



**26. MEDZINÁRODNÁ KONFERENCIA
„SÚČASNÉ PROBLÉMY V KOLAJOVÝCH
VOZIDLÁCH - PRORAIL 2023“
20. – 22. septembra 2023, Žilina, Slovensko**

<https://doi.org/10.26552/spkv.Z.2023.2.19>

ŽELEZNIČNÍ VOZIDLA A ŽELEZNIČNÍ INFRASTRUKTURA RAILWAY VEHICLES AND INFRASTRUCTURE

Roman PRELL^{*)}

1 ÚVOD

V současné době řeší lidstvo otázky spojené s klimatickou změnou, s transformací energetiky a dopravy. Jednou z výzev, před kterou stojíme v této souvislosti, je nacházet vždy nejlepší způsob dopravy zboží a osob, zvolit pro danou přepravu nejvýhodnější dopravní mód. Základem je nacházet vzájemnou vhodnou kooperativnost a komplementárnost různých způsobů přepravy, s cílem motivovat cestující i uživatele nákladní dopravy k využití energeticky a environmentálně nejvhodnějšího přepravního módu. A to nejen z hlediska dopadu na energetické zdroje a životní prostředí, ale také s ohledem na cestovní komfort a rychlost přepravy. Cílem je environmentální, ekonomická i sociální udržitelnost dopravy.

Jak toho dosáhnout? Téma to je velmi komplexní a složité, jelikož stavba, či rekonstrukce dopravní infrastruktury je zamýšlena na desítky let, vozidla jsou projektována s životností na min. 30 let. Digitální technologie se sunou dopředu daleko větší rychlostí, proto je potřeba v železničním oboru chytře reagovat. Cílem tohoto příspěvku je poukázat na základní aspekty, které je potřeba zohlednit při rozvoji infrastruktury, ale i při rozvaze o pořízení vhodných vozidel. Jde o to, aby byly investice do dopravních staveb, investice do vozidel a objednávka veřejné dopravy navzájem optimálně sladěny a koordinovány technicky, teritoriálně i časově. A to nejen z úhlu pohledu současnosti, ale i z úhlu pohledu několika budoucích desetiletí, kdy budou využívány.

Příspěvek si klade za cíl pojmenovat zásadní aspekty vozidel a infrastruktury, které se vzájemně ovlivňují a také mohou významně zasahovat do vlastností pořízovaných vozidel. Obzvláště výrazný akcent je kladen na nejlepší využití vstupní energie, komfort (s cílem přilákat nové cestující na železnici), ale i moderní informační technologie.

2 TECHNICKÁ JEDNOTNOST ŽELEZNICE

Z různých historických (a také geopolitických) důvodů není ani evropská, ani národní česká železnice technicky jednotná. V minulosti se podařilo na evropských železnicích sjednotit rozchod koleje (s výjimkami), obrys pro vozidla (nikoli však zcela), tažné a narážecí ústrojí (byť v současnosti již velmi zastaralé a železnici omezující) či samočinnou pneumatickou brzdu (byť v současnosti již velmi zastaralou a železnici omezující). Avšak řada důležitých subsystémů, tvořících rozhraní mezi drážními vozidly a dráhou, technicky jednotná není.

Zejména se jedná o následující aspekty:

- Různé napájecí systémy pro vozidla elektrické trakce

^{*)} **Ing. Roman PRELL**, Siemens Mobility s.r.o., Siemensova 1, Praha, Tel. 00420 733 622 936, roman.prell@siemens.com, vedoucí Engineeringu.

- Různé národně specifické zabezpečovací systémy (traťové i vozidlové)
- Různé národně specifické komunikační systémy (vozidlo ↔ infrastruktura)
- Různé dimenzování infrastruktury s ohledem na její mechanické či elektrické zatížení provozem vlakové dopravy
- Bezpečnostně relevantní požadavky na vozidla a přístup při jejich schvalování (například pevnost skříně, dynamické dimenzování vozidel, přístup k bezpečnostně relevantním tématům)

Valnou většinu těchto aspektů má za ambici harmonizovat soubor technických směrnic interoperability (TSI), jejichž implementace se stává základním stavebním kamenem rozvoje jednotné železniční sítě v Evropě. Tato transformace (či harmonizace) s sebou ovšem nese také poměrně značnou investiční zátěž a je proto velmi důležité k ní přistupovat strategicky a se zvážením všech priorit. Rovněž je potřeba vnímat, že interoperabilita (a podobně i TSI) sledují pouze pět jasně definovaných cílů: bezpečnost, spolehlivost, ochrana zdraví, ochrana životního prostředí a technická kompatibilita. TSI se nezabývají výkonností, ekonomičností, atraktivností železničního systému či cestovním pohodlím. Tyto kategorie jsou vnímány jako podnikatelská aktivita jednotlivých aktérů bez potřebí je regulovat.

To je zásadní rozdíl proti epoše vyhlášek UIC, která řešily i témata, která jsou nyní nad rámec požadavků TSI (například kvalitu chodu vozidle, úroveň vnitřního hluku, osvětlení interiéru, geometrické uspořádání sedadel, dimenzování WC, ...)

Jaká jsou největší priority v rozvoji železnice v ČR směřují k růstu její kvality (rychlosti, pohodlí, spolehlivosti a dochvilnosti) i výkonnosti (kapacity):

- Výstavba vysokorychlostních tratí s nejvyšší provozní rychlostí 320 km/h – dojde nejen ke zvýšení rychlosti a výkonnosti dálkové přepravy osob a balíčkového spěchajícího zboží v evropské i vnitrostátní dimenzi, ale také k odlehčení přetížených klíčových konvenčních tratí, které umožní jejich lepší využití pro regionální osobní dopravu a pro nákladní dopravu,
- Elektrizace dalších tratí (již jednotným systémem 25 kV) – cílem je zapojení dalších železničních tratí do síťové fungující železnice, ze kterého je chybějící liniová elektrizace vyčleňuje. Využití elektrického napájení dává vozidlům vyšší výkonnost a zbavuje železnici závislosti na importu fosilních paliv i na produkci emisí oxidu uhličitého a na produkci zdraví škodlivých zplodin hoření. Rozvoj liniové elektrizace též vytváří příznivé podmínky pro nasazení vícezdrojových vozidel trolej/akumulátor (BEMU), neboť vytváří další úseky trakčního vedení vhodné pro statické či dynamické nabíjení trakčních akumulátorových baterií. Zároveň dochází ke zkracování vozebních ramen bez liniové elektrizace, což snižuje potřebný dojezd vozidel se zásobníky energie (BEMU) a tím i velikost energie, hmotnost a rozměry trakčních akumulátorových baterií,
- Další rozvoj a plné využití funkcionality ETCS, což kromě zvýšení bezpečnosti vlakové dopravy otevírá cestu k využívání traťové rychlosti 200 km/h i na konvenčních tratích,
- Koncepční rozvoj vozového parku s ohledem na efektivní využití energie, zvýšení komfortu a zlepšení managementu údržby vozidel.
- Konverze systému 3kVss na jednotný systém 25 kV s cílem vyšší výkonnosti a hospodárnosti vlakové dopravy. Průvodním efektem je vytváření vhodných podmínek k rozvoji liniové elektrizace na další (odbočné) železniční tratě v okolí,
- Optimalizace a stavba nových konvenčních železničních tratí s cílem zvýšit přepravní výkony na železnici,
- Polarizace železniční sítě na tratě aktivně zapojené do plnění přepravních úloh společnosti a na tratě, které vlivem změn v osídlení, průmyslu, zemědělství i dopravě ztratily svojí původní dopravní roli a novou dopravní roli nenašly. Jsou

však vnímány jako historické dědictví slu ı k uspokojování nkoliv běžných dopravních, ale emočních potřeb obyvateľstva.

3 KOMPATIBILITA TRAT ı A VOZIDEL

Výstavba železnic proběhla v evropských zemích z podstatn e  asti v l ech 1840 až 1870. Od té doby byly v průběhu let uskutečněny jejich mnohé modernizace (stavba druhých traťových kolejí, nap ımen ı oblouk ı o malém poloměru, liniová elektrizace, zvyšeni úrovně zabezpečeni, zvyšeni traťové rychlosti, ...), ale topologie železniční sítě zůstala v zásadě zachována.

Odlisn ı vývoj nastal v oblasti vozidel. Jakkoliv byla vozidla zpo atku zpravidla adresn e nakupována pro určitou nov e vybudovanou dráhu, tak v průběhu dalších let došlo vlivem různých událostí, zejména slučování samostatných železničních společností pí vzniku státních drah, k velké teritoriální flexibilitě vozidel. Podle vývoje přepravní poptávky a podle provozních potřeb byla posledních 150 let železniční vozidla operativně přesouvána na různá místa a do r zn e služby. Tak jak vozidla st rnula a p ıch azela je vyst fdat vozidla nová, propad avala z elitních v kon ı na m en e důležité výkony. Nap ıklad z rychlíkové služby na osobní zastávkové vlaky, z hlavních tratí na vedlejší tratě, z traťové služby na posun. B e n e tak v průběhu svého technického života vyst fdala vozidla mnoho různých lokalit a služeb.

Současná situace je diametrálně odlišná:

-  elezni n ı sítě je na prahu významného investicn ıho rozvoje (budování vysokorychlostního železničního systému, upgrade dopravn e siln e vyu ıvan ych tratí konvenční železniční sítě, rozvoj liniové elektrizace, ...),

- regionalizací osobní železniční dopravy a soutěžením d alťov e železniční dopravy po jednotlivých linkách dochází ke smluvnímu v azn ı vozidel na určitou lokalitu nebo linku po celou dobu jejich technického života. P edisponov n ı do jiné lokality í propadání na m en e důležité výkony v zásadě možné není

Na rozdíl od minulosti, kdy železniční infrastruktura neprocházela velkými změnami a vozidla byla operativně přemístitelná, bude železniční infrastruktura procházet velkými změnami a vozidla nebudou operativně přemístitelná. To  ını téma technické kompatibility tratí a vozidel velmi z ava n e. Vozidla je potřeba řešit tak, aby svými vlastnostmi vyhovovala měníci se podobě infrastruktury v budoucích desetiletích:

- zvyšování rychlosti na konvenčních tratích na 200, respektive 230 km/h,
- budování vysokorychlostního železničního systému,
- budování dlouhých a rychle proj ıd en ych tunel ı (po  arn ı bezpečnost, aerodynamické efekty),
- sjednocení nap ıjec ıch syst m ı na úroveň 25 kV,
- v ıhradn ı provoz vlak ı pod dohledem ETCS.

Fixace vozidel na ur it e teritorium í na určití druh služby vyžaduje řešit jej nkoliv jen pro současní stav železnic, ale pro horizont alespo ı roku 2060.

Kompatibilitu tratí a vozidel určují rozhraní mezi vozidly (strukturální subsystém RST) a železniční dopravní cestou vybavenou strukturálními subsystémy trať (INF), elektrické nap ıjen ı (ENE) a řízení a zabezpečeni (CCS). Podmínkou technické zp ısobilosti vozidla k pou ıt ı na dráze je dodr zeni pravidel kompatibility vozidla a dráhy ve všech těchto rozhraních.

K tradičním parametr ım rozhraní mezi vozidlem a dráhou, sledovaním jí od dob vzniku železnice (rozchod koleje, prostorová p ıchodnost – obrys pro vozidla a p ıjezdny p ır ez traťı, t řida svislé p ıchodnosti, poloměr oblouku, stavební p ıev ıšení, nedostatek p ıev ıšení í traťová rychlost, p ıb ıly v průběhu času další parametry. A to nejen

elektrotechnické (například zatížitelnost trakčního vedení, kompatibilita vozidla s kolejovými obvody železničních zabezpečovacích zařízení, předávání digitálních datových informací).

Novým fenoménem moderní železnice se staly dlouhé a rychle projížděné tunely, a to ze dvou hledisek:

- téma požární bezpečnosti (viz požadavky TSI RST),
- téma aerodynamických efektů.

Na rozdíl od letadel, které využívají letovou hladinu 10 000 m a výše, tedy prostředí s měrnou hmotností vzduchu kolem $0,3 \text{ kg/m}^3$, se železniční vozidla pohybují v prostředí zhruba čtyřikrát hustším ($1,2 \text{ kg/m}^3$). Proto již při rychlostech nad 140 km/h je nutno podle TSI LOC&PAS analyzovat aerodynamické efekty (boční vítr, míjení vlaků, průjezd tunely, ...). Jde o velmi vážné bezpečnostně relevantní téma. Je nutno zajistit náležitou tlakovou odolnost (zejména tlakovou pevnost) vozidlové skříňe, jednotlivých komponent vozidla (okna, dveře, mezivozové přechody) i funkčnost subsystémů vozidla (ventilace, topení, klimatizace, WC, ...).

Neméně důležité je zajistit cestujícím tlakovou pohodu v interiéru vozidla (dodržet mezní hodnoty změn tlaku vzduchu $(\Delta p/\Delta t)$). Nástrojem k tomu je tlaková těsnost, která utlumuje pronikání vnějších tlakových rázů dovnitř do vozidla. V souvislosti s řešením aerodynamických účinků podle souboru technických norem EN 14 067 doplňuje tradiční parametry vozidla nejen jeho nejvyšší provozní rychlost, ale i nejvyšší traťová rychlost. Ta limituje rychlost souběžně i protisměrně jedoucích vlaků, které jak na otevřené trati, tak k zejména v tunelech generují tlakové rázy, které předmětné vozidlo namáhají. Traťová rychlost se tak stává (spolu se vzdáleností os kolejí a tvarem tunelu) velmi důležitými parametry působení tratě na vozidlo.

4 TECHNICKÉ ASPEKTY VOZIDEL

4.1 Technika vozidel

Technika vozidel má řadu aspektů:

- Aspekt bezpečnostní – rozhodně jeden z nejdůležitějších cílů, který při přepravě osob klademe za cíl, je bezpečnost. V TSI existuje celá řada opatření, která vedou k výraznému zvýšení bezpečnosti železniční dopravy, ale také k eliminaci případných následků nehod na železnici. A to jak v oblasti aktivní bezpečnosti (vlakový zabezpečovač, brzdy), tak i v oblasti pasivní bezpečnosti (pevnost, odolnost při nárazu). Typickým příkladem je aplikace evropských norem pro statickou a crashovou odolnost vozidla (EN 12 663, EN 15 227). Vozidlo, které je již konstruováno plně s respektem k těmto normám, přispívá velmi výrazně k eliminaci poškození majetku a osob. Z hlediska analýzy nehod (zpráva ČVUT – “Analýza možnosti zvýšení aktivní a pasivní bezpečnosti provozu železničních vozidel v ČR”) je zřejmý velký přínos zavedení těchto standardních řešení.
- Aspekt provozní – vyšší flexibilita při nasazení vícenásobných trakcí, použití komunikačních standardů usnadňuje flexibilnější komunikaci lokomotivy v sestavě „push-pull“ (standardizace pomocí WTB komunikačních protokolů. Zde je žádoucí, aby výrobci a provozovatelé usilovali o co největší shodu při aplikaci komunikačních protokolů do nových vozidel). Při použití vícezdrojových vozidel možnost plynulého přechodu mezi elektrizovanou a neelektrizovanou částí tratě.
- Aspekt pozitivního dopadu na cestujícího z hlediska komfortu – přizpůsobení vozidla použití osobami s omezenou schopností pohybu, zavedení standardů komfortu, cateringové služby, moderní IT.

4.2 Teritoriální řešení vozidel

V moderním propojeném světě (v EU ještě z řeteln ěji) bychom měli usilovat o maximální kompatibilitu kolejových vozidel bez ohledu na teritoriální nasazení. P ın as ı to řadu v ıhod ve všech typech dopravy.

Vysokorychlostní doprava – zde je teritoriální kompatibilita vozidel naprosto zásadní. Jedná se o celoevropsky provozovanou železniční síť, p ıpadn a nutnost dělat kompromisy by celý projekt dlouhodob e sr azela. Dle TSI nejsou zcela všechny parametry tratě exaktně definovány a pí stavbě tratí je pot řeba posoudit parametry tratě s ohledem na již provozovaná vozidla v okolních státech. Jako p ıklad je možné uvést kompatibilitu vozidla a infrastruktury pí míjení vozidel v tunelu.

Rychlíková a p ım estsk a doprava – zde je op etovn e nutné zvyraznit důležitost dvou aspektů – elektrizace a konverze. V daných p ıpadech je nutná dlouhodob ej ı koncepte s cílem nasazení optimálních vozidel na danou trať. Konverze p ın as ı zásadní rozvoj vozidel, která jsou leh ı, spolehliv ej ı, v ykonn ej ı a tím pádem i ekonom ıt ej ı. Vývoj vicesyst emov ych vozidel vy žaduje zna n e jednor azov e náklady, které se v robci m vyplatí a  pí v y ı sériovosti.

Regionální doprava – zde je zásadní otázkou udr ıtelnost provozu. Tedy investovat do rozvoje přepravy pouze v t ech oblastech, kde existuje potenciál k rozvoji.  eleznice je principálně vytvořena pro přepravu osob a věcí v oblasti siln e a pravideln e přepravní poptávky. Snaha p ızp osobovat železniční dopravní systém (trať a vozidla) slab e přepravní poptávce nevede k u spěchu. Celkov e náklady železniční dopravy mají výraznou fixní složku, pí poklesu přepravní poptávky proto klesá rentabilita.

Ve srovnání s velmi problematickou snahou p ızp osobit železnicí ochablé přepravní poptávce, je mnohem efektivn ej ı stimulovat přepravní poptávku nabídkou kvalitní rychlé a pohodln e  eleznice. P ıpadn e kompromisy na straně bezpečnosti nejsou řešením: poloviční pevnost vozidlové sk řin e neznamená poloviční hmotnost vozidla (tu ur ıuj ı p ıdev ım podvozky), a ani poloviční hmotnost vozidla zásadním zp osobem nesn ı ı provozní náklady vlakové dopravy.

4.3 technické řešení vozidel v čase

Vozidlo se skládá z řasy subsystémů, které s r ıznou dynamikou odolávají času. S ohledem na výrazný nástup IT subsystémů do železničních vozidel, je z řejm e, že tato oblast má tendenci zastarávat poměrně velmi rychle. Z praxe se ukazuje, že některé IT systémy je nutné v razn e updatovat již po 5 – 10 letech provozu vozidel. Tedy je racionální plánovat v ur ıit ych periodách upgrade interieru vozidla (typicky: povrch sedadel) a spolu s tím i palubních informačních systémů pro cestující.

S ohledem na kybernetickou bezpečnost je žadoucí dokonce  ast ej ı dohled, í dokonce p ıpadn e rychlé operativní zásahy do některých  ast ı SW. Jako možné řešení pro subsystémy, které p ımo neovlivn uj ı bezpečnostní funkcionality řízení vozidla, se může jevit licenční kontinuální SW model updatu vozidel. Již s tímto zjištěním se pí pořízení vozidla musí po ıtat.

V t ı ı odolnost z hlediska času mají mechanické  asti vozidel, kde pí pravideln e korektivní a preventivní u dr b e nemusíme p ıstupovat k zásadním zásahům do vozidla i t řeba 20 let.

V oblasti dvouzdrojov ych vozidel je možné zvažovat nasazení vozidel i poté, co dojde pln e elektrizaci u seku, tedy pozd ej ı přestavbu na vozidla jednozdrojov a (BEMU → EMU). V tomto p ıpad e je ale pot řeba po ıtat s p ıpadn ım opakováním schvalovacího procesu vozidla.

5 MECHANICKÁ, ENERGETICKÁ A INFORMAČNÍ DIMENZE DRÁHY

Jaké jsou největší výzvy a trendy, které je možné napříč vývojem vozidel v nějakém vztahu k infrastruktuře můžeme pozorovat? Vozidlo je konstruováno na 30 let životnosti, proto jsou některé souvislosti obzvláště důležité.

Dimenze mechanická

V multimodální mobilitě je železnice vnímána ne jako konkurent, ale jako partner (nejen) automobilové dopravy. Různé dopravní módy by se měly vhodně doplňovat. Z tohoto hlediska se musíme zaměřit na aspekty, které cestující na železnici přilákají, železnici tedy musíme neustále dělat pro cestující atraktivnější. Jako základ je tedy nejen rychlá, ale zejména také spolehlivá a komfortní přeprava osob.

S tím se pojí řada trendů, která čím dál silněji souvisí s tématy human factors, tedy i ergonomií.

Některé z prosazujících se prvků:

- Nepřímé osvětlení interiéru vozidel reagující pružně na okolní (přirozené) světelné podmínky
- Kvalitnější sedadla s řadou dalších funkcionalit (bezdrátové nabíjení, masážní funkce, přehledný rezervační systém apod.)
- Kvalitní pokrytí signálem mobilního telefonu (využití HF oken, tedy nepotřebnost repeaterů)
- Neustále náročnější a kvalitnější cateringové služby (ve vazbě na rozvoj moderních technologií přípravy a uchování pokrmů)

Dimenze energetická

Pořizovací cena vozidla je sice důležitá, ale musí být dána do kontextu s efektivním nakládáním s energií. Tato dimenze velmi úzce souvisí u regionálních vozidel zejména s jejich hmotností a u vozidel pro dálkovou dopravu zejména s jejich aerodynamickými tvary. Důležitým tématem je optimální volba distribuce výkonu, tedy architektura vozidla. Tu můžeme dát také do souvislosti s adhezní hmotností vozidla, která je klíčová při zpětném využití kinetické energie, tedy rekuperaci.

V současné době lze provádět velmi přesné simulační výpočty navrhované konfigurace vozidla. Výsledkem je poté přesná simulace jízdy vozidla v různých režimech na definované trati, vyhodnocení trakční charakteristiky, a tedy vhodnosti dané vozidlové konfigurace.

Dimenze informační

Propojení vozidla a infrastruktury v oblasti informačních technologií je na vzestupu. Z hlediska bezpečnostní relevance mluvíme o 3 kategoriích subsystémů vozidla:

1. Bezpečnostně relevantní subsystémy

Jde v první řadě o interoperabilní technologická zařízení zajišťující železniční provoz (vlakový zabezpečovač ETCS, digitální datové a fonické rádiové spojení GSM-R/FRCSM, telematické zázemí pro měření spotřeby elektrické energie).

2. Provozní subsystémy dopravce

Jedná se o subsystémy, které provozovateli přispívají k zefektivnění korektivní i preventivní údržby vozidel, k efektivnímu nakládání s energií vozidla při provozu, ale i se zvýšením bezpečnosti cestujících.

- Moderní kamerové systémy s funkcí AI (například rozpoznání kolizních situací) a s přenosem obrazu na dispečink.

- Advisory systémy pro strojvedoucího (DAS) – sledování situace na trati v reáln m čase, její vyhodnocení a návrh optimálního jízdního režimu.
- Přenos a vyhodnocení diagnostických dat, která umožňují dálkovou korektivní údržbu.
- Sledování periody údržbového cyklu, optimalizace skladového hospodářství náhradních dílů

3. Informační technologie pro cestující

Stále většího významu nabývají data určená pro cestující. Nejedná se ale pouze bezdrátový internet pro cestující, palubní IT zahrnuje daleko více různorodých subsystémů, jejichž významnost s časem roste. Namátkou se jedná například:

- Moderní informační systémy, jejich úzká spolupráce s mobilním telefonem cestujících – upozornění na nástup / výstup, navigace na rezervované místo, informace o návazných spojích apod.
- Možnost personalizace nastavení sedadla přes mobilní aplikaci
- Objednávka občerstvení přes mobilní aplikaci

Tyto tři základní dimenze se nyní daleko výrazněji prolínají a navzájem ovlivňují.

6 OPTIMÁLNÍ CELOSÍTOVÉ ŘEŠENÍ VERSUS OPTIMÁLNÍ MÍSTNÍ

Každé vozidlo má své optimální využití a postupný nástup bezemisních vícezdrojov ch vozidel podnítil další diskusi s ohledem na nalezení optima. Pokud se jedná o využití vícezdrojov ch bezemisních vozidel, tak jsou v současné době na trhu dvě dostupná řešení, vozidla BEMU a vozidla HMU. Najít ono optimum mezi těmito dvěma řešeními není mnohdy jednoduché. Základní aspekty, které se musí brát v potaz jsou:

- Plánovaná (i třeba částečná) elektrizace trati a s tím spojená přestavba BEMU na EMU v průběhu technického života vozidla
- Traťové poměry – téma dojezdu, dané dimenzováním velikosti zásob energie (u BEMU velikostí elektrochemického akumulátoru a u HMU velikostí nádrže na vodík) je všeobecně známo již více než sto let (viz Kummlerův vztah: dojezd vozidla je úměrný poměru hmotnosti zásobníku energie ke hmotnosti vozidla). U vozidel s multiplikací výkonu zdroje energie, tedy u HMU, je nutno počítat i s dalším limitem, kterým je doba práce plným výkonem, tedy vytrvalost. Ta bývá u vodíkových vozidel s ohledem na omezenou velikost vyrovnávacího akumulátoru jen v jednotkách minut. To v běžném zastávkov m zpusobu jízdy regionálních vlaků nevadí. Avšak při požadavku na delší dobu jízdy plným výkonem naráží využití HMU na své limity. Na tratích s velkým táhlým stoupáním může dojít k vyčerpání energie vyrovnávacího akumulátoru a tím pádem na jízdu sníženým výkonem. Plánovanému nasazení vozidel proto musí předcházet podrobná simulace.
- Dostupnost čistého vodíku – vodík má velmi nízkou objemovou hustotu energie, k jeho p evá e určené nádoby jsou značně těžké (brutto/ netto činí cca 50 kg/kg) a zpět jsou převáženy prázdné, ale téměř stejně těžké. Doprava vodíku je proto velmi drahá a energeticky náročná. Proto jsou aplikace vodíku ekonomicky únosné jen v oblastech, kde je možné využívat nadbytečnou energii z blízkých místních volatilních obnovitelných zdrojů elektrické energie, tedy jejich akumulaci do zeleného vodíku pomocí elektrolýzy. Využití odpadního vodíku z průmyslové výroby je problematické, jelikož pro palivov  články vyžadujeme čistotu vodíku na úrovni 99,97% (nečistoty by zanášely membránu). Takovou čistotu lze dosáhnout prakticky pouze elektrolýzou. Případné čištění odpadního vodíku je nerentabilní.
- Investice do infrastruktury – ostrovní elektrizace vs. plnicí stanice.

Limitem optimalizace parametrů vozidla podle specifických místních podmínek je odklon od univerzálnosti jeho použití. Jednorázové náklady spojené s návrhem vozidla, jeho subsystémů a jejich komponent, zkoušením, schvalováním a technologickým zajištěním výroby a subdodavatelských řetězců jsou značné. Lze je realisticky rozložit jen do velmi početné výroby řádu stovek vozidel. Hromadnost výroby je podstatná i pro zajištění udržovatelnosti vozidla po celou dobu jeho technického života (dostupnost náhradních dílů, management stárnutí, péče o SW, ...). Řešením je orientace na produktové platformy, ale i jejich modifikovatelnost má své limity dané výší jednorázových nákladů na engineering, zkoušky, schvalování a technologické přizpůsobení výroby i logistiky subdodávek.

7 ROZVOJ SUBSYSTÉMU INF A JEHO DOPAD NA VOZIDLA

Rozvoj železniční infrastruktury je velmi úzce spojen s nasazením vozidel u musí být velmi dobře promyšlen s ohledem na mnoho aspektů.

- Pro ekonomicky efektivní využití investic vkládaných do budování vysokorychlostního železničního systému je nutno spolu s výstavbou vysokorychlostních tratí paralelně vytvářet i park vozidel, schopných je využívat. Infrastruktura vysokorychlostních tratí proto musí do určité zohledňovat provoz stávajících vozidel. Avšak jsou určitá bezpečnostně relevantní kritéria, která je nutno respektovat. Jde o požární bezpečnost a namáhání vozidlových skříní, subsystémů a komponent vozidel aerodynamickými vlivy. Obě tyto kategorie jsou úzce spojeny s parametry tunelů. Ani z dopravních ani z technických důvodů není ekonomicky únosné řešit vysokorychlostní tratě s provozní rychlostí 300 až 350 km/h tak, aby na nich byl umožněn provoz konvenčních nákladních vlaků či regionálních osobních vlaků. Rychlostní segregace je smysluplná, je též nutnou podmínkou k dosažení náležité kapacity dráhy. Avšak též je smysluplné řešit vysokorychlostní tratě tak, aby byly řešeny jak pro provoz vysokorychlostních vozidel kategorie 300 km/h využívající vysokorychlostní tratě v převážné části délky své trasy tak i lokomotivami dopravované push-pull netrakční jednotky s nejvyšší provozní rychlostí 230 km/h vhodné pro vlaky využívající vysokorychlostní tratě v menší části délky své trasy.
- Investice do infrastruktury příměstských železničních tratí vedených regiony s rozvojem suburbanizace v okolí metropolí musí odrážet jednak zejména zkapacitňování již stávajících páteřních příměstských tratí, ale také plánovanou obsluhu vedlejších návazných ramen, které je (např.) možné obsluhovat vícezdrojovými jednotkami s pozdější konverzí na čisté EMU řešení.
- Investice do infrastruktury regionálních tratí v odlehlých oblastech je opodstatněná pouze v případě, že existuje (i do budoucna) určitý hraniční součtový přepravní tok osob a zboží, který je nutnou ekonomickou podmínkou k existenci železnice a železnicí zajišťované veřejné hromadné dopravy. Ten lze pochopitelně stimulovat kvalitou přepravní nabídky, například přímými vlaky vedenými bez přestupu z centra regionu do jeho okrajových oblastí při nasazení dvouvozových regionálních vozidel. V částečně elektrizované železniční síti se jedná o nasazení zejména BEMU vozidel, ve specifických případech se může jednat i o HMU vozidla.

8 ROZVOJ SUBSYSTÉMU ENE A JEHO DOPAD NA VOZIDLA

Jako zcela zásadní prioritou se jeví pokračující rozvoj elektrizace železniční sítě. Vhodně zvolenou strategií elektrizace, lze využít vozidla BEMU, která na elektrizovaných úsecích můžeme dynamicky nabíjet, neelektrizované úseky jsme schopni velmi dobře obsloužit s pomocí trakčního akumulátoru. Není tedy potřeba žádná dodatečná infrastruktura ve formě plnicích vodíkových stanic, nebo zajištění tankování.

Po prípadné plné elektrizaci úseku je možné BEMU vozidla v průběhu jejich technického života přestavět na "prostá" EMU vozidla.

9 ROZVOJ SUBSYSTÉMU CCS A JEHO DOPAD NA VOZIDLA

Integraci ECTS do naší železniční sítě považujeme již za samozřejmou a tento proces je nutné co nejvíce urychlit, téma bezpečnosti je přirozenou prioritou. Využití a přínos moderních zabezpečovacích systémů ale není pouze v bezpečnosti provozu, ale také k zajištění plynulosti a zvýšení kapacity nejméně tratí.

Které trendy v souvislosti s rozvojem zabezpečovacích systémů lze pozorovat při vývoji vozidel?

- V podmínkách ČR je implementace ETCS jednou z nutných podmínek ke zvýšení rychlosti jízdy vlak nad limit 160 km/h,
- Vytvoření báze pro vyšší stupně automatizace řízení jízdy vlaku (ATO over ETCS) až po bezobslužný provoz (GoA4),
- ETCS vytváří významný podnět k zásadní inovaci průběžné samočinné vlakové brzdy – náhrada pneumatického řízení brzd elektrickým s mnohonásobně rychlejší odezvou. V oblasti kolejových vozidel pro přepravu osob již tato proměna spontánně proběhla v době několika posledních desetiletí v celé šíři aplikací (od vozidel metra přes regionální trakční jednotky až po vysokorychlostní trakční jednotky) a nyní je připravována i pro nákladní vozy. A to ve vazbě na digitální automatické spřáhlo, které již bylo v oblasti kolejových vozidel pro přepravu osob spontánně (avšak nikoliv výhradně) zavedeno v průběhu několika posledních desetiletí též.

Neméně důležitý je i rozvoj telematických aplikací mimo oblast železniční zabezpečovací techniky:

- Přenos diagnostických informací mezi vozidlem a dispečinkem. Jedná se zejména o sběr a analýzu dat různých subsystémů vozidla a také případné efektivní řešení údržby a management náhradních dílů.
- Využití offline a realtime traťových dat. Například v případě vozidel Mireo se jedná o DAS (driver advisory system), který sleduje traťovou cestu v reálném čase a přizpůsobuje jízdní režim aktuálním podmínkám. Vede to nejen k úspoře energie, ale také k efektivnějšímu využití daného traťového úseku.
- Přenos CCTV a údajů o vytížení jednotky (PC systémy) umožňuje pružně reagovat na nenadálé přepravní špičky. Inteligentní CCTV systémy vybavené AI rozhraním dokážou automatizovat vyhodnocení některých situací ve vozidle.
- Součinnost moderních informačních systémů na vozidlové a infrastrukturní straně.
 - Informační systémy ve vozidle jsou schopné v reálném čase přenášet informace o rezervačním systému a pružně reagovat na změnu situace. Spojením s aplikací v mobilním zařízení je možné cestujícího i navigovat k místu s rezervací.
 - Součinnost s informačními systémy ve stanici – možnost informovat o návazných spojích, jejich aktuální situaci.
- Do budoucna by bylo možné využití aktuální polohy vozidla na trati k zabezpečení nekrytých přejezdů – například přenos polohy vozidla do palubní navigace automobilu. Při hrozící kolizi mohlo dojít k audiovizuálnímu varování řidiče motorového vozidla.

10 VÝBĚROVÁ ŘÍZENÍ: MINIMÁLNÍ CENA VERSUS MINIMÁLNÍ NÁKLADY ŽIVOTNÍHO CYKLU A VYSOKÁ UŽITNÁ HODNOTA

Je zřejmé, že trendy v oblasti rozvoje železnice je nutné nahlížet velmi komplexně a strategicky. V celém životním cyklu vozidla se podílí pořizovací cena na celkových nákladech asi 30 procenty. Ostatní náklady, tedy zejména náklady na energii a na údržbu tvoří většinu. Akcent pouze na jednu nákladovou složku proto není žádoucí. Jako velmi žádoucí se jeví detailní specifikace toho, co od vozidla očekáváme. Jsou to tedy zejména přesnější specifikace toho, jakou mají dané subsystémy, ale i vozidlo jako celek vykazovat spolehlivost. Aspekt, který vyžaduje také velkou pozornost je spotřeba energie. Toho lze jednak dosáhnout nízkou hmotností (například využitím lehčí konstrukce podvozků), ale také využitím moderních spínacích prvků a optimalizací architektury vozidla.

11 ZÁVĚR

Příprava železnice na plnění její role v udržitelné multimodální mobilitě probíhá v současnosti především v oblasti železniční dopravní cesty. Po téměř dvou stoletích jsou opět budovány nové hlavní železniční tratě, zejména vysokorychlostní. Avšak železniční systém je tvořen nejen železničními tratěmi, ale i železničními vozidly. Je nanejvýš potřebné předcházet rizikům vzájemné technické nekompatibility tratí a vozidel. Řada parametrů vozidel se účinkem druhé mocniny rychlosti přesouvá do oblastí, které vyžadují odklon od tradičního pojetí kolejových vozidel.

Podobně dekarbonizace železniční dopravy, řešená jak rozvojem liniové elektrizace, tak i vozidly se zásobníky energie, přináší nová témata a nová řešení. Kompatibilita tratí a vozidel se tak stává klíčovým tématem, které je s hledem na dlouhou dobu technického života vozidel nutno řešit s vizí jejich použitelnosti po dobu dalších alespoň 40 let. Koordinace investic do rozvoje dráhy, drážních vozidel i objednávkou veřejné dopravy je pro efektivní hospodaření s veřejnými zdroji nezbytnou nutností.

Literatura

[1] Seidl, J., Kolář, J.: Analýza možnosti zvýšení aktivní a pasivní bezpečnosti provozu železničních vozidel v ČR, ČVUT, Fakulta strojní, 2022.



Resumé

Příspěvek si dává za cíl shrnout nejvýznamnější aspekty a trendy v rozvoji infrastruktury a vozidel na moderní železnici. Rozvoj infrastruktury, nutná dekarbonizace přepravy, ekonomičnost, ale i nastupující digitalizace jsou jen některými z hlavních parametrů, které vhodnou volbu vozidel ovlivňují. Cílem příspěvku je dát tyto hlavní parametry do kontextu a poukázat na jejich zásadní vzájemnou provázanost.

Summary

The article aims to summarise the most important aspects and trends in the development of infrastructure and vehicles on modern railways. Infrastructure development, the necessary decarbonisation of transport, cost-effectiveness, but also the emerging digitalisation are just some of the main parameters that influence the appropriate choice of vehicles. The aim of this article is to put these main parameters in context and to highlight their crucial interdependence.