit a vytvořit tak dvě na sobě nezávislé referenční soustavy. Komunikace a přenos dat mezi ústřednou a počítačem i mezi jednotlivými moduly probíhá za

pomocí tzv. EtherCAT protokolu a EtherCAT kabelu, který umožňuje jak přenos dat, tak elektrické energie a zajišťuje rychlejší a bezpečnější komunikaci mezi zařízeními. Krypton byl po dobu průběhu jednotlivých testů napájen 12 V článkovou baterií.

Sestava Kryptonu, měřicího počítače a baterie byla umístěna a připevněna k železné konstrukci, jež byla pevně přichycena ke karoserii automobilu, což zobrazuje ilustrativní obrázek.



Obr. 2 – Ilustrační zapojení a upevnění měřicí soustavy

Pro snímání zrychlení byly využity tříosé MEMS akcelerometry, konkrétně v rozsazích  $\pm 500g$  (Measurement Specialities, modelová řada 1203),  $\pm 1000g$  (Measurement Specialities, modelová řada 1203 a Kistler, modelová řada M1203A) a  $\pm 2000g$  (Kistler, modelová řada M0053A). Jejich úkolem bylo snímání zrychlení nejen na karoserii, ale byly instalovány i do figurín představujících posádku vozidla. Jednalo se o dospělého řidiče – 50% muže (figurína, jenž svojí velikostí odpovídá průměrnému zástupci mužské populace), 6leté dítě umístěné v dětské sedačce a psa v bezpečnostním postroji.

Kromě výše zmíněného byla pro získání dalších zajímavých údajů zapojena do měřicí sestavy i již zmíněná zařízení, mezi něž patřily siloměr měřící sílu natažení bezpečnostního pásu, potenciometry zaznamenávající pohyb hlavy figuríny řidiče a figuríny psa při nárazu a trigger určující v naměřených datech okamžik nárazu. V neposlední řadě byl pohyb v interiéru snímán i vizuálně pomocí soustavy kamer.

Kolizní partner byl za účelem měření dynamiky nárazu vždy vybaven zařízením PicDAQ5, které bylo podobně jako popsaná sestava pevně spojena s testovaným automobilem. Výstupem tohoto přístroje jsou mj. data ve třech osách o zrychlení a úhlové rychlosti, a to s frekvencí až 1 000 Hz.

### 5. TESTOVACÍ VOZIDLA

Testovací vozy byly vybírány se zvláštním zřetelem na možnost vyčtení nehodových dat, což není v evropských vozů samozřejmostí, a se snahou o získání vozidel vzájemně odlišných. Využity byly následující vozy, u nichž je připojen i krátký komentář k datům, která lze pomocí systému CDR získat:

- Dodge Caliber 2.0 CRD

CDR poskytuje binární data (ano/ne) o zapnutí bezpečnostních pásů všech sedadel, aktivaci kolenního airbagu řidiče, aktivaci bočního airbagu, využití předepínače bezpečnostních pásů, měření bočních senzorů, využití omezovače zatížení bezpečnostních pásů, snímače polohy předních sedadel, vypnutí airbagu spolujezdce, aktivaci



systému klasifikace rozeznání vpředu sedícího spolujezdce. Dále jsou k dispozici hodnoty zrychlení při nárazu v [g], a to po dobu 100 ms před nárazem a 150 ms po nárazu, s rozlišením po 1 ms. S rozlišením 0,1 s jsou zaznamenány v intervalu 5 s – 0 s před nárazem hodnoty otáček motoru, rychlosti vozidla, polohy škrtkové klapky, velikosti stlačení pedálu plynu, tlaku v ústrojí, využití a stlačení brzdy, aktivitu a případné hlášení kontrolky závady systémů ABS, ESP a elektronické spojky, použití točivého momentu motoru (indikuje, zda je zařazena rychlost či neutrál), zapnutí a aktivity tempomatu.

- Jeep Compass 2.0 CRD 4x4

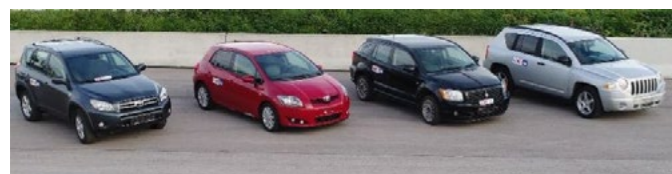
Protokol je shodný s protokolem vozidla Dodge Caliber, umožňují vyčíst stejné hodnoty, v případě rychlosti či zrychlení se stejnými parametry.

- Toyota Auris 2.0 D-4D

Protokol CDR obsahuje zápis o posledních čtyřech zaznamenaných nehodových událostech. K nim jsou uvedeny informace o pořadí nárazu, jeho typu (čelní/zadní, boční na stranu řidiče, boční na stranu spolujezdce), čas od nárazu do příkazu k použití airbagů a předpínače bezpečnostních pásů, stav závažnosti dle události dle vnitřních pravidel. Dále jsou uvedeny hodnoty vývoje rychlosti (delta V) v [MPH] a [km/h] v případě podélného nárazu po 10 ms v délce trvání 200 ms, v případě bočního nárazu po 4 ms v délce trvání 100 ms, a to ze senzorů v oblasti řídicí jednotky, B-sloupku a C-sloupku. K dispozici jsou také přednárazové údaje v intervalu 0 s až 5 s, první údaj je uveden 0,5 s nebo 0,8 s před nárazem, dále po 1 s. Mezi ně patří rychlost, použití brzdy, případně stlačení pedálu plynu a otáčky motoru. Binárně jsou uvedeny údaje o zapnutí řídicího bezpečnostního pásu, poloze řídicího sedadla, poloze řídicí páky (neutrál, rychlost, případně parkování) a zapnutí/vypnutí spolujezdce airbagu.

- Toyota RAV4 2.2 D-4D

Protokol je shodný s protokolem vozidla Toyota Auris, umožňují vyčíst stejné hodnoty, v případě rychlosti či zrychlení se stejnými parametry.



Obr. 3 – Testovací vozidla, zleva Toyota RAV4, Toyota Auris, Dodge Caliber, Jeep Compass

## 6. NÁRAZOVÉ TESTY

Testy se uskutečnily nedaleko rakouského města Linz v areálu společnosti Dr. Steffan Datentechnik GmbH, který je uzpůsoben a využíván pro konání nárazových testů. Mezi mnohé výhody využití tohoto prostoru patří jeho vybavení prostornou asfaltovou plochou s rozsáhlými výběhovými plochami, pevně zabudovaným a spolehlivým systémem na roztažení vozidel, který umožňuje přesné navedení do požadované konfigurace, a to i při vysoké rychlosti (test 4 byl proveden s nárazovou rychlostí 116 km/h), možnost použití stabilního ocelového kúlu pro náraz do pevné překážky nebo systémem snímání nárazu soustavou tří rychloběžných kamer.

Samotné testy byly provedeny čtyři, a to s různou konfigurací, jak je popsáno dále a s vozidly, která umožňují vyčtení nehodových dat a která byla popsána v předcházející kapitole. Za účelem ověření možnosti získání dalších pro analýzu nehody významných či

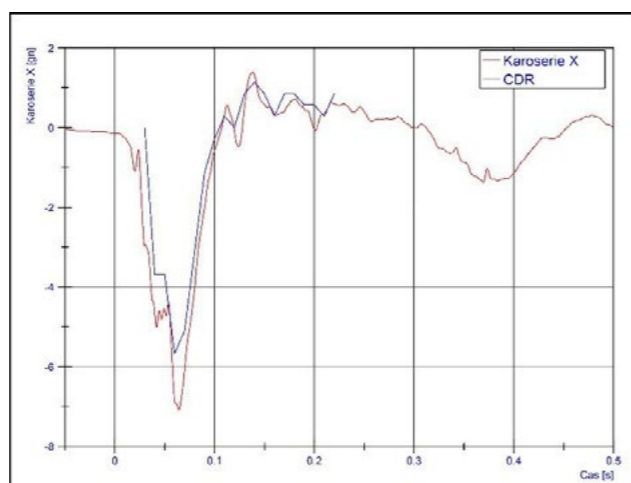
zajímavých údajů byl před každým testem například spuštěn stěrač předního okna, ukazatel směru či světelné výstražné znamení. Z výše uvedeného seznamu u jednotlivých vozidel je však patrné, že kromě informací o vývoji některých parametrů pohybu či zapnutí bezpečnostních pásů, aktivaci airbagů nebo vybraných funkcí (systémy ABS či ESP) nelze tyto informace získat.

Následné zpracování dat probíhalo v softwarovém prostředí programu NI DIAdem, které je určeno mimo jiné pro práci s daty podobného typu. Mezi výhody patří řada předdefinovaných funkcí zpracování signálu jako frekvenční analýza FFT, „crash“ filtry nebo jednoduché zpracování grafických výstupů

### 6.1 Test 1

Jako první testovací scénář byl zvolen náraz, při němž vozidlo Toyota RAV4 čelně naráží v nízké rychlosti 15,1 km/h ( $\pm 0,1$  km/h) do boku Jeep Compass. Jedoucí vozidlo bylo v tomto testu řízené z důvodu zajištění okrajových podmínek živým řidičem, dále byla na zadní řadě sedaček připoutána dětská figurína v bezpečnostní sedačce a figurína psa v bezpečnostním postroji, Jeep Compass byl bez posádky.

Vzhledem k nízké rychlosti a nesplnění podmínek nebyla systémem EDR vozidla Jeep Compass zaznamenána žádná nehodová data k vyčtení. Naopak tomu bylo u Toyoty RAV4, z níž byly vyčteny údaje jak přednehodové (s nižší frekvencí), tak údaje ponehodové. Toto vozidlo bylo instrumentováno měřicím systémem Krypton. Porovnání údajů vyčtených pomocí systému CDR a nezávisle naměřených je na následujícím grafu. Data z akcelerometrů byla filtrována pomocí standardně používaného filtru CFC60 [1]. Data z CDR byla přepočtena, neboť v tomto případě jsou poskytovány údaje o vývoji rychlosti nikoliv zrychlení.



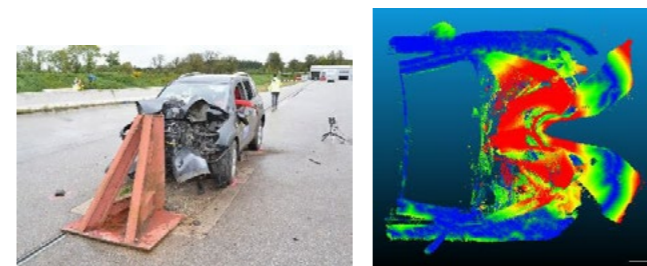
Obr. 4 – Porovnání údajů CDR a nezávislého měření (Krypton) – test 1

Z grafu je patrná největší odchylka v nejnižší zaznamenané hodnotě zpomalení na karoserii. Tuto skutečnost lze vysvětlit dvěma fakty, a sice rozdílnou záznamovou frekvencí (u měřicí sestavy 10 kHz, naproti tomu u CDR výrazně nižší – 100 Hz). Jinak trend zaznamenaných hodnot odpovídá i měření nezávislou akcelerometrickou soustavou.

### 6.2 Test 2

Druhým zvoleným scénářem byl čelní centrický náraz vozu Toyota RAV4 do pevné překážky, kterou byl ocelový sloup. Náraz byl

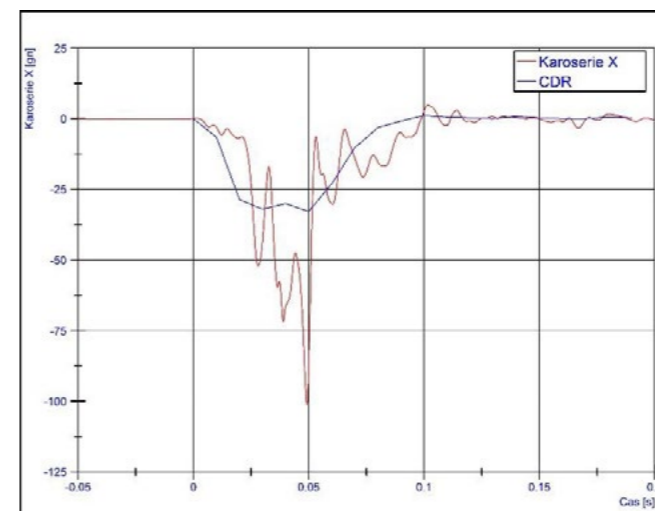
proveden v rychlosti 60 km/h ( $\pm 3$  km/h). Vozidlo bylo osazeno měřicí soustavou, posádku tvořil 50% muž umístěný na sedadlo řidiče, 6leté dítě připoutané v dětské autosedačce a pes v bezpečnostním postroji, k jehož poškození vlivem nárazu došlo. Ilustrační snímek o situaci a poškození je na následujícím obrázku.



Obr. 5 – Test 2 – náraz na překážku a poškození vozidla

Graf na dalším obrázku ukazuje větší odchylku ve velikosti i tvaru průběhu působícího zrychlení, než tomu bylo u testu 1. Stejně jako u něj však lze tuto nehodu zdůvodnit nižší vzorkovací frekvencí senzorů a EDR ve vozidle, než u měřicí soustavy. Důležitý však je poznatek o tom, že v CDR protokolu z tohoto testu jsou zapsány dvě události. Jedná se nejprve o čelní/zadní náraz a s odstupem 18 ms náraz boční. Během tohoto testu tedy zřejmě došlo k překročení hranice nutné pro uložení záznamu nejen u dopředného, ale i bočního zrychlení.

Data z akcelerometrů byla filtrována pomocí standardně používaného filtru CFC60. Data z CDR byla přepočtena, neboť jsou poskytovány údaje o vývoji rychlosti nikoliv zrychlení.



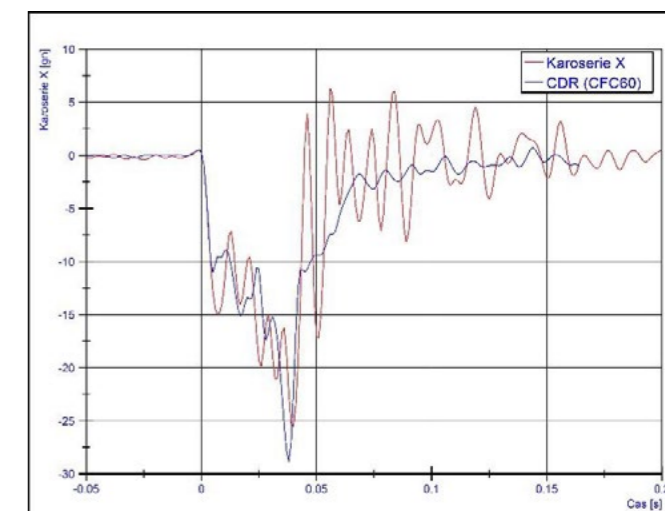
Obr. 6 – Porovnání údajů CDR a nezávislého měření (Krypton) – test 2

### 6.3 Test 3

Ve třetí testovací konfiguraci byl veden náraz vozidla Dodge Caliber v rychlosti 69,2 km/h ( $\pm 3$  km/h) na zadní nápravu vozidla Toyota RAV4. První ze zmíněných vozidel bylo osazeno měřicím zařízením PicDAQ5, zatímco měřicí systém využívající ústřednu Krypton a sadu akcelerometrů byl umístěn ve vozidle Toyota RAV4.

Ve vozidle Dodge tvořil posádku 50% muž umístěný na sedadlo řidiče (v tomto případě vpravo z pohledu jízdy) a 6leté dítě připoutané v dětské autosedačce. Posádku druhého vozidla představoval sám řidič, figurína 50% muže.

Během načítání dat systémem CDR bylo zjištěno, že u druhého testovacího vozidla byl systém senzorů a jednotky EDR poškozen natolik, že žádnou z dalších nehodových událostí nezaznamenal. Z toho důvodu je pro tento test také uveden jeden graf porovnávající průběh zrychlení působící na vozidlo a posádku Dodge.



Obr. 7 – Porovnání údajů CDR (Dodge) a nezávislého měření (PicDAQ) – test 3

Přestože náraz probíhal v rychlosti vyšší, než tomu bylo u testu 2, lze si v grafu povšimnout vyšší podobnosti zaznamenaných hodnot i průběhu křivky působícího zrychlení, a to především v první části nárazu do maximálního zpomalení. Na rozdíl od Toyoty RAV4 obsahuje CDR protokol Dodge Caliber záznam o působícím zrychlení nikoliv vývoji rychlosti, které je zároveň poskytován s vyšší frekvencí 1 000 Hz. Data z akcelerometrů byla stejně jako data z CDR filtrována pomocí standardně používaného filtru CFC60. V tomto případě byla data navíc působením okolního prostředí a deformací karoserie zašuměna více než u dalších měření. Tato skutečnost se projevuje především „rozkmítáním“ křivky v čase následujícím po globálním minimu.

### 6.4 Test 4

V rámci čtvrtého testu byla využita všechna dříve uvedená vozidla, která byla pro tuto sérii testů připravena. Jednalo se o test simulující hromadnou havárii na komunikaci s vyšším rychlostním limitem, neboť primární nárazová rychlost byla 116,1 km/h ( $\pm 4$  km/h).

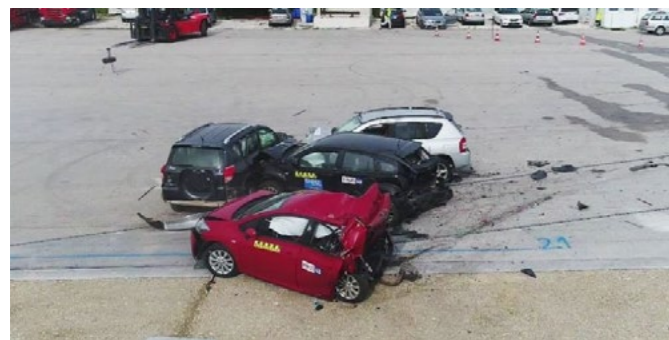


Obr. 8 – Konfigurace testu 4

Touto rychlostí naráželo vozidlo Jeep Compass do zádi vozidla Toyota Auris, které bylo ve směru pohybu Jeep stojící podélně. Před



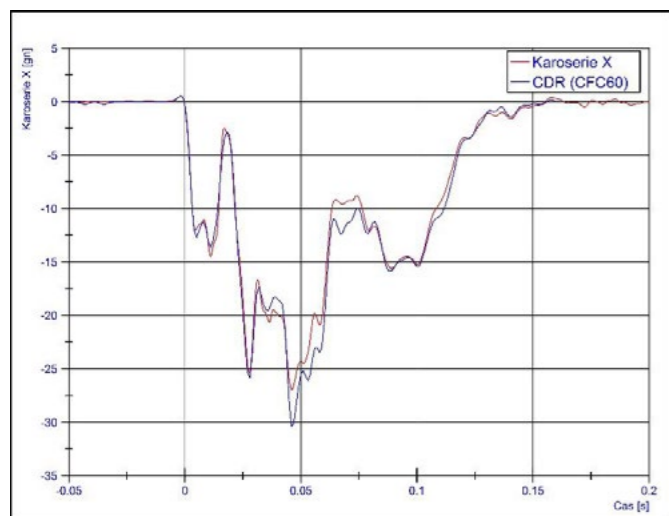
Toyotou Auris bylo ve vzdálenosti 3 m umístěno další podélně stojící vozidlo, kterým byl Dodge Caliber. Obě tato vozidla reprezentovala vozy stojící na místě dopravní nehody dříve kolidujícího vozidla Toyota RAV4, které fiktivně skončilo v konečné poloze příčně vůči směru pohybu ostatních vozidel. Dodge Caliber stál za příčně umístěným vozem ve vzdálenosti 1,2 m. Celá konfigurace je patrná na fotografii.



Obr. 9 – Test 4 – konečné polohy a poškození vozidel

Pro toto měření bylo využito modulárnosti ústředny Krypton a byly vytvořeny dva nezávislé měřicí systémy, přičemž jedním byl instrumentován vůz Jeep a druhým vozidlo Toyota Auris. Zařízení PicDAQ bylo umístěno v Dodge, vozidlo Toyota RAV4 nebylo instrumentováno vzhledem k dřívějšímu vyřazení EDR z činnosti.

Shodou nešťastných okolností je však i z tohoto hromadného nárazového testu možno provést jen jedno porovnání zaznamenaných hodnot zrychlení. Mezi tyto okolnosti patří přerušení spojení baterie a ústředny ve vozu Auris, které bylo vyvoláno silami na vozidlo působící a změnami v interiéru. Data zaznamenaná pomocí PicDAQ byla naproti tomu zašuměna natolik, že nebylo možné je pro porovnání s adekvátní vypovídající hodnotou použít.



Obr. 10 – Porovnání údajů CDR (Jeep) a nezávislého měření (Krypton) – test 4

Graf tedy ukazuje porovnání zaznamenaných průběhů zrychlení působícího na Jeep Compass dle CDR a měřící soustavy Krypton. Podobně jako u Dodge i tento protokol kromě jiného uvádí tabulkový záznam přímo zrychlení, a to při frekvenci 1 000 Hz. Oba tyto průběhy vykazují shodný tvar křivky a k výraznější odchylce došlo jen ve dvou místech, přičemž jedním z nich však je nejnižší zaznamenaná hodnota.

## 7. ZÁVĚR

Z provedených testů a z nich získaných dat a na základě dalších zkušeností lze označit systém založený na získávání ponehodových údajů (zde konkrétně CDR System) za užitečný nástroj. Data z tohoto systému rámcově odpovídají údajům změřených kalibrovaným nezávislým měřicím systémem. V evropském prostředí je však zatím tento systém odkázán na rozhodnutí výrobce v jakém formátu a jaké údaje nechá uživatele získat. Stejně tak na výrobci v současné době závisí jakými senzory (co se týká měřených veličin i jejich měřicí frekvence) bude vůz vybaven, což má zásadní vliv na vyčtené hodnoty. Tato skutečnost je patrná při porovnání komparací z testů 1 a 2 vůči výsledkům testů 3 a 4. V prvních dvou byly porovnávány údaje Toyoty RAV4, které vykazovaly nižší podobnost s hodnotami získanými nezávislým měřicím systémem, než údaje získané z vozidel Dodge (test 3) a Jeep (test 4).

Pro častější používání těchto nástrojů ve znalecké praxi bude tedy bezpodmínečně nutné zavést jednotnou legislativu, která standardizuje formát poskytovaných dat, a to jak z hlediska rozsahu, tak kvality.

## 8. PODĚKOVÁNÍ

Článek vznikl za podpory Ministerstva vnitra ČR, programu Bezpečnostního výzkumu – projektu VI20172020108 Vývoj inovativní metody k odhalování trestných činů v silniční dopravě s využitím elektronických nehodových dat.

### Zdroje

1. ISO 6487:2015. Road vehicles — Measurement techniques in impact tests — Instrumentation.
2. Nouzovský, L. et al. Systém CDR a jeho praktické zkoušky. Soudní inženýrství. 2018, 29(1), 35-42. ISSN 1211-443X.

# Webové aplikace, Big Data a další aktivity ekonomické sekce Ústavu logistiky a managementu dopravy

Jan Tichý<sup>1</sup>  
Zdeněk Říha<sup>2</sup>  
Václav Baroch<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Ústav logistiky a managementu Fakulty dopravní ČVUT v Praze; Horská 3, Praha 2, 128 03; barocvac@fd.cvut.cz

**Abstrakt** Spolu s rozvojem moderních technologií a touhou po informacích vznikla na Ústavu logistiky a managementu Fakulty dopravní ČVUT v Praze, příp. ve spolupráci se zaměstnanci tohoto ústavu, v průběhu posledních 10 let celá řada zajímavých webových aplikací. Jejich smyslem je kromě zvýšení kvality samotného výukového procesu a výuky ekonomických předmětů také zlepšení spolupráce se soukromou i veřejnou sférou. Cílem je mj. hledat odpovědi na ekonomické otázky týkající se dopravy a její ekonomiky, což obvykle velmi úzce souvisí s potřebou různých subjektů racionalizovat náklady.

**Klíčová slova** Indexcesmad, Kolator, IODA, VýRočenky, aplikace, software, bigdata, náklady, kalkulace nákladů, data, datové řady, dokumenty.

## 1. INDEXCESMAD

Nákladový index ČESMAD Bohemia je systém sledování vývoje nákladů českých kamionových dopravců. Vychází z metodiky holandské společnosti NEA a z metodiky odborníků ekonomické sekce Ústavu logistiky a managementu dopravy Fakulty dopravní ČVUT v Praze, kteří jsou jeho zpracovateli.

Index je zkonstruován tak, aby dával objektivní informace o vývoji nákladů na 1 km, které má dopravce v různých evropských relacích a také obecný přehled o vývoji na celém trhu kamionové dopravy. Ambicí indexu je i to, aby si jej sami dopravci a jejich zákazníci zapracovali ve vhodné verzi do svých smluv a dosáhli tak objektivní valorizace cen za přepravu.

Index je postaven na skladbě nákladů 40-ti tunové návěsové soupravy. Je vypočítán na základě hodnot, která uvádějí poskytovatelé dat v den zveřejnění indexu na našem webu. Nejsou tedy zohledněny případné zpětné korekce těchto hodnot.

V rámci webové aplikace má uživatel možnost volit mezi různými variantami indexu pro typy vozidel podle jejich emisních kategorií a to pro destinace, do nichž jsou směřovány přepravy. Index může postihovat náklady včetně mýtného nebo bez něj, přičemž lze srovnávat různá období. Základním časovým úsekem je čtvrtletí a za hlavní trendový index pro celý obor je považována varianta indexu, která postihuje všechny mezinárodní relace s vahou podle objemu obchodní výměny ČR, zahrnuje vozidla s motory euro V a euro VI podle jejich podílu na trhu a je vypočten včetně mýtného (trasa GLOBAL, emisní kategorie MIX, s mýtem). Uživatel si dále může vybrat mezičtvrtletní (iQ) nebo bazický (iB) index. Více informací o konstrukci indexu lze najít v Metodice umístěné na webové stránce <http://www.indexcesmad.cz>

## 2. KOLATOR

Software Kolator je klasická webová aplikace pracující s relační databází. Jde o první software se zaměřením na kalkulaci nákladů dopravního provozu, který je vytvořen primárně pro potřeby akademické sféry. Cílem softwaru je poskytnout studentům jednoduchý nástroj pro kalkulaci nákladů silniční dopravy a přepravy, jehož úkolem je naučit uživatele logickým postupům výpočtu nákladových tarifů (Kč / km, Kč / hod, Kč / os, Kč / oskm, Kč / t, Kč / tkm), tj. nákladů dopravců souvisejících s přepravou zboží či osob. Výpočet nákladových tarifů je umožněn díky předdefinovanému kalkulačnímu vzorci a předdefinované výši jednotlivých nákladových druhů, kterou může uživatel samozřejmě upravovat. V rámci uživatelského účtu je uživateli po zadání údajů o plánovaných dopravních výkonech vozového parku automaticky spočítán nákladový tarif. Následně může uživatel definovat jednotlivé zakázky a software stanoví odpovídající náklady. Tento nekomerční software je možné využívat po registraci i tvůrčímu systému. Aplikace je přístupná na adrese <http://kolator.vbsoft.cz>

## 3. IODA

Cílem projektu webové databáze IODA je sdružovat žádaná data o dopravě a umožnit vnímat informace z oboru v kontextu, jak jednotlivých dopravních módů, tak společenského života. Tato data se snažíme poskytovat v logické, úplné a dostatečně detailní struktuře, s maximální možnou přesností a co možná nejdříve od zveřejnění. Naší snahou je zpřístupnit data tak, aby s nimi mohl uživatel pracovat a ne aby si data musel nejprve pracně vytvářet opisováním z různých zdrojů. Data jsou poskytována v grafické i tabulární podobě a mají podporovat datamining v oblasti ekonomiky dopravy.

Databáze IODA, která je zdarma dostupná na webové adrese <http://www.ioda.cz>, v současnosti obsahuje již přes 100 000 čísel ve více než 600 datových řadách, které byly čerpány z více než 350 dokumentů.

Projekt IODA má oficiální záštitu Ministerstva dopravy ČR.

## 4. VýRočenky

Ačkoliv je databáze VýRočenky oproti databázi IODA zdánlivě nedůležitá, opak je pravdou. Na tomto portálu jsou totiž sdružovány dokumenty, které slouží pro databázi IODA jako tzv. zdrojové. Tým IODA totiž data (zatím) sám nepořizuje, spoléhá se na ověřené zdroje především od veřejných institucí.

K vytvoření databáze VýRočenky jsme přistoupili hlavně ze dvou důvodů: za prvé, abychom zvýšili transparentnost údajů uváděných



v IODě a za druhé, aby nám během času zdrojový dokument nezmizel v propadlísti dějin (např. díky změně webu a tedy i URL, kde byl dokument zveřejněn, odstranění dokumentu z webu atd.).

Databáze VýRočenky, která je zdarma dostupná na webové adrese <http://www.vyrocenky.cz>, obsahuje i další zajímavé dokumenty a celkem je v ní nyní uloženo přes 600 dokumentů.

## 5. Bigdata na FD

V rámci projektu Využití elektronických dat velkého objemu (Big Data) v dopravě [bigdata.fd.cvut.cz](http://bigdata.fd.cvut.cz) rozvíjíme tento perspektivní obor na půdě FD ČVUT. Navazujeme spolupráci s firmami z praxe. Naši studenti se v roce 2018 účastnili kurzu automatického programování PLC pořádaného firmou TECO, a.s. v Kolíně.

V rámci projektu běží již 4. rokem naše vlastní líheň nápadů v podobě Fóra projektů [projekty.vbsoft.cz](http://projekty.vbsoft.cz) v současnosti obsahující 99 originálních nápadů našich studentů. Všechny nápady jsou zpracovány včetně počáteční projektové dokumentace s podrobným popisem, časovým harmonogramem a finanční kalkulací k představení potenciálním investorům.

Navázali jsme též spolupráci s vydavatelem časopisu pro automatizační techniku Automa. Do budoucna máme v rámci našeho projektu velké vize, když naší snahou je nejzajímavější startupové nápady z Fóra projektů dovést ke skutečné realizaci. Chceme proto hledat pro tyto zajímavé projekty investory (granty, sponzory) a otvírat se spolupráci s firmami. Chceme nacházet spolupráci s odborníky z ostatních kateder a fakult ČVUT a nadále podněcovat studenty a studentské týmy v promýšlení dalších zajímavých nápadů. Plánujeme se zúčastnit soutěží startupů, např. Word Cup.

## 6. Ostatní aktivity

Na přednáškách často zdůrazňujeme studentům, že ekonomie není jen soubor zákonů a pravd, ale že jde především o způsob uvažování o světě, který lze každodenně využít. Kontakt s mnoha dopravními podniky a profesními sdruženími nám navíc potvrzuje, že tento způsob ekonomického myšlení je alfou a omegou profesního úspěchu každého našeho budoucího absolventa. V rámci naší činnosti se vztahu ekonomiky, dopravy, národního hospodářství, ale i problematiky životního prostředí věnujeme v mnoha oblastech. Publikujeme články o aktuálních problémech dopravy, věnujeme se otázkám její historie (např. v knize Jak se tvoří město), ale i možným inovacím, které současnost přináší a které význam získají v blízké nebo vzdálenější budoucnosti. Typickou oblastí je sdílená ekonomika, o níž jsme publikovali několik textů a zároveň spolupracujeme s firmami, které se sdílenou ekonomikou a jejím rozvojem zabývají. Naše zkušenosti nám zároveň ukazují, že i v technickém vzdělávání má výuka ekonomických oborů nezastupitelné místo a v dopravě se jedná o disciplínu, které je nutné věnovat speciální pozornost.

### Zdroje

1. Webová aplikace Indexcesmad: <http://www.indexcesmad.cz>
2. Webová aplikace Kolator: <http://kolator.vbsoft.cz>
3. Webová aplikace IODA: <http://www.ioda.cz>
4. Webová aplikace VýRočenky: <http://www.vyrocenky.cz>
5. Webová stránka BigData: [bigdata.fd.cvut.cz](http://bigdata.fd.cvut.cz)
6. Webové fórum Fórum Projektů: [projekty.vbsoft.cz](http://projekty.vbsoft.cz)

## SEZNAM ÚSTAVŮ

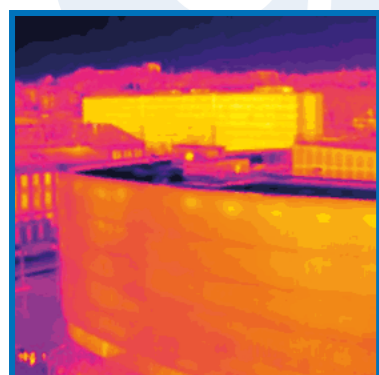
Title	Paper ID
K611 Ústav aplikované matematiky	1
K612 Ústav dopravních systémů	2
K614 Ústav aplikované informatiky v dopravě	3
K615 Ústav jazyků a společenských věd	4
K616 Ústav dopravních prostředků	5
K617 Ústav logistiky a managementu dopravy	6
K618 Ústav nechaniky a materiálů	7
K620 Ústav dopravní telematiky	8
K621 Ústav letecké dopravy	9
K622 Ústav soudního znalectví v dopravě	10
K623 Ústav bezpečnostních technologií a inženýrství	11
K650 Pracoviště Děčín	12



FAKULTA DOPRAVNÍ  
ČVUT V PRAZE  
1993 – 2018

## ÚSTAV APLIKOVANÉ MATEMATIKY

ÚSTAV POSKYTUJE VZDĚLÁNÍ VE VŠECH MATEMATICKÝCH DISCIPLÍNÁCH BAKALÁŘSKÉHO I MAGISTERSKÉHO STUDIJNÍHO PROGRAMU S DŮRAZEM NA PŘEDMĚTY MATEMATICKÉHO MODELOVÁNÍ.



Výzkumné zaměření ústavu nese základní znaky aplikací matematiky v oblastech modelování dopravních systémů, analýzy termovizních měření a teorie aproximací pro zpracování signálů. V současné době se zabýváme využitím metod umělé inteligence a dopravní simulací zohledňující autonomní vozidla. Významnými úspěchy jsou aplikace statistických metod Bayesovského odhadování v dopravě a vývoj řady algoritmů pro klasifikace stylu jízdy či řízení rozsáhlých dopravních sítí.

Výsledné algoritmy mají praktické využití, například pro harmonizaci dopravního proudu na jižní části Městského okruhu v Praze, odhad délky kolon s využitím autonomních vozidel je integrován do dopravních řadičů pro optimalizaci propustnosti dopravních uzlů. Na projektu chytrých měst spolupracujeme s Operátorem ICT (Smart Prague) a s Úřadem vlády České republiky. Měření z termovizních kamer analyzujeme pro Workswell, poradenství poskytujeme firmám TÜV SÜD Czech a Škoda Auto.

V bakalářském studiu zabezpečujeme výuku základních matematických a fyzikálních předmětů. Cílem pedagogické práce v magisterském studiu je prohloubit znalosti studentů z aplikovaných partií matematiky a osvětlit teoretický základ modelování lineárních stacionárních i nestacionárních systémů a procesů. Opomenuty nejsou ani otázky klasifikace náhodných procesů, algoritmy predikce i analýza rozsáhlých systémů.

Kontaktujte nás  
pribylo@fd.cvut.cz  
<https://www.fd.cvut.cz/o-fakulte/ustav-16111>

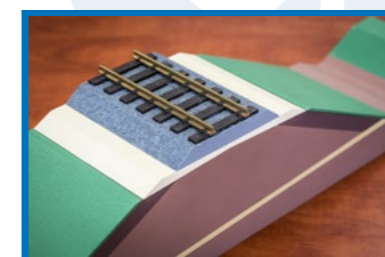
Adresa:  
ČVUT v Praze Fakulta dopravní  
Ústav aplikované matematiky  
Na Florenci 25  
110 00 Praha 1



FAKULTA DOPRAVNÍ  
ČVUT V PRAZE  
1993 – 2018

## ÚSTAV DOPRAVNÍCH SYSTÉMŮ

ÚSTAV DOPRAVNÍCH SYSTÉMŮ – PARTNER NA CESTĚ K UDRŽITELNÉ MOBILITĚ



Plánování dopravní obslužnosti území všech velikostí, včetně městských aglomerací, a moderní metody projektování dopravních cest s minimalizací negativních vlivů dopravy na životní prostředí. Bezpečnost na pozemních komunikacích a studie chování dopravního proudu, navrhování rozhodovacích nástrojů pro koncepci přestupních uzlů veřejné dopravy.

Generely dopravy, projektování a posuzování projektů dopravních cest a terminálů, doprava v klidu, bezpečnostní audity pozemních komunikací, preferenční opatření, hluk z dopravy, dopravní obslužnost území, dopravní průzkumy ve spolupráci s Mobilní laboratoří pro dopravní analýzy, přepravní průzkumy, vztah dopravní infrastruktury a provozu na ní.



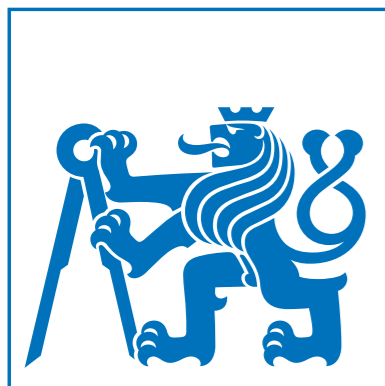
Konstrukce, vedení a projektování dopravních cest, dopravní provoz a jeho bezpečnost, umístění tras a terminálů osobní dopravy v území, řešení dopravy v městských a příměstských regionech, problematika dopravního provozu a životního prostředí, modernizace železniční sítě, vysokorychlostní tratě, dopravní obsluha území. Důraz je kladen na provázanost studentských projektů s požadavky praxe.

Kontaktujte nás  
<http://k612.fd.cvut.cz>  
jacura@fd.cvut.cz  
tel.: 224 355 087

Ústav dopravních systémů  
Konviktská 20  
110 00 Praha 1  
Pracoviště: Horská 3, Praha 2



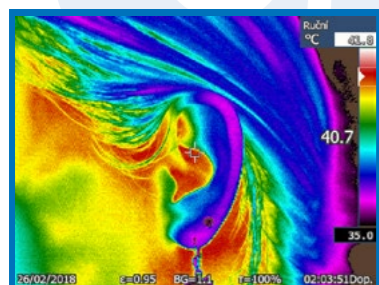




FAKULTA DOPRAVNÍ  
ČVUT V PRAZE  
1993 – 2018

## ÚSTAV APLIKOVANÉ INFORMATIKY V DOPRAVĚ

ÚSTAV ZAJIŠTUJE VÝUKU PŘEDMĚTŮ Z OBORU INFORMATIKY A TELEKOMUNIKACÍ. ZABÝVÁ SE TÉŽ APLIKACEMI DATABÁZÍ, UMĚLÉ INTELIGENCE, BIOMETRIE A TELEKOMUNIKACÍ V DOPRAVĚ.



Činnost ústavu pokrývá mnoho oblastí: biometrickou identifikaci, aplikaci IS pro letectví a pro osoby s omezenou schopností pohybu a orientace, datamining, genetické algoritmy a genetické programování, metody hodnocení kvality telekomunikačních systémů, hodnocení bezpečnosti SW, simulace v dopravě, teorie automatů a gramatik.

Spolupráce úspěšně probíhala nebo stále probíhá s následujícími subjekty:

Ministerstvo dopravy ČR, ŘSD ČR, SŽDC, AŽD Praha, Magistrát hl.m. Prahy, Brněnské komunikace, Ústav informatiky AV ČR, Kapsch Telematic Services, O2, T-Mobile, Eltodo, IMA, Pudis, Intens, Inoxive, POV, SONS, Bankovní institut VŠ a DERS



Tematické zaměření výuky: Algoritmizace, Návrh a programování databázových a informačních systémů, CAD, Programování, Automatizace a měření, Telekomunikace, Datamining, Bezpečnostně kritické aplikace v ITS, Dopravní modelování a simulace, Bezdrátové technologie, Pokročilé modely pro dopravu, Procesní modelování, Umělá inteligence a expertní systémy, GIS, IT podpora řízení projektů

Kontaktujte nás

<https://k614.fd.cvut.cz>  
[fabera@fd.cvut.cz](mailto:fabera@fd.cvut.cz)

Adresa:

Ústav aplikované informatiky v dopravě  
doc. Ing. Vít Fáběra, Ph.D.  
Konviktská 20,  
110 00 Praha 1



FAKULTA DOPRAVNÍ  
ČVUT V PRAZE  
1993 – 2018

## ÚSTAV JAZYKŮ A SPOLEČENSKÝCH VĚD

ÚSTAV PROPOJUJE TECHNICKÉ A HUMANITNÍ VZDĚLÁNÍ S CÍLEM PROHLouBIT JAZYKOVOU VYBAVENOST A VŠEOBECNÝ ROZHLED STUDENTA S OHLEDEM NA JEHO BUDOUCÍ UPLATNĚNÍ.



V rámci projektově orientované výuky jsou na ústavu vypisovány projekty a následně vedeny bakalářské a diplomové práce v oblasti dopravní psychologie a bezpečnosti práce. Publikační činnost členů ústavu v jejich oborech je přiměřeně intenzivní, ale bohužel z podstaty věci RIV body za tuto činnost většinou na naši fakultu nemohou směřovat.

Ústav je otevřen i spolupráci mimo ČVUT. Např. Společenství autodopraců Čech a Moravy (SAČM) požádalo o vypracování jazykové pomůcky pro řidiče mezinárodní dopravy. Výsledkem je krásně zpracovaná příručka ve třech jazykových mutacích. Pracovníci ústavu se podílejí na překladech a korekturách pro zájemce mimo školu – PŘF UK, NTM, AV ČR atd.

K615 zajišťuje pro studenty FD výuku cizích jazyků a humanitních předmětů. Dnešní praxe zahrnuje ve II. ročníku první cizí jazyk – povinně AJ a ve III. druhý jazyk vždy zakončených zkouškou. Magisterský blok zahrnuje vždy 2 jazyky (AJ povinný) s dotací 2 h týdně, oba zakončeny zkouškou. Doktorandi mají zkoušku z AJ a zápočet z dalšího jazyka. Humanitní předměty jsou buď povinné, nebo povinně volitelné.

Kontaktujte nás

<https://www.fd.cvut.cz/o-fakulte/ustav-16115>  
Tel.: +420 224 359 147

Adresa:

Ústav jazyků a společenských věd  
Horská 3  
128 03 Praha 2

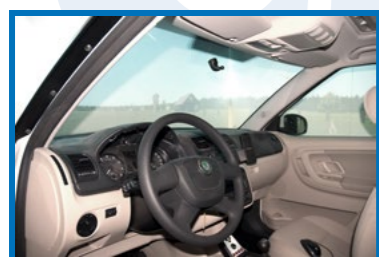




FAKULTA DOPRAVNÍ  
ČVUT V PRAZE  
1993 – 2018

## ÚSTAV DOPRAVNÍCH PROSTŘEDKŮ

TVOŘÍME, VYMÝŠLÍME, OVĚŘUJEME A ZKOU MÁME VŠE, CO SE TÝKÁ DOPRAVNÍCH PROSTŘEDKŮ, JEJICH KONSTRUKCE, OVLÁDÁNÍ, BEZPEČNOSTI A PŘEDEVŠÍM ZAČLENĚNÍ DO RÁMCE DOPRAVNÍHO SYSTÉMU. HARDWARE, SOFTWARE, ROZHRANÍ A LIDÉ.



Vědecká činnost ústavu je zaměřena na oblast konstrukce a simulace dopravní techniky a na oblasti týkající se jejich uživatelů. V minulých letech byly řešeny zejména projekty s cílem podpořit bezpečnost a výcvik řidičů (ASLAN, REVISED, TRESBSD), bylo mimo jiné vyvinuto výcvikové pracoviště simulátoru kamionu (projekt Výprask). Ústav je také organizátorem řady konferencí Driver – Car Interaction & Safety.

Spolupracujeme s řadou komerčních partnerů, jako jsou Škoda-Auto, Volkswagen AG, Bosch, Porsche Engineering, Dekra, TUV a další. Ve spolupráci se Škoda-Auto ústav provozuje Laboratoř Automotive R&D 4.0 v CIIRC, do jejíhož běžného provozu se zapojují i studenti, kteří zde získávají cenné zkušenosti v reálném vývoji pro největší českou automobilku.



Ústav je pedagogicky a odborně zaměřen na stavbu a provoz dopravní techniky. Dopravní technika dnes nejsou pouze vozidla, ale propojené systémy lidí, strojů a informací, které musí pracovat spolehlivě, bezpečně, efektivně a ohleduplně. Předměty, které ústav zajišťuje, seznamují posluchače s teorií stavby vozidel, pro studenty vyšších ročníků nabízí přednášky zaměřené do oblasti speciálních vlastností a systémů vozidel – zkoušení, dynamika jízdy vozidel a pasivní bezpečnost, vliv elektronických systémů, design dopravních prostředků, stavba karoserií, výrobní technologie, provoz a řízení vozidel. Důležitou součástí pedagogické práce ústavu je tým CTU Lions, který vyvíjí, staví a závodí na vlastních motocyklech v seriálu MotoStudent.



Kontaktujte nás

<http://k616.fd.cvut.cz>

email: [bouchner@fd.cvut.cz](mailto:bouchner@fd.cvut.cz)

Adresa:

Horská 3,  
Praha 2, 128 03

Telefon: 224 355 085



FAKULTA DOPRAVNÍ  
ČVUT V PRAZE  
1993 – 2018

## ÚSTAV LOGISTIKY A MANAGEMENTU DOPRAVY

PROFILUJÍCÍ ÚSTAV FD PRO SPECIALIZACI A STUDIJNÍ PROGRAM LOGISTIKA A ŘÍZENÍ DOPRAVNÍCH PROCESŮ, KOMBINUJÍCÍ VÝUKU, VĚDECKO-VÝZKUMNOU ČINNOST A APLIKACI KNOW-HOW V OBLASTECH: LOGISTIKA, TEORIE A TECHNOLOGIE DOPRAVY, EKONOMIKA A FINANCOVÁNÍ DOPRAVY, MARKETING A ŘÍZENÍ PROJEKTŮ V OBLASTI DOPRAVY

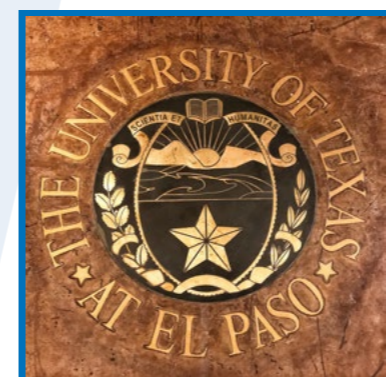


Ústav se podílí na řadě projektů podpořených Technologickou agenturou České republiky, jako klíčové z poslední doby uvádíme: **Synergie v plánování železničních linek**, resp. koordinace zájmů objednavatelů dopravy s ohledem na standardy kvality obsluhy a efektivitu provozu, dále pak **Rychlá spojení metropolitních oblastí** z pohledu dopadů nové dostupnosti na pracovní trh a **Optimalizace rozvoje železničního systému ČR z hlediska přepravních potřeb**, resp. návrh metodiky opatření k lepšímu využití kapacity železniční dopravy cesty.



**Dlouhodobě spolupracujeme s veřejnou správou i komerční sférou** např. pro Plzeňský, Jihočeský a Ústecký kraj poskytujeme odborné poradenství v oblasti plánování a zajištění veřejné dopravy a související činnosti. Dále jsme zpracovávali studii zklidnění dopravy na území hl. m. Prahy pro společnost UBER. Podílíme se na tvorbě databází a kalkulačních aplikací v oblasti ekonomiky dopravy. V roce 2018 jsme navázali významnou spolupráci se společností Amazon.

Garantujeme a zajišťujeme výuku klíčových předmětů v bakalářském a magisterském studijním oboru Logistika a řízení dopravních procesů a v novém magisterském dual-degree studijním programu Smart Cities společně s americkou univerzitou The University of Texas at El Paso, s níž ČVUT FD úspěšně spolupracuje již 10 let.



Adresa pracoviště

Ústav logistiky a managementu dopravy  
Horská 3  
128 03 Praha 2

Tel: +420 224 359 155, +420 224 359 164







FAKULTA DOPRAVNÍ  
ČVUT V PRAZE  
1993 – 2018

## ÚSTAV MECHANIKY A MATERIÁLŮ

ZÁKLADNÍ A APLIKOVANÝ VÝZKUM VE SPOLUPRÁCI S OSTATNÍMI PRACOVISTI ČVUT (ÚTEF), ÚSTAVY AV ČR (ÚTAM) A PŘEDNÍMI ZAHRANIČNÍMI UNIVERZITAMI (SAARBRÜCKEN, MARIBOR).



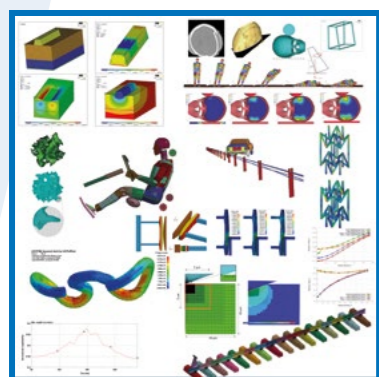
Vědecká činnost ústavu je zaměřena na oblast pokročilých materiálů pro pohlcování nárazové energie v Vědecká činnost je zaměřena na oblast pokročilých materiálů a konstrukcí pro pohlcování nárazové energie v dopravních aplikacích a dále na rozvoj metod experimentální mechaniky pro testování materiálů a konstrukcí při statickém i dynamickém zatížení. Činnost ústavu zahrnuje i vývoj experimentálních zařízení vlastní konstrukce a numerické simulace.

Komerční spolupráce zahrnuje společné projekty a smluvní výzkum s předními podniky v oblasti dopravní infrastruktury a dopravních prostředků. Mezi naše partnery patří AŽD Praha, s.r.o., ŘSD ČR nebo Škoda Auto, a.s. pro něž zajišťujeme vývoj nových konstrukčních řešení, experimentální ověřování a statické/dynamické výpočty a numerické analýzy MKP.

Výuka zajišťovaná Ústavem mechaniky a materiálů pokrývá ve všech stupních studia oblasti nauky o materiálu, mechaniky konstrukcí, technické dokumentace a normalizace. V pokročilých výběrových kurzech ústav nabízí výuku specializovaných měřících metod v mechanice, zejména metod optického měření deformací, teoretických základů numerických metod a jejich aplikací pro inženýrské simulace v mechanice.

Adresa:  
ČVUT v Praze FD  
Ústav mechaniky a materiálů  
Na Florenci 25  
110 00 Praha 1

<http://mech.fd.cvut.cz>  
e-mail: [jirousek@fd.cvut.cz](mailto:jirousek@fd.cvut.cz)



FAKULTA DOPRAVNÍ  
ČVUT V PRAZE  
1993 – 2018

## ÚSTAV DOPRAVNÍ TELEMATIKY

ÚSTAV SE ODBORNĚ PROFILUJE V OBLASTECH DOPRAVNÍ TELEMATIKY, SYSTÉMOVÝCH VĚD A DALŠÍCH SOUVISEJÍCÍCH OBORŮ, KTERÉ JSOU ZÁKLADEM VĚDECKÉ I PEDAGOGICKÉ ČINNOSTI.



V oblasti vědy a výzkumu se ústav podílí na řešení celé řady projektů na národní i mezinárodní úrovni. Z velké části se jedná o aplikační projekty řešené ve spolupráci s různými subjekty komerčního sektoru. Spolupráce však probíhá i na akademické úrovni především s AV ČR a různými pracovišti českých i zahraničních univerzit.

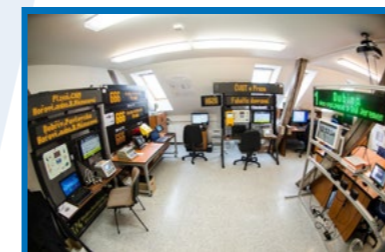
Ústav je velmi aktivní i v nabídce dalších služeb v podobě smluvního výzkumu, realizace odborných studií, dopravních průzkumů či technického poradenství. Partnery v oblasti těchto komerčních činností jsou nejen subjekty soukromého sektoru, ale i veřejné správy ať už správci dopravních infrastruktur či kraje a obce.



V pedagogice se ústav zaměřuje na oblast dopravní telematiky a souvisejících oborů s vazbou na teoretické i praktické aspekty problematiky. Ústav je hlavním garantujícím pracovištěm oboru Inteligentní dopravní systémy v bakalářském i magisterském studiu. Zapojením konkrétních odborníků do výuky předmětů i studentských projektů je dále prohlubována spolupráce s partnerskými subjekty.

Kontaktujte nás  
[www.k620.fd.cvut.cz](http://www.k620.fd.cvut.cz)  
[info@k620.fd.cvut.cz](mailto:info@k620.fd.cvut.cz)

Adresa:  
ČVUT v Praze Fakulta dopravní  
Ústav dopravní telematiky  
Konviktská 20, 110 00 Praha 1





FAKULTA DOPRAVNÍ  
ČVUT V PRAZE  
1993 – 2018

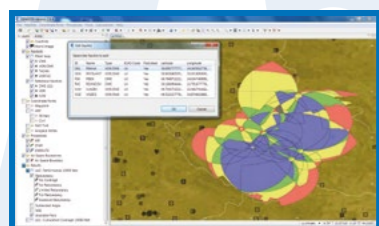
## ÚSTAV LETECKÉ DOPRAVY

ÚSTAV LETECKÉ DOPRAVY, FD ČVUT V PRAZE, SE ZABÝVÁ DYNAMICKY SE ROZVÍJEJÍCÍM A VELMI ATRAKTIVNÍM ODVĚTVÍM LETECKÉ DOPRAVY.



Jednotlivé laboratoře ÚLD se snaží o neustálý rozvoj současných vědeckých poznatků a myšlenek, které jsou následně zapojovány do praxe nejen v oblasti letecké dopravy. Členové ÚLD publikují své výsledky v mezinárodně uznávaných žurnálech jako Web of Science či Scopus. Příkladem úspěchu může být systém SISel pro sběr a analýzu bezpečnostních dat.

Ústav spolupracuje s mnoha odborníky v leteckém průmyslu a navazuje spolupráci jak na domácí, tak i na mezinárodní úrovni. Jako příklad komerční i vědecké spolupráce lze zmínit společnosti Letiště Praha, Řízení letového provozu ČR, ERA, Czech Airlines Technics, Úřad pro civilní letectví ČR či letecké školy F-Air a DSA a zahraniční univerzity.



Na ÚLD v bakalářském studiu je možné studovat obory Profesionální pilot, Letecká doprava a Technologie údržby letadel. Následně je možné pokračovat v magisterském studiu v oboru Provoz a řízení letecké dopravy, přičemž na tento obor lze navázat i v doktorském studiu. Naši studenti jsou komplexně připravováni – mohou získat i licenci dopravního pilota ATPL nebo technika údržby letadel kat.B.

**Kontaktujte nás**

E-mail: [uld@fd.cvut.cz](mailto:uld@fd.cvut.cz)

Web: <http://uld.fd.cvut.cz/>

Adresa:

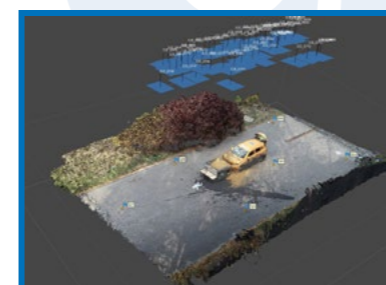
Ústav letecké dopravy  
Horská 3, 128 03 Praha 2



FAKULTA DOPRAVNÍ  
ČVUT V PRAZE  
1993 – 2018

## ÚSTAV SOUDNÍHO ZNALECTVÍ V DOPRAVĚ K 622

ZAJIŠTUJE ZNALECKOU ČINNOST FAKULTY. VEDE VÝUKU PŘEDMĚTŮ, STUDENTSKÉ PRÁCE, DOKTORANDSKÉ PŘÍPRAVY, VÝZKUMNÉ AKTIVITY A VLASTNÍ ODBORNÉ AKCE.



Fakulta dopravní dostává zadání výhradně od soudů a od Policie ČR k podávání posudků revizních nebo takových, které vyžadují zvláštní vědecké zkoumání. Ústav soudního znalectví v dopravě zpracovává samostatně posudky týkající se silničních nehod a také vede a koordinuje přípravu posudků v ostatních specializacích.

Jeden z projektů, na kterém dnes Ústav pracuje, je série měření dvanácti různých scénářů Crash testů, kde se porovnávají naměřená data z CDR řídicí jednotky airbagu vozidla a data z měřicí techniky. Tímto projektem se validuje použití jednotek CDR na Evropských komunikacích a zároveň se získají zkušenosti pro jejich využití ve znalecké praxi.



Studenti se v rámci projektové výuky hlásí na projekt „Analýza dopravních nehod“, pod jehož záštitou jsou vedeni a pracují na svých závěrečných pracích. Studenti mohou pracovat na nejrůznějších problémech týkajících se bezpečnosti silničního provozu. Projekt Analýza dopravních nehod se v posledních čtyřech letech vždy umístil v první trojici při prezentaci projektů na FD.

**Kontaktujte nás**

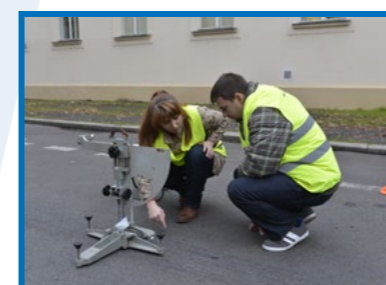
<https://k622.fd.cvut.cz/>

e-mail: [znalectvi@fd.cvut.cz](mailto:znalectvi@fd.cvut.cz)

Adresa:

Ústav soudního znalectví v dopravě  
Horská 2040/3, 128 00

tel.: 224 359 020







FAKULTA DOPRAVNÍ  
ČVUT V PRAZE  
1993 – 2018

## ÚSTAV BEZPEČNOSTNÍCH TECHNOLOGIÍ A INŽENÝRSTVÍ

ÚSTAV POKRÝVÁ SVOU PEDAGOGICKOU ČINNOSTÍ INTERDISCIPLINÁRNÍ  
BEZPEČNOSTNÍ PROBLEMATIKU A VE VĚDECKÉM PROSTORU CÍLÍ  
NA ROZSÁHLÉ POLE BEZPEČNOSTNÍHO VÝZKUMU.



Vědecká činnost ústavu se soustřeďuje nejenom na problematiku související bezprostředně s dopravou, ale do všech oblastí bezpečnostního výzkumu. Během 10 let existence ústavu bylo podáno více než 150 grantových žádostí a činnost ústavu přinesla za stejnou dobu Fakultě dopravní ČVUT v Praze více než 160 mil. Kč. Členové ústavu jsou aktivní v mnoha zahraničních projektech a uskupeních.

Komerční spolupráce je rozvíjena od počátku existence ústavu a je zaměřena zejména na komercializaci výsledků výzkumu. Mezi spolupracující organizace patří jak státní instituce (Ministerstvo dopravy, Ministerstvo vnitra, ŘSD a další), tak i soukromé subjekty (např. SPEL a.s., ENVitech Bohemia a.s., TECOM s.r.o., Vodafone nebo T-mobil a další)



Výuka pokrývá interdisciplinární bezpečnostní problematiku, jak v oblasti vysloveně technologické, tak i v humanitních vědách. Studentům se dostává vzdělání v právních nebo sociologických oblastech souvisejících s bezpečností včetně problematiky rizik. V poslední době se ústav zaměřuje na rozšiřování znalostí studentů v otázkách souvisejících se socio-technologickými systémy, kam patří např. autonomní vozidla

**Kontaktujte nás**

<https://security.fd.cvut.cz/>  
[security@fd.cvut.cz](mailto:security@fd.cvut.cz)

**Adresa:**

Ústav bezpečnostních technologií  
a inženýrství  
Fakulta dopravní ČVUT v Praze  
Konviktská 20, 110 00 Praha



FAKULTA DOPRAVNÍ  
ČVUT V PRAZE  
1993 – 2018

## PRACOVISŤĚ DĚČÍN

ZAJIŠŤUJEME VÝUKU VYBRANÝCH OBORŮ V DĚČÍNĚ, PROPOJUJEME  
STUDENTY A EXPERTY FAKULTY DOPRAVNÍ S FIRMAMI, MĚSTY  
A ŠKOLAMI V REGIONU SEVEROZÁPADNÍCH ČECH A SASKA.



Specializujeme se na simulace a vizualizace v dopravě, s českými a saskými univerzitami rozvíjíme specializovanou laboratoř včetně vozidlového simulátoru a spolupracujeme na projektu H2AC4schools - Závody saských a českých škol PROJETÍ světa elektromobility s vodíkem. Jsme členy Výzkumně vzdělávací platformy Ústeckého kraje.

Navrhujeme a prověřujeme řešení dopravně problematických situací, zpracováváme expertízy a koncepce elektromobility a aplikací autonomních vozidel. Pro Děčín jsme zpracovali model organizace dopravy při výstavbě Vilsnické spojky, podíleli jsme se na studii proveditelnosti U SMART Zone Ústí nad Labem (zón s testovacím provozem autonomních vozidel).



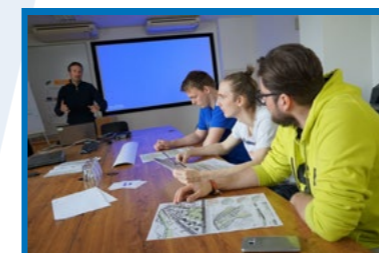
Zajišťujeme výuku bakalářského studia v oborech Dopravní systémy a technika, Logistika a řízení dopravních procesů a Letecká doprava v prezenční a kombinované formě (Bc.) a výuku navazujícího magisterského studia oboru Logistika a řízení dopravních procesů v kombinované formě (Ing.). Univerzita třetího věku (U3V) nabízí kurzy dopravní, jazykové, počítačové, ale i technicko-historické a humanitní.

**Kontaktujte nás**

<https://www.fd.cvut.cz/o-fakulte/pracoviste-decin.html>  
<https://cvutdecin.cz/>  
Telefon: +420 224 359 911  
E-mail: [info@cvutdecin.cz](mailto:info@cvutdecin.cz)

**Adresa:**

Pohraniční 1288/1  
40501 Děčín



## SEZNAM PROJEKTŮ

---

Title	Paper ID
Auxetické struktury	1
Metoda digitální korelace obrazu DIC jako nástroj pro studium komplexních materiálových struktur	2
Aplikované informační systémy a technologie v dopravě	3
Člověk a globální komunikace	4
Čtvrt století života fakulty dopravní ČVUT	5
Dělená Hopkinsonova tyč pro dynamická měření - realizace a aplikace	6
Glomodo: Globální model dopravy v hl. m. Praze	7
K611 ES	8
Laboratoř experimentální mechaniky	9
Laboratoř letecké bezpečnosti ústav letecké dopravy	10
Laboratoř lidského faktoru a automatizace v letectví	11
Laboratoř řízení a modelování dopravy	12
Managing automated vehicles enhances network (project MAVEN)	13
Modelování chytrých měst pomocí multiagentních systémů	14
Řízení dopravy na dálnicích	15
Výzkum periodické kapacity dráhy	16

## SEZNAM PROJEKTŮ

---

Title	Paper ID
Evoluční techniky v dopravě	17
Uplatnění neparametrických metod (DEA, FDH) k analýze a ke komparaci efektivnosti obcí	18
Airtracker - monitorovací systém životního prostředí	19
Systém CARSCOUT	20
Výuková platforma HERMES	21

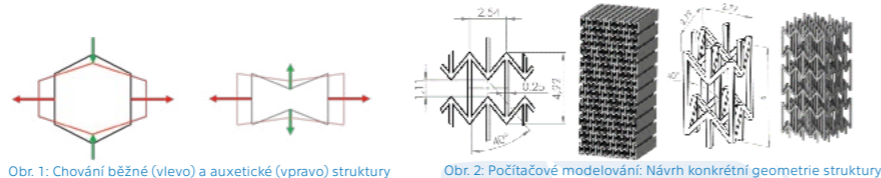




FAKULTA DOPRAVNÍ  
ČVUT V PRAZE  
1993 – 2018

## AUXETICKÉ STRUKTURY

- Materiály se záporným Poissonovým číslem
- Shodný smysl příčné a podélné deformace
- Jedinečné deformační chování
- Unikátní mechanické vlastnosti
- Schopnost pohlcení relativně velkého množství deformační energie
- Pouze omezený přirozený výskyt
- Umělá výroba s využitím moderních technologií



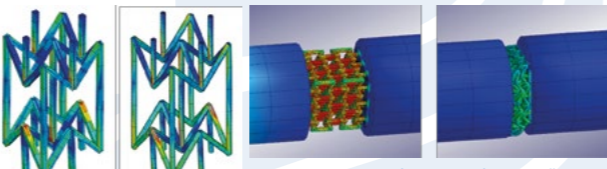
Obr. 1: Chování běžné (vlevo) a auxetické (vpravo) struktury

Obr. 2: Počítačové modelování: Návrh konkrétní geometrie struktury



Obr. 4: Numerické modely struktur s využitím metody konečných prvků

- Počítačové modelování na základě známých analyticky popsaných modelů
- Numerické simulace deformačního chování
- Tvarová optimalizace za účelem dosažení požadovaných mechanických vlastností



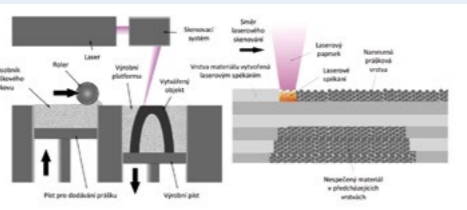
Obr. 5: Numerická analýza struktur s různými geometrickými parametry - tvarová optimalizace

Obr. 6: Simulovaná mechanická odezva při vysoké rychlosti deformace

- Výroba reálných struktur s využitím kovového 3D tisku ve spolupráci s Centrem aplikovaného výzkumu Dobříš, s.r.o.
- 3D tiskové zařízení Renishaw AM250
- Selektivní laserové spékání (SLS) kovového prášku
- Korozivzdorná ocel 316L

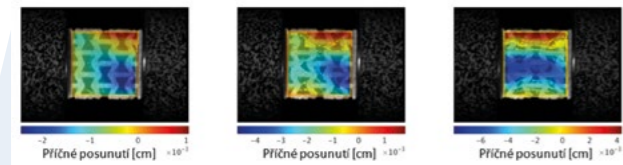


3D-tiskové zařízení Renishaw AM250.  
Zdroj: <https://www.renishaw.com/en/am250--15253>



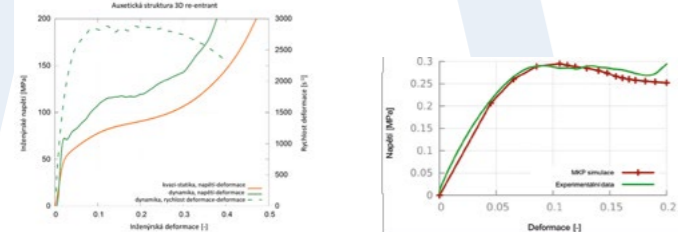
Princip selektivního laserového spékání.  
Zdroj: [https://en.wikipedia.org/wiki/Selective\\_laser\\_melting](https://en.wikipedia.org/wiki/Selective_laser_melting)

- Experimentální ověřování simulovaných mechanických vlastností při různých rychlostech deformace
- Kvazi-statické zatěžování: jednoosá komprese
- Dynamické zatěžování: Hopkinsonova dělená tyč
- Vyhodnocení deformace s využitím digitální obrazové korelace



Obr. 8: Pole příčných posunutí určená na základě digitální obrazové deformace

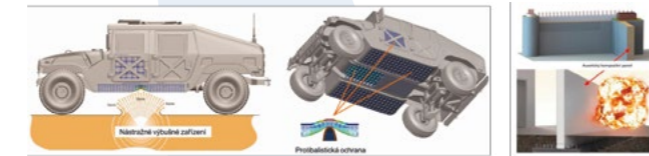
- Vlastnosti závislé na rychlosti deformace
- Ověření výsledků numerických simulací



Obr. 9: Posunutí klívků napětí-deformace v závislosti na rychlosti deformace vzorku

Obr. 10: Ověření numericky určených průběhů závislosti napětí - deformace

- Široké spektrum oblastí uplatnitelnosti
- Dopravní aplikace
- Deformační zóny dopravních prostředků a bezpečnostních prvků infrastruktury



Obr. 11: Použití auxetických struktur v sendvičových panelech pro absorpci deformační energie při extrémních způsobech zatěžování (výbuchy, nárazy vysokou rychlostí)  
Zdroje: Imbalzano G. et al: Three-dimensional modelling of auxetic sandwich panels for localised impact resistance (2015), Imbalzano G. et al: Blast Resistance of Auxetic and Honeycomb Sandwich Panels: Comparisons and Parametric Designs (2017)



FAKULTA DOPRAVNÍ  
ČVUT V PRAZE  
1993 – 2018

## METODA DIGITÁLNÍ KORELACE OBRAZU DIC JAKO NÁSTROJ PRO STUDIUM KOMPLEXNÍCH MATERIÁLOVÝCH STRUKTUR

EXPERIMENTÁLNÍ VĚDECKÉ PŘÍSTUPY MAJÍ SVÉ OPODSTATNĚNÍ ZEJMÉNA TEHDY, POKUD JSOU ANALYTICKÁ NEBO ČÍSELNÁ ŘEŠENÍ PŘÍLIŠ KOMPLEXNÍ A NENÍ MOŽNÉ VYSTIHNOUT SKUTEČNÉ CHOVÁNÍ MATERIÁLU. ZÍSKANÁ DATA MOHU NÁSLEDNĚ SLOUŽIT K TVORBĚ ČI ZPŘESNĚNÍ MATEMATICKÝCH MODELŮ.

Experimentální zařízení SHPB pro testování materiálů za vysokých rychlostí deformace s tří-osým polohovacím systémem HOPS pro pořizování záznamu s vysokými nároky na osvětlení a stabilitu scény.



Obr. 1: Experimentální zařízení SHPB s tří-osým polohovacím systémem pro obrazový záznam dynamických dějů.

- deformace vzorku v průběhu 0,01 s
- snímková frekvence obrazu 130 000 fps
- vysokorychlostní kamery Photron SA-Z
- opakovatelnost rozložení scény díky podpůrným SW nástrojům



Obr. 2: Kamera Photron SA-Z

Metoda Digitální korelace obrazu (DIC) poskytuje informaci o deformaci povrchu zkoumaného vzorku v celé jeho ploše. Základní princip této metody spočívá v porovnávání referenčního snímku se snímky následujícími a hledání nové polohy bodů ve kterých sledujeme vývoj deformace.

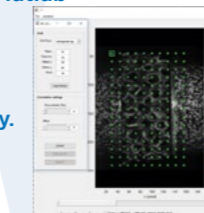


Obr. 3: Sledovaný bod na povrchu vzorku s náhodnou texturou

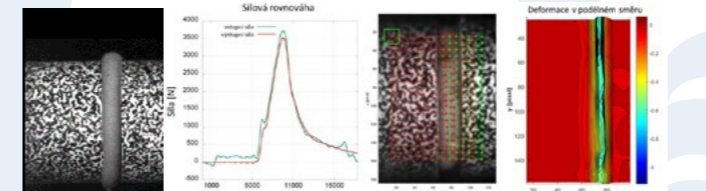
Obr. 4: Osvětlení scény snimaného vzorku.

- vlastní SW pro korelaci obrazu v prostředí Matlab
- přehledné grafické zobrazení výsledků
- volba hustoty rastru sledovaných bodů

- Testování vlastností plastické hmoty, jako výplňového materiálu pro auxetické struktury.
- validní test - dosaženo silové konvergence
- rychlost deformace 2000 s<sup>-1</sup>

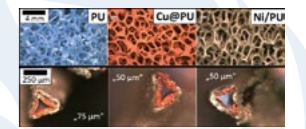


Obr. 5: GUI v prostředí Matlab.

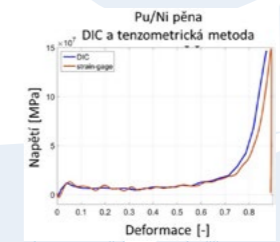


Obr. 6: Vyhodnocení deformace výplňové polyuretanové hmoty při dosažení silové rovnováhy se zobrazeným rastru sledovaných bodů a barevnou škálou pro interpretaci výsledků.

Spolupráce s A. Jung Saarland University. Testována polyuretanová otevřená pěna s vrstvou nanokrytalického niklu. Očekávané nízké výrobní náklady.

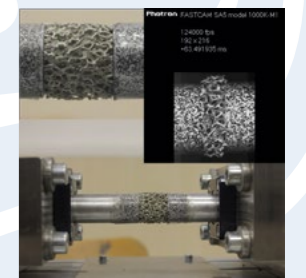


Obr. 7: Detail pěny s vrstvou nanokrytalického niklu.

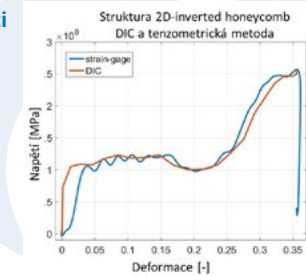


Obr. 8: Závislost napětí-posunutí měřena metodou DIC a pomocí tenzometru.

- Struktura 2D - inverted honeycomb
- výroba metodou selektivního laserového spékání z prášku nerezové oceli
- předpokládané auxetické vlastnosti

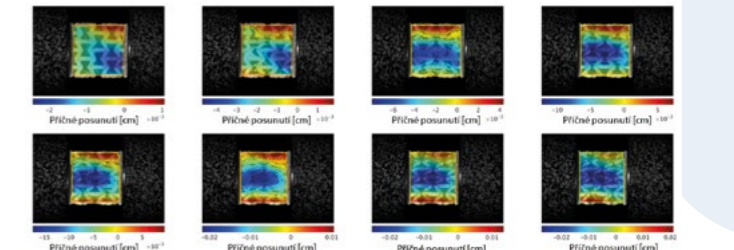


Obr. 9: Detail pěny mezi měřicími tyčemi.



Obr. 10: Snímek vzorku z vysokorychlostní kamery - stav vzorku po zatížení - porovnání závislosti napětí-deformace metodou DIC a měřením pomocí tenzometru.

Vyhodnocení deformace vzorku v příčném směru kdy lze zřetelně pozorovat auxetický charakter struktury.



Obr. 11: Průběh příčné deformace struktury 2D inverted honeycomb.

- Dosažené výsledky
- měření materiálů s nízkou mechanickou impedancí s využitím SHPB
- vyhodnocení obrazového záznamu metodou DIC pro široké spektrum materiálů
- ověření validity experimentů porovnáním výsledků ze dvou nezávislých metod
- zjištěny hodnoty Poissonova čísla metodou DIC
- proměření pokročilých struktur polyuretanové pěny s vrstvou nanokrytalického niklu





FAKULTA DOPRAVNÍ  
ČVUT V PRAZE  
1993 – 2018

# APLIKOVANÉ INFORMAČNÍ SYSTÉMY A TECHNOLOGIE V DOPRAVĚ

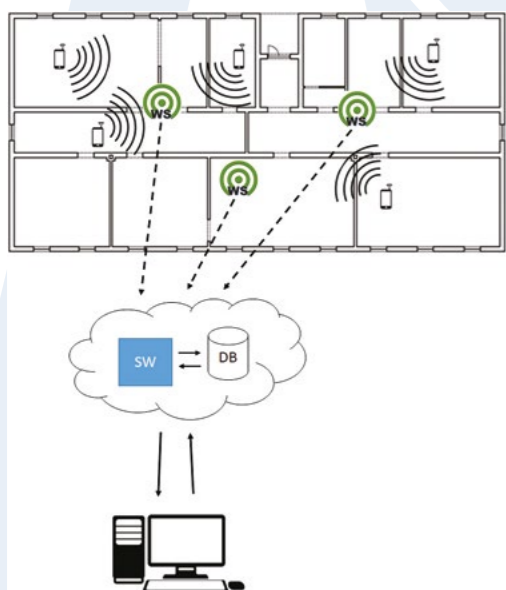
ÚSTAV APLIKOVANÉ INFORMATIKY V DOPRAVĚ, K614

VEDOUCÍ PROJEKTU: ING. JANA KALIKOVÁ, PH.D., ING. JAN KRČÁL, PH.D.

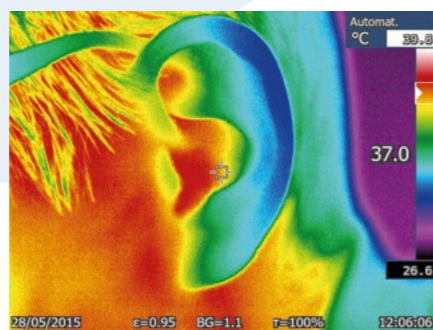
V rámci studentského projektu lze řešit celou řadu témat týkajících se návrhu a tvorby informačních systémů pro dopravní aplikace:



Návrh a programování aplikací pro PC či mobilní platformy



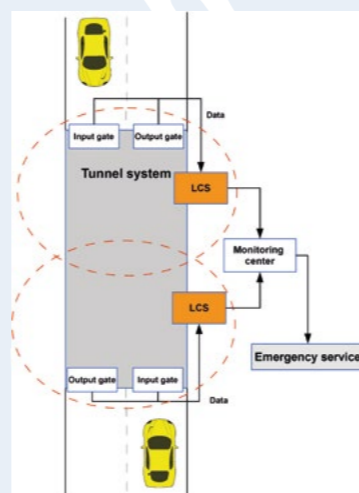
Návrh informačních systémů s využitím relačních databází



Identifikace a lokalizace účastníků  
dopravního provozu



Informační systémy pro osoby  
s omezenou schopností pohybu  
a orientace



Informační systémy v dopravě  
pro zpracování velkých dat  
(NoSQL)



FAKULTA DOPRAVNÍ  
ČVUT V PRAZE  
1993 – 2018

# ČLOVĚK A GLOBÁLNÍ KOMUNIKACE

Tento projekt, který je vypsán pro obor ITS (bakalářské studium) a IS (magisterské studium), cílí na studium telekomunikačních technologií, sítí a služeb, stejně jako na jejich následnou integraci. Vedoucími projektu jsou lidé s bohatou praxí z oboru jmenovitě prof. Ing. Tomáš Zelinka, CSc., doc. Ing. Zdeněk Lokaj, Ph.D. a Ing. Martin Šrotýř Ph.D., kteří se formou mentoringu snaží své studenty zapojit do aktuální dopravní problematiky. Komunikace mezi vozidly, "chytrá" města nebo elektromobilita z pohledu telekomunikací a informačních systémů jsou jedny z témat, kterými se projekt zabývá.

Jednotlivé úlohy jsou zasazeny do rámce studia telematických a telekomunikačních projektů, které řeší Fakulta dopravní v rámci výzkumných programů ministerstev, stejně jako ve vazbě na konkrétní průmysl.

Zdeněk Lokaj CVUT FD



INDIVIDUÁLNÍ PŘÍSTUP A  
SEBEREALIZACE

Vlastní iniciativa studentu je vřele vítána a podporována ze strany vedoucích odborným vedením práce a cennými radami získanými během praxe v nadnárodních firmách (France Telecom, Microsoft, Telefonica, Kapsch,...) i projektech Monitorování pohybu vozidel po letištní ploše, Predikce obsazenosti parkovacích míst pro nákladní dopravu,...). Přístup vedoucích může být nastaven flexibilně potřebám studenta.



ŘEŠENÍ AKTUÁLNÍCH  
PROBLÉMŮ

Cílem projektu je zapojit studenty do řešení témat, která jsou aktuální a to nejen v rámci ČR. V současné době se jedná zejména o problematiku komunikace mezi vozidly (V2X) nebo problematiku chytrých měst (Smart cities), která jde ruku v ruce s tzv. Internetem věcí (IoT), elektromobilitou apod. V minulosti projekt rovněž spolupracoval s Technologickou agenturou ČR (TAČR), která je jedním z dalších generátorů případných témat spojených s dopravní problematikou.



NOVÉ TECHNOLOGIE

Studenti by si během práce na projektu měli prohloubit své znalosti zejména v oboru telekomunikací a informačních technologií. Především IP sítě či mobilní sítě LTE/LTE-A představují širokou oblast potenciální seberealizace. Práce v týmu a zdokonalení soft-skills jsou brány jako samozřejmost. V rámci projektu je studentům umožněno, prostřednictvím exkurzí, nahlédnout i do zákulisí velkých telematických projektů (jedním z nich je například elektronický výběr mýta v ČR od firmy Kapsch).



TÝMOVÁ SPOLUPRÁCE

Schůzky projektu jsou vedeny formou brainstormingu s participací všech účastníků. Cílem je zejména v počátcích podpořit jednotlivce ve výběru správného tématu závěrečné práce stejně jako vytvoření vhodné metodologie a postupu řešení. Projekt udržuje též velmi dobré vztahy s ostatními projekty (příkladem jest projekt Optimalizace přepravy zboží s využitím inteligentních dopravních systémů), což umožňuje studentům meziprojektovou participaci.





FAKULTA DOPRAVNÍ  
ČVUT V PRAZE  
1993 – 2018

## ČTVRT STOLETÍ ŽIVOTA FAKULTY DOPRAVNÍ ČVUT

Při pohledu zpět do historie univerzitních studií, které se dotýkají oboru dopravy zaujímá význačné místo osobnost Františka Josefa Gerstnera, osobnost, která se zapsala do více jak třístaleté historie Českého vysokého učení technického vytvořením konceptu technického vzdělávání na tehdejší nejvyšší úrovni.

Rytíř František Josef Gerstner (1756–1832) byl technik a fyzik, univerzitní profesor v Praze. V roce 1785 publikoval F. J. Gerstner astronomickou práci, ve které opravil zeměpisnou délku řady významných evropských měst. Jako uznání za jeho práci jej jmenovala Královská česká společnost nauk svým řádným členem. Jeho přičiněním byla tehdejší Česká stavovská inženýrská škola v Praze přebudována na Polytechniku (1803). Gerstner sám se stal prvním ředitelem a současně profesorem mechaniky a hydrauliky. Soustředil se na otázky aplikované fyziky, zvláště mechaniky. Rozvíjel hydrodynamiku a s tím související vodní dopravu. Zasloužil se o to, aby inženýrské nauky byly úzce spojeny s matematikou a exaktními vědami. V roce 1830 předal Gerstner své přednášky z mechaniky a hydrauliky svému synovi Františku Antoninovi Gerstnerovi, staviteli první železnice nejen v Čechách, ale i v celé kontinentální Evropě. Na pražské Polytechnice například studoval v letech 1867 až 1869 František Křížík – český vynálezce a podnikatel v oblasti elektrotechniky. V roce 1891 vybudoval první tramvajovou trať v českých zemích a v roce 1903 zprovoznil první elektrickou železnici v Rakousko-Uhersku z Tábora do Bechyně. Pokračovatelem Polytechniky se stalo v r. 1920 České vysoké učení technické.

Studium dopravních disciplín po roce 1945 velmi kvalitně poskytovala v Praze Fakulta dopravní ČVUT a později Vysoká škola železniční s úzkými vazbami na ČVUT. Fakulta dopravní byla zřízena od září 1952 původně jako součást ČVUT. Samostatná Vysoká škola železniční zahájila činnost od školního roku 1953/54 v Praze-Karlíně se čtyřmi fakultami: stavební, strojní, elektrotechnickou a dopravní. Měla tehdy 1200 studentů a 20 kateder. Od školního roku 1960/61 byla přemístěna do Žiliny a změnila název na Vysoká škola dopravy a spojov. Dnes je tato slovenská vysoká škola ve světě známa pod svým současným názvem Technická univerzita Žilina.

Necelý rok před rozdělením Československa požádali čeští kolegové ze žilinské techniky Ministerstvo školství o možnost vytvořit v Čechách fakultu dopravní, která by dovolila českým profesorům a docentům vyučovat v Čechách a současně čeští studenti v Žilině začali uvažovat o dokončení studií v Čechách. Řada významných odborníků (pod vedením prof. Milana Lánského, DrSc., prof. Vlastislava Mojžíše, CSc. prof. Ing. Jaroslava Čápa, DrSc. a dalších) získala možnost připravit program nové fakulty na Technické univerzitě v Pardubicích. Současně v Praze již v říjnu roku 1992 byly připraveny podklady pro akreditaci Fakulty dopravní na ČVUT v Praze. Na pražském ČVUT v té době pracoval na přípravě podkladů pro akreditaci nové fakulty intenzivně tým vysokoškolských učitelů ze Žiliny (do tohoto týmu patřily osobnosti jako: prof. Ing. V. Svoboda, CSc., doc. Ing. Rudolf Pohl, CSc., doc. Ing. V. Tuzar, CSc., Ing. Karel Staněk, DrSc. a další) a tento tým byl doplněn, dle rozhodnutí rektora ČVUT Prof. Ing. Stanislava Hanzla, CSc., pedagogy z ČVUT. Mezi neaktivnější tvůrce prvního projektu Fakulty dopravní v roce 1992 patřili spolu s kolegy ze Žiliny tehdejší prorektor ČVUT Prof. Ing. Jaroslav Vlček, DrSc., Prof. Ing. Petr Moos, CSc., Doc. Ing. Bohumil Kubát, CSc., Prof. Ing. František Lehovec, CSc. a řada dalších. Nutno poznamenat, že po získání akreditace na fakultu již v jejím počátku nastoupili vynikající pedagogové a spoluvůdci konceptu práce a strategie nové moderní fakulty – Prof. RNDr. Miroslav Vlček, DrSc (první proděkan pro pedagogickou práci a tvůrce podmínek pro projektově orientovanou výuku), Prof. Ing. Václav Skurevec, CSc., Prof. Ing. Josef Jíra, CSc., Prof. Ing. Mirko Novák, DrSc. a Prof. Dr. Ing. Miroslav Svítka.

Fakulta dopravní ČVUT v Praze získala akreditaci 5. května 1993 a to ve stejný den jako fakulta dopravní Jana Pernera na TU Pardubice. V akademickém roce 1993/94 začalo studovat na Fakultě dopravní v Praze prvních 200 studentů denního inženýrského studia v pátém a prvním ročníku. V roce 1998 vzešlo z Fakulty dopravní ČVUT prvních 70 absolventů. V dnešní době má fakulta přes 1200 studentů a každým rokem je promováno přes 300 dopravních bakalářů a inženýrů. Na fakultě je možno získat i další akademické stupně – Ph.D., Doc. a Prof..

Akademický senát FD ČVUT postupně během čtvrt století zvolil do čela fakulty následující kolegy jako děkany Fakulty dopravní ČVUT: Prof. Ing. Petra Moose, CSc., Prof. RNDr. Miroslava Vlčka, DrSc., Prof. Ing. Josefa Jíru, CSc., Prof. Dr. Ing. Miroslava Svítka, Doc. Ing. Pavla Hruše, Ph.D. (současného děkana fakulty)

„Pochopení dopravy jako multidisciplinárního oboru je nutností pro její další udržitelný rozvoj. Posláním fakulty je pak vybavit budoucí generaci inženýrů rozsáhlými znalostmi, a hlavně dovednostmi v řadě oborů, které budou následně v praxi aplikovat a navzájem propojovat.“ řekl nový děkan fakulty dopravní doc. Pavel Hruše při zahájení slavnosti ke 25 výročí na jaře tohoto roku. Toto posláním fakulty ještě doplnil předchozí děkan fakulty profesor Svítka slovy: „Fakulta dopravní ČVUT v Praze se již dlouhodobě zabývá problematikou takzvaných chytrých měst a spolupracuje s mnoha významnými partnery. Otázku udržitelného rozvoje považujeme za klíčový obor. Kromě již vyučovaných předmětů a aktuálně řešených projektů, připravujeme ve spolupráci s americkou univerzitou UTEP i nový dual-degree studijní obor Smart Cities.“

Fakulta má unikátní systém projektově orientované výuky. Studenti tak od čtvrtého semestru pracují na konkrétních projektech úzce spjatých s praxí. V rámci této výuky jsou řešena aktuální témata a problematiky z oboru dopravy a telekomunikací. Tento unikátní systém studia dává studentům možnost si vybrat svou specializaci až po absolvování tří semestrů všeobecného studia. Projektově orientované studium se vyznačuje tím, že významná a déletrvající část studia probíhá v rámci řešení reálných projektů. Projekty jsou na technických univerzitách zpravidla zaměřeny na řešení konkrétních technických, ekonomicko-technických nebo socio-technických úloh. Práce jsou vedeny vedoucími pedagogy, kteří mohou působit též v externích společnostech nebo v orgánech státní správy. Organizačně vypadá projektové studium tak, že po absolvování prvního bloku studia v bakalářském studiu jsou studenti rozřazováni do oborů na základě volby projektů. Projekty si studenti vybírají v rámci projektového řízení z nabídky uvedené na webovských stránkách fakulty. <http://www.fd.cvut.cz/pro-studenty/projekty.html>. Nabídka je mnohem širší, než počet studentů, takže si lze vybrat. Studenti si vybírají tři projekty, kdy pořadí určuje stupeň zájmu. Pokud je o některý projekt velký zájem, mají přednostní právo na zařazení studenti s lepším prospěchem. Na většině projektů pracuje více studentů, takže se studenti učí práci v týmu a organizaci a rozdělení práce.

V současné době na fakultě studuje 1012 studentů ať už v bakalářském, magisterském či doktorském studijním programu. Fakulta je lokalizována nejen v Praze, ale má i detašované pracoviště v Děčíně s plnohodnotnou výukou.

Přestože je Fakulta dopravní jednou z nejmladších na ČVUT, patří její absolventi k těm nejžádanějším na trhu práce v oblastech spojených s dopravou, telematikou a telekomunikacemi. Za svou 25letou existenci vybudovala řadu unikátních vědecko-výzkumných pracovišť, na kterých projektová výuka probíhá, díky kterým je úzce spjata s praxí a podílí se na řešení řady grantových i komerčních projektů.

Například na modelu v Dopravním sálu lze bez rizika negativních dopadů na skutečný provoz nacvičovat technologii řízení železniční dopravy, řešení mimořádných situací, poruchových stavů apod. Dalším z více než 100 studentských projektů je například projekt MOTOSTUDENT, kdy studenti vyvíjí motocykl vlastní konstrukce a zúčastní se s ním mezinárodního klání studentských týmů z celého světa. Ústav letecké techniky využívá letový simulátor, který je dílem studentů a učitelů z tohoto ústavu.

Vedení fakulty i učitelů tým, jakož i ostatní personál fakulty přijal při založení fakulty tezi, že úkolem fakulty není jenom předat odborné znalosti a zkušenosti, ale že je důležité připravit budoucí absolventy ke schopnosti noblesního vyjednávání o odborných problémech jak s odbornou veřejností dopravců, tak i s laickou veřejností uživatelů služeb dopravy. V této schopnosti noblesního jednání absolventů ČVUT Fakulty dopravní by měl být jeden z hlavních znaků přípravy studentů pro život.



FAKULTA DOPRAVNÍ  
ČVUT V PRAZE  
1993 – 2018

## DĚLENÁ HOPKINSONOVA TYČ PRO DYNAMICKÁ MĚŘENÍ - REALIZACE A APLIKACE

Z HLEDISKA MECHANICKÉHO NAMÁHÁNÍ BYLA POZOROVÁNA BLÍZKÁ VAZBA ZÁVISLOSTI NAPĚTÍ-DEFORMACE NA ROZDÍLNÝCH ZATĚŽOVACÍCH RYCHLOSTECH. VZHLEDEM K TOMUTO POZOROVÁNÍ JE NUTNÉ POPSAT CHOVÁNÍ MATERIÁLU PRO ODPOVÍDAJÍCÍ ZATĚŽOVACÍ RYCHLOSTI OČEKÁVANÉ V PRAXI. DĚLENÁ HOPKINSONOVA TYČ (DÁLE JEN SHPB, Z ANGL. SPLIT HOPKINSON PRESSURE BAR) SE RYCHLE STALA ŠIROCE VYUŽÍVANÝM ZAŘÍZENÍM PRO TESTOVÁNÍ MATERIÁLŮ ZA VYSOKÝCH RYCHLOSTÍ DEFORMACE.

Zařízení realizované na Ústavu mechaniky a materiálů Fakulty dopravní:

- rozměry: délka tyčí 1600 mm, průměr 20 mm
- materiál: hliníková slitina EN-AW-7075 nebo PMMA
- vzduchové dělo: max. 16 bar, délka hlavně 2500 mm
- vedení: polymerová ložiska s hliníkovou konstrukcí

Moderní zařízení pro vysokorychlostní záznam obrazu rychlých dynamických dějů. Dvojice profesionálních kamer Photron SA-Z.



Obr. 6: kamera Photron SA-Z s grafickým uživatelským rozhraním.

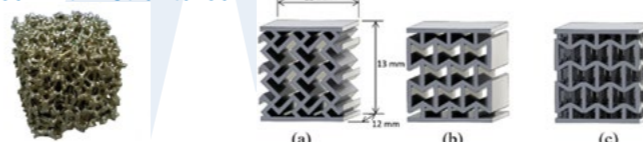
Specifikace vysokorychlostní kamery

- kamera (FASTCAM SA-Z, Photron, Japan)
- rozlišení obrazu 1024x1024 px - snímkovací frekvence 20 000 fps
- maximální snímkovací frekvence 2 100 000 fps
- rychlost závěrky 159 ns
- duální zapojení kamer s frekvenční synchronizací LED osvětlení

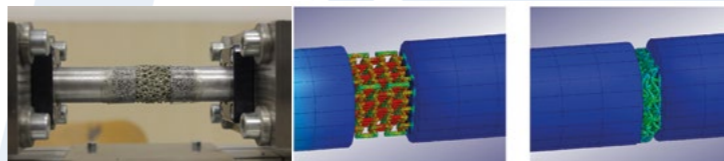


Obr. 1: Sestava SHPB na Ústavu mechaniky a materiálů Fakulty dopravní ČVUT.

Testování materiálových struktur s pravidelnou i nepravidelnou vnitřní strukturou.

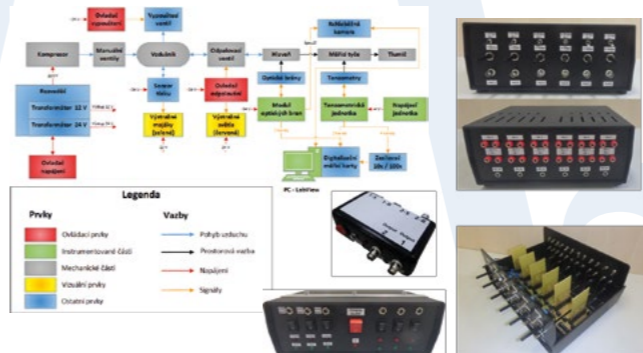


- Obr. 3: Polyuretanová pěna s povrchovou vrstvou niklu.
- Obr. 4: Testované auxetické struktury, (a) 2D cut missing-rib, (b) 2D inverted honeycomb, (c) 3D inverted honeycomb.
- nízká hustota (cca 800 kg/m<sup>3</sup>) a mechanická impedance
  - aplikace pro pohlcování energie
  - nízké výrobní náklady (PUR jádro)
  - selektivní laserové spékání (SLS)
  - negativní Poissonovo číslo
  - vysoké výrobní náklady



Obr. 5: Tyče s aplikovaným stochastickým vzorem s vloženým vzorkem - simulace metodou MKP

Instrumentace SHPB zařízení umístěného v laboratorních experimentálních mechaniky K618 Florenc. Realizace vlastního HW optimalizovaného dle požadavků pro specifické měření a záznam sledovaných veličin v rámci prováděných experimentů.

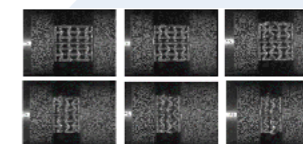


Obr. 6: Blokové schéma SHPB s náhledy na realizované instrumentované části (zeleně).

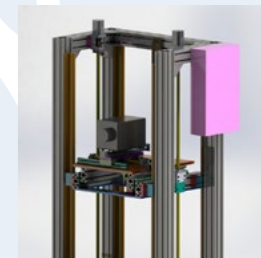


Obr. 7: Sestava pro měření rychloběžnou kamerou.

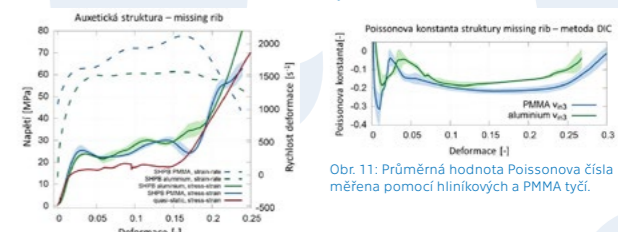
- výkonná světla LED 8500 lm
- synchronizace experimentu pomocí signálu z tenzometrů
- tříosý polohovací systém se separátním ovládacím pultem



Obr. 8: Průběh deformace vzorku 3D inverted honeycomb.



Obr. 9: tříosý polohovací systém.



Dosažené výsledky

- Testování navržených struktur s komplexní vnitřní strukturou
- Porovnání výsledků při použití hliníkových a PMMA tyčí
- Vysokorychlostní záznam - vyhodnocení metodou DIC
- Závislost deformace a Poissonova čísla metodou DIC
- Naměřeny auxetické vlastnosti za vysokých rychlostí deformace
- Validní data pro numerické simulace





FAKULTA DOPRAVNÍ  
ČVUT V PRAZE  
1993 – 2018



FAKULTA DOPRAVNÍ  
ČVUT V PRAZE  
1993 – 2018

# GLOMODO: GLOBÁLNÍ MODEL DOPRAVY V HL. M. PRAZE

**CÍLEM PROJEKTU JE VYTVOŘIT KOMPLEXNÍ MODEL DOPRAVY, KTERÝ BUDE VYUŽÍVAT DATA Z EXISTUJÍCÍCH DOPRAVNÍCH DETEKTORŮ V PRAZE A UMOŽNÍ EFEKTIVNĚJŠÍ DOHLED NAD DOPRAVOU, OPTIMÁLNĚJŠÍ ZÁSAHY DO DOPRAVY A LEPŠÍ VYUŽÍVÁNÍ NAMĚŘENÝCH DAT.**

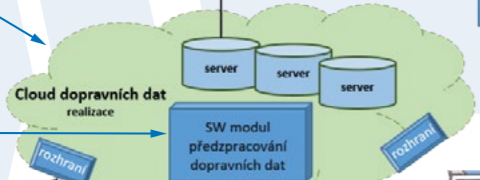
Cloudové úložiště  
Sem se budou ukládat data z dopravních detektorů v jednotném formátu.

Realizační projekt realizace na úrovni HDRŮ

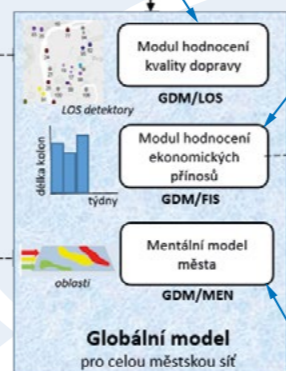
Hodnocení kvality dopravy  
Analytický nástroj, který na základě dat z detektorů určí stupeň kvality dopravy v oblasti

Hodnocení ekonomických přínosů  
Vyjádří cenu za dopravu a umožní posoudit dopravní zásahy z hlediska finančních úspor

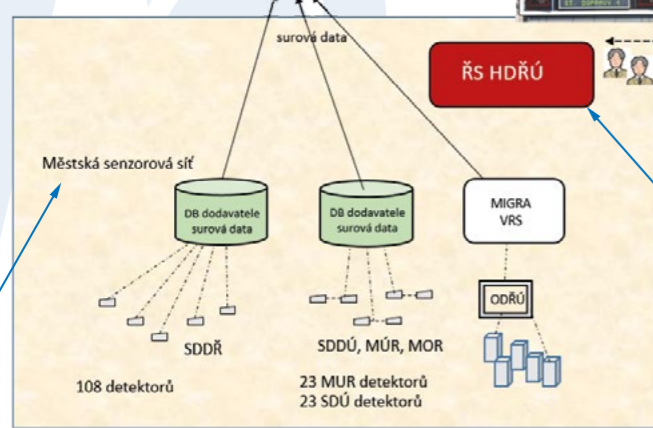
Předzpracování dat  
Sjednotí data z různých zdrojů a očistí je od chyb



kontrola účinnosti dopravních scénářů



monitorování udržitelnosti dopravy pro MHMP



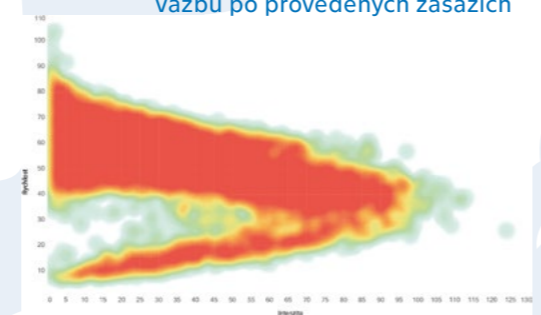
Dopravní detektory  
Sítí několika druhů dopravních detektorů v Praze měří stav dopravy na více než 150 lokalitách

Mentální model města  
Vytvoření virtuálního modelu stavu dopravy pro lepší pochopení dopravní situace ve městě

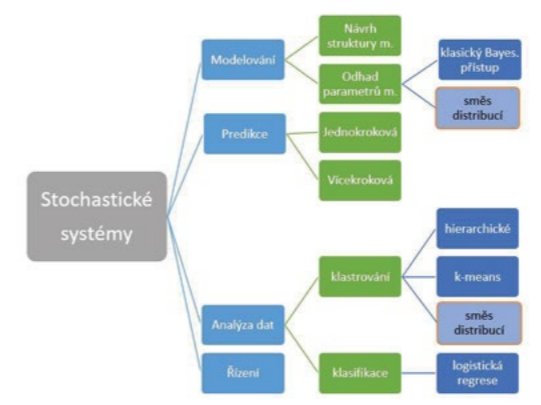
Hlavní dopravní řídicí ústředna  
Systém usnadní dispečerům rozhodování při řízení provozu a zároveň dostanou lepší zpětnou vazbu po provedených zásazích

Zaznamenané rychlosti a intenzity dopravního proudu jsou hlavními vstupy, ze kterých se tvoří výstupní produkty dopravního modelu

**Řešitelé projektu:**  
prof. Ing. Pavel Příbyl, CSc. (K612)  
prof. Ing. Ondřej Příbyl, Ph.D. (K611)  
Ing. Vladimír Faltus, Ph.D. (K620)  
Ing. Lukáš Hrdina (K612)  
Ing. Michal Matowicki (K611)



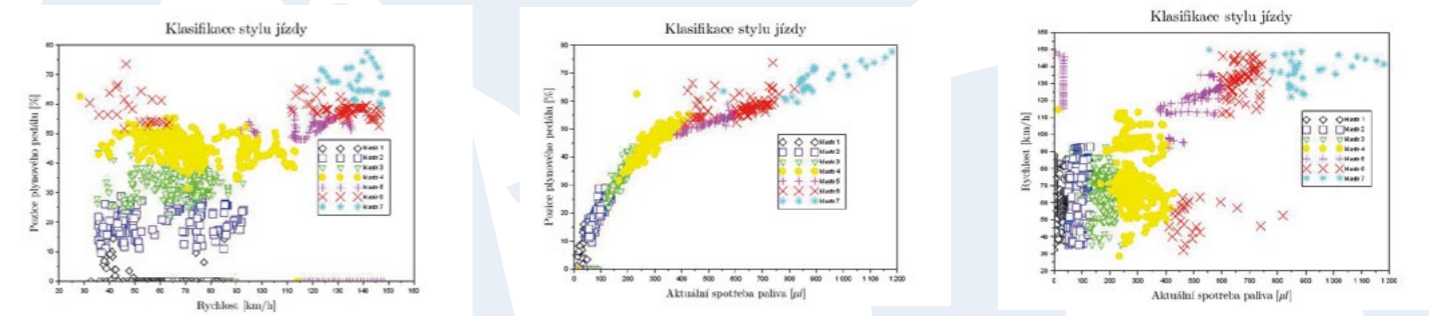
Naše pracovní skupina se zabývá zejména problematikou shlukování a klasifikace z hlediska bayesovské metodologie s využitím modelu směsi distribucí. Je to pouze část stochastického modelování. Pro praktické aplikace často využíváme i ostatní oblasti stochastických systémů a také znalosti z oblasti statistiky.



Modelování směsí, jako nástroj pro analýzu dat, pracuje s dynamickým ukazovátkem, které vybírá komponentu s ohledem na předchozí vývoj stavu a učí se. Tento přístup je výhodný zejména u více rozměrných veličin a systémů, které jsou časově proměnné (dopravní systém,...).

Zabýváme se projekty v oblasti dopravy a nově také ve zdravotnictví.

**Ukázka dopravního projektu:**  
Detekce ekonomického stylu jízdy založená na proměnných: spotřeba paliva, rychlost, pozice plynového pedálu.



**Ukázka projektu ze zdravotnictví:**  
Rozdělení pacientů do rizikových skupin na základě výsledků krevního rozboru, cytogenetiky a genetických dispozic.

Evženie Suzdaleva, Pavla Pecherková, Ivan Nagy (nagy@fd.cvut.cz)





FAKULTA DOPRAVNÍ  
ČVUT V PRAZE  
1993 – 2018

### LABORATOŘ EXPERIMENTÁLNÍ MECHANIKY

LABORATOŘ EXPERIMENTÁLNÍ MECHANIKY K618 JE UMÍSTĚNA V PROSTORÁCH BUDOVY FAKULTY DOPRAVNÍ V ULICI NA FLORENCI 25. PROSTORY LABORATOŘE A JEJÍ VYBAVENÍ UMOŽŇUJE PROVÁDĚNÍ ŠIROKÉHO SPEKTRA MECHANICKÝCH A MATERIÁLOVÝCH ZKOUŠEK A PŘÍPRAVU VZORKŮ PRO TYTO ZKOUŠKY. LABORATOŘE JSOU VYUŽÍVÁNY STUDENTY A ZAMĚŠTNANCI V RÁMCI VÝUKY CELOFAKULTNÍCH PŘEDMĚTŮ A PROJEKTOVÉ VÝUKY VEDENÉ NA ÚSTAVU MECHANIKY A MATERIÁLŮ. LABORATOŘ ZAUJÍMÁ TAKÉ VÝZNAMNOU ROLI V RÁMCI ŘEŠENÍ VĚDECKÝCH PROJEKTŮ PODPOROVANÝCH GRANTOVÝMI AGENTURAMI A PROJEKTŮ ŘEŠENÝCH VE SPOLUPRÁCI S PRŮMYSLOVÝMI PARTNERŮY.

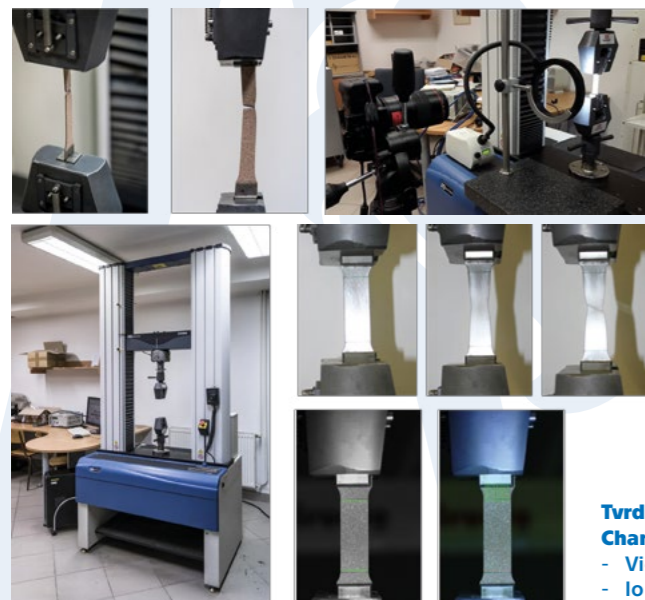
#### SHPB (Split Hopkinson Pressure Bar)

- vlastní konstrukce
- max. provozní tlak 16 bar
- rychlost deformace: 200 s<sup>-1</sup> až 10000 s<sup>-1</sup>
- optické brány pro určení rychlosti projektilu
- měření deformace: tenzometrie, optické měření



#### Zatěžovací stroj Instron 3382

- kvazistatické zkoušky materiálů
- max. dovolené zatížení 100 kN
- vyhodnocování deformací: kontaktními průtahoměry, tenzometry, optické metody (DIC)



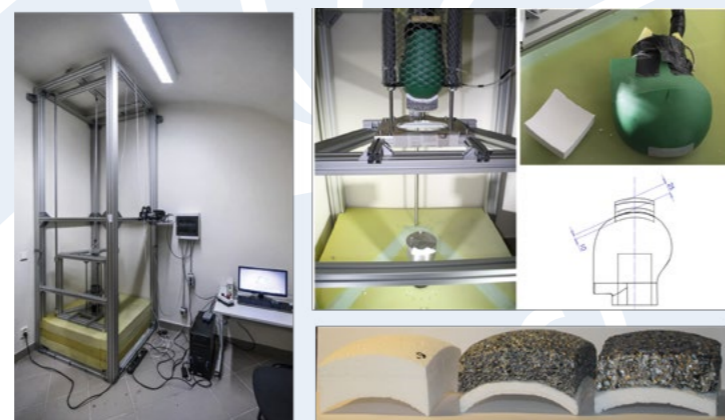
#### Příprava vzorků

- přesná pila, rotační bruska, optický mikroskop...



#### Padostrož

- vlastní konstrukce (absolventská práce)
- nízké a středně velké nárazové energie
- rychlost deformace: do 120 s<sup>-1</sup>
- materiálové testy, testy ochranných pomůcek (maketa hlavy)
- osazení: tříosý akcelerometr, impaktní siloměr, optická soustava



#### Tvrdoměry,

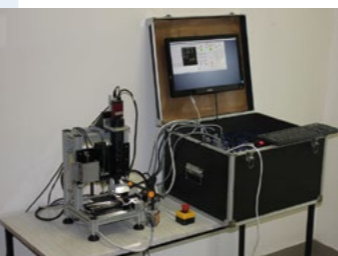
#### Charpyho kladivo

- Vickers, Rockwell, Brinell
- lomová houževnatost



#### Mikroindentor, univerzální řídicí jednotka

- vlastní konstrukce (absolventská práce)
- indentační síla 10-100 N
- Linux CNC, řízení 5 os, 2 siloměry

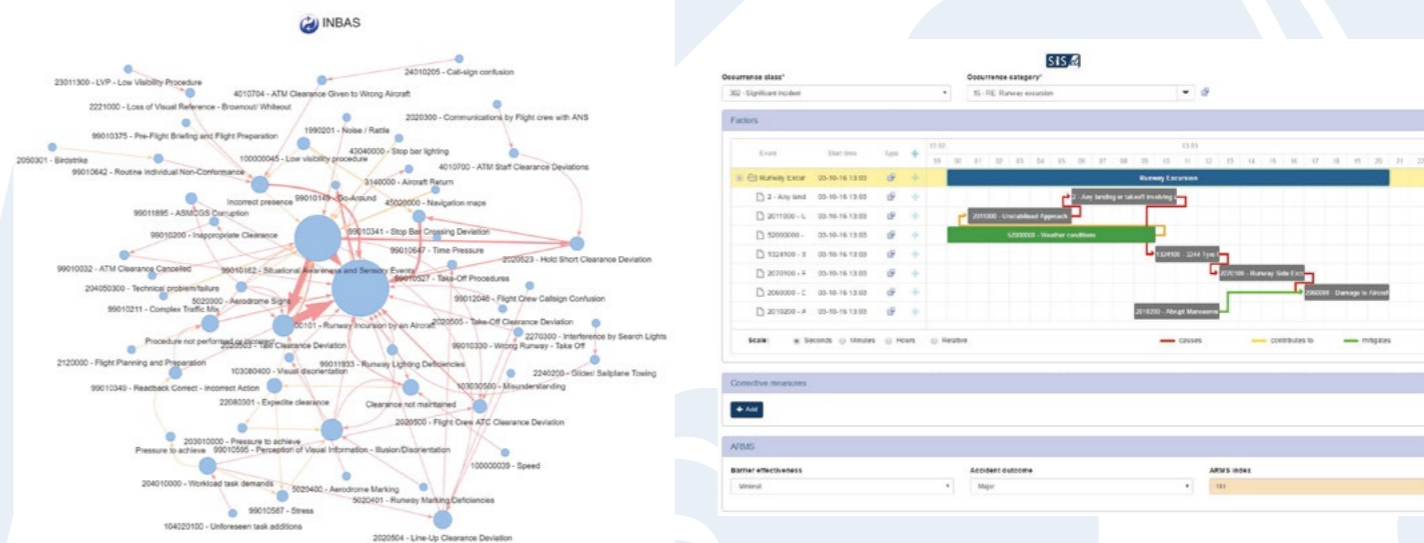


FAKULTA DOPRAVNÍ  
ČVUT V PRAZE  
1993 – 2018

## LABORATOŘ LETECKÉ BEZPEČNOSTI ÚSTAV LETECKÉ DOPRAVY

Laboratoř letecké bezpečnosti je jedním z vědeckých pracovišť na Ústavu letecké dopravy, které se zabývá otázkami provozní bezpečnosti i ochrany civilního letectví před protiprávními činy. V rámci laboratoře působí výzkumná skupina pracovníků, která se věnuje otázkám systémů řízení provozní bezpečnosti, matematickému a ontologickému modelování, aplikaci moderní teorie bezpečnosti do praxe, optimalizaci procesů bezpečnostní kontroly na letišti a dalším aktuálním tématům. V rámci projektové výuky laboratoř také vede studentský projekt s názvem Bezpečnost v letecké dopravě.

Mezi hlavní výsledky dosavadní práce laboratoře patří softwarový nástroj pro podporu sběru a zpracování dat o bezpečnosti INBAS Reporting Tool v leteckých organizacích (vytvořen ve spolupráci s Řízením letového provozu, s.p., Letiště Praha, a.s., Czech Airlines Technics, a.s. a leteckou školou Delta System Air, a.s.), a systém SISEl (Safety Intelligence System) vyvinut ve spolupráci s Úřadem pro civilní letectví jako podpora jeho dozorové činnosti nad bezpečností civilního letectví. Systém INBAS Reporting Tool je využíván partnery projektu a již dnes přispívá k identifikaci kauzálních vazeb v komplexních událostech leteckého provozu. Systém SISEl byl navržen jako kompatibilní řešení pro správu dat na úrovni státu a je unikátní zejména možností pro modelování přispívajících faktorů v událostech s možností přímého propojení dat z hlášení o událostech a z auditů a inspekcí Úřadu.











FAKULTA DOPRAVNÍ  
ČVUT V PRAZE  
1993 – 2018

## MANAGING AUTOMATED VEHICLES ENHANCES NETWORK (PROJECT MAVEN) DEPARTMENT OF APPLIED MATHEMATICS

### About the project

MAVEN is a 3 year project funded by the EC Horizon 2020 Research and Innovation Framework Programme, under Grant Agreement No. 690727.

MAVEN will develop management regimes for highly automated driving in urban areas.

Road infrastructure will be able to monitor, support and orchestrate vehicle and VRU movements to guide vehicles at signalized intersections and corridors in urban areas.

With the new possibilities of automated vehicles the project will go beyond the state-of-the-art of Advanced Driver Assistance Systems (ADAS) and C-ITS applications such as Green Light Optimal Speed Advisory (GLOSA), by adding cooperative platoon organization and signal plan negotiation to adaptive traffic light control algorithms.



### Project partners



### Our research objectives

How does Traffic management changes with the introduction of cooperative and autonomous driving?

How to integrate cooperative and autonomous vehicles into a city- or a network- management?

To do that we offer among others the following expertise:

Traffic control using cooperative vehicles  
Development of mathematical models and supporting algorithms such as:

- Queue Length estimation
- Local level routing and others

Traffic simulation

System engineering and Impact assessment

System design using UML, decomposition into subsystems and integration into adjacent processes

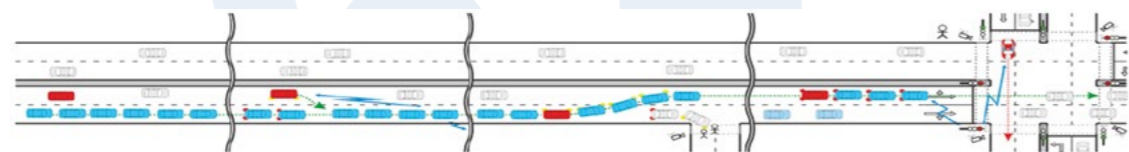
Impact assessment using Traffic simulation, Stakeholders surveys as well as field tests

### Conclusions

We are working on enhancing the knowledge in this field also through cooperation with other commercial or academic partners.

This can be demonstrated not only through participation on the European project, but also for example through organizing a special section and a workshop dedicated to autonomous driving as part of an international IEEE conference SCSP 2017 and 2018.

**Kontakt:**  
prof. Ondřej Příbyl (pribylo@fd.cvut.cz)  
Dr. Jan Píkrýl



MAVEN is funded by the EC Horizon 2020 Research and Innovation Framework Programme, under Grant Agreement No. 690727



FAKULTA DOPRAVNÍ  
ČVUT V PRAZE  
1993 – 2018

## MODELOVÁNÍ CHYTRÝCH MĚST POMOCÍ MULTIAGENTNÍCH SYSTÉMŮ

ÚSTAV APLIKOVANÉ MATEMATIKY

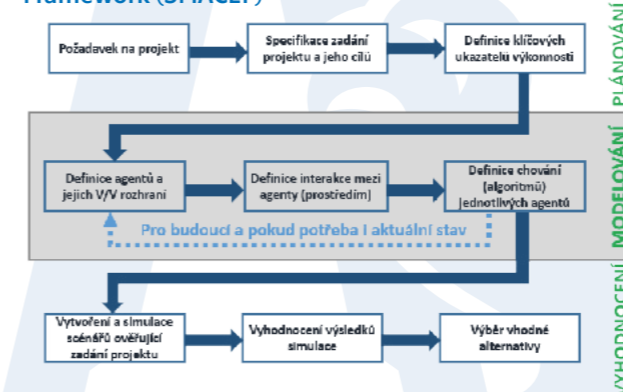
### Definice problému

- Jádem chytrých měst je interakce různých systémů a sdílení dat mezi nimi
- Nelze simulovat statickými programy – do modelů vstupuje dynamika a neurčitost
- Začínají vznikat různá technologická řešení – jak poznat jejich přínos pro město a určit to nejhodnější?
- Ve městech existují různí, heterogenní agenti
- Modelování a simulování budoucích alternativ vůči současnému stavu města

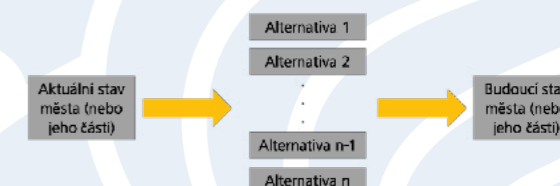
### Hlavní přínosy projektu

- Zařazení oboru chytrých měst do teorie systémů a specificky do kyber-fyzikálních systémů.
- Modelování chytrých měst pomocí distribuované inteligence - multiagentních systémů
- Vytvoření plně modulárního a rozšiřitelného rámce pro modelování jednotlivých řešení pro chytrá města a pomoci vybrat nejhodnější řešení
- Implementace multiagentního systému v nástroji AnyLogic

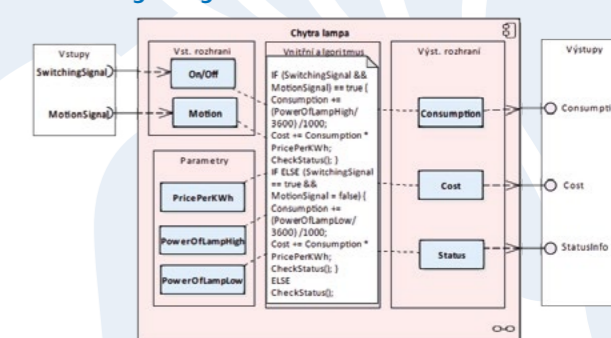
### Vytvoření jednotného rámce - SMARt City Evaluation Framework (SMACEF)



### Implementace SMACEF v nástroji AnyLogic



### Vnitřní logika agentů



**Kontakt:**  
prof. Ondřej Příbyl (pribylo@fd.cvut.cz)  
Ing. Michal Lom

Více detailů je k nalezení například v:  
[1] Lom, M.; Příbyl, O., SMARt City Evaluation Framework (SMACEF): Is a Smart City Solution Beneficial for Your City?, Journal of Systemics, Cybernetics and Informatics. 2017, 2017(Volume 15 - Number 3), 60-65. ISSN 1690-4524.  
[2] Lom, M.; Příbyl, O., Modeling of Smart City Building Blocks Using Multi-Agent Systems, Neural Network World. 2017, 2017(27), 317-331. ISSN 1210-0552.





FAKULTA DOPRAVNÍ  
ČVUT V PRAZE  
1993 – 2018

# ŘÍZENÍ DOPRAVY NA DÁLNICÍCH

ÚSTAV APLIKOVANÉ MATEMATIKY

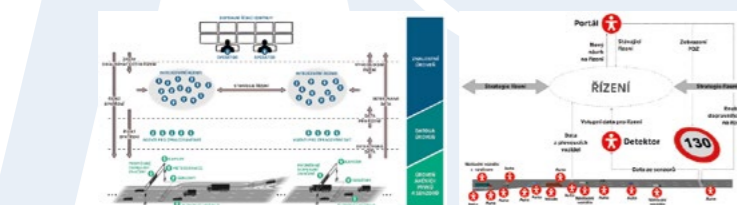
Řízení dopravního proudu na dálnicích je velmi aktuální téma, kterým se zabýváme na našem Ústavu. Počet vozidel na pozemních komunikacích stále narůstá a s tím narůstá i potřeba řídit dopravní proud. V případě dálniční sítě se u nás i ve světě začalo využívat proměnné dopravní značení (PDZ). Je totiž prokázáno, že prostřednictvím zákazových a výstražných značek lze dosáhnout zvýšení kapacity dálnice, snížení cestovních časů a zvýšení bezpečnosti na dálnici.

V České republice lze vymezit tři generace v přístupech k řízení dopravy na dálnicích. Na vývoji všech tří generací se podíleli a stále podílejí zaměstnanci a studenti našeho Ústavu, přičemž první dvě generace jsme řešili ve spolupráci se společností Eltoda.

První generace byla řešena v rámci projektu INEP (2008 - 2010). V první generaci byla navržena modulární architektura. Zobrazení PDZ je řešeno rozhodovacími stromy s bivalentní logikou. Tato první generace řízení byla již implementována v praxi na české dálniční síti v úsecích, které jsou vybaveny PDZ.

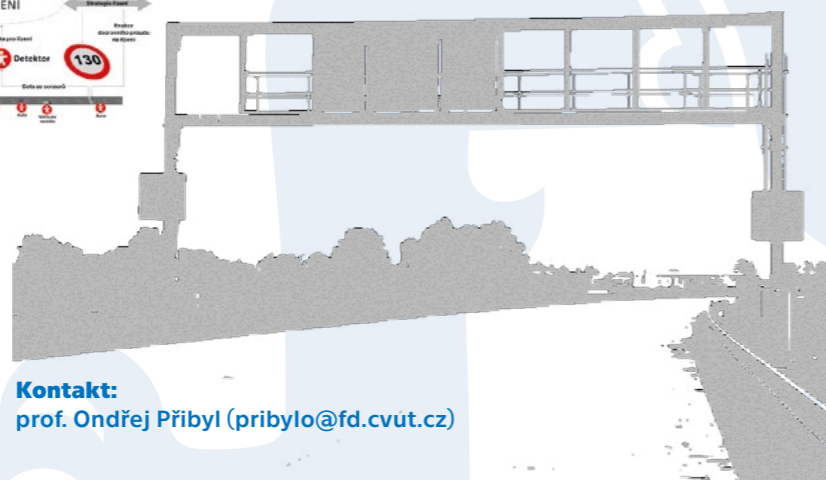
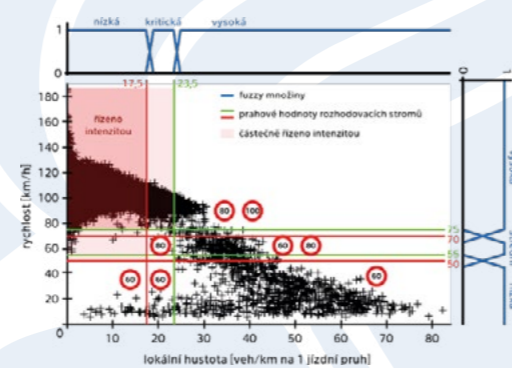
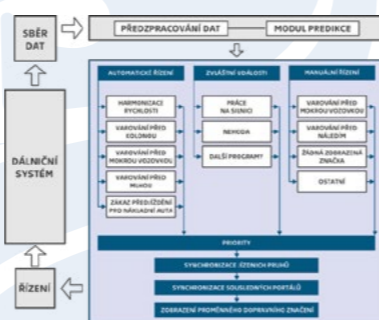
Druhá generace byla řešena v rámci projektu SIRID (2012 - 2015). Vychází z modulární architektury navržené v první generaci. Algoritmy pro zobrazení PDZ z první generace byly modifikovány použitím fuzzy logiky. Navržené algoritmy byly testovány v prostředí Aimsun na reálných datech ze Silničního okruhu kolem Prahy.

V roce 2015 započal vývoj řízení, který je založen na teorii multiagentních systémů. Byla navržena architektura multiagentního řízení a univerzální rámcový model v prostředí Anylogic. Tento model je nyní připraven pro testování různých scénářů řízení.



Největší předností multiagentního přístupu je schopnost adaptace řízení na daný úsek a aktuální podmínky. S postupující rekonstrukcí dálniční sítě v České republice narůstá nejen počet, ale i rozmanitost úseků s PDZ. A právě zde by se měly projevit silné stránky multiagentního přístupu, kterým se v současné době stále zabýváme.

**Kontakt:**  
prof. Ondřej Příbyl (pribylo@fd.cvut.cz)



FAKULTA DOPRAVNÍ  
ČVUT V PRAZE  
1993 – 2018

# VÝZKUM PERIODICKÉ KAPACITY DRÁHY

Ing. Michal Drábek, Ph.D. | Ing. Zdeněk Michl | Ing. Milan Kríž | Ing. Jiří Pospíšil, Ph.D. | Ing. Vít Janoš, Ph.D.

ČVUT v Praze Fakulta dopravní, Ústav logistiky a managementu dopravy, Horská 3, 128 03 Praha 2; {xdrabek, michlzde, krizmil1, pospijir, janos}@fd.cvut.cz

Skupina Technologie dopravy na Ústavu logistiky a managementu dopravy (K617) ČVUT FD se pod odborným vedením Ing. Michala Drábka, Ph.D. již několik let věnuje výzkumu efektivního periodického využití kapacity dráhy, kterým reaguje na realitu rozšíření integrálního taktového jízdního řádu (ITJR) na železniční síti ČR a oblibou výtku, že "takt žere kapacitu".

Výzkumná činnost potvrzuje hypotézu, že „učesání“ nabídky ITJR osobní dopravy spolu s nabídkou tras nákladní dopravy na jedné straně a vyšší míra periodizace kapacity dráhy na druhé straně přináší vzájemné synergetické efekty, kdy atraktivnější nabídka vůči většině cestujících a nákladních dopravců zároveň vede k efektivnějšímu využití menšího množství dopravního prostředku.

Přítom je zohledněna potřeba vedení některých periodických spojů/tras pouze ve špičkových a možnost zavádění individuálních tras vlaků - tak, aby nebyla narušena pravidelnost celodenní nabídky.

Prvním uceleným výstupem na toto téma je dizertační práce Michala Drábka *Periodické trasy pro nákladní vlaky v síti*, obhájená v roce 2014 (Obr. 1-3). Je zformulován obecně použitelný měkký postup pro tvorbu síťové propojených taktových tras pro nákladní vlaky (tj. síťová nabídka kapacity). Jako svého druhu období ITJR, vycházející vstříc různorodým požadavkům nákladní dopravy (Obr. 1). Tato nabídka je pravidelná, avšak flexibilní díky alternativním napojením v uzlových stanicích do různých směrů. Důraz je kladen také na vyloučení zbytečných a traktérně nepřijemných zastavení nákladních vlaků. V rámci uvedeného postupu je zformulován koncept nákladního taktového uzlu (jeho konkrétní aplikace je poté znázorněna na Obr. 3). Tyto výsledky jsou pak aplikovány na oblast pražského uzlu a jízdní řád SŽDC 2009/10, který byl v osobní dopravě zjednodušen na periodický. Při konstrukci taktových nákladních tras pak byly zohledněny typické jízdní doby a parametry nákladních vlaků, jakož i maximální délka vlaku vyplývající z využitelných předjížděcích kolejí (Obr. 2 a 3). Díky aplikaci rámcového postupu došlo k ušetření 187 zastavení nákladních vlaků, což představuje 53% zastavení nákladních vlaků ve vzorovém jízdním řádu SŽDC.

Vzájemná koordinace taktových tras osobních a nákladních, vedoucí k efektivnímu využití kapacity, pak byla rozpracována v analytické části a metodice *Optimalizace využití trati s vyčerpanou kapacitou*, certifikované Ministerstvem dopravy. Jedná se o výstupy výzkumného grantového projektu **TB0300MD013 Optimalizace rozvoje železničního systému ČR z hlediska přepravních potřeb**, podpořeného TAČR, jehož záměr byl v rámci programu Beta zformulován Odborem dráží a vodní dopravou Ministerstva dopravy.

Analytická část mapuje evropské a české legislativní prostředí v oblasti životního cyklu jízdního řádu - od strategického plánování kapacity dráhy, přes roční a týdenní horizont, až po operativní řízení provozu. Dále strukturuje dobrou praxi přidělování kapacity dráhy v Německu, Rakousku a ve Švýcarsku. Dalším zajímavým výstupem je shluková analýza parametrů skutečné jízdy vlaků osobní dopravy i nákladních na vybraných tratích v ČR se smíšeným provozem.

Metodika se skládá z několika vzájemně propojených a navazujících kroků. Prvním krokem je identifikace problematických úseků - za tímto účelem řešitelský tým navrhl metodu výběru tratí s vyčerpanou kapacitou, která na základě kombinace faktorů heterogenity (nerovnoměrnosti) tras a jejich četnosti vymezuje problematické mezistaniční úseky, které tvoří omezeníí prvek ovlivňující celý tratový úsek mezi dvěma uzly.

Druhým krokem je ověření možnosti přetrasování vybraných tras z omezuujícího úseku. Za tímto účelem je navržen princip variantního trasování nákladních vlaků, tzv. flexi-tras, zformulovaný Ing. Vitem Janošem, Ph.D., které by prostřednictvím finančního benefitu (sníženou cenou za použití dopravní cesty) motivovaly dopravce, aby se kapacitně exponovaným úsekům vyhýbali. Tedy, aby přepravy, které lze vést alternativní trasou, byly z exponovaných úseků odkloněny, čímž se uvolní prostor pro trasy nové (které z hlediska zdrojů a cílů potenciálně nových vlaků odklonit nelze).

Třetím krokem je konceptní doporučení úprav ceny dopravní cesty v návaznosti na předchozí krok. Jedním z opatření je motivovat nákladní dopravce cenou k využívání flexi-tras, druhým opatřením je motivovat dopravce cenou (v osobní i nákladní dopravě) k homogennizaci (tj. zrovnoměrnění) svých tras. Práce s cenou dopravní cesty je základním ekonomickým nástrojem, který odráží vlastnost kapacity jako vzácného (konečného) nehmotného statku, kdy je nutno reagovat na to, že v některých úsecích a časech potenciálně vznikne poptávka po kapacitě vyšší, než parametry infrastruktury umožní uspokojit.

Čtvrtým krokem je stanovení pravidel pro samotnou konstrukci tras. V metodice je představen koncept částečně periodického „vzorku“ tras, z nichž část se opakuje po celý občanský den (viz Obr. 4), postup pro propojování a časovou synchronizaci nákladních tras v uzlech, který vede k celkové redukci zastavení nákladních vlaků (upřesnění postupu z dizertační práce M. Drábka) a zároveň principy svazkování tras, které jsou představeny i na modelovém nákresem jízdního řádu (výřez je znázorněn na Obr. 5).

Posledním pátým krokem je návrh na úpravu pravidel při řízení provozu. Předchozí body jsou zaměřeny na to, aby bylo možno vytvořit pro trasy prostor v grafikonu, zbývá tak zajistit jejich faktickou realizaci při řízení provozu. S ohledem na zavedení priority vlaků dochází mnohdy k situaci, že vlak nižší priority je i při malém zpoždění předjet, aby nedošlo k mírnému narušení tras vlaků vyšší priority. Tímto často dochází k faktické ztrátě vyhraněné kapacity. V rámci metodiky je navrženo zavedení tolerančního pásma ve výši 4 minuty, které by představovalo maximální přípustnou absolutní hodnotu zpoždění, kterou může vést jedoucí vlak získat vlivem řízení provozu, anebo vlivem realizované flexi-trasy, za účelem optimálního čerpání kapacity při řízení provozu (případně při zavedení flexi-trasy).

Prohlašující výzkumný projekt **TJ01000162 Synergie v plánování železničních linek - Zefektivnění obsluhy území veřejnou drážní dopravou**, podpořený TAČR v rámci 1. veřejné soutěže programu Zéta, se zabývá možnostmi a limity koordinovaného plánování atraktivního provozního konceptu (tj. s kratším intervalem obsluhy a atraktivnějšími systematickými přípojními vazbami) - jak mezi sousedními krajskými objednateli, tak i mezi krajským a dálkovým objednatel (tj. Ministerstvem dopravy).

Až je na téměr celé železniční síti ČR zaveden ITJR a objednatelé se snaží o vzájemné návaznosti mezi svými produkty, potýká se nabídka spojů v osobní železniční dopravě se dvěma hlavními typy problémů.

Prvním typem problému je existence příliš mnoha (zpravidla dvou) vrstev obsluhy v území ležícím mimo aglomerace, jakož i mimo osy s dostatečnou přepravní poptávkou po dálkové dopravě. Tím pádem jsou obě vrstvy (zpravidla B a C - viz Obr. 6) provozovány ve 120 min taktu (Obr. 7), což vede k nízké atraktivitě nabídky obou vrstev, v vrstvě C umocněné navíc naprostou nekonkurenceschopnou cestovní rychlostí.

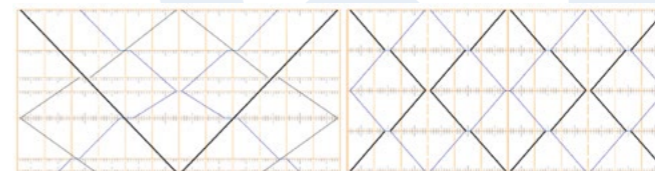
Druhým typem problému, v rámci každé vrstvy obsluhy a linky (či prokládky linek), je velké množství odchylek od pravidelného taktu, které popírají původní smysl ITJR. Tyto odchylky se objevují zejména v ranní špičce, ale často i v dopoledním sedle, v odpolední špičce a v okrajových částech dne (brzy ráno a pozdě večer). Jestliže odchylky v ranní špičce mohou být na lince (či úseku) s nízkou poptávkou odůvodněny ekonomickou nutností nenavýšovat turnusovou potřebu souprav a v okrajových částech dne může být důvodem velmi nízká poptávka a efektivní oběhy souprav (nájezdy na linku a zpět), mají naopak nepravdivost v dopoledním sedle často závažný dopad na kvalitu přepravy, z důvodu rozvázní přestupních vazeb či výrazného prodloužení doby přestupu. Důvodem je opět nižší poptávka v průběhu sedla a v praxi také neochota dopravce účtovat objednateli pouze variabilní náklady.

Je dokončována analýza Plánu dopravní obsluhy území, jejich sporných bodů na rozhraní mezi objednateli a systematický popis taktové nabídky spojů v rámci pracovního dne a jeho špiček (typicky té odpolední). Jsou formulována východiska pro metodiku určenou zejména pro objednatelé veřejné drážní dopravy, jejímž cílem je identifikace potenciálních synergetických efektů mezi různými vrstvami obsluhy. Tato metodika bude doplněna síťovým provozním konceptem, který bude vycházet z Plánu dopravní obsluhy území, ale zároveň na něm bude uvedena metodika aplikována a prověřena. S použitím vytvořené metodiky budou rovněž v rámci mnohých záměrů nových železničních zastávek (popř. i stanic s komerčním odbavením) identifikovány tarifní body s přepravním významem, který nemusí odpovídat nutnosti obsluhy vlakem. Z této podmnožiny budou dále identifikovány ty tarifní body, jejichž realizace by snížila systémovou efektivitu obsluhy území veřejnou drážní dopravou.

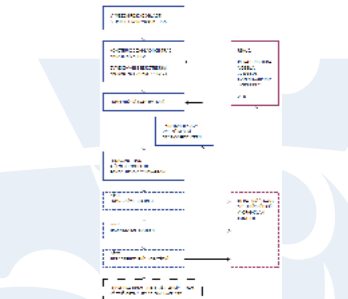
Výzvou pro další bádání je skloubení tohoto přístupu jak na konvenční železnici, tak na plánovaných Rychlých spojeních, které v ČR v budoucnu společně vytvoří integrální železniční síť - páteř naší veřejné dopravy.

- Seznam citovaných výzkumných prací a projektů TAČR:**
- [1] DRÁBEK, M. *Periodic Freight Train Paths in Network*. Dizertační práce. ČVUT FD, Praha, 2014 [cit. 2018-12-17]. Dostupné z: [http://takt.fd.cvut.cz/cargo/Drabek\\_thesis.pdf](http://takt.fd.cvut.cz/cargo/Drabek_thesis.pdf)
  - [2] MICHL, Z., DRÁBEK, M., JANOŠ, V., KRÍŽ, M., POSPÍŠIL, J. a kol. *TB0300MD013 Optimalizace rozvoje železničního systému ČR z hlediska přepravních potřeb - Analytická část. Optimalizace využití trati s vyčerpanou kapacitou - metodika certifikovaná Ministerstvem dopravy*. taktici.cz, s.r.o. a ČVUT FD, Praha, 2016.
  - [3] DRÁBEK, M., MICHL, Z., URBANIEC, K. P., KRÍŽ, M., JANOŠ, V. a kol. *TJ01000162 Synergie v plánování železničních linek. Zefektivnění obsluhy území veřejnou drážní dopravou*. Analytická část. ČVUT FD a taktici.cz, s.r.o., Praha, 2017-2019 (prohlašující).

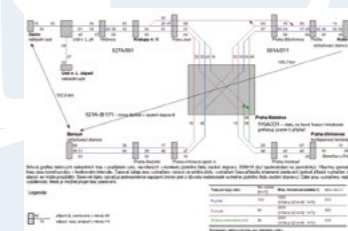
**Kontakt:**  
xdrabek@fd.cvut.cz



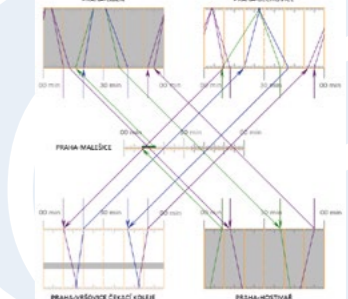
Obr. 7 Modelový taktový nákresem jízdního řádu na jednorázových tratích a rámcový počet vrstev obsluhy (3, na podrobnosti 1).



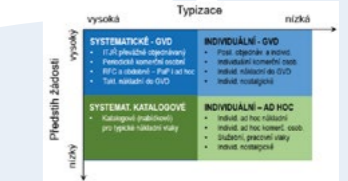
Obr. 1 Síťový měkký postup pro tvorbu síťových propojených taktových tras v síti. Publikované upravené jako onlineová publikace. Průběžná konstrukce tras není upravená postupy IT.



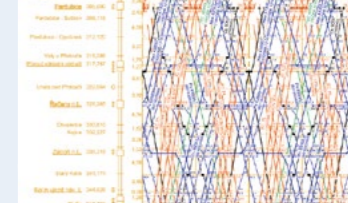
Obr. 2 Síťová grafika taktových nákladních tras pro pražský úzel a okolí ITJR.



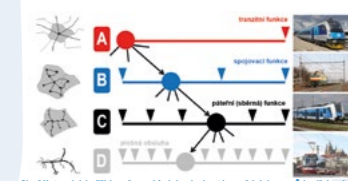
Obr. 3 Diagram předložení nákladních vlaků uzlem Praha-Mladá. Šedou výplň jsou vyznačeny jednotlivé spoje. Šedý výřez je výřez trati (alternativně napojení do jiné směru IT).



Obr. 4 Navrhované kategorizace grafikonových tras vlaků SŽDC.



Obr. 5 Výřez z modelového nákresem jízdního řádu. Modrý jsou vyznačeny trasy nákladních vlaků, zelená jsou nákladní vlaky a červená 140 m vlaky.



Obr. 6 Vrstvy obsluhy území se přepojením funkcí v síťové systému veřejné dopravy. Zdrojové obrázky: doprava vrt vrt vrt A-C), na podrobnosti materiál z IVT ETH Guryla a Ministerstva dopravy ČR.





FAKULTA DOPRAVNÍ  
ČVUT V PRAZE  
1993 – 2018

## EVOLUČNÍ TECHNIKY V DOPRAVĚ

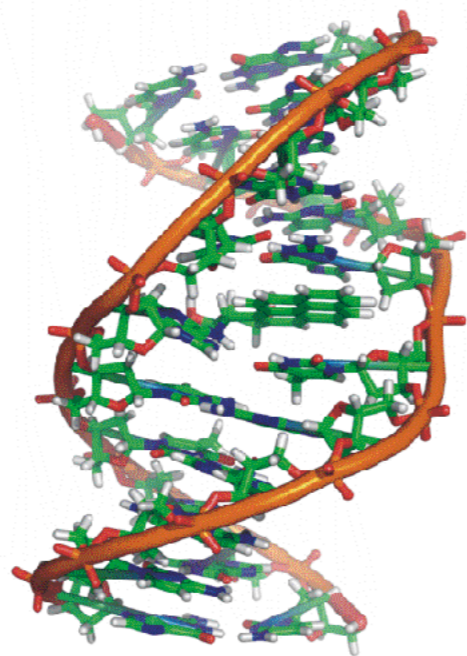
studentský projekt

Ústav aplikované informatiky v dopravě, K614

vedoucí projektu: doc. Ing. Vít Fábera, Ph.D.

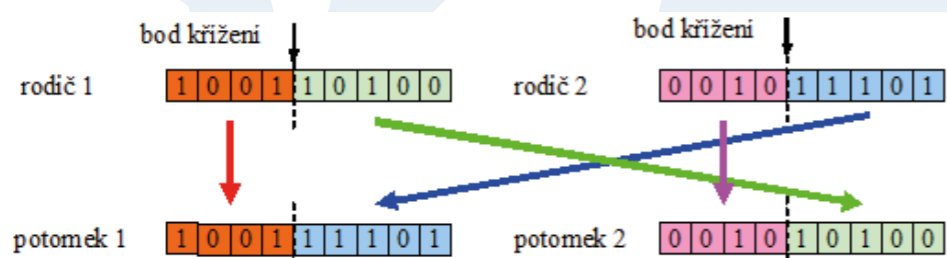
Ing. Jan Zelenka

Evoluční výpočetní techniky jsou techniky inspirované Darwinovou evoluční teorií (genetické algoritmy, genetické programování, gramatická evoluce, ...) Hledají řešení úlohy kombinací (křížením) a změnou (mutací) již existujících řešení, přičemž do dalších generací jsou vybírána kvalitnější řešení



V rámci projektu se řeší úlohy z nejrůznějších oblastí (nejen) dopravy: aproximace funkcí, hledání parametrů dopravních modelů, rozvrhování, klasické logistické úlohy. Zároveň hledáme cesty, jak aplikovat genetické algoritmy/programování na problémy jiného charakteru: tvorba konečných automatů, úpravy gramatik.

### Jak vypadá křížení v genetických algoritmech



Obhájené práce:

Ing. Jarmila Zatyková: Genetické algoritmy v dopravních úlohách, bakalářská práce, 2012

Ing. Zdeněk Barnet: Aproximace signálů s využitím evolučních technik, bakalářské práce, 2013

Ing. Vít Miština: Možnosti využití evolučních technik pro predikci v dopravě, diplomová práce, 2014, cena rektora ČVUT

Ing. Valerii Gopak, Využití evolučních technik při hledání parametrů dopravních systémů, bakalářská práce, 2015

Ing. Valerii Gopak: Evoluční techniky pro optimalizaci grafikonu, diplomová práce, 2017



FAKULTA DOPRAVNÍ  
ČVUT V PRAZE  
1993 – 2018

## UPLATNĚNÍ NEPARAMETRICKÝCH METOD (DEA, FDH) K ANALÝZE A KE KOMPARACI EFEKTIVNOSTI OBCÍ

Ústav aplikované informatiky v dopravě, K614

Řešitelé: doc. Ing. Vít Fábera, Ph.D.

Ing. Mgr. Michal Jeřábek, Ph.D.

Projekt je řešen ve spolupráci s Vysokou školou regionálního rozvoje a Bankovním institutem - AMBIS,a.s.

Analýza efektivity obcí a jejich komparace jsou důležitým nástrojem veřejných politik a činnosti orgánů veřejné správy (ministerstev, krajů, obcí). Uplatnění neparametrických metod (DEA, FDH) k této analýze je způsob, jak přenést poznatky ekonomické teorie do praxe a přispět ke zkvalitnění rozhodování a řízení ve veřejné sféře. Hlavním cílem projektu je vypracování metodiky (s podporou IT), kterou by mohly využít samotné obce pro své interní porovnání vlastní efektivity s ostatními obcemi. Metodiku plánuje využít též Ministersvo vnitra ČR, které je aplikačním garantem projektu.

Výstupem projektu bude rovněž prototypová aplikace implementující navrženou metodiku. Tvorba metodiky je úkolem AMBIS,a.s, dílčím úkolem Ústavu aplikované informatiky v dopravě je navrhnout architekturu software a implementovat prototyp aplikace.

Metody DEA (Data Envelopment Analyses) a FDH (Free Disposal Hull))

**Jak se řeší**

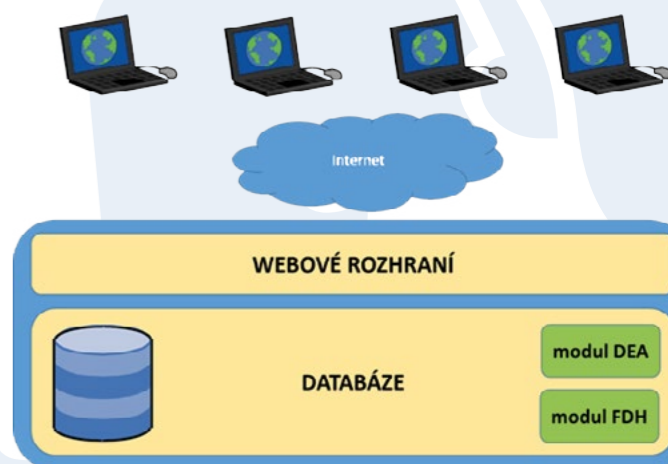
- pro každou jednotku zvlášť (obec) se hledá pomocí lineárního programování optimální kombinace vstupů a výstupů ostatních jednotek

**Výstupy metody**

- efektivita každé jednotky vůči ostatním
- jak snížit vstupy / zvýšit výstupy aby se daná jednotka stala efektivní

Architektura softwarové aplikace

- třívrstvá architektura
  - o databázová vrstva
  - o aplikační logika
  - o prezentační vrstva



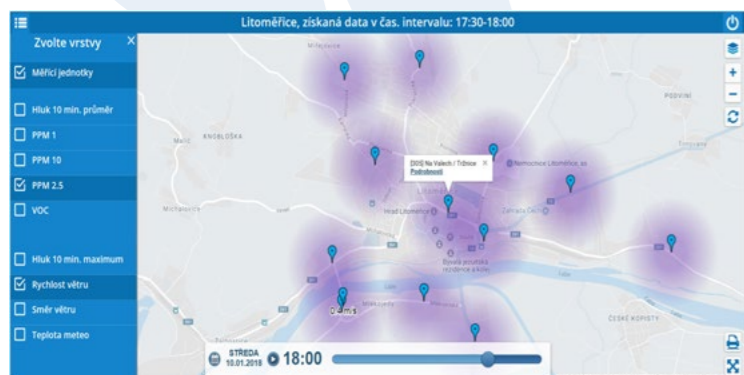
Projekt je finančně podpořen z Programu na podporu aplikovaného společenského a humanitního výzkumu, experimentálního vývoje a inovací ÉTA Technologické agentury ČR



FAKULTA DOPRAVNÍ  
ČVUT V PRAZE  
1993 – 2018

## AIRTRACKER - MONITOROVACÍ SYSTÉM ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

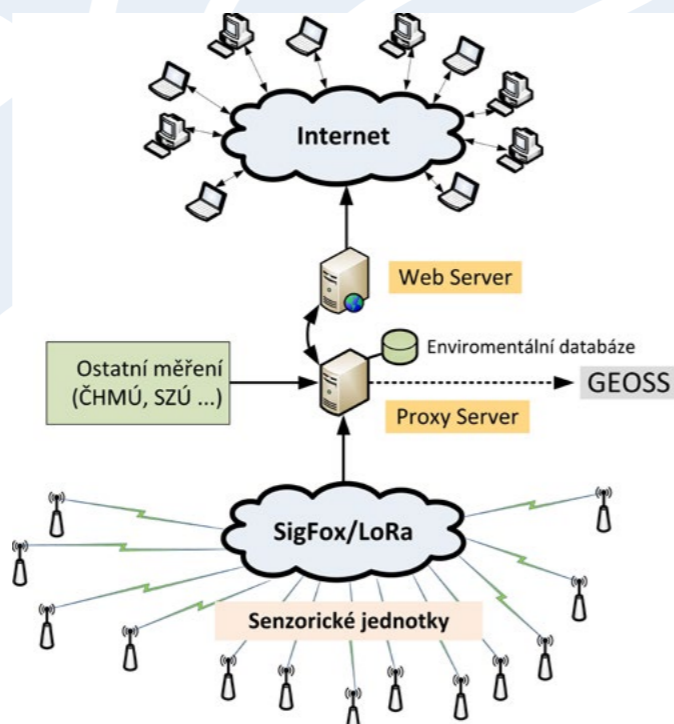
AirTracker - systém pro monitorování dopadů dopravy na životní prostředí je výsledkem výzkumných úkolů CITISENSE (FP7-ENV-2012-308524) a TRAFICSENSENET (TA02031405) a umožňuje plošné měření prašnosti, těkavých organických látek (VOC) a hluku. Výsledky měření jsou v reálném čase přístupné prostřednictvím webových stránek včetně detailních výsledků a historie měření.



Celkové zobrazení monitorované oblasti



Senzorická jednotka AirTracker (vlevo) a jednotka pro měření CO2 ve vnitřním prostředí (vpravo)



Architektura systému AirTracker



FAKULTA DOPRAVNÍ  
ČVUT V PRAZE  
1993 – 2018

## SYSTÉM CARSCOUT

Systém CARSCOUT realizovaný Ústavem bezpečnostních technologií a inženýrství slouží k monitorování pohybu vozidla a reakcí řidiče. Byl navržen zejména pro použití při testech dynamiky automobilů v rámci předmětu "Praktická dynamika vozidel".

Systém CARSCOUT ovládá základní jednotka, která obsahuje komunikační moduly GSM, WiFi a geolokační modul GPS pracující s obnovovací frekvencí 100 Hz. Senzory umístěné v základní jednotce obsahují akcelerometr, gyroskop a magnetometr. S vnějším prostředím se propojuje pomocí rozhraní USB, CAN nebo analogovými či digitálními vstupy.

Pro další měření je možno připojit podružné měřicí jednotky "Slave", které tvoří se základní jednotkou síť WLAN vozidla. Záznam naměřených hodnot může být přenášen přímo pomocí modemu GSM nebo zaznamenán na SD disk (záznam až 130 hodin).



Základní jednotka systému CARSCOUT, rozměry 110x72x20 mm



Podružná jednotka systému CARSCOUT, rozměry 36x72x20 mm



Jednotka CARSCOUT umístěná na prototypu vozítka v rámci Evropského projektu RESOLVE





