

Metodika systematického zavedení a provozování simulátorů kolejových vozidel pro výcvik strojvedoucích v ČR.

Metodika vznikla v rámci grantového projektu TAČR č. CK01000132 „Metodika systematického zavedení a provozování simulátorů kolejových vozidel pro výcvik strojvedoucích v ČR“

2022

ČVUT v Praze
Fakulta dopravní
Konviktská 20
110 00 Praha 1



Autoři:

doc. Ing. Martin Leso, Ph.D.
doc. Ing. Pavel Fuchs, Ph.D.
doc. Ing. Petr Bouchner, Ph.D.
doc. Ing. Stanislav Novotný, Ph.D.
doc. Ing. Radovan Soušek, Ph.D.
Ing. Miroslav Šídlo
Ing. Zdeněk Michl
Ing. Filip Kothera
Jan Válek, dis

Obsah

1. Cíl metodiky	6
2. Vlastní popis metodiky	8
2.1. Problematika zavedení školení strojvedoucích s využitím simulátorů	8
2.1.1. Legislativní rámec použití simulátorů v EU	8
2.1.2. Legislativní rámec použití simulátorů v ČR	9
2.1.3. Současná praxe použití simulátorů v ČR	9
2.1.4. Současná praxe v zahraničí	9
2.2. Simulátorové pracoviště	10
2.2.1. Typy simulátorů	11
2.2.2. Požadavky na simulací technologie ERTMS/ETCS	11
2.2.3. Požadavky na simulací technologie GSM-R a národních radiových systémů ...	12
2.2.4. Požadavky na vybavení simulátorového pracoviště	12
2.2.5. Požadavky na kvalifikaci osob provádějící výcvik	14
2.3. Simulátory pro školení strojvedoucích	16
2.3.1. Specifika a požadavky na jednotlivé typy simulátorů	16
2.3.2. Koncept výcvikových simulátorů pro letadla, vozidla a pracovní stroje	22
2.3.3. Prvky simulátorů drážní vozidla	23
2.3.4. Tvorba simulačních scén a výcvikových scénářů	28
2.4. Simulační scénáře pro praktické školení a výcvik strojvedoucích	30
2.4.1. Typy simulačních scénářů	30
2.4.2. Požadavky na obsah simulačních scénářů	30
2.4.3. Optimalizace zaměření scénáře	33
2.4.4. Scénáře generované průběžným managementem rizika v železniční dopravě ..	34
2.4.5. Simulační scénáře a rozsah vzdělávání na simulátorech	39
2.5. Návrh pravidel a podmínek autorizace pracoviště simulátorů kolejových vozidel pro proces získání a ověření osvědčení strojvedoucího v ČR a doporučení doplnění/úpravy Vyhlášky 16/2012 Sb.	42
3. Srovnání „novosti“ postupů	45



4. Popis uplatnění schválené metodiky – pro jaký subjekt bude určena a jakým způsobem bude uplatněna.....	46
5. Ekonomické aspekty – vyčíslení nákladů na zavedení postupů uvedených v metodice a vyčíslení ekonomických přínosů pro uživatele.	47
6. Seznam použité literatury	51
7. Seznam publikací, které předcházely metodice	51
Příloha 1 Přehled ovládacích prvků pro přístrojový simulátor.....	52
Příloha 2 Přehled ovládacích prvků pro přístrojový simulátor pracovního stroje.....	56

Použité zkratky

ATO	Automatic Train Operation, systém automatického vedení vlaku
ČD	České dráhy, a.s.
DB	Deutsche Bahn AG, největší železniční dopravce v Německu
DUČR	Drážní úřad České republiky
DVI	Dopravní vzdělávací institut, a.s.
ERTMS	European Rail Traffic Management System – Evropský systém řízení železničního provozu
ETCS	European Train Control System – Systém jednotného evropského vlakového zabezpečovacího zařízení
ETCS L2	ETCS, aplikační úroveň 2
GSM-R	Global System for Mobile Communications – Railway
HTA analýza	Hierarchical Task Analysis
MDČR	Ministerstvo dopravy České republiky
MRS	Komunikační rádiový systém umožňující komplexní spojení v místních rádiových sítích
MUV	Kolejový motorový univerzální vozík
O130	Odboru drážní a vodní dopravy ministerstva dopravy České republiky
ÖBB	Rakouské spolkové dráhy, které jsou organizovány podle zákona o spolkové železniční struktuře. V čele holdingové struktury stojí od roku 2005 ÖBB Holding AG. Holding obsahuje mimo jiné společnosti dopravců ÖBB Personenverkehr AG a RailCargo Austria AG
PZZ	Přejezdové zabezpečovací zařízení
RMR	Railway Mobile Radio ¹ - GSM-R, případně FRMCS (Future Railway Mobile Communication System) nebo jiný budoucí systém
SŽ	Správa železnic, státní organizace
TRS	Traťový rádiový systém
VRT	Vysokorychlostní železnice
ZOZ	Zvláštní odborná způsobilost dle Vyhlášky č. 16/2012 Sb.

¹

https://www.stradalex.com/en/sl_src_publ_leg_eur_io/toc/leg_eur_io_3_20210930_346/doc/ojeu_2021.346.01.0001.01

1. Cíl metodiky

Hlavním cílem metodiky je návrh optimálních postupů pro výcvik strojvedoucích v simulovaném prostředí, za účelem snížení pravděpodobnosti selhání lidského faktoru při řízení drážního hnacího vozidla strojvedoucím.

Pojmem „výcvik“ se v následujícím textu rozumí některá nebo všechny ze základních činností, které jsou nezbytné pro získávání, udržování, rozšiřování a ověřování odborné způsobilosti strojvedoucích. Pojem je používán s ohledem na skutečnost, že je obsahem zadání i názvu této metodiky a také s ohledem na skutečnost, že jde o jednoslovné, krátké označení. Pokud je pro pochopení textu a souvislostí vhodnější přesnější specifikace činnosti, například, že jde o získání znalostí, rozšíření znalostí, procesních návyků, ověření znalostí nebo o stanovení obecně jiného parametru a jeho hodnoty, pak je pojem „výcvik“ konkretizován jiným slovním spojením a je upřesněn jeho význam.

Snížení pravděpodobnosti selhávání lidského faktoru a úspěšné využívání simulátorů pro jeho docílení je podmíněno důležitými předpoklady, z nich základními je využití vhodných analytických metod. V metodice je k tomu zvolena HTA analýza, pomocí které lze pracovat na více hierarchických úrovních abstrakce. To je podstatné zejména u kognitivních úkonů, kterých se využívá v uvažovaném pracovním prostředí a souvisejí s:

- hodnocením situace,
- rozhodováním,
- plánováním potřebné reakce strojvedoucího,
- hodnocením rizikovosti konkrétního postupu,
- hodnocením časové náročnosti postupu
- hodnocením časové realizovatelnosti postupu.

Jedná se o aplikaci postupů, které nelze v praxi navrhovat a realizovat jinak, než s využitím simulátorů, protože především hraniční rizikové posloupnosti projevů a úkonů nelze bezpečně analyzovat na reálném vozidle a v běžném provozu. Proto je metodika zaměřena, mimo jiného, na popis a aplikaci různých scénářů. Scénářů, které se netýkají jen výcviku nebo přezkoušení strojvedoucích. Ruku v ruce s výcvikem a s ověřováním dovedností strojvedoucích musí probíhat analýza rozhodovacích procesů strojvedoucího, analýza jeho komplexního chování v sekvenci prováděných kroků, v doporučení ke změnám jeho chování atd.

Tato metodika obsahuje postup pro zavedení a provozování systematického školení a výcviku strojvedoucích v ČR s využitím simulátorů kolejových vozidel (dále jen simulátory). Metodika je schválena a vlastněna výhradně MDČR. Využití a aplikace metodiky zajišťuje MDČR O-130 a DUČR.

Metodika specifikuje požadavky na školící pracoviště využívající simulátory kolejových vozidel pro výcvik strojvedoucích. Požadavky jsou definovány pro simulátorová pracoviště, proces tvorby, realizace a vyhodnocení simulačních scénářů. Jsou definovány rámcové požadavky na proces akreditace školících pracovišť (zajišťovaný DUČR) využívajících simulátory pro školení strojvedoucích.

Metodika současně zahrnuje proces využití simulátoru k ověřování nově zaváděných postupů dopravních technologií, jako je jízda podle postupů daných změnami dopravních předpisů, použitím nových předpisů, s využitím nových dopravních technologií v různých módech.

Tato metodika se nevztahuje na zavedení pomocných výukových prostředků typu e-learning a podobných interaktivních školících pomůcek, které slouží k vedení a podpoře výuky, nicméně se předpokládá, že tyto pomůcky budou součástí standardní výuky, zejména ve fázi získání všeobecné odborné způsobilosti (licence). Ve fázi získání zvláštní odborné způsobilosti (osvědčení) se použití těchto pomůcek předpokládá také, jako nástroj pro získání základních znalostí o funkcích systémů kolejových vozidel. Tyto znalosti budou následně ověřeny ve scénářích na simulátorech, které jsou předmětem této metodiky.

Použití této metodiky by mělo přispět k jednoznačnému zavedení výcviku strojvedoucích s využitím simulátorů v ČR, který by mohl být součástí procesu řízení bezpečnosti na železnici v ČR s cílem snížení rizik v železniční dopravě.

2. Vlastní popis metodiky

2.1. Problematika zavedení školení strojvedoucích s využitím simulátorů

V současné době je školení strojvedoucích realizováno teoretickým výkladem a praktickým školením na reálných vozidlech. Použití simulátorů pro výcvik a školení strojvedoucích doposud nebylo v ČR systematicky řešeno. Pouze dopravce ČD v roce 2019 zavedl technologii simulátorů do výcvikového procesu.

Poznámka: Je využíván rovněž e-learning, který však není předmětem tohoto dokumentu. Simulátor ČD je využíván, především pro účely udržování odborné způsobilosti, (pravidelné školení) a pro výcvik nových strojvedoucích je využíván, velmi okrajově. Předmětem metodiky rovněž není využití videozáznamů pro seznání tratí, jak je realizováno např. společností Bahnkonzept v produktu GPS Infradat v Německu a dalších zemích, protože pro tento účel nevyžaduje infrastrukturu simulátoru.

V této kapitole je dále shrnut současný stav současné praxe v ČR i EU týkající se používání simulátoru pro výcvik a školení strojvedoucích.

2.1.1. Legislativní rámec použití simulátorů v EU

Legislativa EU, přesněji Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2007/59/ES ze dne 23. října 2007 o vydávání osvědčení strojvedoucím obsluhujícím hnací vozidla a vlaky v železničním systému Společenství, se využíváním simulátoru zabývá.

První zmínka se nachází v Článku 25 Zkoušky, v bodě 6.

„Školení musí být ukončeno teoretickými a praktickými zkouškami. Řidičské schopnosti se hodnotí během zkušebních jízd prováděných na železniční síti. K ověření používání provozních předpisů a činnosti strojvedoucího ve zvláště náročných situacích mohou být rovněž využity simulátory.“

Tento článek umožňuje dopravcům a školícím střediskům využívat simulátory ke školení strojvedoucích a zároveň u zkoušek.

Druhá zmínka se nachází v Příloze III Školící metoda.

„Využívání simulátorů, i když není povinné, může být užitečné pro účinné školení strojvedoucích; simulátory jsou užitečné zejména pro nácvik chování v mimořádných pracovních situacích nebo u předpisů, které nejsou často používány. Jsou výhodné zejména z toho důvodu, že umožňují strojvedoucím učit se praktickým konáním reagovat na situace, které nemohou být předmětem školení ve skutečných podmínkách. V zásadě musí být používány simulátory nejnovějšího typu.“

Evropská legislativa používání simulátorů nenařizuje, ale pouze doporučuje a zároveň nastiňuje jejich možné využívání. Dále také nerozlišuje jednotlivé typy simulátorů a pro jaké činnosti by se jaký z nich měl využívat.

2.1.2. Legislativní rámec použití simulátorů v ČR

V svém současném stavu česká legislativa využívání simulátorů nezmiňuje. Pro jejich efektivní zavedení je legislativní stav potřeba změnit. Zavedení simulátorů do výcviku a školení strojvedoucích se týká problematiky, která je v současné době definována vyhláškou č. 16/2012 Sb., o odborné způsobilosti osob řídících drážní vozidlo a osob provádějících revize, prohlídky a zkoušky určených technických zařízení a o změně vyhlášky Ministerstva dopravy č. 101/1995 Sb., kterou se vydává Řád pro zdravotní a odbornou způsobilost osob při provozování dráhy a drážní dopravy, ve znění pozdějších předpisů (dále jen jako „vyhláška č. 16/2012 Sb.“). Konkrétně jde o obsah školení, který je definován v příloze 2 a 3. Tyto přílohy definují obsah a rozsah výcviku strojvedoucích ve fázi získání osvědčení strojvedoucího. V bodech těchto příloh by měl být určen typ simulátorů, které budou k výuce využívány, školící scénáře a rozsah výcviku. Zároveň při zavedení více typů simulátorů je potřeba všechny typy definovat a zakotvit je do legislativy (např. přidáním přílohy do vyhlášky č. 16/2012 Sb.)

2.1.3. Současná praxe použití simulátorů v ČR

V současné době se na území české republiky nachází 2 simulátory typu full cab bez dynamické plošiny. Oba jsou ve vlastnictví ČD a provozuje je společnost DVI. Umístěny jsou v Praze a České Třebové. Každý strojvedoucí zaměstnaný u Českých drah s platnou licencí a osvědčením strojvedoucího musí na simulátoru absolvovat školení, a to v rozsahu 1 hodina za rok (20 minut úvod a vyhodnocení + 40 minut vlastní jízda). Strojvedoucí ve výcviku absolvují školení na simulátoru v rozsahu 2x15min. Součástí školení jsou adaptační jízdy, které slouží k základnímu seznámení strojvedoucích se simulátorem drážního vozidla.

2.1.4. Současná praxe v zahraničí

I přes pokračující harmonizaci podmínek v EU je přenositelnost praxe ze zahraničí s ohledem na značně rozdílné (zpravidla tradiční) podmínky výcviku (forma a rozsah hodin) a podmínky infrastruktury (především provozní předpisy, technický stav obecně a množství výjimek) obtížná.

V **Polsku** v současné době je výcvik s využitím simulátoru dobrovolný. Poté, co strojvedoucí absolvuje polovinu jízdního výcviku, je mu umožněno využít simulátor ke zkrácení praktického výcviku. Jedna hodina na simulátoru zkrátí praktický výcvik o 5 hodin a strojvedoucí si takto může praktický výcvik zkrátit až o 50 hodin. Od 1.1.2023 se počítá s povinným zavedením simulátorů do výcviku.

V **Německu** strojvedoucí dopravce DB ve výcviku na simulátoru absolvuje 2 výcvikové jízdy, každou v rozsahu 8 hodin. Dále výcvik obsahuje modul vlakového zabezpečovače ETCS L2 v délce 6 hodin. Poslední částí výcviku s využitím simulátoru jsou dva jízdni moduly – modul jízdy se sníženým koeficientem tření a modul energeticky úsporné jízdy – každý v délce 1 hodiny. Zároveň společnost DB využívají simulátory k přezkušování svých strojvedoucích v rozsahu 2 hodiny za 2 roky, z toho je první hodina tzv. “zkušební jízda” – tato jízda slouží strojvedoucímu k adaptaci na prostředí a způsob ovládání jiného typu HV. Druhá hodina na simulátoru slouží k rozpoznání a řešení vzniklých předem jasně daných provozních situací. Na základě nevyhovujícího výsledku jak z praktické části, tak i z vyhodnocovací části tohoto přezkoušení je možné okamžitě pozastavit nebo zcela odebrat osvědčení strojvedoucího z důvodu možného ohrožení bezpečného provozování drážní dopravy.

V **Rakousku** společnost ÖBB používá simulátory ve 4 výukových modulech. V Modulu 2 (Jízda za standardních podmínek, posun bez posunovací čety) v rozsahu 35 hodin, v Modulu 3 (Jízda s provozními odchylkami, posun s posunovou četou) v rozsahu 48 hodin a v Modulu 4 (Jízda za všech provozních podmínek) v rozsahu 76 hodin. Reálný rozsah využití simulátoru je kratší, jelikož tento rozsah simulátory sdílí s výukou s pomocí dopravních modelů. Posledním modulem je modul VT01 (Energeticky úsporná jízda) v rozsahu 2x40 minut. Zároveň ÖBB simulátory využívají u zkoušek.

2.2. Simulátorové pracoviště

V této kapitole jsou popsány základní požadavky na simulátorové pracoviště a definice základních typů simulátorů, které mají být použity pro získání a udržení odborné způsobilosti strojvedoucích s využitím simulátorů.

Naplnění požadavků na simulátorové pracoviště bude požadováno po dopravcích, kteří je budou vyžadovat po svých případných dodavatelích získání a udržení odborné způsobilosti. Do budoucna se jeví jako možné doplnit akreditaci simulátorů (naplnění podmínek) do akreditace školících středisek DÚČR. Zde uvedené rozdělení a specifikace simulátorů tvoří základní minimální požadavky na simulátory a prostředí, ve kterém mají být simulátory umístěny a provozovány.

Simulátorové pracoviště musí zajišťovat získání a udržení odborné způsobilosti v následujících úrovních výcviku:

- Strojvedoucí, kteří procházejí **základním výcvikem** (činnost vedoucí k získání odborné způsobilosti) a připravují se na výkon činnosti strojvedoucího – poprvé procházející kurzem ZOZ. Tito strojvedoucí se seznamují s technologiemi řízení drážního vozidla a učí se předpisová ustanovení.
- Strojvedoucí, kteří **již vykonávají** profesi strojvedoucího. Tito strojvedoucí absolvují výcvik na simulátoru za účelem získání další odborné způsobilosti (rozšíření odborné způsobilosti) na nové technologie (typicky systém ETCS),

případně na změny provozních předpisů. Výcvik by dále měl být zaměřen na „zopakování si“ zejména nestandardních situací, se kterými se nemusí v reálné praxi setkávat často, ale je důležitá znalost reakce a postupu na tyto události.

2.2.1. Typy simulátorů

Stěžejní součástí simulátorového pracoviště je simulátor, který je tvořen hardwarem simulovaného vozidla (či zjednodušenou analogií dle varianty simulátoru), výpočetní technikou, prvky virtuální reality a adekvátním softwarovým vybavením. Tato pracoviště jsou vybavena jedním nebo skupinou těchto zařízení, která mohou být stejné nebo různé kategorie, dle potřeb provozovatele. Simulátory lze z hlediska jejich komplexnosti, možností výcviku a pořizovacích nákladů rozdělit do několika základních kategorií:

- a) Přístrojový simulátor (statický simulátor se základními ovládacími prvky)
- b) Simulátor s plnohodnotnou kabinou (statický Full cab)
- c) Simulátor s plnohodnotnou kabinou a pohybovou platformou (Full cab / Full motion)
- d) Výzkumný a ověřovací simulátor

Parametry simulátorů dané kategorie, jejich definice a požadavky jsou popsány v kapitole 2.3.1.

2.2.2. Požadavky na simulaci technologie ERTMS/ETCS

Simulace funkce systému ERTMS/ETCS musí být realizována v souladu s požadavky specifikací zveřejněných na webovém portálu Evropského drážní agentury pro železnici (European Union Agency for Railway)² Subset ERTMS/ETCS.³ V současné době by měly být simulovány verze 2.3.0.d (pokud dopravce vlastní vozidlo vybavené touto verzí) a verze 3.6.0.

² https://www.era.europa.eu/content/ccs-tsi-annex-mandatory-specifications_en

³ Stěžejní specifikace, podle kterých by funkce systému měla být realizována:

- ERTMS/ETCS SUBSET-026-3 – princip systému a popis funkcí systému
- ERTMS/ETCS SUBSET-026-4 – princip a popis módů palubní části a podmínky přechodu mezi módy, vztah módů k zobrazení informací na DMI displeji
- ERTMS/ETCS SUBSET-026-5 – princip a funkce systému s procedurami
- ERTMS/ETCS SUBSET-026-7 – obsah a význam informací přenášených mezi vozidlem a infrastrukturou, tj. RBC či balízou a vlakem by měl být identický
- ERTMS/ETCS SUBSET-026-8 – obsah a význam informací přenášených mezi vozidlem a infrastrukturou, tj. RBC či balízou a vlakem by měl být identický
- ERA_ERTMS_015560 – Specifikace zobrazení a funkce DMI displeje
- SŽ – Dopis dopravcům č.j. 43 961/2018-SŽDC-GR-O14 „Požadavky a doporučení SŽDC na mobilní část ETCS pro provoz na infrastruktuře v její správě“, příloha 2 „Doporučené překlady pojmů z anglického do českého jazyka“ (umístěno na portále provozovatele dráhy v sekci Přístup na ŽDC/ETCS/Dokumenty)

(aktuální nejnovější). Verze 3.4.0. může být zahrnuta do teoretického školení zaměřené na proškolením na změny oproti verzi 3.6.0.).

Doporučené základní postupy a funkce, které by měly být předmětem výcvikových a ověřovacích scénářů:

- a) Zapnutí EVC, nastavení systému v módu SB (zadání vlakových data a podobně)
- b) Procedura SOM L0, SOM L2, SOM ve zhlaví, SOM na staniční koleji, SOM na trati
- c) Procedura EOM L0, EOM L2, EOM v OS, EOM v SR
- d) Procedura ATAF, TAF
- e) Jízda v módu OS s platným MA, režim OS
- f) Jízda v módu SR
- g) Přechod mezi módy FS-OS, SR-OS, FS-SH, OS-FS, SR-SH (manuální volba módu SH, SH z povelu RBC)
- h) Jízda v režimu Potlačení
- i) Jízda s výstupem z oblasti v aplikačním módu L2
- j) Přechod do výluky
- k) Návrat z výluky
- l) Porucha terminálu, HO s poruchou terminálu
- m) Výpadek komunikace (TR)
- n) Adresný a generální stop
- o) Manuální navázání spojení s RBC
- p) Jízda v módu RV
- q) Jízda s rozkazem PJ na přejezdu
- r) Průjezdy oblastí

Tyto doporučené postupy a funkce vycházejí z aktuálního stavu implementace ERTMS/ETCS v ČR. Konkrétní rozsah a obsah simulačního scénáře musí být přizpůsoben podle aktuálního znění provozních předpisů případně konkrétního provedení technologie ERTMS/ETCS mobilní a infrastrukturní části.

2.2.3. Požadavky na simulací technologie GSM-R a národních radiových systémů

Radiové systémy RMR by měly být simulovány identickým displejovým zobrazením jako u reálných ovládacích skříněk vozidlový radiových souprav. V současné době by měly být použity radiostanice umožňující komunikaci v systémech GSM-R, TRS, MRS. Úroveň simulace by měla umožňovat uvažované scénáře.

Komunikace přes radiový systém bude zajištěna hlasově s lektorským pracovištěm.

2.2.4. Požadavky na vybavení simulátorového pracoviště

Simulátorové pracoviště by mělo být z pohledu dispozic prostor vybaveno přinejmenším:

- a) Vlastní místností s instalovaným simulátorem, a veškeré místnosti simulátorového pracoviště by měly být osvětlené, vytápěné a větrané, dostatečně prostorné a izolované od ostatních místností

- b) Prostorem pro školitele
- c) Učebnou vybavenou stolem a židlí pro každého účastníka školení nebo zkoušky, s vybavením pro možnost sledování a vyhodnocení simulace ostatních účastníků
- d) Čekárnou / odpočinkovou místností
- e) Mít v místě dostupnou toaletu a hygienické zázemí účastníků

Z pohledu didaktických pomůcek by simulátorové pracoviště mělo být vybaveno doporučeným vybavením:

- a) tabulí,
- b) modely nebo počítačovými programy napodobující situace v železničním provozu,
- c) školící přehledové tabule, počítačové programy, multimediální prezentace nebo videa zobrazující:
 - železniční provoz a návěsti
 - konstrukce a provoz hnacích železničních vozidel,
 - konstrukce a funkční principy železničních brzd,
 - problematiku bezpečnosti a ochrany zdraví při práci
 - zásady první pomoci obětem železničních nehod, a jiných mimořádných událostí,
 - postupy, které je třeba dodržet v případě zjištěných neshod a v případě mimořádné události na železnici,
- d) platná znění zákonů a vyhlášek a vnitřních předpisů provozovatele infrastruktury a železničních dopravců, které se týkají práce strojvedoucího,
- e) návody pro používání pomůcek uvedených v písmenech b) a c);

Školící pracoviště by dále mělo:

- a) poskytnout možnost školení v údržbářských dílnách lokomotivních dep nebo jiných střediscích údržby kolejových vozidel,
- b) mít zavedený systém řízení kvality potvrzený certifikátem nebo interní postupy zajišťující kvalitu vzdělávacích kurzů a prováděných zkoušek,
- c) mít k dispozici dokument obsahující metodiku pro provádění vzdělávacích kurzů a zkoušek, jakož i způsob a harmonogram jejich realizace s přihlédnutím k požadované délce a tematickému rozsahu vzdělávacích programů,
- d) nejméně jednou ročně organizovat školení pro školitele a zkoušející, kteří provádějí dané školení a zkoušky ve školícím a zkušebním středisku, zahrnující otázky související se systémem získávání profesních kvalifikací strojvedoucích, v souladu s aktuální úrovní technických znalostí a aktuálním stavem právních předpisů; toto školení dále poskytnout i v případě podstatné změny předpisů, na pokyn Drážního úřadu nebo vychází-li z doporučení Drážní inspekce pro předcházení obdobným nehodám,

- e) vést a uchovávat po dobu 10 let evidenci vydaných dokladů o absolvování odborné přípravy a složení zkoušky, jakož i dokumentace o školení (učebnice) a zkoušce (protokol o zkoušce).

Simulátor železničního vozidla lze použít pro výcvik strojvedoucích, pokud:

- a) typ tréninkové lekce vyhovuje použitému typu simulátoru,
- b) umožňuje realizovat požadované vizualizace scén a realizovat požadovaný scénář simulace,
- c) má systém reprodukce zvuků spojených s pohybem vozidla a vydávaných zařízením instalovaným v kabině strojvedoucího,
- d) je vybaven vlakovými komunikačními zařízeními umožňujícím hlasové spojení mezi strojvedoucím a zaměstnancem dohlížejícím na jeho činnost.

2.2.5. Požadavky na kvalifikaci osob provádějící výcvik

Požadavky na kvalifikaci osob provádějících výcvik strojvedoucích se simulátory (školitele a zkoušející) a pravidla pro získání zkoušek vycházejí z požadavků Jednotného osvědčení o bezpečnosti (JOB), které definuje Metodický pokyn DÚ č. 3/2022 (účinnost od 25. srpna 2022, dále jen Metodický pokyn). Podrobnosti jsou uvedené v Čl. 10, odst. 2 metodického pokynu. Požadavek JOB se opírá o kritéria rozhodnutí Komise 2011/765/EU ze dne 22. listopadu 2011 o kritériích pro uznávání školicích středisek zapojených do školení strojvedoucích, o kritériích pro uznávání zkoušejících strojvedoucích a o kritériích pro organizaci zkoušek v souladu se směrnicí Evropského parlamentu a Rady 2007/59/ES a čl. 13 odst. 2 směrnice 798 může být uznání školicího střediska, které spadá pod dopravce uvedeného v jeho JOB v případě, že jsou splněny tyto podmínky:

- a. dopravce není jediným poskytovatelem školení na trhu,
- b. dopravce poskytuje školení pouze svým vlastním zaměstnancům.

Splňuje-li žadatel výše uvedené podmínky, musí ve své žádosti v poli pro další informace uvést, zda chce být v rámci žádosti o JOB uznán jako školicí středisko, či nikoliv. Pokud ano, žadatel o JOB musí doložit splnění požadavků dle § 46a a § 46s zákona.

DÚ poté ve své zprávě o posouzení potvrdí uznání školicího střediska dopravce tak, aby toto prohlášení o uznání bylo uvedeno v JOB.

Nejjednodušší cestou ke splnění požadavků uvedených v Metodickém pokynu je aplikace požadavků žadatele (doprovce) do Předpisů o odborné způsobilosti a znalosti osob při provozování drážní dopravy. Předpisy o odborné způsobilosti jsou založené na pracovních činnostech, při nichž mohou zaměstnanci ovlivnit bezpečnost osob při provozování drážní dopravy, plynulost a bezpečnost provozování drážní dopravy, včetně zaměstnanců, kteří jejich znalosti ověřují a zkouší a jejich činnosti bezprostředně řídí, organizují a kontrolují. Tito



zaměstnanci musí prokázat znalost příslušných předpisů a technologií. Tuto znalost prokazují vykonáním předepsané zkoušky. Zkoušku musí vykonat každý zaměstnanec před zahájením samostatného výkonu pracovní činnosti, pro kterou je předepsána. Pracovní činnosti a k nim příslušející druhy zkoušek jsou uvedeny v předpisech o odborné způsobilosti a znalosti osob nebo v jejich přílohách. Zkouškou se zjišťuje, do jaké míry je zaměstnanec teoreticky nebo i prakticky připraven k samostatnému výkonu pracovní činnosti.

V případě, že stávající předpis dopravce o odborné způsobilosti osob při provozování drážní dopravy a činnostech souvisejících se školením strojvedoucích a s činnostmi školicích středisek nespĺňuje požadavky stanovené Metodickým pokynem a souvisejícími právními předpisy, doporučuje řešitel této studie zavést potřebné změny schválenými metodami pro řízení projektů v prostředí dopravce.

Finále výše popsaného procesu DÚ potvrdí ve své zprávě o uznání školicího střediska dopravce tak, že je toto prohlášení o uznání uvedeno v JOB.

2.3. Simulátory pro školení strojvedoucích

Účelem interaktivních simulátorů je poskytnout začínajícím strojvůdcům seznámení s vozidlem a ovládacími prvky. Pro zkušené strojvůdce umožňuje simulátor zajistit výcvik s vysokou mírou reálnosti skutečného řízení kolejového vozidla. Lze tak realizovat scénáře zaměřené na výcvik rizikových či chybových a problémových situací, jejichž reálné „prožití“ na simulátoru umožňuje jejich podvědomé zapamatování si strojvedoucím. Je možné realizovat tak výcvik v situacích, které jsou nestandardní a v běžném provozu by mohly způsobit mimořádnou událost. Metodika tvorby výukových scénářů je popsána v kapitole 2.4.

V této kapitole jsou definovány návaznosti na předchozí kapitolu (2.2) řeší typické požadavky na vlastnosti softwarové a hardwarové vybavení simulátorů na simulátorových pracovištích. Tyto vycházejí a respektují požadavky, které vyplývají ze specifikací výcvikových scénářů detailně definovaných dále v kapitole 2.4.

V návaznosti na definované rozlišení simulátorů v rámci této metodiky (v kapitole 2.2.1) jsou specifikovány vlastnosti jednotlivých čtyř typů simulátorů.

2.3.1. Specifika a požadavky na jednotlivé typy simulátorů

V kapitole 2.2.1 jsou definovány čtyři typy simulátorů v rámci této metodiky řešených simulátorů:

a) Přístrojový simulátor (statický simulátor se základními ovládacími prvky), nezávislý na typu vozidla

Přístrojové simulátory se zaměřují na zařízení určená k výuce a nácviku ovládnání zařízení, jejichž vzor slouží k zabezpečení jízdy vlaku, včetně ovládnání zařízení souvisejících s ETCS a RMR, rutinnímu ovládnání vysílačky a jízdy dle předpisů pro organizování dopravy (např. SŽ D1, SŽ D3 a dalších návazných). Konceptuálně jde o symbolickou napodobeninu ovládacího místa strojvůdce s důrazem na přesné replikování zařízení, která souvisí se systémem ETCS, GSM-R a dalšími součástmi sloužícími k zabezpečení jízdy vlaku. Ostatní ovládací rozhraní lokomotivy je zjednodušeno a nemusí odpovídat specifickému výrobnímu typu lokomotivy, výchozím typem je pult dle standardu UIC 612 a UIC 651.

Po technické stránce se jedná o statický simulátor deskového typu umístěný volně v prostoru. Účelem simulátoru není simulace konkrétního typu či řady drážních vozidel, jeho účel je specificky zaměřen na nácvik a prokázání dovedností a pochopení pravidel a postupů, které činí strojvedoucí při řešení dopravní problematiky.



Obrázek 1: Přístrojový simulátor řízení bez kabiny, výrobce Corys (zdroj: <https://www.corys.com/en/transport-simulation/simulators>) a HENSOLDT (vpravo, zdroj: <https://www.hensoldt.net/services/simulation/desk-trainer-train-simulator-simsphere-train>)

Ovládací prvky a uspořádání pultu simulátoru by mělo být zjednodušené a obecné. Výchozím typem simulovaného pultu je standard UIC 651 a UIC 612, tedy elektronický přístrojový pult s obrazovkami a typizovanými ovládacími a signalizačními prvky. Je vhodné používat ovládací prvky (páky, kontrolky či zobrazovače), které jsou identické jako v reálných drážních vozidlech. Lze tak zajistit identický vjem (hmatový i pohledový) ovládacích prvků. Ovládací prvky, které obsahují displeje, jsou rozděleny na dvě kategorie – simulovaná zařízení související se zabezpečením a zařízení ostatní. V případě těch souvisejících se zabezpečením (zejména ETCS, GSM-R) musí všechny zobrazovací prvky (displeje) odpovídat velikostí, ovládacích prvků a grafickým uživatelským rozhraním těm zařízením, která představují. Ostatní zařízení (ovládací displeje v kabině s rozhraním nesouvisejícím se zabezpečovacím zařízením, displej představující čelní okno) jsou zjednodušená, více symbolická, a ne přesně odpovídající specifickému stroji.

Ovládací prvky je možné vytvořit v několika variacích (výměnný pult simulátoru), zohledňující zásadní rozdílnosti ve způsobech ovládání jednotlivých typů drážních vozidel. Typicky se jedná o rozdílné kontroléry jízdy a brzdy u vozidel českých výrobců a vozidla západních výrobců. Lze rovněž realizovat zjednodušené ovládání např. pro zaměstnance údržby infrastruktury – zjednodušený pult speciálních vozidel např. vozidla typu MUV. Je rovněž vhodné rozlišit ovládání vozidla s elektrickou trakcí a vozidla s motorovou trakcí. Doporučený rozsah ovládacích prvků a jejich umístění je uvedeno v příloze 1 a příloze 2.

Zvuk může být dostatečně reprodukován se sestavou s 2.1 reproduktory, ale je třeba dbát na dodržení rozdílu hlasitosti lokomotivy (pohon, podvozek) oproti hlasitosti zařízení souvisejících s ETCS a GSM-R (upozornění, vysílačka a další).

Vizualizace pohledu před lokomotivu může být provedena pouze jedním displejem před strojvůdcem, a nemusí velikostně odpovídat úhlu pohledu ve skutečné lokomotivě. Technicky je přijatelné použití libovolného displeje o rozměrech 50–75“ se standardem zobrazení 2160@60 Hz. Cílem je seznámení, trénink a ověření znalostí a schopností ovládání systémů souvisejících s ERTMS/ETCS a dalšími zařízeními pro zabezpečení jízdy vlaku. Detailní možnosti a potřeby výukových scénářů jsou popsány v kapitolách 2.2 a 2.4. Poblíž pracoviště strojvůdce je umístěn stůl s rozhraním (displej, klávesnice, myš) pro lektora.

b) Simulátor s plnohodnotnou kabinou (statický, Full cab)

Jedná se o simulátor, který umožňuje simulovat reálné vozidlo konkrétní řady (konvenční i vozidla VRT)⁴. Simulátor je realizován s plnohodnotnou kabinou a reálnými ovládacími prvky a funkcemi, jako skutečné drážní vozidlo konkrétního typu či řady.

Simulátor bude zahrnut do výcviku strojvedoucích, umožňující výcvik například následujících scénářů:

- Prvotní seznámení strojvedoucích s daným typem vozidla před první jízdou na skutečném vozidle
- Jízdu za zhoršených podmínek (např. adhezní podmínky, viditelnost)
- Nácvik techniky jízdy vozidla – jízda s různým typem zátěže a typů přípojných vozidel
- Simulace poruch vozidla a způsoby jejich odstraňování
- Nácvik ekonomické jízdy
- Jízda za podmínek poruchy zabezpečovacího zařízení (poruchy infrastrukturní i mobilní části zabezpečovacího zařízení)

Rozdílem oproti přístrojovému simulátoru je umístění ovládacího pultu a vizualizace do konstrukce, která imituje interiér kabiny lokomotivy. Vybavení kabiny je totožné se simulovaným vozidlem, popř. jde o kvalitní repliky odpovídající materiály a chováním vzoru. Strojvůdce je uvnitř kabiny smyslově oddělen od vnějšího světa, všechny výhledové plochy jsou nahrazeny displeji a kabina je zvukově izolována do té míry, aby zvukový systém nahradil/přehlušil všechny vjemy z vnějšku. S rozměry, které imitují velikost kabiny, je spojena nutnost nákladnějšího vizualizačního systému (větší zobrazovací displeje, zobrazení pohledu z bočních oken a z toho vyplývající nutný vyšší výkon vykreslujících počítačů), lepší zvukový modul (minimálně 5.1 prostorový zvuk) a celkově větší nároky na prostor. Detailní požadavky na vizualizační a zvukový hardware v případě kabinového simulátoru jsou popsány v kapitolách 2.3.3.3 a 2.3.3.4.

⁴ Zahraniční praxe ukazuje, že je vhodné tyto typy simulátorů zahrnout jako součást dodávky nových vozidel.



Obrázek 2: řídicí pult simulátoru lokomotivy full-cab simulátoru (Transurb, zdroj: <https://simulation.transurb.com/>)

Ovládací rozhraní (zejména pult) odpovídá specifickému typu vozidla, tím pádem i odlišným trakcím a druhům vozidel. Technickým aspektům ovládacího rozhraní se detailně věnuje kapitola 2.3.3.1. Zároveň musí být rozhraní v souladu s požadavky na definované výcvikové situace – simulátor kabiny pro výcvik umožňuje všechny rutinní, a vybraný rozsah nestandardních situací, které souvisí s řízením. Detailně jsou úkony popsány v kapitole 2.4, ale obecně jde o:

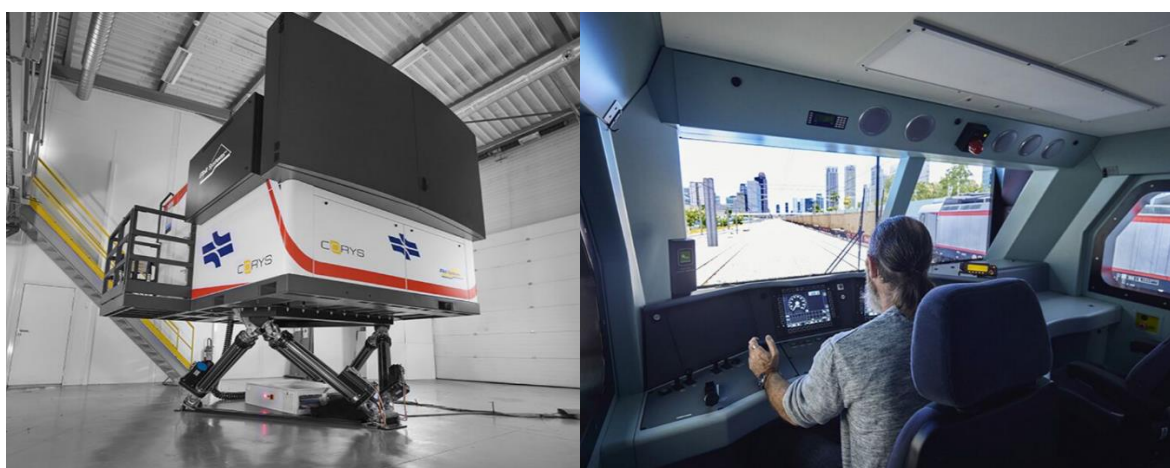
- Seznámení s vozidlem (kabiny, ovládacích prvků) před první jízdou na skutečném vozidle.
- Samotné řízení vlaku, vč. rozjezdů, brzdění, zásad úsporné jízdy.
 - Plně manuální, popř. se zadáváním poměrného tahu a cílové rychlosti.
 - Automatizované, např. nácvik použití ATO.
- Monitoring stavu hnacího vozidla a vlaku, včetně nejtýpčtějších závad a jejich řešení.
- Interakce se zabezpečovacím zařízením.
- Interakce s vysílačkou, komunikace s traťovým a ETCS dispečerem.

Simulátor je umístěn na podlaze staticky, neposkytuje fyzickou zpětnou vazbu v podobě simulace akcelerací a sil působících na strojvedoucího⁵. Možnosti výcviku jsou analogické k simulátoru s plnohodnotnou kabinou na pohyblivé platformě, ale immerge cvičeného strojvedoucího do virtuální reality je nižší.

⁵ Použití vysoce realistického prostředí kabiny drážního vozidla, bez vjemu fyzického pohybu prostřednictvím dynamické plošiny, může u strojvedoucího přispět ke vzniku simulátorové kinetózy (nevolnosti z nesouladu vjemu pohybu vestibulárním systémem s vizuálními vjemy)

c) Simulátor s plnohodnotnou kabinou a pohyblivou platformou (Full cab / Full motion)

Vozidlový simulátor pro trénink tvoří řídicí kabina (stanoviště) lokomotivy/řídicího vozu v měřítku 1:1 vůči vzoru (kategorie „Simulátor s plnohodnotnou kabinou“) umístěná na pohybové plošině se šesti stupni volnosti.



Obrázek 3: Kabinový simulátor řízení lokomotivy na pohybové platformě, výrobce Corys (zdroj: <https://www.corys.com/en/transport-simulation/simulators>)

Pohybová platforma poskytuje fyzickou zpětnou vazbu (např. zhoupnutí při jízdě výměnou či nepřesnosti v geometrické poloze koleje). Tato zpětná vazba podporuje kvalitu simulace a jako taková je žádoucí, ale obecně není pro většinu výcvikových scénářů nezbytná.

U dynamického simulátoru je výpočetní zařízení kvůli vibracím a ušetření hmotnosti kabiny umístěno mimo kabinu, stejně jako operátorské pracoviště, ze kterého jsou strojvůdci zadávány úkoly, kontrolován jeho výkon a zároveň dohlíženo na stav simulačního zařízení a bezpečnost.

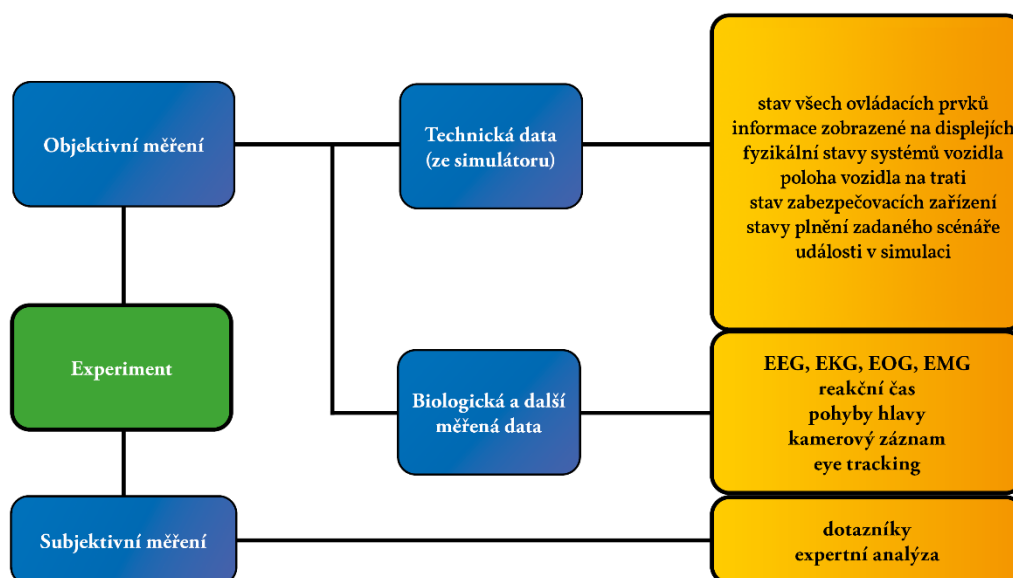
d) Výzkumný a ověřovací simulátor

Simulátor pro výzkum a ověřování vychází technologicky z výcvikového simulátoru v nejvyšší variantě, tzn. simulátoru s plnohodnotnou kabinou na pohybové platformě (Full cab / Full motion). Principiálně odlišnost představuje výrazná možnost modifikace HW i SW simulátoru a možnost doplnění řady měřících zařízení, popř. hardwarové a softwarové přípravy pro jejich umístění v závislosti na požadavky na měřené veličiny.

Jedná se o simulátor, který by měl být sloužit pro výzkum v oblasti měření zátěže strojvedoucích, ověření postupů školení a definování scénářů pro školící střediska, definování scénářů s ohledem na zjištění rizika v provozu, ověření změn provozních pravidel mající vliv na chování strojvedoucích. Simulátor by měl být využíván pro analýzu rizikovosti změn nových

scénářů s využitím nástrojů a metod HTA analýzy a praktické ověření parametrů nového scénáře v prostředí simulované jízdy s různými externími vlivy (meteorologické podmínky, výpadky některých zařízení, extrémní počty cestujících, omezení rychlosti, omezení dané vzniklou poruchou na vlaku mající vliv na dynamiku běhu vozidel při jízdě vlaku, ostatní manipulace s celou řadou zařízení). Zároveň tento typ simulátoru slouží jako vývojová platforma pro ověřování a přípravu nových výukových scénářů.

Simulátorový systém musí být pro tyto účely co nejvíce otevřený, aby mohly být v jednotlivých modulech prováděny potřebné úpravy a změny nastavení, stejně jako možnost sběru širokého množství dat. To se týká i hardwarové a softwarové stránky technického řešení. Obrázek 4 představuje typické ukazatele, metody a zařízení využitá při výzkumných měřeních na simulátorech.



Obrázek 4: parametry sledované při výzkumech na simulátorech a odpovídající zařízení

Technické vybavení potřebné pro dané měření vychází ze specifických požadavků daného výzkumného záměru/experimentu, čemuž je kabina částečně hardwarově přizpůsobená (montážní pozice pro měřicí zařízení nebo např. příprava pro napájení), stejně tak simulační software musí být schopen minimálně zaznamenávat všechny parametry jízdy a interakce strojvůdce a dále vyslat po síti synchronizační paket pro synchronizaci dalších měřících zařízení. Zaznamenávaná data se týkají jak jízdy strojvůdce (interakce s ovládacími prvky), tak typicky i fyziologických dat, např. tepové frekvence, impedance pokožky, eye trackingových

dat (sledování vektoru pohledu v čase, Obrázek 5), až po např. elektroencefalografická data. Tato data slouží pro následné vědeckovýzkumné úkoly spojené s optimalizací výcviku na standardních typech simulátorů (tj. všechny kategorie mimo výzkumného).



Obrázek 5: využití eye trackingu v simulátoru vlaku (zdroj: <https://eyeware.tech/simulators/>)

Další zařízení (např. EEG atd.) jsou využívána pro specifické úkoly a pro jejich rychlou přípravu bez zásahů do konstrukce kabiny by v ní měly být připraveny uchycovací body pro šrouby/popruhy (simulátor se pohybuje na platformě), zdroje napájení (zásuvky 230 V) a konektory s datovou sítí, zejména s ohledem na potřebu synchronizace měření.

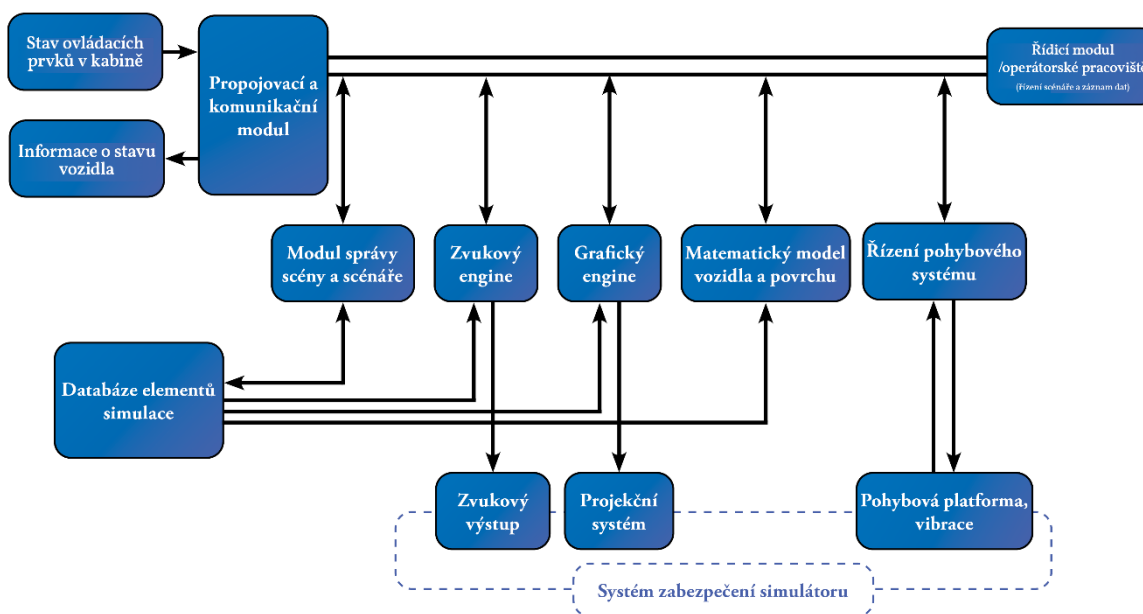
2.3.2. Koncept výcvikových simulátorů pro letadla, vozidla a pracovní stroje

Všeobecně jsou simulátory ověřený nástroj pro výuku a zlepšování schopností řidičů, pilotů, operátorů a strojvůdců. Zejména v oblasti letecké dopravy lze stavět na desítkách let zkušeností s vývojem simulátorů, ale také s tréninkem, návrhem výukových scénářů a způsoby vyhodnocení výkonu trénované osoby. Výhodami simulátorů jsou zejména možnosti individualizace tréninku, opakovatelnost výukových scénářů, bezpečnost, jednodušší logistika a provoz oproti skutečnému stroji a také možnost trénovat okrajové, hraniční situace, které jsou vzácné, ale mají vysoké riziko vzniku škod při selhání obsluhy. Široký rozsah trénovaných úkonů taky může upozornit na slabé stránky daného operátora s možností zaměřit na ně trénink.

Nejpokročilejší vozidlové simulátory s pohybovou platformou a odpovídajícím softwarovým vybavením umožňují trénovat všechny aspekty řízení vozidla a vedení vlaku.

Pro výcvik strojvůdcích obecně lze využít simulátory různých úrovní v závislosti na požadavcích, zaměření a úrovni výcviku. Vždy jde konceptuálně o komplexní celek, který se

skládá z řady propojených modulů. Tyto moduly, např. fyzikální, vizualizační, zvukový či modul rozhraní mohou běžet distribuovaně na více počítačích propojených v síti. Součástí softwaru jsou datové podklady, např. datový popis vozidla, databáze zvukových stop, databáze 3D modelů objektů, definice infrastruktury, pravidel zabezpečovacích zařízení a stanovení vlakové trasy a další. Obrázek 6 představuje univerzální funkční schéma vztahů mezi jednotlivými součástmi simulátoru. Jednotlivé celky se liší komplexností v závislosti na úrovni simulátoru. Jednotlivé systémy jsou obvykle propojeny s řídicím/operátorským modulem/pracovištěm, aby bylo možné výcvik řídit (případně provádět do něho potřebné zásahy) a shromažďovat data, která jsou využita pro evaluaci výkonu školené osoby.



Obrázek 6: logická struktura simulátoru vlaku

2.3.3. Prvky simulátorů drážní vozidla

2.3.3.1. Ovládací rozhraní

Ovládací rozhraní se skládá ze dvou hlavních součástí – hardwarových ovládacích prvků a softwarové logiky včetně grafického uživatelského rozhraní, skrze které strojvůdce monitoruje a interaguje se simulovaným strojem. Programy, které vytvářejí simulaci či emulují grafické rozhraní řídicího stanoviště (displeje a další kontrolky) zároveň zajišťují rozhraní mezi fyzickými ovládacími pákami, tlačítky a PC s fyzikálním modulem. Stanoviště simulátoru by měla být vybavena stejnými ovládacími prvky jako skutečná ovládací stanoviště dané simulované lokomotivy, případně prvky adekvátními, které svou měrou zjednodušení nebo

rozdílnosti nijak neovlivní daný program výcviku a jeho výsledek (např. pokud není možné použít přesně typy spínačů využitých ve skutečné lokomotivě, je možné použít jejich napodobeninu za předpokladu, že např. ovládací síly a chod pák zůstane blízký napodobované součástce). Technicky jde nejen o všechny fyzické ovládací prvky jako páky a spínače, ale i displeje a grafické uživatelské rozhraní.

2.3.3.2. Software fyzikální simulace vozidla a chování infrastruktury

Software simulátoru se skládá z několika celků – software pro simulaci vlaku (řízení, vizualizace, zvukový modul); software zabezpečovacích zařízení a jejich rozhraní; software pro řízení scénářů, fyzikální modul vlaku, vyhodnocení a synchronizaci všech modulů. Dle požadované úrovně simulátoru/požadavků na scénáře jsou určena míra detailu popisu infrastruktury a okolí trati, protože pro některé součásti výcviku jsou důležité např. složité směrové a výškové poměry vedení trati či rozhledové poměry, které určuje reliéf terénu a vegetace.

2.3.3.3. Vizualizační software a hardware

Vizualizační modul zajišťuje vykreslování virtuálního světa na zobrazovací plochy simulátoru. Pro každý snímek (kterých je ideálně 60 a více za sekundu) je generován obraz virtuálního světa virtuální kamerou, jejíž pozice je určena pro daný snímek fyzikálním modulem – tento snímek je potom vykreslen na odpovídající obrazovku kabiny.

V případě **přístrojového simulátoru** rozhledové poměry z vozidla nemusí odpovídat skutečné lokomotivě a vizualizace je zjednodušena na jeden menší displej.

V případě **kabinového simulátoru** vizualizační plochy pokrývají všechna okna, kterými může strojvůdce vidět ven z kabiny (Obrázek 7). Standardem (zejména u strašších simulátorů) je použití kvalitních LCD/DPL projektorů s vysokým rozlišením, což má za výhodu, že je lze libovolně skládat vedle sebe a tím získá vyšší rozlišení i obrazovou plochu, a to bez rušivých předělů. Moderní vizualizace simulátoru se skládá z velkoplošné obrazovky o úhlopříčce 75"–98" na místě čelního okna a dvou menších displejů na stranách, které nahrazují boční okna kabiny. Při výběru obrazovek je nutné dbát na několik základních požadavků: musí být stejně velké nebo větší než okno, které simulují; musí mít dostatečné rozlišení, které odpovídá vzdálenosti od pozorovatele (riziko rušivého screen-door efektu, kdy strojvůdce vnímá displej jako jednotlivé body); musí mít dostatečné pozorovací úhly, kontrast a rychlost překreslování panelu (do 25 ms při obnovovací frekvenci 60 Hz). Dále je třeba dbát na nízké zpoždění (do 50 ms). Technicky ideální jsou v současné době pro využití v simulátorech panely typu OLED ve variantě se 120 Hz obrazovkou, jejichž nižší maximální jas není ve světelně uzavřeném prostoru problém. Výpočetní hardware počítače (zejména grafická karta) musí být dimenzována tak, aby dokázala vykreslovat scénu ideálně 60 a více snímků za

sekundu. Pokud je to možné a je požadavek na dlouholetý spolehlivý provoz, je vhodné použít řady displejů/projektorů s certifikací pro provoz 24/7 nebo přiměřený předpokládané zátěži.



Obrázek 7: Simulátor KMW využívaný pro trénink strojvůdců DB, kde vizualizace pokrývá celé zorné pole (zdroj: <https://www.kmweg.com/systeme-produkte/training-simulation/driver-training/locomotive-and-mass-transit-simulators/>)

2.3.3.4. Zvuk

Součástí softwaru simulátoru je zvukový modul, což je softwarová součást blíže propojená s fyzikálním modulem, která na základě informací o stavu simulovaného vozidla a připravených zvukových samplů generuje zvuky jednotlivých součástí vozidla (např. motorů, měničů, podvozku, kompresoru, aerodynamický hluk atd.) a okolí (jednotlivé zdroje ve scéně) a dle jejich vypočteného umístění je míchá do vícekanalového zvukového výstupu pro reproduktory umístěné v kabině simulátoru.

Z pohledu hardwaru základu se liší přístup pro zvukový hardware pro uzavřené kabiny na pohyblivé platformě a pro přístrojové simulátory bez kabiny. V případě simulátoru s kabinou by měla tato kabina být standardně vybavena 5.1 zvukovým systémem pro prostorový zvuk. Nízkofrekvenční reproduktor je nezbytný pro reprodukci nízkých frekvencí, které stroje typicky vydávají, zejména samotná karoserie na nerovnostech („dunění“). Zvláštní pozornost je potřeba věnovat tomu, aby hluk vydávaný součástmi simulátoru samotného (zejména klimatizace, aktivátory pohyblivé platformy) nebyl významný ve srovnání se zvuky simulace. Dle požadavků (např. vozidla nezávislé trakce mají větší prahovou hlučnost uvnitř kabiny) je pak nutné technicky řešit např. odhlučnění kabiny simulátoru vůči okolí. V případě přístrojového simulátoru lze využít i 2.1 zvukový systém, protože se nepředpokládá akustické oddělení řídicího pultu od okolí.

2.3.3.5. Pohybová platforma

3. Plošina za pomoci náklonu a pohybů navozuje pocit (pohybový vjem), který je adekvátní tomu, co by měl strojvedoucí cítit při reálné jízdě. Přitom nejde ale o identické pohyby a náklony kabiny, které by přímo odpovídali skutečnému pohybu vlaku při jízdě na reálné trati. Pohybová platforma, obvykle se třemi až šesti stupni volnosti, na které je umístěna kabina simulátoru zajišťuje fyzickou zpětnou vazbu, kterou strojvedoucí cítí při řízení vozidla. Jsou to zejména lineární a otáčivé pohyby generující vjemy akcelerací, vibrací a vrtivých pohybů. Její řízení vychází z výstupů fyzikálního modulu simulace v kombinaci s algoritmy, které zajišťují převod akcelerací do náklonů včetně např. algoritmu pro podprahové navrácení simulátoru do iniciální pozice (washout). Pohybem plošiny je myšleno vychýlení jak v longitudinální rovině, tak v laterální rovině. Zrychlení, stejně tak další generované pohybové vjemy, by měly odpovídat vjemům strojvůdce v realitě, a to v míře nutné pro daný scénář a cvičený úkol. Pro některé případy (části výcviku) by mělo být možné pohybovou platformu vypnout nebo pohyb utlumit.



Obrázek 8: Pohybová platforma se šesti stupni volnosti (zdroj: <https://motionsystems.eu/>)

V následující tabulce jsou typické požadované parametry pro dynamické simulátory drážních vozidel. Důležitou podmínkou je, aby daných hodnot dosahovala i při zatížení plošiny simulátorovou kabinou včetně osob uvnitř.

Tabulka 1: Příklad hodnot parametrů šestistupňové pohybové platformy

Parametr	Hodnota	Jednotka
Příčný náklon	± 21	stupeň
Podélný náklon	± 22	stupeň
Natočení podél svislé osy	± 24	stupeň
Podélný pohyb	<-358 ... +268>	mm
Boční pohyb	± 296	mm
Vertikální pohyb	<-256 ... 316>	mm

3.1.1.1. Komunikace se školitelem, sledování chování strojvůdce, záznam dat

Školitel sleduje školeného strojvedoucího v reálném čase zejména proto, aby mu poskytl zpětnou vazbu a simuloval pracovníky řízení provozu. Musí být také schopen v kteroukoliv fázi simulátorového výcviku zajistit školenému strojvedoucímu bezpečné opuštění simulátoru (např. z důvodu nevolnosti, či jiného problému). Operátorské pracoviště školitele fyzicky tvoří počítač s displejem, na kterém je možné sledovat všechny obrazovky, které vidí strojvůdce a v případě uzavřené kabiny zároveň obraz z kamery uvnitř kabiny a příposlech zvuku uvnitř kabiny. Komunikace samotná probíhá pomocí vysílačky (případně interkomu), kterou cvičící simuluje komunikaci s traťovým dispečerem, popř. dalšími osobami řídícími provoz (např. posun). V případě využití pohyblivé plošiny musí být z operátorského pracoviště možné simulátor nouzově bezpečně vypnout jedním tlačítkem.

Vnitřní parametry simulace jsou průběžně zaznamenávány, což umožňuje zpětnou kontrolu a vyhodnocení plnění scénáře (například aktuální rychlost vozidla, která se porovnává s předepsanou rychlostí v daném úseku), či případné opakované přehrání jízdy při debriefingu. Obdobně se (v souladu s platnými legislativními normami) může ukládat kamerový záznam.

3.1.1.2. Ventilační systém simulátoru

V případě **kabinového simulátoru** musí být instalován ventilační systém zajišťující obměnu čerstvého vzduchu v kabině simulátoru. Osoby zejména v dynamických simulátorech

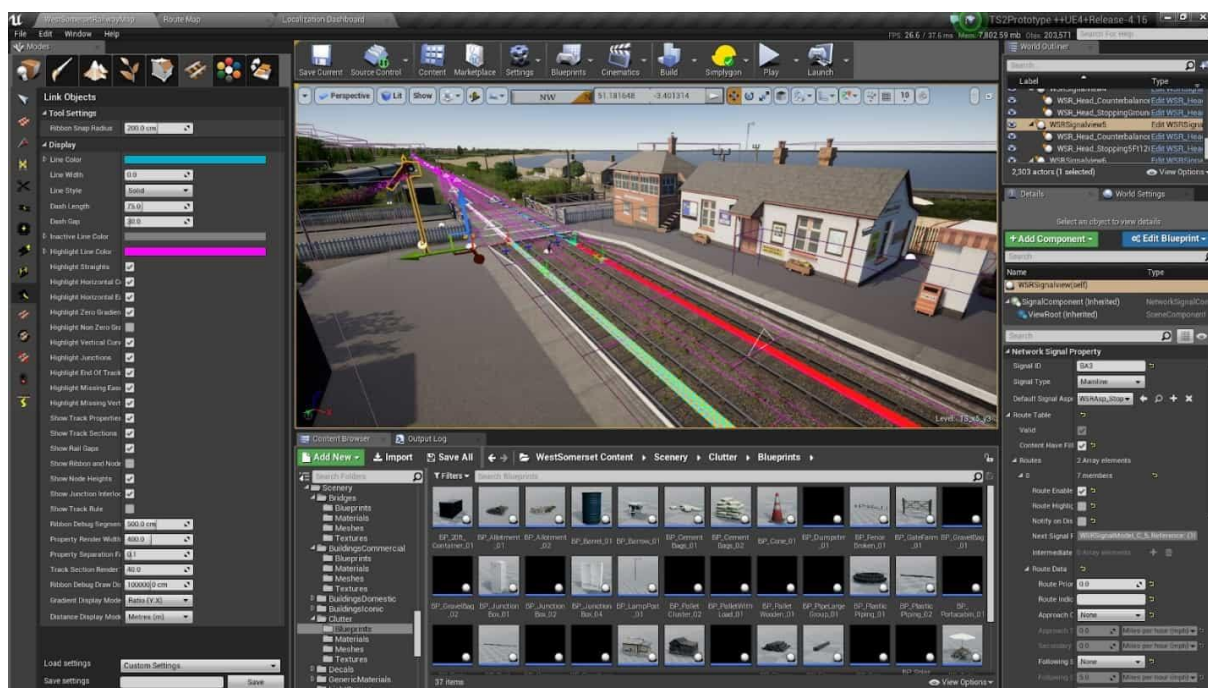
mají tendence trpět kinetózou (simulátorová nemoc), čerstvý a chladný vzduch působí jako prevence těchto problémů. Ventilací systém musí být vybaven klimatizační (příp. filtrační) jednotkou, která zajistí dochlazení proudu vzduchu směřující do kabiny simulátoru, a to v adekvátní kvalitě.

V případě **přístrojových simulátorů** umístěných ve volném prostoru učebny, je potřebné zajistit dostatečnou ventilaci vzduchu, případně s klimatizační jednotkou.

2.3.4. Tvorba simulačních scén a výcvikových scénářů

Parametry a požadavky na výcvikové tratě (scény) a scénáře vycházejí z použití metodik pro jejich tvorbu stanovených v kapitole 2.4.

Zatímco příprava samotných virtuálních tratí je komplikovaná a vyžaduje tým lidí složený z programátorů, grafiků a dalších profesí, příprava samotných výukových scénářů navržených na existující virtuální infrastruktuře může být proveditelná i pro lektory. Pro přípravu scénářů se používají grafická uživatelská rozhraní, ve kterých je příprava relativně intuitivní a přehledná, nepředpokládají znalosti programování a často ani základního skriptování (Obrázek 9: rozhraní pro přípravu scénáře v Unreal engine (zdroj: <https://forums.dovetailgames.com/>)Obrázek 9). V současné době jsou pro simulátory často využívány tzv. engine (základní software pro realizaci komplexní virtuální reality, který obvykle v sobě zahrnuje technickou podporu pro tvorbu prostředí a scénářů).



Obrázek 9: rozhraní pro přípravu scénáře v Unreal engine (zdroj: <https://forums.dovetailgames.com/>)



Samotná trať se skládá z infrastruktury (koleje, výhybky, kolejové úseky/logika pro zabezpečovací zařízení, návěstidla, nástupiště a další) a okolí tratě – terénu, 3D modelů budov, vegetace – tyto objekty slouží primárně jako dekorace pro vyšší realističnost prostředí, ale zároveň např. mohou určovat rozhledové poměry strojvůdce.

V editoru scénáře je možné stavět vlakové cesty jak vlaku, který řídí strojvůdce v simulátoru, tak ostatnímu provozu. Lze přidávat události podmíněné pozicí, rychlostí, či časem, popř. kombinací podmínek. Dále lze k/do trati umisťovat drobné objekty, které mohou, ale nemusí mít funkci (např. lze na přejezd umístit automobil, který nerespektoval aktivní výstražné zařízení).

2.4. Simulační scénáře pro praktické školení a výcvik strojvedoucích

Tato kapitola se věnuje popisu postupu tvorby parametrů a požadavků na simulační scénáře. K tomu je třeba definovat skupiny simulačních scénářů a aplikovat vhodnou metodu k výběru simulovaných situací.

2.4.1. Typy simulačních scénářů

Simulačním scénářem se rozumí popis nastavení simulátoru, jeho prostředí, parametry chování simulátoru a jiné relevantní informace. Mezi ně náleží nastavení simulátoru z pohledu chování drážních zaměstnanců a drážního prostředí a rovněž parametry z pohledu chování simulátoru (programátorské prostředí).

Simulační scénáře lze podle jejich účelu rozdělit do tří skupin:

- **školicí scénáře** jsou určeny pro výcvik nových strojvedoucích i pro zvýšení dovedností stávajících strojvedoucích, jsou využívány pro pochopení vyučované problematiky a pro získávání potřebných dovedností
- **přezkušovací scénáře** jsou určeny pro přezkoušení schopností strojvedoucích například po způsobených MU, ale i pro ověřování dovedností při řešení a rozhodování rizikových (viz HTA) nebo jinak náročných posloupností úkonů.
- **ověřovací scénáře** ověřují nové postupy a přístupy uplatňované nebo zaváděné při řízení provozu. A to včetně zjišťování předpokládaných nepříznivých účinků, včetně aspektů ve spolehlivosti použitých systémů, včetně časové náročnosti postupů, ergonomických důsledků a dalších vlivů na lidskou výkonnost. Na ověřovacích scénářích se tedy zjišťuje, které úkoly strojvedoucí nezvládá nebo zvládá obtížně. Pro popis chování strojvedoucího se provádí s využitím ověřovacího scénáře rozklad celkové sekvence postupu do kroků, ověření sekvence pomocí HTA analýzy a následná optimalizace použité sekvence.

2.4.2. Požadavky na obsah simulačních scénářů

V simulačním scénáři jsou navozeny situace, které mají být simulovány. Návrh situací by měl být proveden tak, aby situace:

- odpovídaly činností strojvedoucího za různých podmínek provozu,
- vykazovaly nadlimitní úroveň rizika v důsledku chybování strojvedoucího,
- respektovaly rozsah činnosti strojvedoucího dle kategorizace strojvedoucích např. dle nařízení komise (EU) č.36/2010,
- umožňovaly individuální výcvikový program strojvedoucího (strojvedoucímu v součinnosti s kvalifikovaným lektorem může být v rámci individuálního programu zvyšována nebo rozšiřována kvalifikace nebo může být použit plán na zdokonalování strojvedoucího po zjištění jeho slabých stránek)

Situace, které mají být simulovány navrhuje autor scénářů tak, aby pokrývaly rozhodující množinu činností strojvedoucího, která je pro konkrétní skupinu scénáře (výcvik, přezkoušení, ověření postupů) důležitá.

Školící scénáře plní základní úlohu při výcviku nových strojvedoucích i pro zvýšení dovedností stávajících strojvedoucích, jsou využívány pro pochopení vyučované problematiky a pro získávání potřebných dovedností.

Je nutno předpokládat, že nebezpečí selhání lidského faktoru je velice pravděpodobné, pokud se strojvedoucí se základními technologiemi HDV nesetká nikdy před první jízdou.

Úspěšnost takového výcviku bude o to složitější, protože v prostředí dopravců existuje velké množství typů použitých HDV, které bude dopravce odrazovat od realizace takového výcviku. Nicméně, proč by strojvedoucí neměl získat základní návyky na simulátoru lokomotivy, která bude rozšířená, ale současně bude v kabině plně vybavená, např. systémem ETCS, některým z národních zabezpečovačů, typickou soupravou vozidlových radiostanic a například systémem WTB (Wire Train Bus) s maximálním režimem povolených služeb, s provozními informacemi o soupravě, např. včetně ovládání a uzavírání dveří, osvětlení vozů, řízení klimatizací. Výcvik v takovém vybavení simulátoru musí být podpořen jiným systémem (e-learning, fotodokumentace, videodokumentace, virtuální realita), **jehož cílem bude strojvedoucího seznámit předem a v dostatečné míře s ovládacími prvky, jejich umístěním a jejich obsluhou.**

Školící scénáře mohou zahrnovat postupy, které souvisejí s:

- řízením jízdy vlaku,
 - na tratích vybavených evropským vlakovým zabezpečovačem, s možností výbavy traťové části podle úrovně a použité varianty či další specifické vlastnosti (např. FS, LS, Stop apod.)
 - na tratích nevybavených evropským vlakovým zabezpečovačem,
 - pomocí návěstidel a návěstí,
 - pomocí komunikace s použitím pokynů (význam, správnost, současně vydávané pokyny, odchylky v pokynech, ... viz postupy D1),
 - při posunu,
 - při posunu mezi dopravnami,
 - postupy při mimořádnostech,
 - postupy při poruchách (např. poruchy PZZ, nezaručená součinnost s prostředky na detekci volnosti kolejových úseků)
 - postupy při mimořádných událostech,
- používáním jízdního řádu, pomůcek jízdního řádu, pomůcek s typovými jízdními dobami,
- postupy týkajícími se různých druhů vlaků,
- postupy týkajícími se sestavování vlaků, brzděním vlaků, zařazováním vozidel do vlaků, postupy závislémi na délce vlaku, hmotnosti vlaku a brzdících procent
- postupy telefonického dorozumívání,
- postupy při použití poloautomatického bloku,
- postupy jízdy na AH

- postupy při použití automatického bloku,
- jízdou po nesprávné koleji, platnosti návěstidel, zpravení strojvedoucího, komunikační postupy,
- vjezdy vlaků na obsazenou a kusou kolej, nácvik povinností strojvedoucího,
- výcvikem s použitím návěstí pro jízdu podle rozhledových poměrů,
- výpravou a odjezdem vlaku (hlavním návěstidlem, návěstí Odjezd, rozkazem, telekomunikačním zařízením, ...),
- odjezdem vlaku ze zastávky,
- s posunem,
- s posunem mezi dopravními,
- jízdou vlaků za výluky dopravní služby,
- výcvikem s využitím ustanovení pro elektrizované tratě a vlaky
 - o řízení jízd a posunu,
 - o poruchy trakčního vedení a hlášení závad,
 - o povinnosti strojvedoucího při poruchách,
- postupy týkající se přejezdů
 - o sunutí vlaků přes přejezdy mezi dopravními,
 - o postupy při poruchách a výlukách přejezdového zabezpečovacího zařízení,
- postupy týkající se dopravy mimořádných zásilek,
- postupy při řešení mimořádných událostí zahrnující:
 - o roztržení vlaku,
 - o ujetí vozidel,
 - o požár drážních vozidel,
 - o požár v tunelu,
 - o jízda za mimořádných povětrnostních podmínek,
- postupy součinností s ostatními zaměstnanci řízení provozu,

Přezkušovací scénáře zahrnují postupy z tematických celků, které byly předmětem školicích scénářů. Pomocí přezkušovacího scénáře se ověřují:

- teoretické znalosti strojvedoucího, například význam návěstí, znalosti všeobecných ustanovení předpisů a ostatních podrobností, které byly předmětem tematických celků školicích scénářů,
- praktické dovednosti, zejména přesné, správné, ve správné posloupnosti řazené a v potřebném čase provedené činnosti (úkony) z jakékoliv tematické oblasti postupů, které byly předmětem školicích scénářů.

Ověřovací scénáře ověřují se postupy a přístupy již uplatňované nebo zaváděné při řízení provozu. A to včetně zjišťování předpokládaných různých nepříznivých účinků. Tedy včetně aspektů ve spolehlivosti používaných systémů, včetně časové náročnosti postupů, ergonomických důsledků a dalších vlivů na lidskou výkonnost. Na ověřovacích scénářích se tedy zjišťuje, které procesní či věcné úkoly strojvedoucí nezvládá. Pro popis chování strojvedoucího se provádí s využitím ověřovacího scénáře rozklad celkové sekvence postupu do kroků, ověření sekvence pomocí HTA analýzy a následná optimalizace použité sekvence.

Ověřovací scénáře jsou tedy scénáře určené na analýzu rizikovosti nových postupů a změn stávajících scénářů s využitím nástrojů a metod HTA analýzy a na praktické ověření parametrů nového scénáře v prostředí simulované jízdy s různými externími vlivy (provozní a environmentální podmínky, nefunkcionality konkrétních zařízení, extrémní počty cestujících, omezení rychlosti, přepravy mimořádných zásilek, příp. ostatní manipulace s celou řadou zařízení).

S využitím těchto scénářů lze ověřit:

- nové technologické postupy zaváděné do řízení a organizování dopravy,
- technologické postupy s využitím nově zaváděných technických pomůcek a přístrojů používaných k řízení dopravy.

Pomocí **ověřovacího scénáře** mohou být identifikovány nesprávně provedené posloupnosti konkrétních úkonů, může jimi být zjištěna extrémní časová náročnost složitějších posloupností při řízení dopravy, například složitější komunikace s osobami, které řídí dopravu, apod. Předpokládá se, že nově zaváděný technologický postup řízení drážní dopravy bude po vícekolovém ověření pomocí ověřovacího scénáře optimalizován s ohledem na zjednodušení komunikace osob, na optimální řazení úkonů v potřebné posloupnosti, s ověřením předpokládaných nežádoucích rušivých vstupů (nežádoucí komunikace, porucha zařízení, částečná nefunkcionalita technologického celku, atd.), s ověřením časové náročnosti například při nesprávně zadaném pokynu zaměstnance, který řídí dopravu, atd. Ověřovací scénář lze rovněž použít při ověřování postupu, který kontroluje skupina expertů. Každý expert může pracovat samostatně a uplatnit vlastní optimalizační metody na ověřovaný postup.

Přestože novelizace předpisů probíhá velmi rychle a termíny jejich platnosti a účinnosti jsou krátké, platí, že jejich novelizace nemusí být bez provedení HTA a ověření scénářů bezpečné.

To je základní důvod, proč zavádíme HTA analýzu na stanovení skóre kritičnosti a nástroje (HTA Visualizer), které slouží k tomu, aby se skóre dalo snadno a jednoduše stanovit, aby byly základní aspekty, které se podílejí na hodnotě skóre zjevné, na první pohled viditelné a seřazené podle kritičnosti mezi dalšími úkony, které jsou pro obsluhu HKV rozhodující.

Málo kritické úkony nemusí být předmětem proškolení strojvedoucích. Důležité je, aby kritické úkony (vysoké skóre) byly vždy ověřené ověřovacím scénářem a staly se předmětem školení a školicích scénářů.

Výše uvedený výčet uvádí jen část postupů. Úplný seznam postupů je definován rámcem Dopravního a návěstního předpisu provozovatele dráhy nebo vyhláškou s dopravním řádem drah.

2.4.3. Optimalizace zaměření scénáře

Pouhým pohledem na neúplný výčet je zjevné, že se jedná o extrémně rozsáhlou problematiku tvorby velkého množství scénářů i konkrétních scén, kterými jsou scénáře

tvořeny. Z tohoto důvodu je velice účelné, aby zaměření scénářů bylo vhodným přístupem optimalizováno pro docílení následujících konkrétních parametrů výuky:

- zvládnutí velkého rozsahu výuky v omezeném čase,
- docílení přiměřené účinnosti výuky (získání návyku),
- zaměření tvorby scénářů na aktuální stav železničního systému, který je definován úrovní technického a provozního zabezpečení, včetně jeho spolehlivosti a výskytu mimořádných událostí.

Obvyklým přístupem k optimalizace výuky s využitím scénářů na simulátorech je vytvoření **týmu zkušených a erudovaných lektorů**, kteří scénáře upravují s ohledem na:

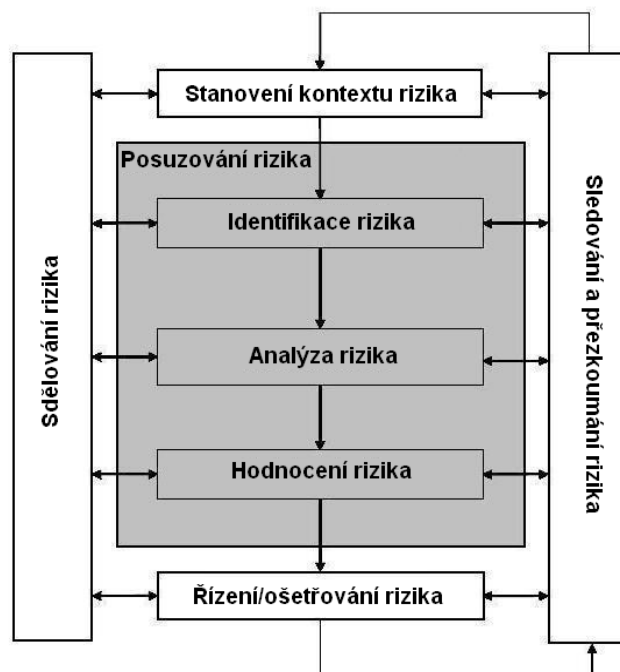
- aktuální stav pravidel pro řízení a organizování dopravy,
- výsledky kontrolní činnosti postupů uplatňovaných strojvedoucími,
- doporučení získaná šetřením mimořádných událostí, mimořádností a jiných nežádoucích událostí, zejména analýzou a stanovením kořenových příčin těchto událostí.

Tento přístup je dostatečně známý a v praxi ověřený. Úspěšně jej aplikovaly a využívají České dráhy a pravděpodobně i další evropští dopravci. Zásadní předností přístupu je jeho zdánlivá jednoduchost, snadná pochopitelnost a přiměřená časová náročnost. Značnou nevýhodou je nutnost vysoce kvalifikovaných lektorů s obrovskou erudicí a vysokým penzem znalostí z mnoha oblastí. S tím je spojeno nebezpečí, že scénáře nebudou sestaveny optimálně. Mohou být upřednostněny scénáře výuky postupů s podstatně menší rizikovostí nad scénáři s nejkritičtějšími, nejrizikovějšími postupy.

Oba přístupy popsané v předchozích odstavcích jsou z velké části nebo zcela založeny na empirických metodách. Je proto žádoucí využít přístup, který by zaručoval objektivnější posouzení rizik spojených s činnostmi strojvedoucího a poskytoval potřebné vstupy pro školicí scénáře.

2.4.4. Scénáře generované průběžným managementem rizika v železniční dopravě

Proces průběžného managementu rizika odpovídá *ČSN ISO 31000 Management rizik – Směrnice* [[1]]. Proces a jeho dílčí složky je uveden na obr. 1.



Obr. 10: Proces managementu rizika

Simulační scénáře pro výcvik strojvedoucích jsou v průběžném managementu rizika generovány na základě složky, která se nazývá Posuzování rizika.

V obecném pojetí jsou při posuzování rizika přítomny tři dílčí činnosti – identifikace rizika, analýza rizika a hodnocení rizika. Identifikace rizik zahrnuje zjišťování zdrojů rizik, událostí na ně vázaných, jejich příčin a potenciálních následků. Analýza rizika je procesem pochopení povahy rizika a stanovení úrovně rizika, kdy úroveň rizika (velikost rizika) je vyjádřena jako kombinace následků a jejich možnosti (pravděpodobnosti) výskytu. Hodnocení rizika je proces porovnání výsledků analýzy rizika s kritérii rizika k určení, zda riziko je přijatelné.

Identifikace rizika se neobejde bez hledání kořenové příčiny. Železniční systém je komplexní systém. Odlišným identifikovaným rizikům odpovídají různé kořenové příčiny. Analýza kořenové příčiny se řídí stanovenými pravidly, uvedenými např. v normě ČSN EN 62740 *Analýza kořenových příčin (RCA)* [1].

Selhání strojvedoucího není kořenová příčina. Kořenovou příčinu stanoví odpověď na otázku „Proč došlo selhání strojvedoucího?“

Strojvedoucí má rozporuplné postavení:

- je zdrojem rizika (selhání při vedení vlaku),
- je činitelem zmírnění rizika (odvrácení nebezpečné události a/nebo snížení následků nebezpečné události)

Ale i při provádění zásahu pro zmírnění rizika může strojvedoucí selhat. Proto musí simulační scénáře z pohledu průběžného managementu rizika obsáhnout jak selhání při vedení vlaku, tak selhání při zmírňování rizika.

2.4.4.1. Výběr situací pro simulační scénáře k usměrnění potenciálních rizik identifikovaných v železničním prostředí

K vytvoření množiny činností strojvedoucího, ve kterých se zvažuje jeho chybování, lze využít exaktní metodu, která je založená na HTA (Hierarchical Task Analysis). Pro efektivní provádění analýzy, její záznam, modifikaci a ověřování je třeba použít vhodnou softwarovou aplikaci.

Vstupem pro provedení HTA analýzy mohou být:

- postupy definované v předpisech provozovatele dráhy a drážní dopravy
- postupy definované změnami předpisů provozovatele dráhy a drážní dopravy
- postupy doporučené po analýzách kořenových příčin mimořádných událostí, mimořádností a ostatních nežádoucích událostí,
- použité postupy zjištěné při kontrolní činnosti strojvedoucího,
- postupy optimalizované s využitím ověřovacích scénářů simulátorů.

Úplným výstupem HTA je vhodnou formou zpracovaný a hierarchicky členěný výstup různých situací s ohodnocením rizika podle předem stanovených kritérií. S využitím hodnocení míry rizika lze provádět další kategorizaci analyzovaných situací a vyčlenit situace s nadlimitní mírou rizika k dalšímu zpracování, konkrétně k přípravě výukových scénářů, které se týkají nácviku situací více rizikových.

Výhodou metody HTA je použitý princip, který eliminuje skutečnost použití scénářů s malou mírou rizika na úkor scénářů s nadlimitní mírou rizika. Další výhodou HTA je, že ji lze kombinovat s empirickými, výše uvedenými metodami, protože ji lze zavádět postupně, v krocích zaměřených na konkrétní dílčí postupy činností.

Nevýhodou metody je použití kvalifikovaného týmu pracovníků, kteří HTA dokážou aplikovat v daném prostředí a v praxi. Účinné zavedení metody doporučujeme s využitím SW nástrojů (vhodné SW aplikace).

2.4.4.2 Přístup k výběru situací (analýza HTA)

Výběr situací pro simulační scénáře vychází z ucelené množiny situací vzniklých na základě analýzy činnosti strojvedoucího a následků jeho chybování. Teprve z této množiny situací lze vybírat relevantní situace vstupující do simulačních scénářů.

K vytvoření množiny situací byla zvolena metodika založená principech na HTA (Hierarchical Task Analysis). HTA se využívá např. k odhalení kritických míst při procesních činnostech,

bližší popis viz např. [3]. Aplikace postupů HTA v rámci ucelené metodiky pro analýzu kritičnosti chybování strojvedoucího je popsána v [4].

Metoda HTA nemůže sama o sobě vygenerovat simulační scénáře, jen generuje situace s přiřazenou mírou rizika z chybování strojvedoucího. Seznam situací s přiřazenou mírou je výsledkem aplikace ucelené metodiky [4]. Jednotlivé části metodiky musí být naplňovány formou součinnosti pracovníků obeznámených se stávající praxí na železnici a mající potřebné informace pro naplňování příslušných metodických postupů.

Simulační scénáře pro usměrnění potenciálních rizik identifikovaných v železničním prostředí vycházejí z postupů, které jsou předmětem dopravních a návěštních předpisů, postupů uvedených v základní dopravní dokumentaci a postupů, které souvisejí s technickými prostředky použitými k řízení dopravy.

Dopravní a návěštní předpisy a jejich změny definují konkrétní postupy a povinnosti, které musí strojvedoucí a dopravní zaměstnanci vykonat tak, aby proces proběhl správně, tj. bezpečně a bez rizik incidentů a mimořádných událostí. Součástí takových postupů je obsluha stávajících a nových palubních zařízení.

Obsluha palubního zařízení je dekomponována na jednotlivé úkony a strojvedoucí jí provádí v požadovaném čase a ve správném pořadí za různých vnějších podmínek (meteorologické poměry, počet a druh cestujících, normální nebo omezená funkcionality drážního zařízení atd.).

Vhodná softwarová aplikace (HTA Visualizer) umožňuje predikovat rizikovost požadované posloupnosti úkonů, stejně tak stanovit (vyčíslit) míru rizika posloupností neúplných, realizovaných v nesprávném pořadí nebo v nesprávném čase.

Simulační scénáře umožňují prakticky ověřit navržené, požadované, ale též neúplné nebo nesprávně prováděné posloupnosti operací zejména z pohledu časového, a to i při simulované jízdě za normálních nebo nestandardních podmínek.

Simulační scénáře společně s provedením HTA analýzy umožňují ověřit a validovat navržené změny dopravních a návěštních předpisů, které byly přijaté po analýze kořenových příčin mimořádných událostí za účelem snížení rizika vzniku konkrétní mimořádné události (MU). V tomto případě se jedná o důležitý prvek bezpečnosti, který plyne z faktu, že sice změnou realizovanou dle analýzy kořenových příčin snížíme pravděpodobnost výskytu nebo důsledkem reálné mimořádné události, ale v kontextu ostatních postupů „vyrobíme“, resp. zvýšíme pravděpodobnost vzniku jiných nebezpečí.

2.4.4.3 Požadavky na provádění HTA

Aby HTA generovala potřebné a věrohodné informace, musí být splněny následující základní předpoklady.

- **Týmové řešení:** Analýzu nelze provádět „od stolu“ jedním člověkem, byť dobře znalým problematiky práce strojvedoucího. To by vedlo k vysoké subjektivitě a přehlédnutí podstatných skutečností. Základním požadavkem je tedy sestavení analytického týmu.
- **Multiprofesní tým:** Tým musí být vytvořen tak, aby byl schopen postihnout širší aspekty ovlivňující činnost strojvedoucího. Požaduje se účast těchto profesí⁶:
 - specialista HTA (osoba znalá principů HTA a provozu železnice),
 - strojvedoucí instruktor,
 - strojvedoucí,
 - vlakvedoucí,
 - výpravčí,
 - dispečer provozu,
 - technik (znalost technického řešení kolejového vozidla, traťové zabezpečovací techniky),
 - případně další odborníci.
- **Role v týmu:** HTA představuje řízený způsob „vytěžování“ informací z jednotlivých profesí. Za řízení HTA je odpovědný specialista HTA, který je v pozici tzv. facilitátora. Facilitátor usměrňuje debatu mezi členy týmu, aby získal potřebné informace pro HTA, a to na základě týmového konsensu. Facilitátor určuje, kterou profesi potřebuje trvale přítomnou při tvorbě HTA, a kterou profesi jen pro získání specifických informací. Facilitátor formuluje požadavky na organizační a administrativní podporu.
- **Organizační a administrativní podpora:** Organizační podpora spočívá v poskytnutí lidských zdrojů, pracovního zázemí a potřebných informací (dat). Administrativní podpora spočívá v poskytnutí zdrojů pro případné administrativní práce a činnosti související s HTA.
- **Softwarová podpora:** Záznam jednotlivých úkolů strojvedoucího a dalších osob spolupodílejících se na jeho činnosti generuje v HTA velké množství záznamů. Tyto je třeba zaznamenávat, uchovávat, třídit a vyhodnocovat velikost rizika situací, které vznikají z těchto úkolů. Rovněž situace související se selháním technických prostředků s dopadem na činnost strojvedoucího vyžadují vyhodnocovat velikost rizika. K tomu je zapotřebí vhodná SW aplikace (HTA Visualizer).

Na základě provedené HTA se provádí vyhodnocení zaznamenaných situací. Podle hodnoty rizika se postupuje následovně.

1. Sestaví se posloupnost situací od nevyšší hodnoty rizika sestupně.
2. Stanoví se, pro které situace lze dosáhnout snížení hodnoty rizika:
 - a) výcvikem strojvedoucího,
 - b) výcvikem jiných osob ovlivňujících činnost strojvedoucího (předmětem jiných výukových programů),

⁶ Počet osob a jednotlivé profese je třeba stanovit tak, aby byla zaručena objektivita analýzy. Stanovuje se pružně podle rovně podrobnosti HTA a požadavků na přítomnost dané profese v průběhu HTA.

- c) technickými prostředky (ovládání lokomotivy, zabezpečení na trati, ...),
 - d) administrativním opatřením (změna předpisů apod.),
3. Situace, u kterých lze dosáhnout snížení rizika výcvikem strojvedoucího, vstupují do testovacích scénářů.

Podmínkou pro úspěšné využití aplikaci HTA je nutná její verifikace a validace. Verifikací se rozumí nezávislé ověření, že HTA byla provedena správnými postupy s příslušně kvalifikovanými osobami v týmu, který HTA prováděl. Validací se rozumí potvrzení platnosti situací zaznamenaných v HTA. Vzhledem k tomu, že situace jsou generovány analytickou činností a jejich výskyt je náhodný (ve smyslu selhání strojvedoucího v dané situaci), lze za validaci považovat skutečnost, že tyto situace se v železniční praxi vyskytují a mají příslušné následky.

2.4.4.4 Další možnosti využití HTA

HTA popisuje situace, které jsou využitelné pro tvorbu scénářů pro výcvik. Jedná se o scénáře, které se v praxi vyskytují s určitou četností. HTA lze však využít pro tvorbu výzkumných scénářů. A to na základě alternativních postupů nebo posloupností činností strojvedoucího případně výskytu jiných omezujících podmínek (environmentálních, technických, ...). Výzkumné scénáře lze pak aplikovat ve spolupráci s pokusnými osobami a prediktivně vyhodnocovat dopady simulovaných podmínek do chování strojvedoucího.

Je zřejmé, že HTA má univerzální použití pro analýzu chybování člověka. Lze ji tedy využít i pro ostatní profese na železnici. V takovém případě se pro příslušnou profesi opět generuje jí odpovídající stromový rozklad činností od složitých k elementárním, které pak jsou předmětem vyčíslení rizika.

2.4.4.5 Stálé přizpůsobování kritérií HTA a aktualizace HTA

Analýza rizik a výběr situací vystupujících v simulačních scénářích podléhají aktualizaci a je nutné jejich přizpůsobení aktuálním poměrům, které determinují železniční provoz. Nejde jen o změnu technického vybavení kolejových vozidel, železniční infrastruktury či předpisů, ale také o změny ekonomických podmínek (viz např. dopad inflace na oceňování peněžních důsledků nehod na železnici). K tomu je třeba provádět aktualizaci HTA uložené v SW aplikaci (HTA Visualizer). Toto stálé přizpůsobování je nedílnou součástí průběžného managementu rizika v železniční dopravě.

2.4.5 Simulační scénáře a rozsah vzdělávání na simulátorech

Pro návrh optimálního školení a využití simulačních scénářů je nezbytné specifikovat rozsah vzdělávání tak, aby vzdělávání bylo v souladu s profesním cyklem strojvedoucího.

2.4.5.1 Rozsah vzdělávání s ohledem na fázi profesního cyklu strojvedoucího

Rozsah vzdělávání na simulátorech je závislý na profesním cyklu strojvedoucího, protože v každé části profesního cyklu plní vzdělávací proces odlišnou úlohu.

V rámci získání ZOZ (zvláštní odborná způsobilost) po teoretické části výcviku, patří k nejdůležitější roli výuky na simulátoru bezpečné poznání zásad řízení a organizování drážní dopravy:

- dle platných předpisů,
- za podmínek omezené nebo nesprávně pochopené oblasti celé řady znalostí (návěsti a návěstidla, postupy v různých situacích),
- za podmínek dosud nevytvořených návyků.

Simulátor tedy slouží k získání prvotních návyků a rovněž k záznamům o běžném rutinním chování strojvedoucího v různých situacích.

Ve fázi ZOZ před jízdním výcvikem budou využívány scénáře vztažené k výcviku složitějších situací, časově náročných situací a k výcviku rizikových situací, jejichž výskyt lze v praxi očekávat. Strojvedoucímu bude položen základ základních návyků a bude seznámen s doporučenými postupy v případě předpokládaných mimořádností.

Ve fázi udržování kvalifikačních předpokladů a pravidelného vzdělávání bude strojvedoucí cvičen pomocí scénářů, které budou reagovat na:

- změny postupů daných předpisy,
- změny postupů vyvolaných šetřením mimořádných událostí, mimořádností i nežádoucích událostí zjištěných při kontrolní činnosti,
- změny postupů získaných při optimalizaci pomocí ověřovacích scénářů.

Pro tuto fázi profesního cyklu je důležitý vliv celé řady faktorů. Doba výcviku je omezená, proto by v cvičených scénářích neměly chybět:

- scénáře s vysokou mírou rizika (výstup HTA),
- scénáře vzniklé na základě zavádění nových technologií řízení dopravy (například zavádění evropského vlakového zabezpečovače (rovněž by měly být předmětem HTA),
- scénáře vzniklé na základě analýzy kořenových příčin mimořádných událostí, mimořádností (změny stanovené na základě analýzy kořenových příčin by měly být předmětem HTA).

V programu individuálního vzdělávání je důležité využití základních scénářů na přezkoušení základních schopností strojvedoucího a scénářů, pomocí kterých lze ověřit dovednosti při výkonu nejrizikovějších situací. Z analýzy chování v nejrizikovějších situacích by zkušený lektor zjišťoval silné a slabé stránky strojvedoucího a modifikoval další individuální výcvik.

2.4.5.2 Rozsah vzdělávání s ohledem na stav výuky strojvedoucích v organizaci dopravce (v regionu)

Rozsah vzdělávání musí být upraven s ohledem na skutečnost, jaké technické prostředky pro vzdělávání strojvedoucích jsou k dispozici v době zavádění nových technologií vzdělávání. Například celou řadu postupů, které souvisejí se seznáním s traťovými poměry,

s drážním vozidlem a s výkonem dopravní služby lze cvičit na stávajících výukových systémech a zařízeních pro vzdělávání strojvedoucích.

Rozsah vzdělávání bude vždy omezen kapacitou simulátorů. Kapacita simulátorů by měla být využívána optimálně. Proto pro konkrétní druhy technologicky velmi vyspělých, realistických simulátorů je doporučeno vytváření scénářů s ohledem na předchozí hodnocení a kategorizování činností podle jejich rizikovitosti v rámci HTA.

2.4.5.3 Rozsah vzdělávání s ohledem na kampaň, která plyne z kontextu dopravní

Dopravní se nevyhne změnám, které musí být realizovány z různých příčin. Například se jedná o změny v důsledku:

- zavádění nového systému nebo nových technologií řízení dopravy,
- zavádění nových kolejových vozidel, změny v jejich vybavení,
- realizací bezpečnostních opatření nařízených/doporučených EU komisí, legislativním nařízením.

Uvedené změny by měly být doprovázeny dokumentací, která popisuje identifikovaná rizika plynoucí ze realizace změn a opatření, která byla použita na usměrnění identifikovaných rizik. Opatření by měla obsahovat úkony, které lze podrobit HTA analýze, stanovit jejich kritičnost. Tento postup umožní sestavit scénáře pro výuku a zvyšování kvalifikace od nejrizikovějších po ostatní, méně rizikové.

2.4.5.4 Rozsah vzdělávání s ohledem na stav spolehlivosti a bezpečnosti použité infrastruktury a systému řízení drážní dopravy

Stav spolehlivosti a bezpečnosti infrastruktury a systému řízení je periodicky popisován několika statistickými ukazateli a řízen mnoha nástroji, jejichž souhrn je uveden např. u SŽ v dokumentu SŽ SMS, s názvem: Systém bezpečnosti provozovatele dráhy a provozovatele drážní dopravy.

Jak hodnoty statistických ukazatelů, analýzy jejich kořenových příčin, tak použité postupy dle SŽ SMS představují vstupní data pro provedení HTA analýzy. Vstupem HTA analýzy by byly podklady pro aktualizaci scénářů pro výcvik nebo přezkoušení.

2.4.5.5 Rozsah vzdělávání s ohledem na zkušenosti jiných organizací, které provádějí vzdělávání strojvedoucích s využitím simulátorů

Rozsah vzdělávání byl analyzován k tomu určenými postupy v rámci zpracování metodiky. Pro výchozí fázi zavedení výuky na simulátorech je doporučeno převzít rozsah výuky jako výchozí stav, který bude následně modifikován s ohledem na stav spolehlivosti, bezpečnosti a systému řízení v ČR. A to s využitím doporučených analytických metod – z počátku empirických, ale postupně doplňovaných a rozšiřovaných o exaktní HTA.

2.4.3.6 Rozsah vzdělávání s ohledem na zkušenosti výrobců simulátorů

Lze předpokládat, že simulátory doporučené výrobcem kolejových vozidel budou vybavené funkcionalitami a scénáři, které vycházejí z hazard logů (tj. ze seznamu nebezpečí) s identifikacemi nebezpečných situací, které vznikaly v různých etapách vývojových fází kolejových vozidel a vyvíjely se s implementací různých požadavků dopravců. Důležité je, aby simulátory umožňovaly snadno a rychle implementovat požadavky dané novými postupy řízení dopravy, stejně tak jako nové poznatky, které budou dané výstupy HTA.

2.5. Návrh pravidel a podmínek autorizace pracoviště simulátorů kolejových vozidel pro proces získání a ověření osvědčení strojvedoucího v ČR a doporučení doplnění/úpravy Vyhlášky 16/2012 Sb.

Akreditovaný vzdělávací program by měl umožnit školit uchazeče, který splnil požadavky všeobecné odborné způsobilosti (VOZ), čímž prokazatelně splňuje podmínky minimálního vzdělání, bezúhonnosti, zdravotní způsobilosti podle § 6 vyhl. č. 101/1995, požadavky duševní způsobilosti dle § 8 vyhl. č. 101/1995 (dopravně psychologické vyšetření) a absolvoval předepsané kurzy definované vyhl. č. 16/2012, vykonal zkoušku, získal a převzal si licenci strojvedoucího.

Zpracovatel metodiky doporučuje, aby pracoviště, která budou provádět vzdělávání strojvedoucích s využitím simulátorů v rozsahu pro získání zvláštní odborné způsobilosti (ZOZ) a udržování odborné způsobilosti byla akreditována minimálně v oblasti akreditace vzdělávacího programu.

Obsah vzdělávacího programu pro získání zvláštní odborné způsobilosti s využitím simulátorů by měl být akreditován:

- v rámci vzdělávacího programu organizace, která provádí výcvik strojvedoucích pro získání odborné způsobilosti (ZOZ) s využitím simulátorů,
- samostatně, pokud pracoviště bude provádět pouze doplňující výcvik (udržování případně získávání správných návyků v rámci udržování kvalifikačních předpokladů a pravidelného vzdělávání, případně v rámci profesního cyklu) strojvedoucích na simulátorech.

Vzdělávací program by měl být akreditován s ohledem na:

- metodu výuky,
- metody pro tvorbu scénářů,

- použité technické prostředky, včetně funkcionalit použitého simulátoru,
- akreditované postupy (např. postupy při výuce, při přezkoušení, při tvorbě scénářů, při ověřování scénářů),
- osoby pracující v oblasti vzdělávání ZOZ,
- systém řízení kvality vzdělávacího pracoviště, resp. systém řízení rizik akreditovaného pracoviště,
- systém neustálého zvyšování kvality vzdělávacího procesu.

Způsob akreditace vzdělávacího programu může být realizován po vzoru metod uvedených v zákoně (Školský zákon) č. 561/2004 Sb, hlava II, § 104 a následující.

Poznámky:

Vzdělávací program výcviku ZOZ strojvedoucích musí být především interaktivní a dostatečně pružný vůči změnám v prováděných dopravních technologiích, v předpisech pro řízení a organizování drážní dopravy a vůči změnám technického vybavení vozidel. Nejedná se o statický proces.

Vzdělávací program musí být zpětnovazební. Například s využitím a aplikací vhodné metody řízení rizik identifikovaných v rámci běhu vzdělávacího programu by měla být vyhodnocována účinnost i účelnost výuky, měly by být novelizovány metody vzdělávacího programu.

Vzdělávací program musí mít zaveden přiměřený systém řízení jakosti. Do systému řízení jakosti patří například metody, které jsou použité při volbě školicích scénářů (přechod od empirických metod na využití HTA při tvorbě scénáře), metody založené na ověřování postupů ve scénářích (použití tzv. ověřovacích scénářů).

Požadavky na simulátorové pracoviště jsou definovány v kapitole 2.2.

Požadavky na simulátory jsou definovány v kapitole 2.3.

Zpracovatel metodiky doporučuje zařadit výcvik strojvedoucích na simulátorech do vzdělávacího programu pro získání zvláštní odborné způsobilosti (ZOZ) a do vzdělávacích programů pro udržování odborné způsobilosti.

Zařazení výcviku s využitím simulátorů navrhujeme v rámci absolvování teoretické i praktické části ZOZ, která je zaměřena postupně na předpisy, část V (všeobecné), část D (dopravní a návěstní) a část T (technická, včetně S8, S8/3, S3, T108, ...).

Zařazení výcviku na simulátorech se jeví jako účelné po získání znalostí absolventů o vozidle. Základní informace o vozidlech lze získat s využitím jiných prostředků (virtuální reality, foto

dokumentace, modely či výkresová dokumentace). K získání znalostí o vozidle lze použít jiných technických výukových prostředků, které jsou vhodnější, než Full Cab / Full Motion simulátory.

Full Cab / Full Motion simulátory umožňují cvičit některé postupy, které souvisejí se správným prováděním úkonů a se správným řazením úkonů do předepsaných posloupností, které se týkají kontroly vozidla před jízdou, zkoušek brzd, způsobu jízdy, způsobu komunikace s pracovníky, kteří řídí a organizují drážní dopravu.

Full Cab / Full Motion simulátory umožňují přezkoušení znalostí a dovedností strojvedoucího, pokud vzdělávací program disponuje vhodnými přezkušovacími scénáři. Práce s přezkušovacími scénáři by měla být řazena na závěr programu na získání zvláštní odborné způsobilosti strojvedoucího (ZOZ).

Simulátory umožňují rovněž získávat a cvičit správné návyky při různých poruchách drážního vozidla (vlaku), při řešení různých mimořádností a mimořádných událostí.

Simulátory lze uplatnit v rámci Programu pravidelného školení pro udržení kvalifikace.

V rámci pravidelného školení pro udržení kvalifikace strojvedoucích by měla být do programu zařazena výuka s využitím školicích scénářů, které budou zaměřeny na:

- změny postupů daných legislativou a předpisy,
- změny postupů vyvolaných šetřením mimořádných událostí, mimořádností i nežádoucích událostí zjištěných při kontrolní činnosti,
- změny postupů získaných při optimalizaci pomocí ověřovacích scénářů.
- scénáře s vysokou mírou rizika (výstup HTA),
- scénáře vzniklé na základě zavádění nových technologií řízení dopravy (například zavádění evropského vlakového zabezpečovače, scénáře vzniklé na základě analýzy kořenových příčin mimořádných událostí, mimořádností, změny stanovené na základě analýzy kořenových příčin).

V rámci pravidelného školení strojvedoucích by měla být do programů zařazena výuka s využitím scénářů s nejkritičtějšími posloupnostmi úkonů, které budou zjištěny s využitím HTA nebo budou zjištěny týmem expertů s využitím ověřovacích scénářů technologických postupů řízení dopravy.

3. Srovnání „novosti“ postupů

Jednotná metodika zabývající se školením strojvedoucích s využitím simulátorů nebyla doposud v drážním prostředí v ČR zavedena. Existovala pouze metodika dopravce ČD a školícího střediska DVI, avšak pouze pro strojvedoucí ČD. Předkládaná metodika by tak měla přispět k jednotnému přístupu školení strojvedoucích u všech dopravců v ČR.

Metodika je v souladu s metodickým pokynem č. 3/2022 DÚČR „Jednotné osvědčení bezpečnosti“.

Metodika doporučuje uplatnění postupů, které vycházejí především z novelizované a platné České technické normy ČSN 31000 Management rizik – Směrnice z prosince 2018.

„Novost“ postupů charakterizuje navržená změna přístupu k tvorbě scénářů, který vychází z uplatnění postupů HTA (Hierarchical Task Analysis). V praxi používané postupy tvorby, které jsou založené na empirických metodách a prováděné vysoce kvalifikovanými a erudovanými lektory jsou zcela nebo zčásti nahrazované exaktní metodou HTA, která pracuje s výpočtem rizikovosti posloupnosti různých prováděných úkonů.

K novým metodám patří rovněž zavedení tzv. ověřovacích scénářů, pomocí kterých lze pracovní skupinou expertů stanovit například postupy dopravních technologií, které jsou nejméně rizikové, které jsou optimální, které jsou minimalizované např. z hlediska ústní či jiné komunikační náročnosti zaměstnanců řídicích dopravu.

K novým metodám patří procesní způsob řízení akreditovaného pracoviště založený na principech stanovení kontextu vzdělávacího pracoviště s využitím simulátorů pro výcvik ZOZ, provádění pravidelného školení ZOZ a s řízením kontextových rizik (ve smyslu ČSN 31000).



4. Popis uplatnění schválené metodiky – pro jaký subjekt bude určena a jakým způsobem bude uplatněna

Metodika bude uplatněna odborem O130 MDČR a DÚČR za účelem nastavení a dozoru nad procesem školení strojvedoucích v ČR s využitím simulátorů drážních vozidel.

Metodika bude realizována subjekty, které provádějí tzv. „Vzdělávací program pro získání zvláštní odborné způsobilosti strojvedoucího“ (stručně „Vzdělávací program ZOZ“). Program je určen pro uchazeče, kteří splnili požadavky všeobecné odborné způsobilosti strojvedoucího a mají platnou licenci strojvedoucího.

Navrhovatel metodiky doporučuje, aby metodika byla zaváděna formou tzv. akreditovaného vzdělávacího programu. Oblasti akreditace byly uvedeny v části 2.4. Navrhovatel metodiky dále doporučuje rozšíření Vzdělávacího programu ZOZ na další vzdělávání strojvedoucích v rámci Programu pravidelného školení pro udržení kvalifikace.

5. Ekonomické aspekty – vyčíslení nákladů na zavedení postupů uvedených v metodice a vyčíslení ekonomických přínosů pro uživatele.

Analýza ekonomických nákladů na pořízení a provoz výcvikových simulátorů vychází z požadavků studie DUČR [5]. Studie uvažuje každoročně cvičit či přezkušovat 11000 strojvůdců, z toho přibližně 400 budou noví strojvedoucí procházející výcvikem, ostatní budou na simulátoru v rámci pravidelných přezkoušení s roční periodicitou. Výpočet potřebných simulátorů zahrnuje tři varianty hodinové dotace na strojvůdce – jednu, 1 a ½ a dvě hodiny tréninku. Začínající strojvůdci budou mít vyšší dotaci, kterou lze pro jejich nízký podíl na celkovém počtu trénovaných pro zjednodušení zanedbat. Je předpokládán dvousměnný provoz, každá směna se sestává ze sedmi výcvikových hodin a jedné pro údržbu (obecně). Do nákladů na hodinový provoz je předpokládán čas simulátoru, čas jednoho lektora (případně technického pracovníka, který koná údržbu, kontrolu, podporu, dohlíží na provoz a bezpečnost). Stejně tak je započítán pracovník, který bude aktualizovat a případně vytvářet scénáře pro specifický výcvik (modelově odpovídá 0,2 úvazku), práce se předpokládají v čase vyhrazeném servisu. Jelikož se jedná o sumy člověkohodin s předpokládanou obdobnou kvalifikací, tedy za stejnou mzdu, není tedy rozlišeno přesné rozdělení jednotlivých prací (ne všechen výcvik bude vyžadovat stálou pozornost, jde o průměrné hodnoty, přebytečný čas bude využíván pro údržbu a kontrolu apod.). U větších simulátorových pracovišť je možnost dalších provozních optimalizací.

Pracovních dní/rok	220
Směny/den	2
Počet strojvůdců ke školení/rok	11000
Životnost simulátoru	10 let
Cena za kWh el. energie	10 Kč

Cena pracovníka za člověkorok vč. povinných odvodů	810000 Kč
---	--------------

Na základě výše uvedených vstupních parametrů lze určit potřebné počty simulátorů. V případě, že by potřeba vycházela tak, že by simulátor nebyl vytižen (např. potřeba 3,05 kusů), lze předpokládat, že budou vyhovovat tři kusy při vhodné úpravě organizace práce a časového plánu, čímž by došlo ke značné úspoře (toto není zahrnuto v modelovém případě).

Délka tréninku	počet hodin	počet směn	Vypočtená potřeba simulátorů	Zaokrouhleno na celé kusy	Počet statických simulátorů	Počet dynamických simulátorů	Náklady statického simulátoru	Náklady dynamického simulátoru	Náklady celkem
60 minut	11 000	1571	3.142...	4	3	1	6 000 000 Kč	4 020 000 Kč	10 020 000 Kč
90 minut	16 500	2357	4.714...	5	3	2	6 000 000 Kč	8 040 000 Kč	14 040 000 Kč
120 min.	22 000	3143	6.285...	7	5	2	10 000 000 Kč	8 040 000 Kč	18 040 000 Kč

Následující tabulka ukazuje modelový případ nákladů na pořízení a na provoz v metodice uvažovaných simulátorů. Dynamický simulátor má oproti statickému výrazně vyšší spotřebu elektrické energie zejména díky motorizované pohybové plošině. Do pořizovací ceny jsou zahrnuty náklady na běžnou nutnou údržbu v průběhu předpokládaných deseti let životnosti zařízení.

	Pořizovací cena	Příkon (kW)	Náklady na provoz, 1 směna (Kč)	Roční provoz (Kč)
Statický simulátor (přístrojový)	2–5 mil. Kč počítáno 3 mil. Kč	2	160	80 000
Statický simulátor s kabinou	10 mil. Kč	2	160	80 000
Dynamický simulátor	10–25 mil. Kč počítáno 20 mil. Kč	10	800	400 000
Výzkumný simulátor	30 mil. Kč	10	800	400 000

Reálná pořizovací cena má velký rozptyl v závislosti na přesné specifikaci simulátoru. Především u malého/statického simulátoru má nejvýznamnější vliv má rozsah požadavků na software – zejména úpravy scénářů a simulované lokomotivy pro specifika českého prostředí. Tyto úpravy je potřeba provádět i pro jediný pořizovaný kus, takže lze při větší objednávce dosáhnout velkých úspor z rozsahu (i když obecně záleží na obchodním modelu výrobce/dodavatele).

Do nákladů nejsou uvažovány náklady na prostor a jeho stavební úpravy, protože jsou velmi závislé na možnostech a podmínkách provozovatele/majitele (může mít vhodné prostory již k dispozici, či požadované vhodně zkombinovat se stávajícími při velmi nízkém nárůstu nákladů oproti původnímu využití). Navíc, náklady na pořízení a provoz budov jsou v současnosti velmi turbulentní a rozdíly mezi lokalitami jsou obrovské.

Simulátory v rámci tohoto dokumentu dělíme na čtyři kategorie – přístrojový simulátor, statický simulátor, dynamický simulátor (kabina na pohybové platformě) a výzkumný simulátor. Výzkumný simulátor je obdobný dynamickému, ale vyžaduje větší otevřenost softwaru (pro úpravu chování simulátoru i lepší přístup k technickým datům o simulaci) a s tím související nadstandardní možnost úprav. Tyto úpravy jsou často problematické z hlediska dodavatelských firem (obchodní tajemství, nutnost sdílení zdrojových kódů softwaru a podobně). Z toho důvodu je vhodné výzkumné simulátory pořizovat (ještě lépe přímo vyvíjet a vytvářet) a provozovat v režimu dotačního titulu pro vědu a výzkum s definovanými výzkumnými úlohami a cíli. Vybraná akademická instituce se pak stará o vývoj a dlouhodobý provoz, probíhající výzkumy a zejména průběžný rozvoj sledující aktuální technické možnosti i potřeby dráhy.

Výsledné náklady je nutné také uvažovat v celkovém kontextu možností zlepšení a zintenzivnění výcviku strojvedců, zejména s ohledem na efektivnost tréninku. Zatímco strojvedoucí na reálné trati jsou vystaveni úkolům a událostem, které odpovídají možnostem konkrétní trati (často jen několik úkonů během desítek minut), jsou v simulovaném scénáři tyto úkoly účelově a optimálně časovány situacím. Výcvik je tedy časově efektivnější, probíhá za podmínek stejných pro všechny školené osoby a zahrnuje širší spektrum školených úkonů. Výcvik na simulátoru je vždy bezpečný jak pro školené osoby, tak pro okolí, a to i při cvičení nebezpečných situací, které strojvedoucí nemusí správně zvládnout. Nezpochybnitelnou výhodou tedy je snížení rizika nehody či pravděpodobnosti vzniku mimořádných či neshodných událostí během výcviku, které by vedly k případným finančním i jiným škodám.

Mezi hlavní přínosy výcviku s využitím simulátorů patří celkové zkvalitnění a zintenzivnění výcviku, které má za cíl snížit počet a závažnost mimořádných událostí, které způsobují v posledních letech každoročně několikaset milionové škody.

Při nehodách na železnici v ČR je průměrný vývoj věcných škod v řádech několika stovek milionu korun. Při výše vyčíslených odhadech nárůstu nákladů na výcvik strojvedoucích s nasazením pokročilých simulátorů je patrné, že i při několika procentním snížení rizika těchto škod jsou náklady na pořízení a provoz simulátoru poměrně rychle navráceny. náklady jsou rentabilní.

Vyspělé země mají již simulátory zavedené dlouhou dobu. Lze obecně konstatovat, že čím dražší je železniční systém, kde hrozí selhání obsluhy s velkými následky, tím spíše je potřebný výcvik lidského činitele s využitím simulátoru a tím má větší efektivitu vyšší investice do simulátoru.

6. Seznam použité literatury

- [1] ČSN ISO 31000:2018 Management rizik –Směrnice
- [2] ČSN EN 62740:2017 Analýza kořenových příčin (RCA)
- [3] SHEPHERD, A.: Hierarchcial Task Analysis. Taylor & Francis eBooks, London, 2014. ISBN 9780429182099
- [4] Fuchs P., Šídlo M., Kamenický D., Soušek R., Borský M., Leso M., Posouzení kritičnosti činností strojvedoucího, Metodika výběru testovacích scénářů, výzkumná zpráva K16120/126/2021, Fakulta dopravní ČVUT v Praze, 2021
- [5] PhDr. Jan Bitter, Drážní úřad, TRENAŽÉRY PRO STROJVEDOUCÍ, Odborná studie o využívání trenažérů pro strojvedoucí jako nástroje zvyšující bezpečnost železničního provozu a zajišťující účinné proškolení zaměstnanců v nových technologiích (např. ETCS), Květen 2022

7. Seznam publikací, které předcházely metodice

- [1] Kothera F., Leso M. Kamenický D., Analýza legislativních podmínek výcviku strojvedoucích, II. Vydání, výzkumná zpráva K16120/125/2021, Fakulta dopravní ČVUT v Praze, 2021
- [2] Fuchs P., Šídlo M., Kamenický D., Soušek R., Borský M., Leso M., Posouzení kritičnosti činností strojvedoucího, Metodika výběru testovacích scénářů, výzkumná zpráva K16120/126/2021, Fakulta dopravní ČVUT v Praze, 2021
- [3] Novotný S., Bouchner, P. : Teoretická analýza a rozbor požadavků na simulátor dopravního prostředku (vlaku) s ohledem na reálnost simulace z pohledu testovaného člověka, výzkumná zpráva UDP2021-04, Fakulta dopravní ČVUT v Praze, 2021
- [4] Novotný S., Bouchner, P. : Rozbor technologií pro tvorbu virtuálních školících prostředí. (Příprava scén a scénářů pro vozidlový simulátor kolejového vozidla), výzkumná zpráva UDP2021-07, Fakulta dopravní ČVUT v Praze, 2021

Příloha 1 Přehled ovládacích prvků pro přístrojový simulátor

Doporučené minimální vybavení pultu přístrojového simulátoru pro simulaci kolejového vozidla elektrické/motorové trakce (vyznačené odlišnosti) a jejich doporučené umístění: vychází z definice zástavby UIC. Skutečné provedení může být řešeno odlišně s ohledem na reálné požadavky konkrétního stanoviště

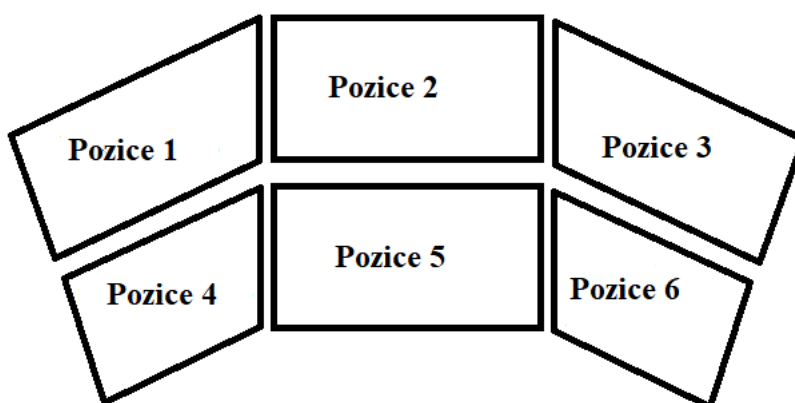


Schéma pozic pro umístění ovládacích a zobrazovacích prvků

Pozice 1

- Displej radiostanice
- Mikrotelefon radiostanice

Pozice 2

- Displej DMI ETCS – uhlopříčka minimálně 10,1“
- Zobrazovač národního vlakového zabezpečovače LS / Mirel
- Signalizace zavření dveří⁷
- Signalizace požáru⁸

Pozice 3

- Displej technologie vozidla – TDD⁹
- Ukazatel tlaku vzduchu (může být realizováno jako grafický sloupec na displeji TDD nebo jako samostatné ručičkové barometry v pultu)

⁷ V případě nákladního dopravce nemusí být osazeno

⁸ V případě nákladního dopravce nemusí být osazeno

⁹ Pro kapotová vozidla je z bezpečnostních důvodů displej umisťován vpravo

- tlak v průběžném potrubí a tlak v centrální jímcce, rozsah 0 – 16 bar, zvýraznění hodnoty 5 bar a 10 bar
- tlak v brzdovém válci přímočinné brzdy, rozsah 0 – 16 bar, zvýraznění hodnoty 4 bar
- Tlačítko závěru (tlačítko bíle prosvětlené, 2 aretované polohy, prosvětlení pouze při stisku)
- Překlenutí záchranné brzdy (žluté tlačítko se signalizací, 2 aretované polohy - reaguje na aktivaci záchranné brzdy)¹⁰

Pozice 4

- Pro elektrickou trakci
 - Ovladač stavu hlavního vypínače vysokého napětí
 - Ovladač pro stav sběrače
- Pro motorovou trakci
 - 2 tlačítka (popř. spínač a tlačítko) (diesel start/stop diesel)
- Ovládání intenzity světel
- Nouzové tlačítko (červeno/žlutý hříbek s aretovanou polohou)
- Tlačítka bdělosti (nearetované) v provedení a počtu dle reálných typů vlakových zabezpečovacích zařízení nebo systémů pro potvrzení bdělosti (LS90, LS06, MIREL, SIFU PZB/LZB, SHP)Páčkové ovladače NTC LZB/PZB (Příkaz, bdělost, volno)

Pozice 5

- Klávesnice na automatickou regulaci rychlosti – volitelně
- Ovládání dveří L/P/L+P/Z ovladač 4 polohy / 3 tlačítka L / Z / P ¹¹
- Nožní pedály
 - levý – pískování
 - pravý – houkačka
 - v případě simulace kontroly bdělosti systémem SIFA – podlahový pedál (uvolnění potvrzuje)
- Jízdní páka:
 - jízda – může být realizována dvěma typy
 - integrační páka (zahrnuje ovládání jízdy i brzdy a nouzové brzdy – integrační zadávání požadavku)
 - stupňovitá páka brzdy a jízdy
 - ovládání brzdy (nízkotlaké přebití brzdy, až 8 stupňů průběžné brzdy, nouzová brzda)
 - ovládání jízdy (analogová polohová páka dopředu se zadáním výkonu pro jízdu, zpětná poloha zadání výkonu pro elektrodynamickou brzdu)
- Směrová páka (3 aretované polohy nebo 3 tlačítka)

¹⁰ V případě nákladního dopravce nemusí být osazeno

¹¹ V případě nákladního dopravce nemusí být osazeno

- Pískování 2 polohy s jednou aretovanou
- Tlačítka bdělosti (nearetované)
-

Pozice 6

- Přídavná brzda (brzdí pouze lokomotiva)
- Strádačová brzda nearetované prosvětlené tlačítko (zajištění vozidla proti ujetí)
- Píšťala (1/2 polohy)

Specifikace pro displeje:

Minimální rozměr zobrazovací jednotky je 10,1“ s minimálním rozlišením 800x600 pixelů
Displej je realizován s dotykovou ovládací plochou

Displej radiostanice

- Displej je realizován jako radiostanice typu MTR10 (minimálně 10.1“ obrazovka) nebo ovládací skříňka - typ VS 67, případně další typy zavedených radiostanic
Vlaková radiostanice je vybaveno volbou funkce : GSM -R, 450 MHz analogové rádio TRS, 150/160 MHz analogové rádio Simplex (např. FXM20, ASCOM SE550, VS67, VO79 apod.)
- Zobrazované značky dle UIC 612

Zobrazení obrazovky obsahuje:

Volba systému (např. GSM-R, TRS, Simplex a další aktuálně používané RMR)

- nastavení volacích kanálů
- automatické zadání čísla vlaku dle scénáře
- zadání pozice HV na vlaku
- registrace
- simulace komunikace strojvedoucí -výpravčí/dispečer

Displej technologie vozidla – TDD

Zobrazení obrazovka obsahuje:

Obrazovka 1 - Informace o technologii vozidla

- Poměrný tah trakce - poměrný tah skutečný – sloupcově, -100 až +100 %

- Proud motorové trakce
- Pro elektrickou trakci
 - Informace o napětí v trakci
 - napětí v troleji – sloupcově, 0 – 4,5 kV/ 0- 27kV
 - proud odebíraný z troleji – sloupcově, 0 – 4,5 kA
- Pro motorovou trakci
 - Informace o stavu spalovacího motoru
 - teplota vody motoru
 - teplota oleje motoru
 - otáčky spalovacího motoru
- Nastavení signálních světel
- Stav polohy sběrače (poloha 1,2,1+2)
- Stavové ikony lokomotivy
 - sběrač – stažení do zakleslé polohy/zvednutí, porucha sběrače
 - hlavní vypínač – zapnut/vypnut
 - linkové stykače – zapnuty/vypnuty
 - směr – vpřed, neutrální
 - skluz – signalizace při skluzu
 - ikona i stav rekuperace (pouze pro elektrickou lokomotivu) povolení/zákaz
 - ikona i stav velikosti napětí elektrického napájení vlaku - zapnut/vypnut
- Zobrazení poruch
 - porucha sběrače (porucha ližiny) – pouze pro elektrickou trakci
 - porucha řídicího počítače
 - výrazný pokles tlaku na potrubí (přetržení vlaku)
 - ztráta napětí v troleji při zdviženém sběrači v interakci (porucha trolejového vedení) - pouze pro elektrickou trakci

Příloha 2 Přehled ovládacích prvků pro přístrojový simulátor pracovního stroje

Doporučené minimální vybavení pultu přístrojového simulátoru pro simulaci speciálního kolejového vozidla a jejich doporučené umístění:



Horní řada obrazovek na sešikmené ploše

- GSM-R radiová souprava
- ETCS DMI
- Zobrazovač provozních a technologických údajů vozidla
 - vzduchové manometry a další indikace (stav spalovacího motoru, pomocných pohonů atd.)

Spodní řada ovládacích prvků na vodorovném pultu

- združený jízdní kontrolér nebo samostatný brzdný a jízdní kontrolér
- stradačová a přidavná brzda
- zapnutí/vypnutí vozidlové baterie
- zapnutí/vypnutí pultu strojvedoucího
- volič směru
- tlačítko bdělosti