

Bezobslužné dopravní systémy

Ladislav Pracht, Siemens Mobility, s.r.o. | Pražské dopravní fórum | 12. 3. 2024

Naše portfolio pro dopravu budoucnosti



Rolling Stock

Kolejová vozidla pro bezemisní regionální, dálkovou i vysokorychlostní osobní dopravu.

Lokomotivy pro osobní i nákladní dopravu.



Rail Infrastructure

Produkty a řešení pro řízení, zabezpečení a automatizaci kolejové dopravy.

Produkty a řešení pro elektrické napájení kolejové dopravy.



Customer Services

Servis kolejových vozidel a železniční infrastruktury v průběhu celého životního cyklu.



Turnkey

Komplexní řešení integrující celé železniční portfolio včetně dalších oborů.



Software

Softwarová řešení pro plánování cest, rezervace míst a ticketing.

Mobilita jako služba (MaaS).

Tramvaje, LRV, metro na pneumatikách



Avenio, Mnichov, Německo



Cityval, Rennes, Francie



Portland a San Diego, USA

Metro



Inspiro, Londýn



X-Wagen, Vídeň



Metro C2, Mnichov



Metro, Kuala Lumpur



Metro G1, Norimberk

References

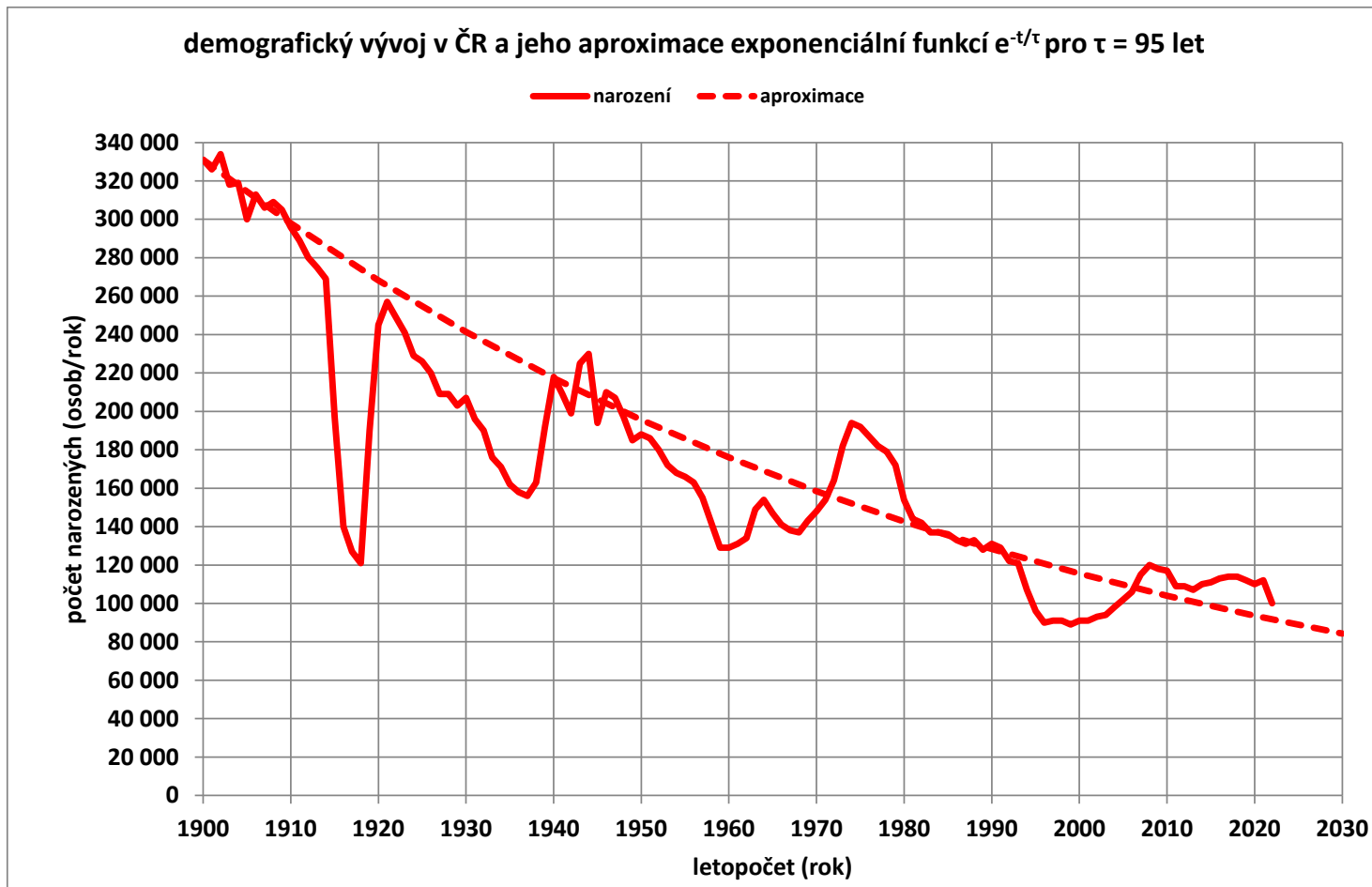
- ↳ Metro London (2.50 MB)
- ↳ Metro Nuremberg G1 (280 KB)
- ↳ Metro Sofia (200 KB)
- ↳ Metro Kuala Lumpur (300 KB)
- ↳ Metro Munich (650 KB)
- ↳ Metro Riyadh (2 MB)
- ↳ Metro Vienna (480 KB)
- ↳ Metro Bangkok Blue Line (390 KB)
- ↳ Metro Bangkok Green Line (120 KB)
- ↳ Metro Oslo (10 MB)
- ↳ Metro Warsaw

Demografický vývoj

Růst životní úrovně lidí je v kontrastu s ostatními živočichy provázena **poklesem rozmnožovací schopnosti**, respektive rozmnožovací ochoty.

V ČR lze vývoj porodnosti aproximovat **útlumovou exponenciálou** s časovou konstantou necelých 100 let, na které je superponována odložená porodnost z **období 1. světové války** (návrat části mužů z fronty), která se odstupem cca 25 let periodicky opakuje (silné ročníky 197X nejsou Husákovými dětmi, ale pravnučky legionářů).

Pokles rozmnožovací schopnosti, respektive rozmnožovací ochoty obyvatelstva je příčinou nejen nestability důchodového pojištění založeném na principu mezigenerační solidarity, ale zejména **nedostatkem mladých lidí**, potenciálních pracovních sil, se kterými je proto nutno **uvážlivě hospodařit**.



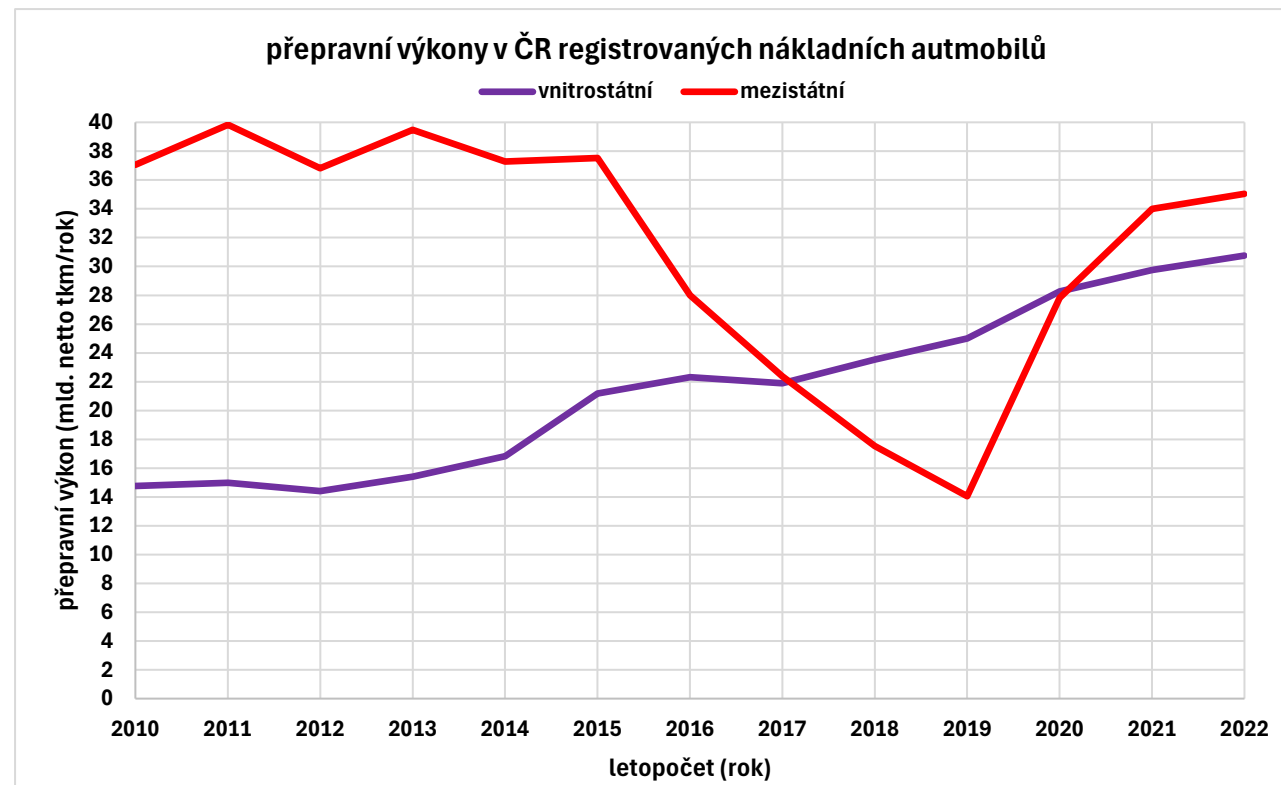
Dálková nákladní automobilová doprava

V době povinné **základní vojenské služby** získávalo každým rokem v ČR mnoho tisíc mladých mužů v jejím průběhu kvalifikaci, praxi i oprávnění **řidiče nákladního automobilu i autobusu**.

Při transformaci průmyslu přišlo mnoho z nich **po roce 1990** o své původní zaměstnání, stali se řidiči nákladních automobilů.

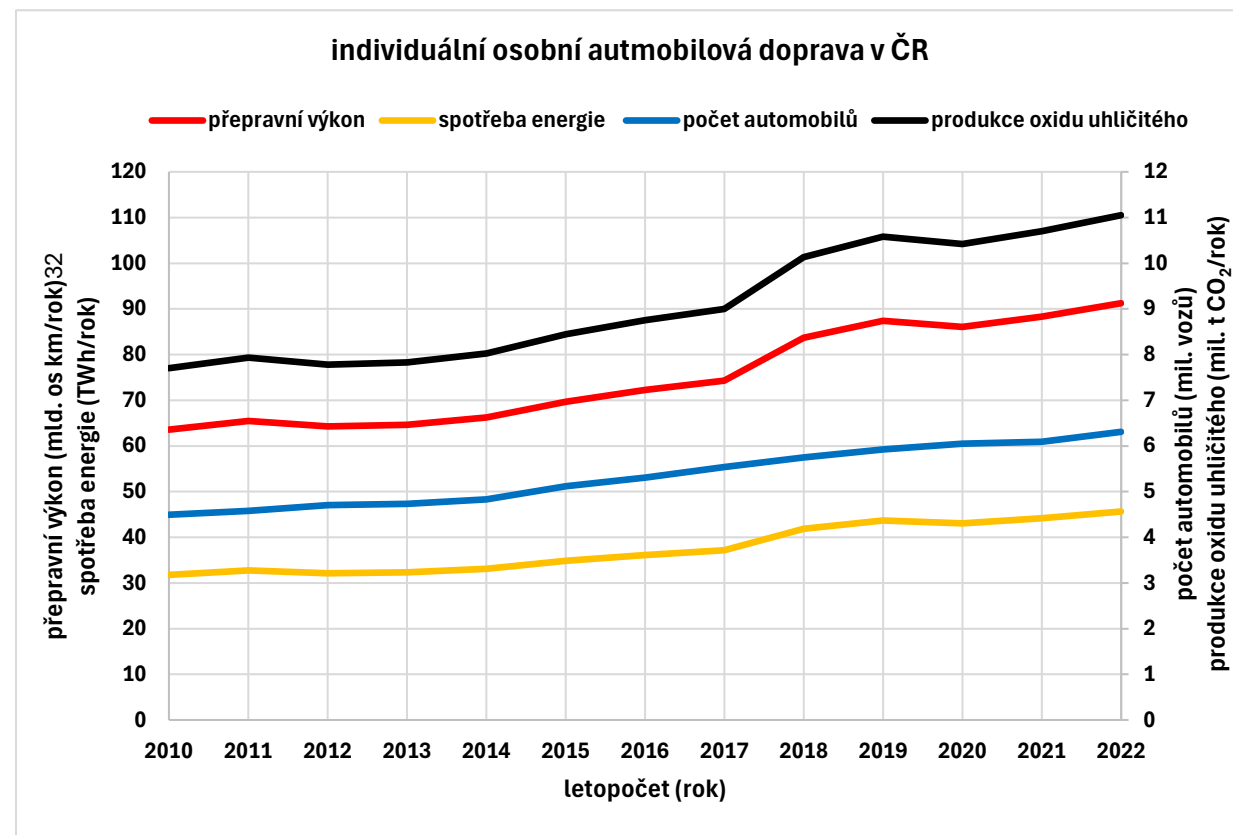
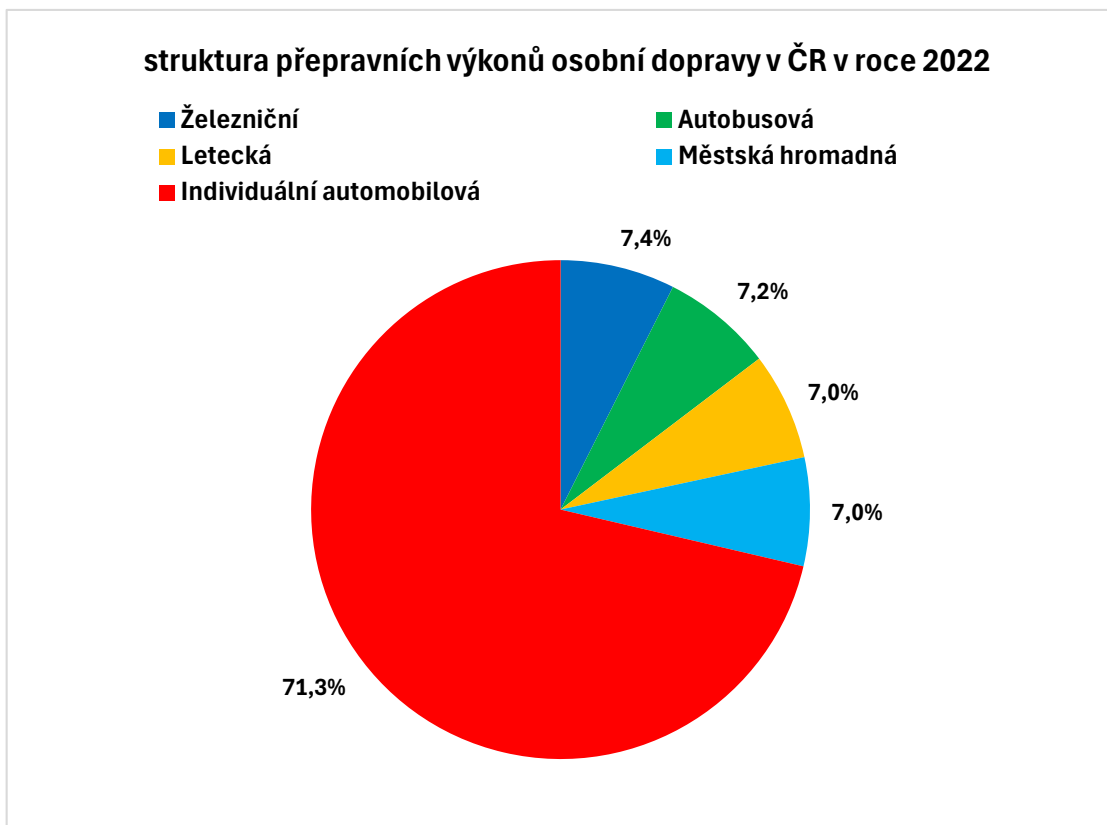
Po roce 2015 však v důsledku odchodu silných ročníků 1950 až 1960 do starobního důchodu vznikl v ČR velký **deficit řidičů** dálkových nákladních automobilů. V průběhu pouhých 4 let 2015 až 2019 klesly z důvodu nedostatku řidičů přepravní výkony v ČR registrovaných nákladních automobilů v **mezistátní dopravě o 63 %**. Dopravci měli automobily, ale chyběli jim řidiči ochotní k dálkovému cestování.

Personální situaci v mezistátní nákladní automobilové dopravě nečekaně vyřešil **Covid 19: řidiči autobusů** uvolnění z omezené MHD odešli pracovat k autodopravcům a umožnili oživení mezistátní nákladní automobilové dopravy.



Individuální automobilová doprava

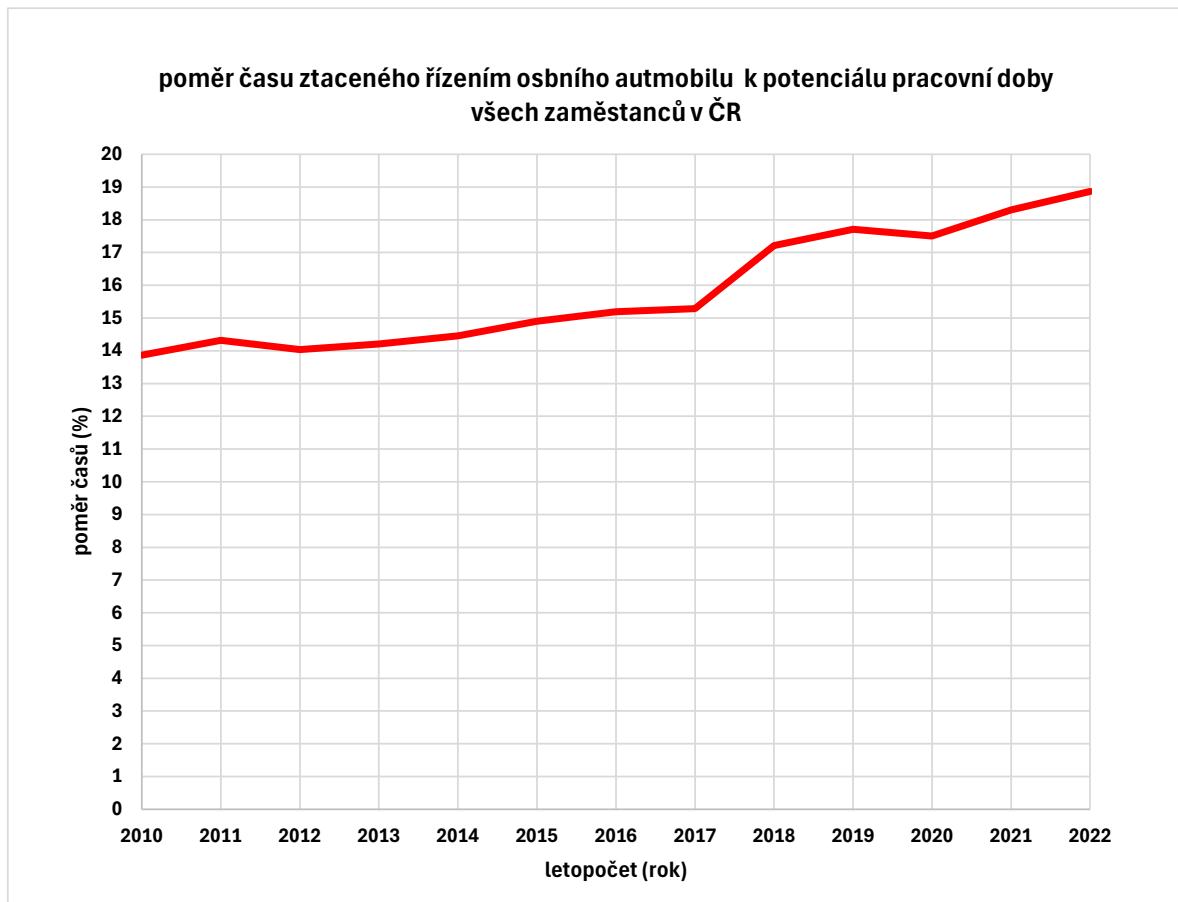
Dominantním druhem přepravy osob je v ČR individuální automobilová doprava (IAD). IAD vytrvale **extenzivně roste**, rok od roku dosahuje **vyšších dopravních i přepravních výkonů**. Ale též **vyšší spotřeby energie**, zejména **importovaných fosilních paliv**, a **emisí oxidu uhličitého**. Spalováním fosilních paliv produkují v ČR osobní automobily více oxidu uhličitého (11 mil. t CO₂/rok) než průmysl (8 mil. t CO₂/rok). To není udržitelné, systémová změna je nutností.



Časová náročnost řízení automobilů

Ačkoliv jsou automobily vnímány jako prvek svobody, zaměstnávají řízením občany ČR po dobu 1,5 mld. hodin ročně. To je ekvivalent téměř 20 % ročního potenciálu pracovní doby všech zaměstnanců v ČR. **Zaneprázdnění obyvatelstva řízením automobilu je srovnatelné s šestidenním pracovním týdnem (práce i v sobotu).**

To je v hierarchii hodnot mladé generace jeden z důvodů, proč netouží po vlastnictví a řízení osobního automobilu, proč preferují jízdu veřejnou hromadnou dopravou, při které neztrácejí čas řízením a mohou se věnovat virtuální komunikaci.



Automatizace silniční dopravy

Automatizace **silniční dopravy** ve srovnání s automatizací **kolejové dopravy** mnohem **rozsáhlejší a náročnější úlohou**.

Primárně je to dáno **rozsahem dopravní sítě**:

- metro v ČR: 65 km,
- tramvaje v ČR: 352 km,
- veřejné železnice v ČR: 9 521 km
- silnice a místní komunikace v ČR: 130 781

Respektive i **počtem účastníků dopravního provozu**:

- metro v ČR: 730 vozidel,
- tramvaje v ČR: 1 601 vozidel,
- veřejné železnice v ČR: 3 339 trakčních vozidel
- silnice a místní komunikace v ČR: 6 305 934 osobních automobilů, 751 604 nákladních automobilů, 20 828 autobusů, 1 266 945 motocyklů, 10 759 500 chodců

Tyto zásadní kvantitativní odlišnosti jak na straně rozsahu dopravní sítě, tak na straně účastníků dopravního provozu vedou k **principiálně odlišnému pojetí bezobslužného provozu** v kolejové dopravě a v silniční dopravě:

- kolejové dopravě jde o **hierarchicky uspořádaný systém centralizovaného automatického řízení**, založený na **komunikaci** jednotlivých účastníků dopravního provozu s **řídící centrálou**, která dává jednotlivým vozidlům oprávnění k jízdě po zabezpečené dráze,
- v silniční dopravě jde o **decentralizovaný systém**, jednotlivá vozidla řídí svůj pohyb po nezabezpečené dráze **autonomně na základě monitorování** svého okolí.

Distribuce nebezpečí

Ve srovnání s kolejovou dopravou je automatizace řízení silničních vozidel **náročnější úlohou**. A to jak z technického hlediska, tak zejména z etického a právního hlediska.

Silniční vozidlo **není** na rozdíl od kolejového vozidla **pevně vedeno** ve směru osy x. Proto má kromě možnosti volby zrychlení/zpomalení podélného pohybu ve směru osy x též druhý stupeň volnosti, **dokáže změnit směr jízdy**.

Schopnost změnit směr jízdy výrazně komplikuje **řešení kritických situací (nehod)**. Řídicí systém vozidla musí řešit zásadní rozhodovací mechanismus: jak (kam) změnit směr jízdy v případě spatření překážky. Senzory jsou schopny překážku rozpoznat, počítač je schopen v reálném čase propočítat důsledky mnoho různých scénářů změny směru. Ale řídicí systém vozidla musí se ve zlomku sekundy nevratně rozhodnout o **distribuci nebezpečí**. Koho poškodí, koho zachrání. To není jednoduché, distribuce nebezpečí je závažným technickým, a právním a především **etickým** tématem.

Intuitivně jednající člověk (řidič) nemá schopnost objektivně vyhodnotit a řešit krizovou situaci, automat, respektive jeho tvůrce, však ano. Jak bude tato schopnost automatickým vozidlem využívána? K **ochraně svého vlastníka**, k minimalizaci jeho poškození, nebo k **ochraně ostatních**, k minimalizaci celkové škody?

Automatická auta budou bezpečnější než lidmi řízená vozidla, jejich tvůrci zvládnou i téma distribuce nebezpečí. Ale nebude to snadné. Pro distribuci nebezpečí budou muset vzniknout **normativní standardy i systémy kontroly**. Po zkušenostech s oblibou vysokého stupně pasivní bezpečnosti (SUV v městském provozu), podvodnými SW, i s hackerskými útoky, budou odpovědní činitelé hodně opatrní.

Systemová výhoda kolejové dopravy při automatizaci řízení vozidel: směrové vedení

V průběhu vývoje techniky byly postupně objevovány a využívány mnohé výhody kolejové dopravy:

- již staří Římané využívali dlážděnou kolej k **nesení vozidel**, tedy k docílení **nízkého valivého odporu** s cílem **snížit energetickou náročnost** dopravy. To bylo postupem dalšího vývoje dovedeno do podoby **ocelových kol a ocelových kolejníc**,
- v roce 1777 využil John Curr kolej ke směrovému **vedení vozidel** (princip okolku),
- V roce 1872 využil Wiliam Robinson elektrickou vodivost ocelových kolejníc k **detekci volnosti koleje** – princip kolejových obvodů,
- v roce 1879 využil Werner Siemens kolej k **elektrickému napájení vozidel** (zpětné trakční vedení),
- v roce 1895 využila společnost Siemens se zemí spojené ocelové kolejnice k **bezpečnému elektrickému napájení vozidel vysokým napětím**,
- v roce 1903 využila Studijní společnost pro vysokorychlostní elektrickou železnici kolej k vedení **dlouhých štíhlých vlaků s nízkým aerodynamickým odporem** (princip energeticky úsporné vysokorychlostní železnice)
- v roce 1974 využila společnost Matra **pevného směrového vedení** vozidla kolejí k vytvoření **bezobslužného dopravního systému**.

Pro **automatizaci kolejové dopravy** je jak z technického, tak zejména z etického a právního hlediska, velice podstatná skutečnost, že **kolej vede vozidlo ve směru osy x**. Algoritmus automatického řízení vozidel kolejové dopravy tedy v zásadě řeší **jednoduchý rozhodovací algoritmus**, neboť jde o systém s **jedním stupněm volnosti**, a to pohybem ve směru osy x:

- na trati **není detekována překážka**: vlak jede energeticky **optimálně podle jízdního řádu**, pokud vlak nemá zpoždění, nebo **co nejrychleji**, pokud má vlak zpoždění, aby jej vyrovnal,
- na trati **je detekována překážka**: je aktivováno **nucené brzdění** do zastavení.

Je všeobecně respektováno, že **rozhodnutí o intenzivním nuceném brzdění je volbou bezpečného stavu** (pochopitelně v součinnosti s tématem požární bezpečnosti a evakuace).

Z hlediska rozhodovacích procesů je zásadní výhodou kolejové dopravy **absence možnosti změny směru jízdy vozidla**. Tím **odpadá potřeba**, respektive nutnost, řešit technicky, právně a eticky náročnou úlohu **distribuce nebezpečí**. Tato skutečnost urychlila rozvoj bezobslužných systémů v kolejové dopravě **o desítky let** před dopravou silniční.

Metro

Metro (městská železnice, podle zákona o dráhách č. 266/1994 Sb. železniční dráha speciální) klade **vysoké nároky na bezpečnost**, zejména při podpovrchovém provozu (tunely) a při nadpovrchovém provozu (estakády), což je dáno řadou objektivních důvodů:

- vysoká četnost jízdy vlaků v krátkém intervalu,
- velký počet přepravovaných osob,
- obtížná evakuace,
- obtížný přístup záchranných složek,
- únavný monotónní provoz,
- omezené rozhledové poměry, krátká viditelnost,
- požární nebezpečí (tunely),
- elektrické nebezpečí (přívodní kolejnice),

Zákon o dráhách č. 266/1994 Sb. požaduje na dráhách speciálních (metro) **vyšší úroveň zabezpečení jízdy vlaků** než na dráhách celostátních s rychlostí jízdy do 160 km/h, a to **vlakový zabezpečovač (ATP) s kontrolou rychlosti**.

Automatizace metra

Systémy metra se staly předvojem automatizace železniční dopravy, a to z více objektivních důvodů:

- automatizace provozu je **velmi potřebná**, v dopravní systému fungujícím se sekundovou přesností je závislost na lidském činiteli nežádoucí,
- ohraničenost systému a monotónní **provoz jediné kategorie vlaků dopravovaných jednotnými vozidly** usnadňují uchopitelnost a řešitelnost automatizace dopravního provozu,
- **nevelký rozsah samostatného provozního souboru** (zpravidla: linka), unitárnost (provozovatel dráhy je zároveň i dopravcem) a nepotřeba řešení síťovosti a interoperability.

Ve srovnání s mnohonásobně pestřejším složitějším prostředím veřejných železnic (například v evropské dimenzi), tvořícím **plošně rozsáhlou síť** vyžívanou **mnoha dopravci** pro **mnoho typů vlaků a vozidel**, na které jsou stále využívány i sto let staré zabezpečovací systémy, umožnily ostrovní systémy metra svojí menší velikostí a flexibilitou velmi dynamický rozvoj automatických systémů pro zabezpečení a řízení železnice.

Tento vývoj proběhl v posledních desetiletích minulého století a jeho výsledkem jsou celosvětové spontánní trendy:

- na komunikaci založeného zabezpečení (**CBTC**),
- bezobslužného provozu (**GoA4**).

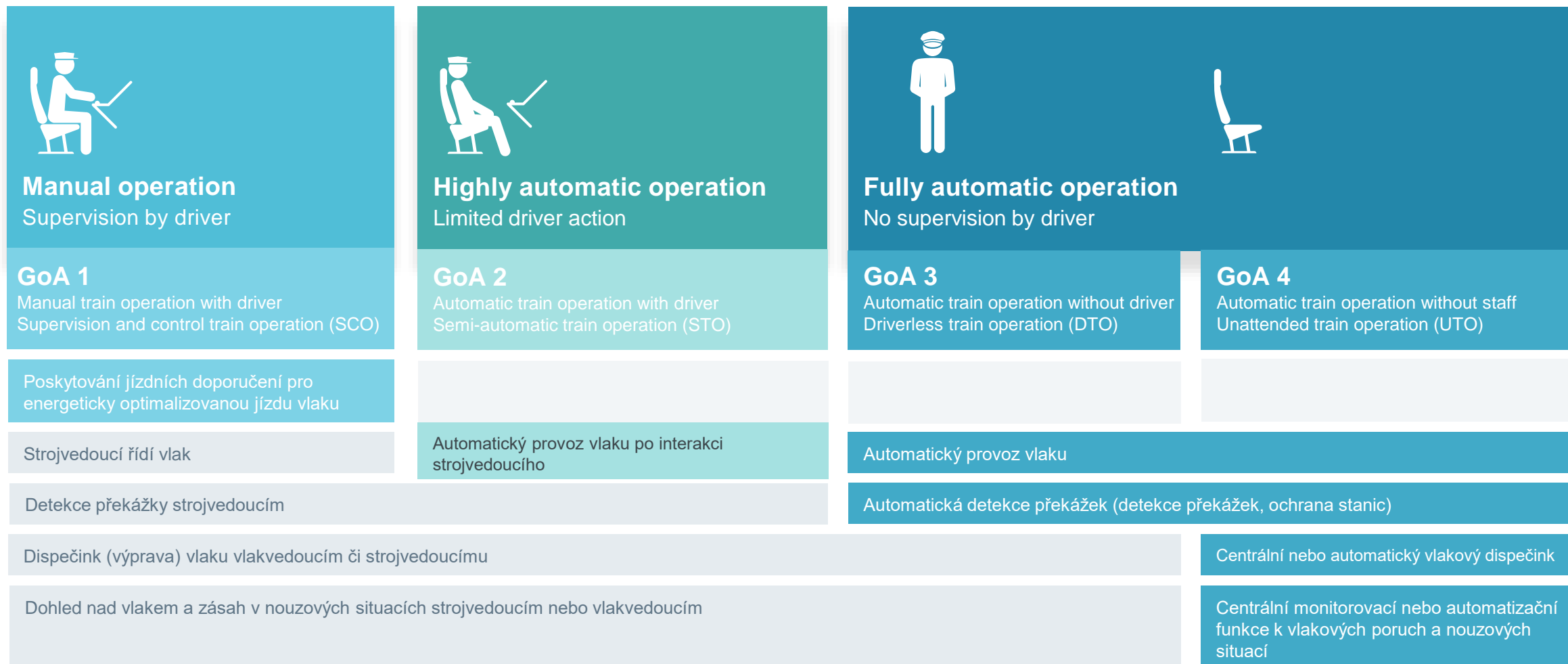
Obě tyto technologie již jsou standardem. Jsou celosvětově aplikovány jak při výstavbě nových tras metra, tak při upgrade starších již existujících systémů metra. A to **včetně Prahy** (viz nová **linka D** a následně i **linka C** a další linky).

Stupně automatizace

Zabezpečení jízd vlaků metra systémem CBTC se v krátké době stalo celosvětovým trendem. Spolu s kvalitativně vyšší technikou zabezpečení jízdy vlaků přišla do provozu linek metra i automatizace jízdy vlaků. V rychlém vývojovém tempu prošla všemi čtyřmi stupni automatizace GoA 1 až GoA 4 (**Grade of Automation**) podle **IEC 60050-821**:

- GoA 1 – ATP,
- GoA 2 – ATP + ATO **se strojvedoucím**,
- GoA 3 – ATP + ATO **bez strojvedoucího**, ale s přítomností pracovníka dopravce ve vlaku,
- GoA 4 – plně automatizovaný **bezobslužný provoz**.

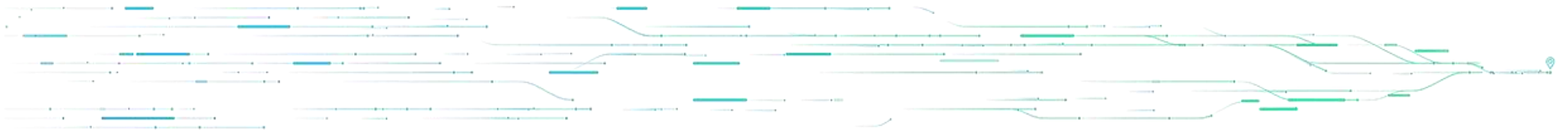
Automatizace kolejové dopravy až po plně automatizovaný provoz vlaků



Hierarchie ATP a ATO

Důležitým principem je **hierarchické rozdělení** automatizace vlakové dopravy na vlakový zabezpečovač (ATP) a automatické vedení vlaku (ATO):

- vlakový zabezpečovač je zařízení s velmi **vysokým stupněm integrity bezpečnosti** (SIL), neboť jeho prvotní úlohou je dohlížet na práci strojvedoucího, u kterého nelze vyloučit omyl. Vlakový zabezpečovač (ATP) dohlíží i na práci automatické vedení vlaku (ATO) a zasáhne i v případě jeho chyby,
- dohled ze strany vlakového zabezpečovače (ATP) umožňuje řešit automatické vedení vlaku (ATO) velmi důmyslně, s využitím složitých optimalizačních algoritmů a **bez striktních požadavků na vysokou bezpečnost**, neboť tu zajišťuje na jeho činnost dohlížející vlakový zabezpečovač (ATP).



CBTC

S ohledem na značnou intenzitu přepravních proudů je na tratích metra žádána jízda vlaků v **intervalu kolem 90 sekund**. To není při vzdálenosti zastávek kolem 1 km a traťové rychlosti 80 km/h snadná úloha.

V souvislosti s růstem měst vznikaly v posledních desetiletích minulého století k zabezpečení jízdy vlaků metra v těsném sledu stále dokonalejší systémy **vlakových zabezpečovačů**. V postupu rychlého vývoje dospěly do stádia, že přestaly být **nadstavbou** k železničnímu zabezpečovacímu zařízení, ale staly se jeho **součástí**. Vyvrcholením tohoto snažení se stalo **na komunikaci založené zabezpečení jízdy vlaků** – systém CBTC (Communication Based Train Control).

Princip CBTC je jednoduchý, je **podobný provozu automobilů na silnici**. Na rozdíl od tradičně na železnici používaných pevně rozmístěných prostorových oddílů jednotné délky (odpovídající traťové zábrzdné vzdálenosti), používá CBTC pohyblivé prostorové oddíly (moving block) proměnné délky, která odpovídá aktuální zábrzdné dráze, tedy úměrné okamžité rychlosti jízdy následného vlaku.

Automatizace dopravy metrem

Bezobslužný provoz metra CBTC GoA4

- provoz ve velmi krátkých intervalech
- úspora provozních nákladů v oblasti mezd a odpadají limity dané zákoníkem práce
- pružný jízdní řád - pružná změna intervalu mezi vlaky podle okamžitého zájmu cestujících o přepravu (monitorován počet cestujících a vypočtena potřebná přepravní kapacita)
- vyšší spolehlivost vozidel (odpadá rozhraní technika/člověk, až 50% závad souvisí se stanovištěm strojvedoucího),
- vysoká míra rekuperace (hustý provoz),
- rovnoměrný odběr energie (hustý provoz, příznivý poměr středního a maximálního výkonu z distribuční elektrické sítě),
- nástupištní dveře chrání trať před pádem osob, před problémovými osobami a např. zvířaty



Metro Kuala Lumpur

<https://www.mobility.siemens.com/global/en/portfolio/references/metro-kuala-lumpur.html>

<https://youtu.be/fUdOtBiJAgY?feature=shared>

Bezobslužné metro – praktické poznatky a zkušenosti

1. Flexibilita systému – možnost aplikovat pružný jízdní řád (operativní změna intervalu mezi vlaky podle aktuální přepravní poptávky)

- soustavně je monitorován počet cestujících přicházejících do stanic,
- podle toho je vypočtena potřebná přepravní kapacita (potřebný interval mezi vlaky),
- skutečný interval je přizpůsoben požadovanému zařazováním dalších vlaků do oběhu nebo jejich vyřazováním z oběhu,

2. Odpadají vazby na zákoník práce

- nejkratší doba služby není omezena (vlak může být nasazen třeba jen na půl hodiny)
- v létě není nutno vyhlašovat prázdninový jízdní řád pro umožnění čerpání dovolené
- mimořádný vlak lze zavést ihned operativním rozhodnutím dispečera (vlak se strojvedoucím: po několika dnech jednání a schvalování několika odborných útvarů)

3. Úspora deficitních provozních pracovníků a úspora mzdových nákladů

- Směrné hodnoty složek variabilních nákladů náklady na 1 vl. km:
 - elektrická energie: $9 \text{ kWh/km} \cdot 3,5 \text{ Kč/kWh} = 32 \text{ Kč/km}$
 - mzdové náklady: $1,4 \cdot 400 \text{ Kč/h} / (0,45 \cdot 30 \text{ km/h}) = 37 \text{ Kč/km}$

Bezobslužné metro – praktické poznatky a zkušenosti

4. Zachování intervalu

Pro zvýšení kvality a atraktivity přepravní nabídky energeticky a environmentálně výhodné veřejné hromadné dopravy lze i v přepravních sedlech (víkend, večer) zachovat krátké intervaly, neboť variabilní náklady dopravního provozu nejsou příliš vysoké (neobsahují mzdové náklady)

5. Zvýšení spolehlivosti

Je realitou, že zhruba 50 % poruch moderních kolejových vozidel metra souvisí se stanovištěm strojvedoucího:

- ovladače,
- sdělovače,
- stěrače,
- klimatizace,
- zrcátka a jejich pohon
- dveře.

V případě automatického provozu tyto komponenty odpadají, respektive nejsou používány. To vede k podstatnému zvýšení provozní spolehlivosti vozidel (potvrzeno statistickými údaji z konvenčního provozu a automatického provozu vozidel obdobného typu).

Bezobslužné metro - shrnutí

Přínosy nejvyššího stupně automatizace (bezobslužný provoz GoA 4) jsou velmi zásadní:

- **snížení poruchovosti** vozidel odstraněním z elektromechanických rozhraní člověk/stroj,
- provozování vlakové dopravy **nezávisle na zákoníkem práce určené limity pracovní doby**, čerpání dovolené a podobně,
- přepravní poptávkou automaticky řízený **pružný jízdní řád** – řízení intervalu mezi vlaky podle aktuální přepravní poptávky ze strany cestujících,
- zajištění **kvalitní přepravní nabídky** (s krátkým intervalem mezi vlaky) i při nedostatku zájemců o náročná a odpovědná povolání v dopravě,
- **úspora provozních nákladů** vyplývající z úspory pracovních sil.

Z těchto důvodů se již na počátku 21. století stalo bezobslužné metro stavem techniky. Jiná než bezobslužná metra se již po světě zpravidla nebudují. V rámci upgradu jsou i tradiční linky metra postupnými kroky převáděny na plně automatický provoz. Veřejnost trend technicky zajištěného automatického provozu vlaků metra bez obsluhy akceptovala, vnímá bezobslužné metro jako vodorovný výtah.

Pochopitelně to není jednoduché, jde o velmi propracovaný systém a za jeho vznikem je velké množství lidské práce a přemýšlení i mnoho let náročných vývojových prací, zkoušek i provozních zkušeností.

Použití systému CBTC Trainguard MT ve světě



Použití systému CBTC Trainguard MT ve světě

São Paulo Metro Line 4

- Trainguard MT train control system
- Trackguard Sicas ECC electronic interlocking system
- Controlguide Vicos operations control system
- Controlguide Vicos S&D service and diagnostic system
- Point machines with end position detector, signals and track circuits
- Line length: 12.8 km, 11 stations
- Headway: 70 sec (700,000 passengers daily – currently)

Phase 1: 2011

Phase 2: 2018



Použití systému CBTC Trainguard MT ve světě

Budapest Metro Line M4

- Trainguard MT train control system
- Trackguard Sicas electronic interlocking system
- Controlguide Vicos CBTC operations control system
- Airlink radio communication system
- Telecommunications
- Line length: 7.3 km, 10 stations
- Headway: 90 sec



2014

Použití systému CBTC Trainguard MT ve světě

Paris Metro Line 1

- Trainguard MT train control system
- Controlguide Vicos CBTC operations control system
- Airlink radio communication system
- ATC on-board units for 49 trains
- Line length: 16.4 km, 25 stations
- Headway: 85 sec (725,000 passengers per day)

2011: first automatic train in operation

2013: fully automatic (49 trains)



Použití systému CBTC Trainguard MT ve světě

Copenhagen S-train

- Trainguard MT train control system
- Trackguard Sicas ECC electronic interlocking system
- Controlguide Vicos OC 101 operations control system
- Clearguard AsZ 350 U track vacancy detection
- Airlink radio communication system
- Switchguard Bsg 9 and ILS 915 point machines
- Line length: 170 km
- Headway: 90 sec (theoretical 70 sec)

Phase 1: 2015 until

Phase 6: 2018



Použití systému CBTC Trainguard MT ve světě

Riyadh Metro Line 1 and Line 2

- Trainguard MT train control system
- Trackguard Sicas ECC electronic interlocking system
- Controlguide Vicos OC operations control system
- Airlink radio communication system
- Clearguard track vacancy detection
- Switchguard point machines and
- LED signals
- Line length 1 and 2: 63 km, 42 stations, 2 depots
- Headway: 90 sec (up to 15,000 passengers per hour)



2018

Autonomní tramvaje

Realita:

- lidé chtějí, aby tramvaje jezdily **v krátkých intervalech** (při přepravě na **krátké vzdálenosti** je doba **čekání na tramvaj** srovnatelná s dobou jízdy tramvají),
- lidé si přejí nízké jízdné, ale **mzdové náklady** jsou podstatným nákladem městské hromadné dopravy,
- z důvodu **minimalizace mzdových nákladů** nejsou používány **krátké vozy provozované v krátkém intervalu**, ale **dlouhé vozy provozované v dlouhém intervalu**,
- strojvedoucí rychlovlaku přepraví za hodinu 500 osob na vzdálenost 200 km, řidič tramvaje přepraví za hodinu 50 osob na vzdálenost 20 km – **produktivita jeho práce je 100 nižší**,
- mladí lidé nechtějí vykonávat **náročné a odpovědné povolání řidiče** vozidel MHD.

⇒ je velmi silná a **naléhavá společenská poptávka** nejen po bezobslužném provozu metra, ale i po **bezobslužném provozu tramvají**.

Ve srovnání s bezobslužným provozem metra je však bezobslužný provoz tramvají náročnější úlohou (jízdní dráha tramvají je **veřejně přístupná**).

Autonomní tramvaje

Požadavky vedoucí k aplikaci autonomního řízení

- zkracování intervalů
- snižování nákladů
- nedostatek řidičů
- vyšší bezpečnost provozu

Překážky

- řešení dopravních situací
- vyšší bezpečnost může vést k prodlužování intervalů

www.siemens.com/autonomous-tram

<https://youtu.be/24k7oEpgz3w?feature=shared>



Autonomní tramvaje – příklad z praxe

Postupim, zahájení provozu září 2018

Princip:

- pokud je trať **volná**, jede tramvaj podle jízdního řádu (při dodržování pravidel pouličního provozu),
- pokud je na trati **detekována překážka**, tak tramvaj **brzdí** a zpomalí, respektive zastaví, počká na uvolnění tratě.

Zkušenosti:

- Tramvaj je v provozu velmi zdvořilá, v intenzivním pouličním provozu nestáhá dodržet jízdní řád.
- Řidič tramvaje jezdí ostřeji, při spatření překážky (chodec, automobil) méně brzdí, ale zvoní, což většinou nebezpečí eliminuje. Vysoký počet střetů.
- Statistika z pražské tramvajové sítě potvrzuje vysokou nehodovost: 1 nehoda připadá na pouhých 27 000 voz km (800 tramvajů má přes 1 500 nehod ročně).

Výzvy:

- Autonomní systém neriskuje, striktně dodržuje předpisy a minimalizují rizika (viz analogie: opatrné brzděné křivky ETCS)
- Etické otázky: jak závazná je předpisem určená přednost tramvaje? Jak má SW tramvaje tolerovat nekázeň řidičů automobilů?



Děkuji Vám za pozornost.

Ladislav Pracht

Head of Business Unit Coaches & Metro

Siemens Mobility, s.r.o.

Siemensova 1

155 00 Praha

Česká republika

ladislav.pracht@siemens.com

Disclaimer

© Siemens 2024

Subject to changes and errors. The information given in this document only contains general descriptions and/or performance features which may not always specifically reflect those described, or which may undergo modification in the course of further development of the products. The requested performance features are binding only when they are expressly agreed upon in the concluded contract.

All product designations may be trademarks or other rights of Siemens AG, its affiliated companies or other companies whose use by third parties for their own purposes could violate the rights of the respective owner.