



AŽD Praha s.r.o.

Autonomní provoz na trati Dolní Bousov – Kopidlno

Ing. Antonín Diviš

Úkol od GNR AŽD

- Před rokem: Zajistit autonomní provoz s cestujícími – „Dětenice 2025“
- V turistické sezóně 2025 (duben – říjen 2025) zajistit víkendový a v období prázdnin každodenní provoz s cestujícími
- Část jízd zajistit autonomním provozem s cestujícími
- První víkend v měsíci
- První týden v prázdninovém měsíci
- Další testy a prezentace



Trat' č. 063 Dolní Bousov – Kopidlno

- 25 km
- Dopravny: 1x Dětenice
- „nulový provoz“
- Projektovaná rychlost max. 60 km/h
- 50 přejezdů, pouze s Ondřejovým křížem
- Provozováno dle předpisu D3
- 2016 ... 2024/2025



Kompetenční centrum Dětenice



- AŽD – ČVUT FD – FD UPCE – SŽ

Výchozí stav



- Zkušenosti z cca 5 let od zahájení našich aktivit
- Účast na evropských projektech – GoA3/4: Shift2Rail, ERJU R2DATO
- Testy v rámci Shift2Rail s Hitachi, Alstom – interoperabilita navržených specifikací a řešení
- Snaha o maximální využití aktivit a výsledků z R2DATO pro provoz Dětenice 2025



- Nové vozidlo pro testování autonomního provozu

Rekonstrukce vozidla EDITA

- Rekonstrukce vozidla 810.111 -> 811.
- Zahájení certifikačních procesů a implementaci technologií 1/2025
- Instalace ETCS firmy CAF – certifikační proces
- AVV od AŽD, implementace ATO over ETCS
- Osazení anténami, počítači a senzory



EDITA vs MV ETCS

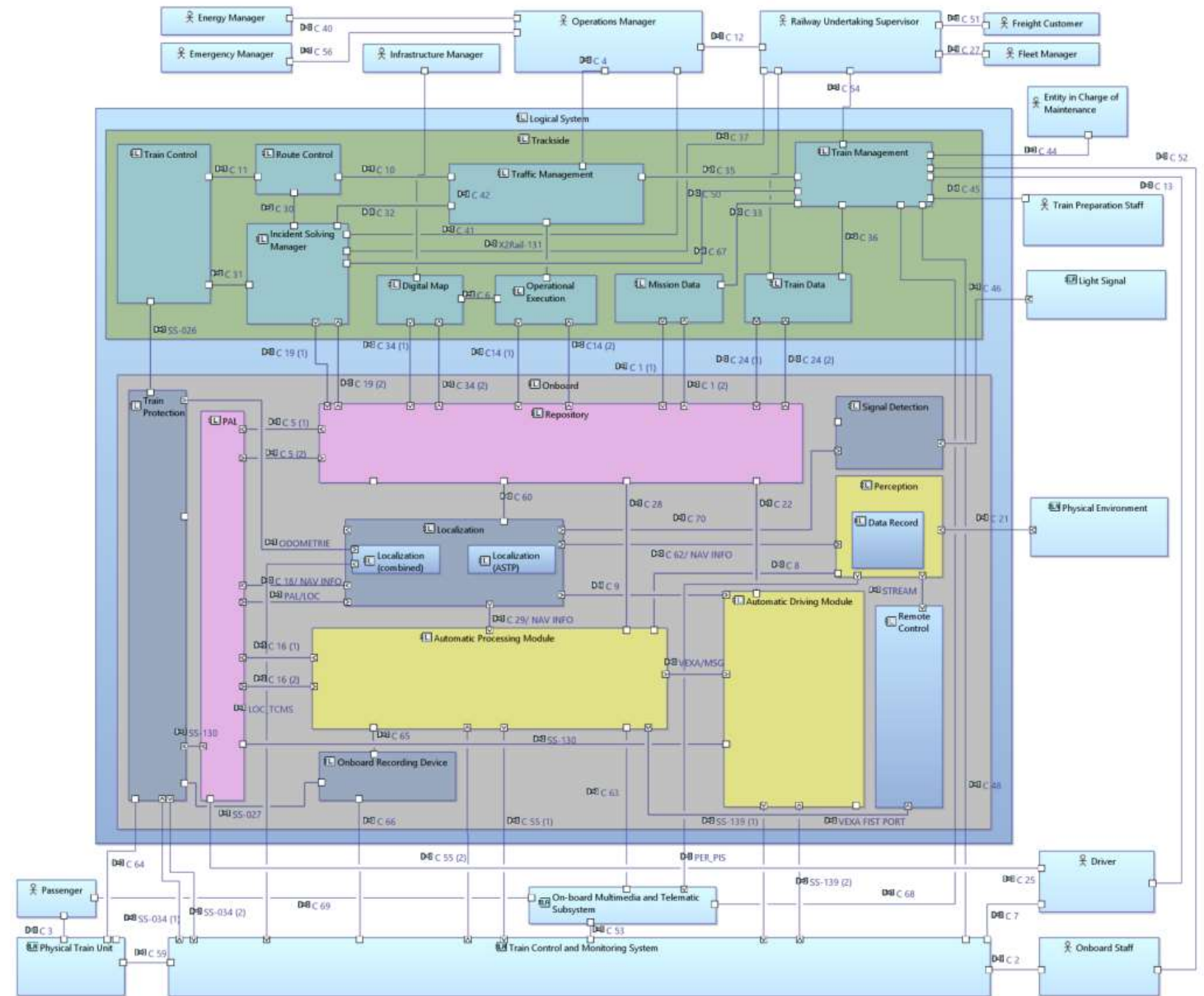
- Výchozí stav
- Interní architektura → ERJU architektura – (nové moduly)
- Vylepšení SW řešení PER – zvýšení robustnosti – nezávislé thready



Model GoA3/4

■ On Board system

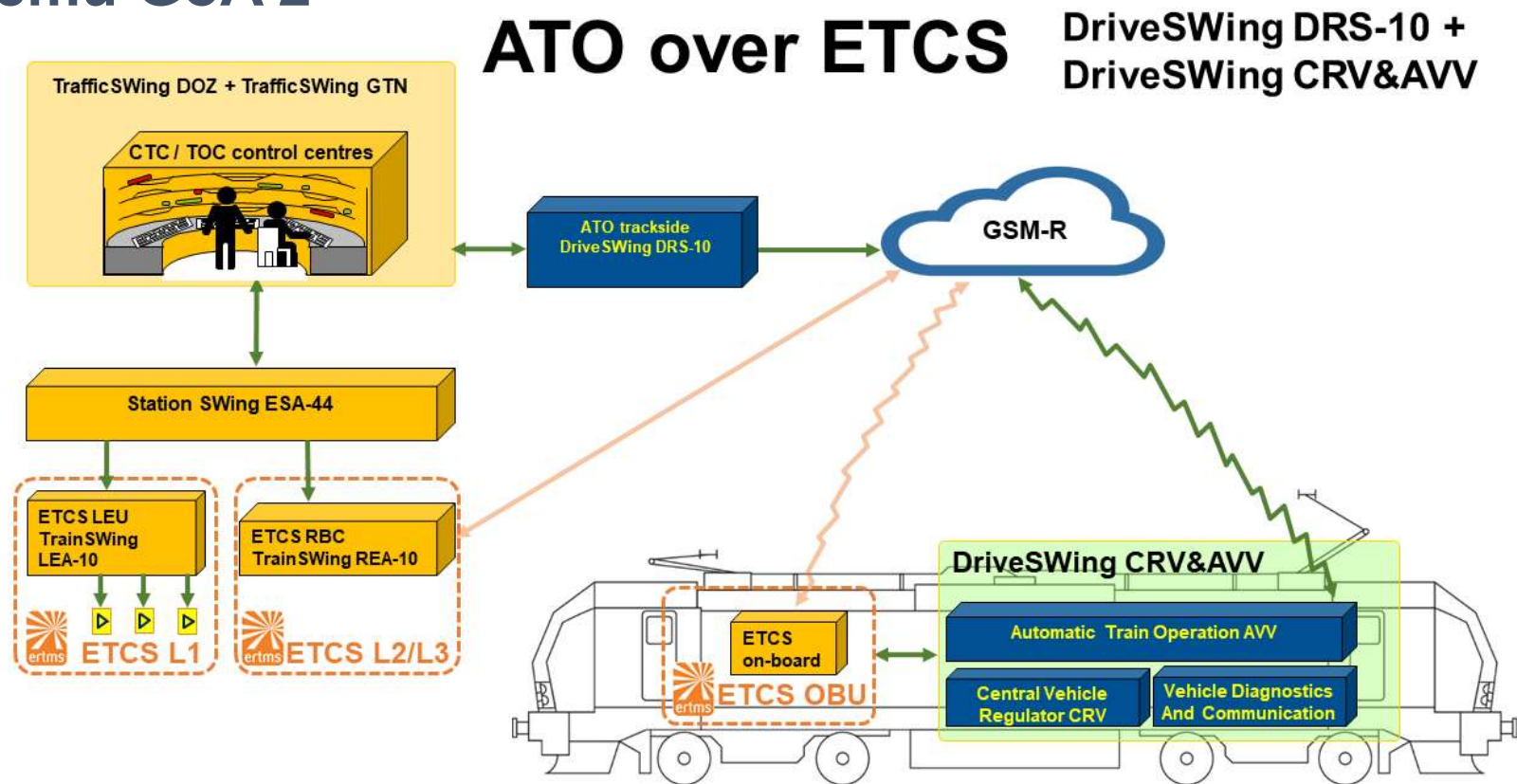
- Perception system (OB / TS)
- Automatic Processing Module
- *Repository & Digitální mapy*
- *Vzdálené řízení RC*
 - lokální, dohledové
- ASTP - Lokalizace
- ATO over ETCS
- ETCS & PAL
 - *Protection adaptation Layer*
 - *Doplňuje vrstvu ETCS k GoA3/4*



Použité technologie ATO over ETCS

- GoA 3/4 nadstavbou systémů GoA 2

- ATO over ETCS
- ETCS L2



PERCEPTION systém

- **System pro sledování okolí vlaku**
 - detekce a klasifikace objektů před vlakem
 - sledování objektů a vyhodnocování jejich chování
 - detekce projížděné vlakové cesty
 - vyhodnocení překážek a možných rizik
- **Využití strojového učení**
 - nároky na hardware
 - časově kritické operace
- **Požadavky**
 - robustnost, odolnost, rychlost, detekční vzdálenost, spolehlivost



PERCEPTION systém – Senzory

2 x LIDAR	Kamera 16 mm	Kamera 50 mm	GNSS
2 x 400 000 bodů/s	vysoké rozlišení	vysoké rozlišení	GPS, GLONASS, GALILEO
FOV 14,5° x 16,2°	f = 16 mm	f = 50 mm	Septentrio Mosaic-T
dosah až 500 m	dohled cca 200 m	dohled cca 400 m	VP03



Perception systém – HW

▪ Vývoj výpočetní jednotky

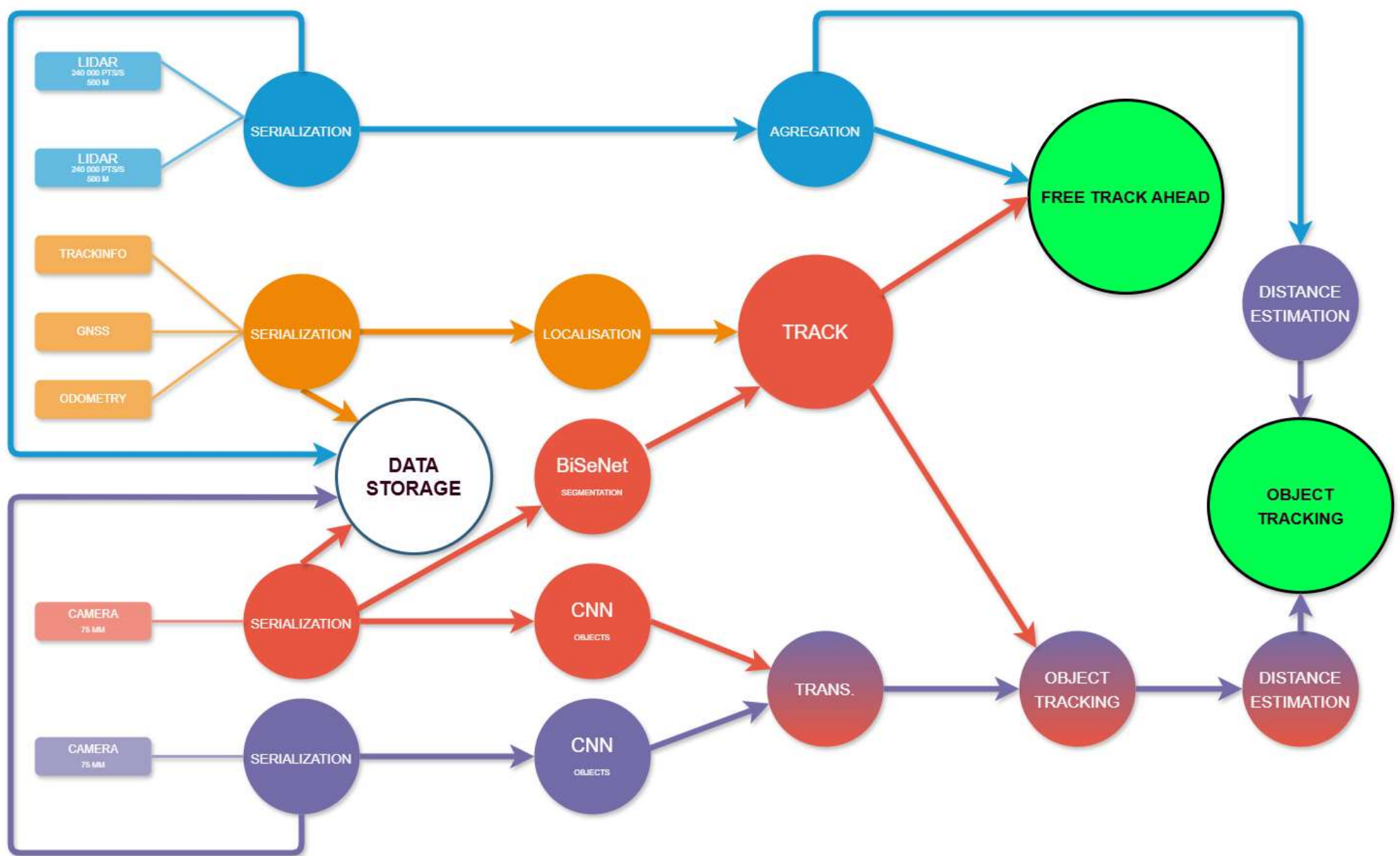
– Výpočetní HW

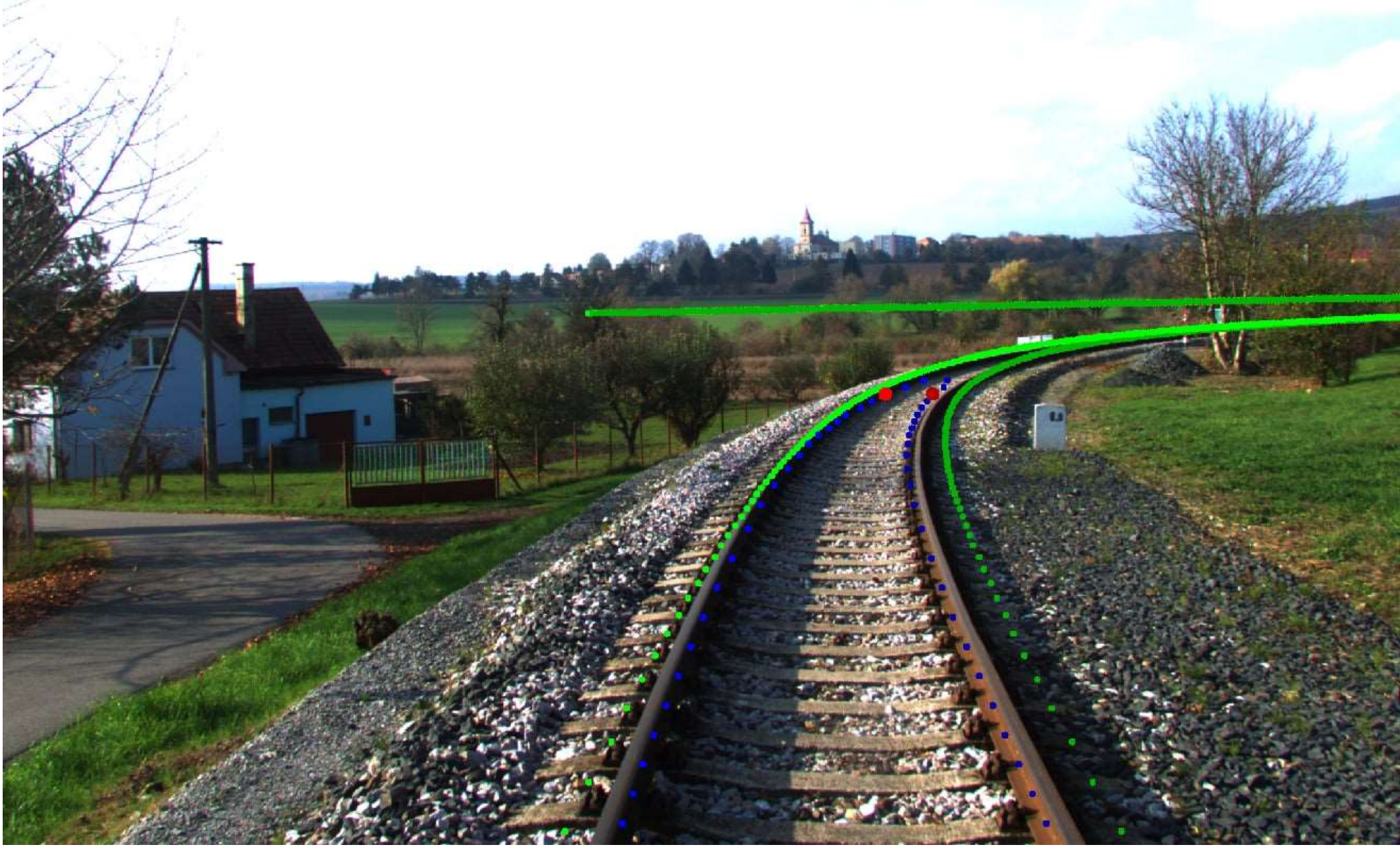
- architektura x86
- 2 x NVidia **RTX A4000** 16GB GDDR6
 - 2 x 19,8 TFLOPS (FP16)
 - neomezený počet streamovacích jednotek
- datové úložiště pro záznam dat
 - pro trénování AI
 - pro záznam rizikových situací
- konektivita s ostatními subsystémy
- drážní normy
 - EN50121-3-2



 NVIDIA

**GEFORCE
RTX**





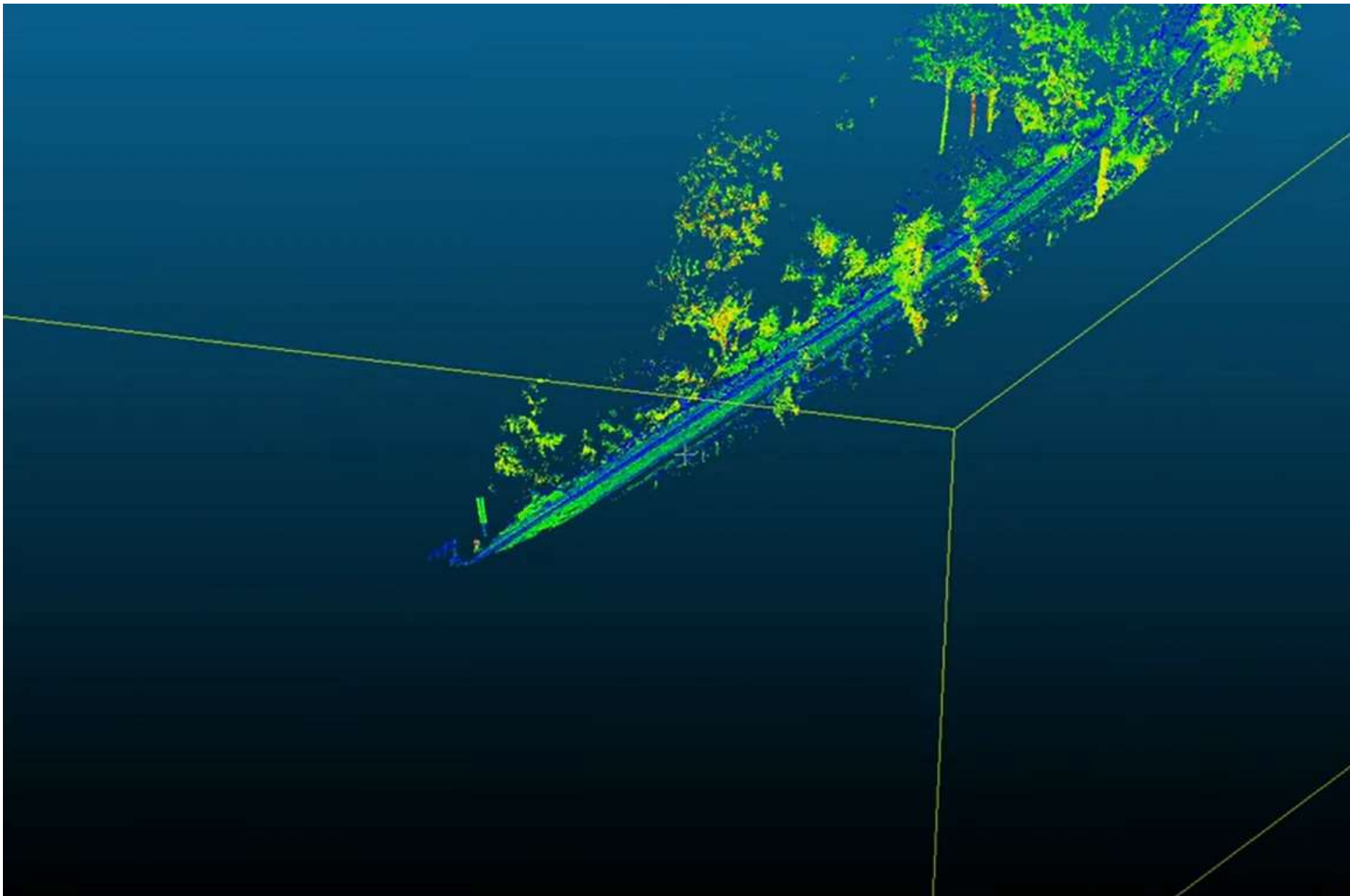
Software – FTA (Free Track Ahead)

▪ Vstup

- 2 x LiDAR Livox Tele-15
 - Agregace dat: 2048 bodů každých 4,7 ms
 - Využití IMU a klíčových bodů
- Mapové podklady a postavená vlaková cesta
- Lokalizace

▪ Výstup

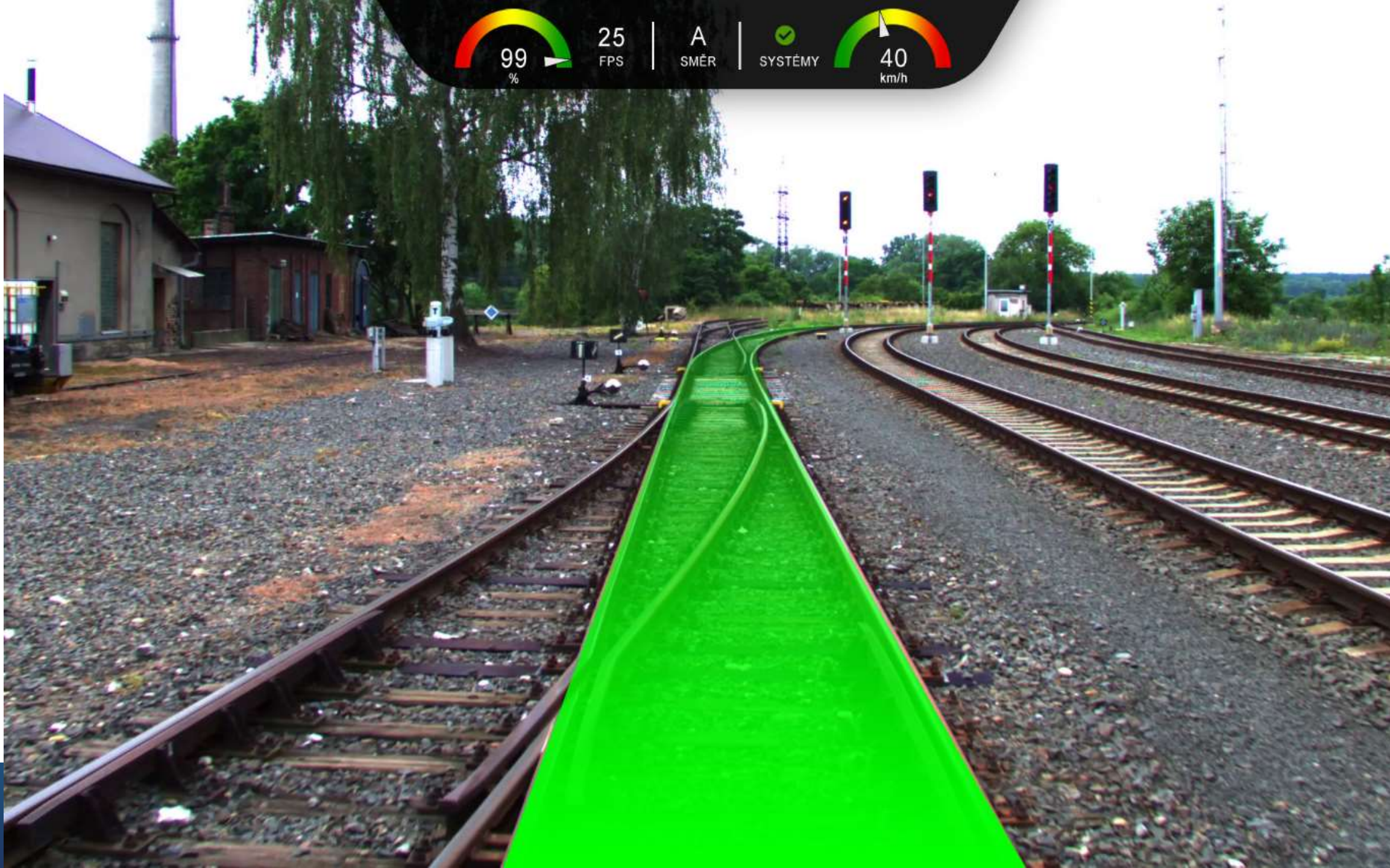
- Mračno bodů, které je obsaženo v průjezdovém profilu trati
- Označení možné překážky
 - V definované nadmořské výšce (z mapy)
 - Velikost a vlastnost shluků bodů, které jsou označeny za překážku



Diagnostická aplikace

- **Podpora provozu**
- **Monitor – Stream z kamer**
 - Rychlost
 - Stav systémů
 - Dohled - viditelnost
 - Rychlost zpracování dat / zpoždění
- **Diagnostická aplikace**
 - Kontrola přítomnosti strojvedoucího
 - Potvrzení odjezdu při nečekaném zastavení
 - Sledování stavu systému – návaznost na manuál systému

99 % | 25 FPS | A SMĚR | SYSTĚMY | 40 km/h

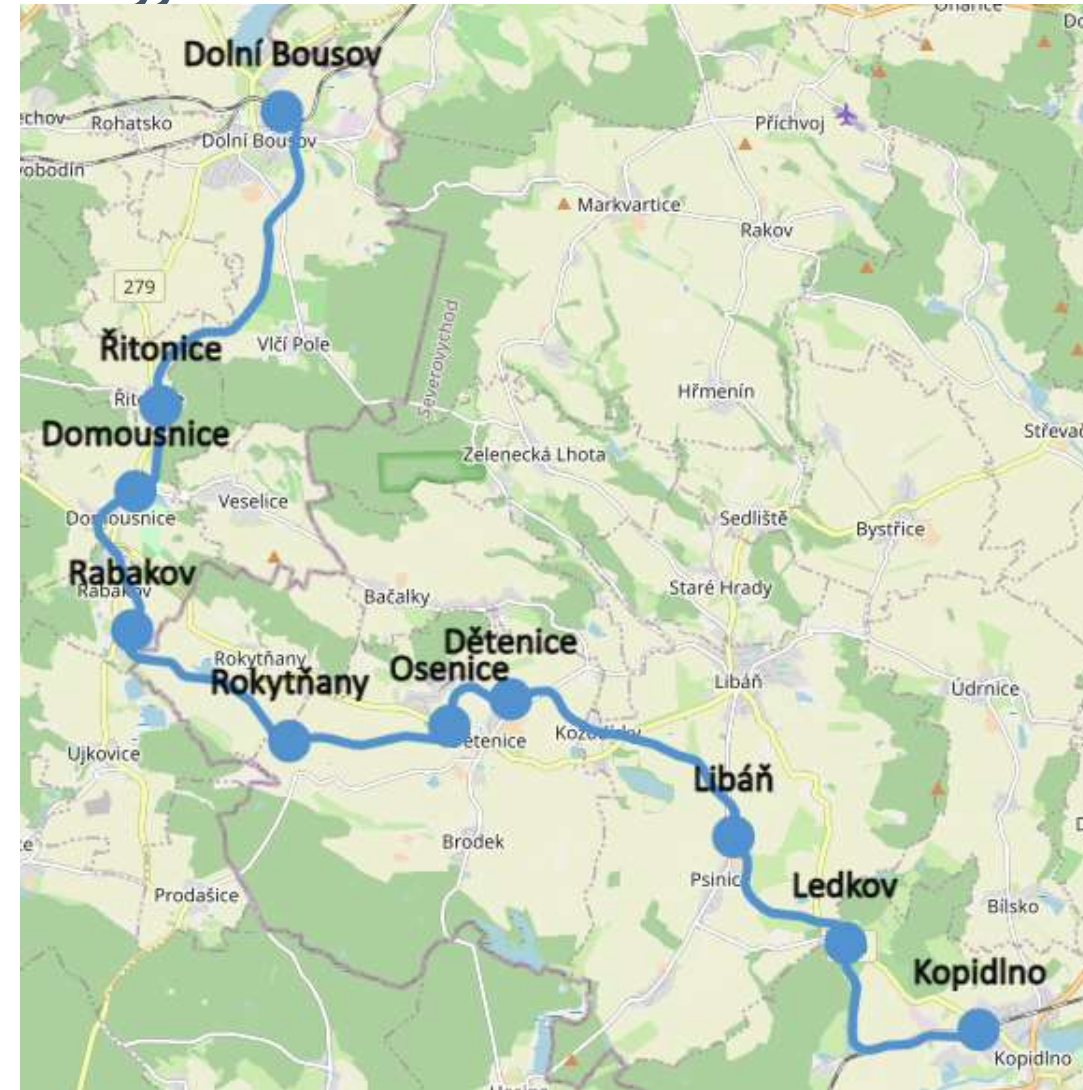


APM - Automatic Processing Module

- **Rozhodovací systém** nesoucí informace o chování vlaku a reakcích vlaku na vnější podněty
- Vlastní implementace
 - Systém síťového charakteru v němž dochází k různým interakcím na základě multikriteriálního rozhodování
 - Zpracované případové studie (analýzy chování obsluhy v různých situacích)
- Součástí jsou **komunikační rozhraní** mezi dalšími subsystemy vlaku
 - PAL & REP & PER & LOC
- **APM** – můžeme považovat za „mozek“ autonomního vlaku

Autonomní provoz s cestujícími „Dětenice 25“

- Trať Kopidlno – Dolní Bousov
- Modernizace trati:
 - ETCS L2
 - 5G
 - Electronic interlocking (ESA 51)
 - Radio block
 - GTN - Graphical and technological layer
 - S automatickým stavěním vlakových cest
 - Traťové detektory
- Cestující v přípojném voze 010
- Úpravy EDITA pro provoz s 010



Zajištění bezpečnosti D25

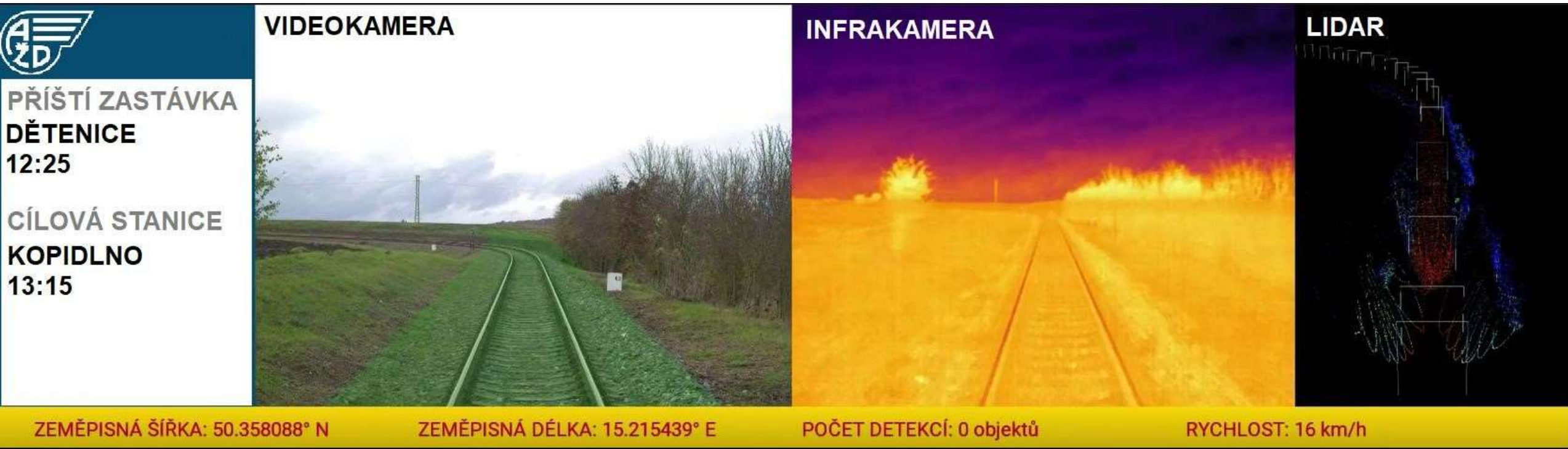
- Provoz bude GoA3 s rozšířenými odpovědnostmi obsluhy
- Dozor s kvalifikací strojvedoucího odpovědný za
 - Iniaci / kontrolu iniciace jízdy
 - Ovládání dveří přípojného vozu
 - Odpovědnost za bezpečnost – kontrola překážek před vozidlem a případné zastavení vozidla
- Průvodčí v přípojném voze
 - Odpovídá za nástupní prostor



Provoz s cestujícími

- EDITA – technologické vozidlo s omezenou kapacitou
- Úprava vývojového vozidla EDITA pro provoz s přípojným vozem
 - Úpravy i na Editě - vyvedení napájení 24 V / 100 A na čela vozu, konektor (pekelně drahý), jištění,...
- Příprava přípojného vozidla 010
 - Rozdílná úroveň napájení
 - Mezivozové zásuvky Harting
 - Ovládání dveří
 - Úprava hlavního rozvaděče (vytvoření místa - náhrada reléových regulátorů topení digitálním)
 - Doplnění upraveného informačního systému pro cestující (kromě běžných údajů zobrazovaných při provozu s 810 ještě přenos videa z Edity)

Provoz s cestujícími



Zobrazení na displeji pro cestující ve voze 010 při autonomní jízdě

Jízdní řád

- Plánovaná četnost autonomního provozu
- 1 víkend za měsíc, 1 týden v prázdninovém měsíci

063 Bakov nad Jizerou - Kopidlno a zpět

25571	25573	25575	km	Vlak	Vlak	km	25570	25572	25574
AŽD	AŽD	AŽD		Správa železnic, státní organizace			AŽD	AŽD	AŽD
☉	☉	☉		Dopravce	Dopravce		☉	☉	☉
				Ze stanice	Do stanice				
			0	↓Bakov nad Jizerou 070, 080	○	41			
			1	Bakov nad Jizerou město 070		40			
			5	Buda		36			
			7	Kněžmost		34			
			10	Litkovice		31			
			13	Obrubce		28			
			18	○Dolní Bousov 064		23			
				AŽD Praha s.r.o.					
			18	Dolní Bousov 064	○	23	44 9 04	44 12 49	44 16 49
44 10 05	44 14 05	44 17 20	23	Řítonice		18	x 8 56	x 12 41	x 16 41
x 10 11	x 14 11	x 17 26	24	Domousnice		17	x 8 54	x 12 39	x 16 39
x 10 14	x 14 14	x 17 29	26	Rabakov		15	x 8 50	x 12 35	x 16 35
x 10 17	x 14 17	x 17 32	29	Rokytňany		12	x 8 46	x 12 31	x 16 31
x 10 22	x 14 22	x 17 37	31	Osenice		10	x 8 43	x 12 28	x 16 28
10 25	x 14 25	x 17 40	32	Dětenice		9	◆ 8 40	12 25	16 25
◆ 10 40	14 29	17 44	36	Libáň		5	x 8 23	x 12 19	x 16 19
x 10 45	x 14 34	x 17 49	38	Ledkov		3	x 8 19	x 12 15	x 16 15
x 10 49	x 14 38	x 17 53	41	○Kopidlno 061	↑	0	44 8 15	44 12 11	44 16 11
44 10 54	44 14 43	44 17 58		Do stanice	Ze stanice				

44 jede v ☉ a † od 5.IV. do 29.VI. a od 6.IX. do 28.X., od 1.VII. do 31.VIII. jede denně

◆ 25570 příjezd v 8 28
◆ 25571 příjezd v 10 28

063

178



Cíle autonomního provozu z cestujícími

- Prokázání efektivity a správné funkce v reálných podmínkách (nikoliv pouze dráha speciální)
- Metrika pro stanovení vlastností / úspěšnosti provozu
- Sběr dat senzorů za různých podmínek, součinnost trati (chytré)
- Ověření spolehlivosti použitých technologií
- Rozproudění legislativního procesu
- Hledání procesu prokázání bezpečnosti ve vztahu k použité technologii
- Diskuse o aplikacích v reálném provozu podle typu ...
- Základ pro další systémy v reálné praxi – vzdálené řízení, dohled, diagnostika

Vzdálené řízení s využitím ATO



Návazné cíle ERJU R2DATO

- Využití zkušeností z autonomního provozu v ERJU R2DATO
- Příprava technologií pro testování výstupů R2DATO spolu s Alstom, Faively a Indra
- Provedení provozních testů na DB-K na konci roku 2025 a začátku 2026
- Sběr dat z našich senzorů z oblasti Gothardského tunelu, ve spolupráci s SBB

Děkuji za pozornost

Ing. Antonín Diviš

divis.antonin@azd.cz

© 2025 AŽD Praha s.r.o.

Žirovnická 3146/2, Záběhlice, 106 00 Praha 10

www.azd.cz

