CRV & AVV

modulární řídicí systém pro všechny druhy vozidel se zvláštním zaměřením na energeticky úsporné řízení

Dr. Ing. Aleš Lieskovský, Dr. Ing. Ivo Myslivec
AŽD Praha, s.r.o.

Ing. Pavel Hanzelka, Dr. Jan Hula, Ing. Petr Svoboda
MSV elektronika s.r.o., Studénka

Czech RailDays 2008, Ostrava, 17.06.2008

CRV & AVV

Obsah přednášky:

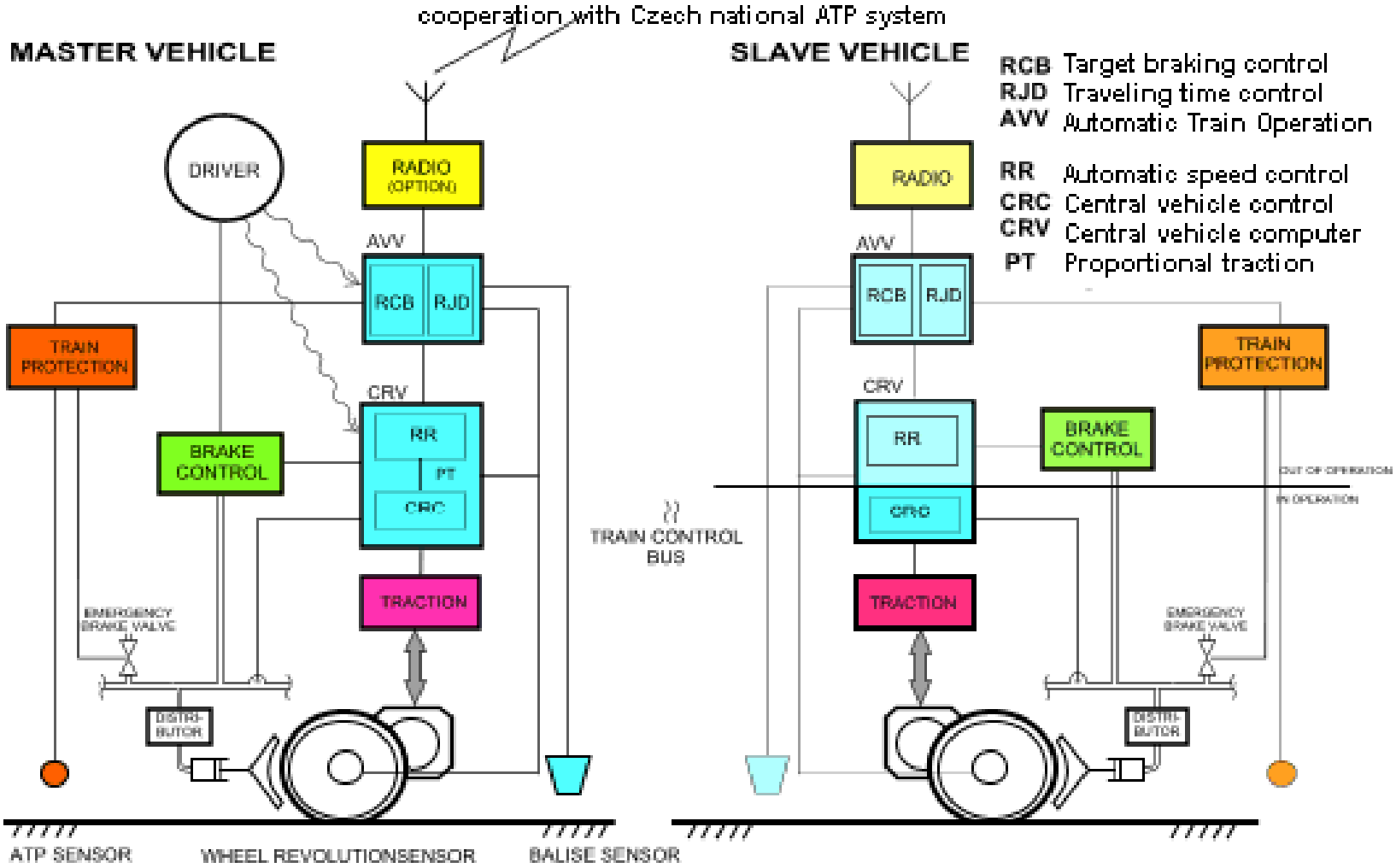
- Systémová charakteristika
- Centrální regulátor vozidla – CRV
- Automatická regulace rychlosti - ARR
- Automatické vedení vlaku – AVV
  (Regulátor cílového brzdění, regulátor jízdní doby)
- Orientace na trati, spolupráce s ETCS
- Diagnostický počítač vozu
- Mezivozová komunikace
- Hardwarové řešení, rozhraní člověk - stroj
- Bezpečnostní aspekty. Tradice a kontinuita
- Reference
- Detailnější rozvaha o výsledcích energetické optimalizace

Systémová charakteristika

- Modulární řídicí systém pro všechny druhy vozidel
  - jedinou podmínkou je elektricky řízený pohon a vlaková brzda
- vhodný jak pro nová vozidla, tak pro rekonstrukce
- v provozu na vozidlech
  - elektrických (ss i st pohony)
  - dieselelektrických
  - dieselhydraulických
  - dieselhydromechanických
- instalován na zhruba 200 vozidlech 10 různých řad

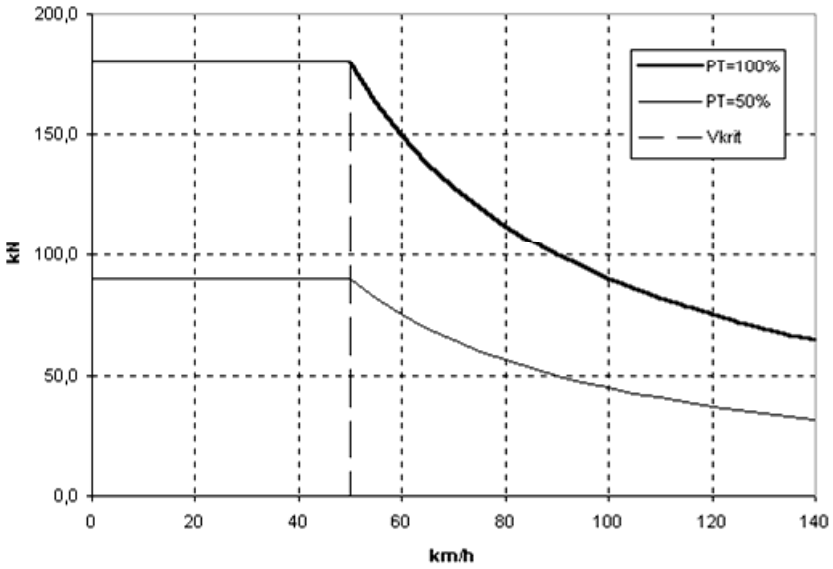
Základní schéma

AUTOMATIC TRAIN OPERATION ON CZECH RAILWAYS



Poměrný tah - PT

- Univerzální řídicí signál s rozsahem -100% až +100%
- Respektuje trakční charakteristiku daného vozidla
- Zabraňuje „nesplnitelnému požadavku“ a „wind-up“ efektu
- Umožňuje násobné řízení vozidel různých typů, výkonů i trakcí v jednom vlaku.



Idealizovaná trakční charakteristika (F_{max} = 180 kN, P_{max} = 2500 kW)

Centrální regulátor vozidla - CRV

Zajišťuje Automatickou regulaci rychlosti (ARR), ruční řízení i spolupráci brzd.

Volitelně může být doplněna o:

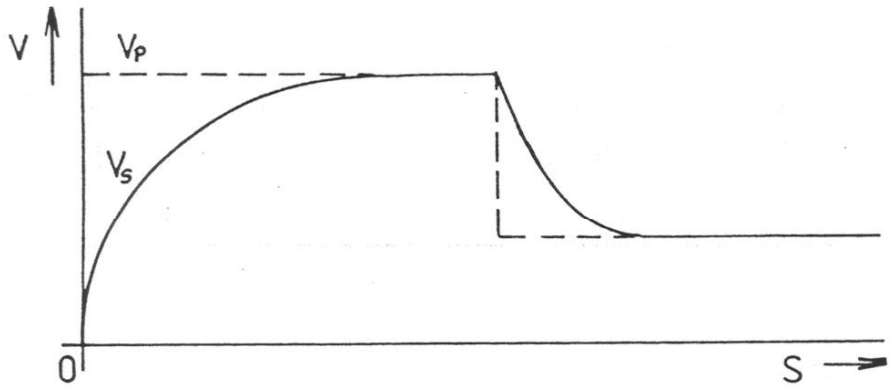
- uzel vlakové komunikační linky pro násobné řízení (Národní vlaková linka, WTB)
- radiové dálkové řízení
- vzdálené vstupy/výstupy
- nouzový (záložní) řídicí systém - NRV

CRV může spolupracovat s

- Diagnostickým počítačem vozidla - DPV
- Regulátorem trakčního dieselelektrického agregátu - RTR
- Automatickým vedením vlaku - AVV

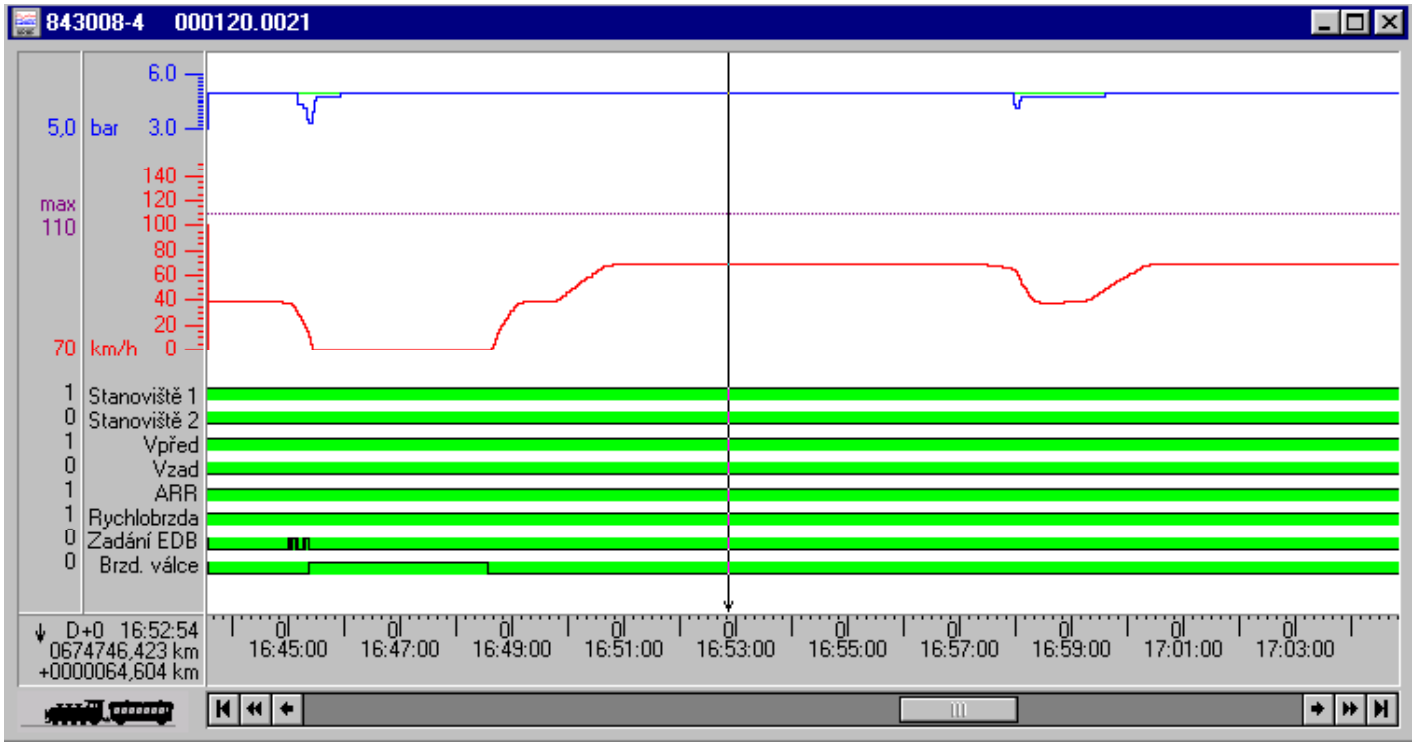
Automatická regulace rychlosti - ARR

- Řízení tažné síly a dynamické brzdy
- Řízení pneumatické průběžné brzdy
- Dosažení požadované rychlosti je **aperiodické** (bez překmitů a podkmitů)
- V případě zásahu strojvedoucího do procesu regulace zůstává ARR v činnosti, ale požadavek akceptuje
- Regulační rozsah od 2 km/h do Vmax (v současnosti do 200 km/h – lokomotiva ŠKODA 109E)
- typická přesnost je lepší než ±1 km/h



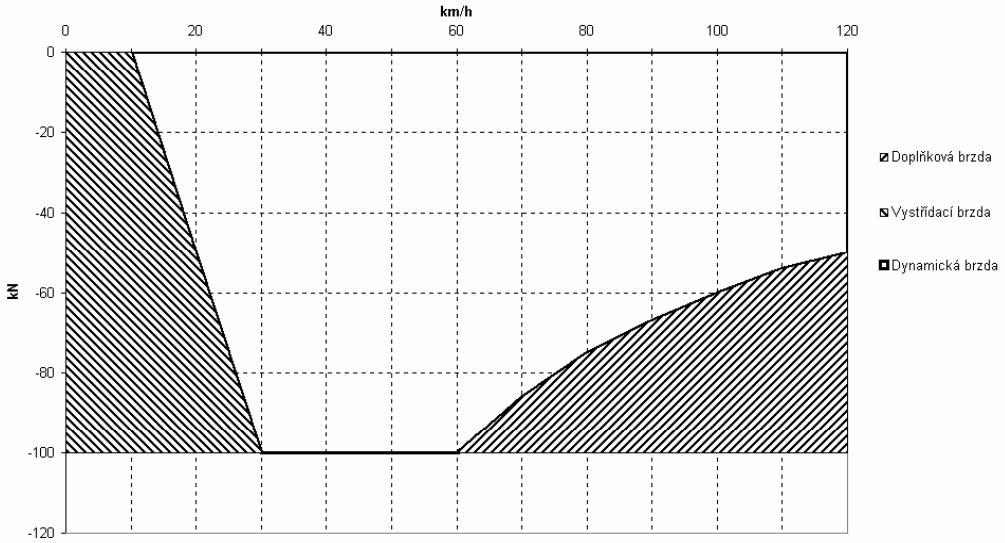
Automatická regulace rychlosti

- Rozšiřující funkce: např. kontrola, zda-li konec vlaku již projel určitým místem, např. koncem omezení rychlosti či okolo začátku nástupiště apod. (délka vlaku je zadána strojvedoucím)



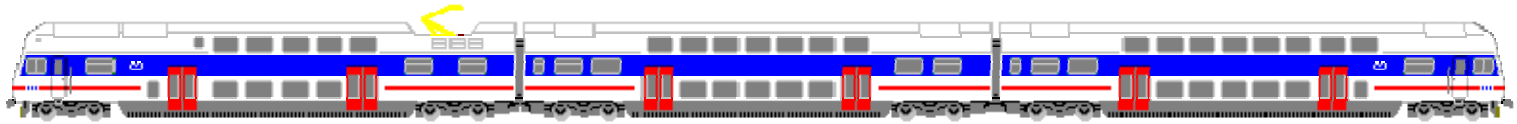
Spolupráce brzd

- Automatický náběh dynamické brzdy při použití brzdy pneumatické (průběžné).
- Doplňování účinku dynamické brzdy brzdou pneumatickou (v oblasti vysokých rychlostí, je-li potřeba), vystřídání brzd (blending – v nízkých rychlostech).
- Současné brzdění dynamickou i vzduchovou brzdou na jedné nápravě.
- Plynulý přechod (vystřídání) mezi oběma brzdami.



Automatické vedení vlaku - AVV

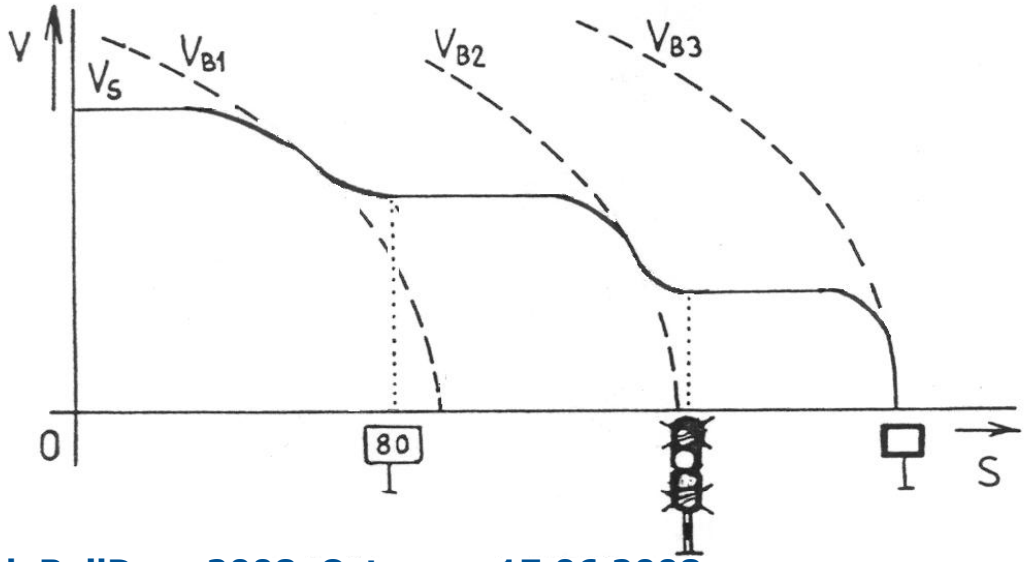
- Regulátor cílového brzdění (RCB)
- Regulátor jízdní doby (RJD) / energetická optimizalizace jízdy
- Založeny na palubní mapě trati (Route map) a palubním jízdním řádu
- Orientace na trati pomocí informačních bodů (pokud není ETCS)
- Spolupráce s ETCS – první aplikace v Evropě



Regulátor cílového brzdění - RCB

Zajišťuje automatické cílové brzdění k:

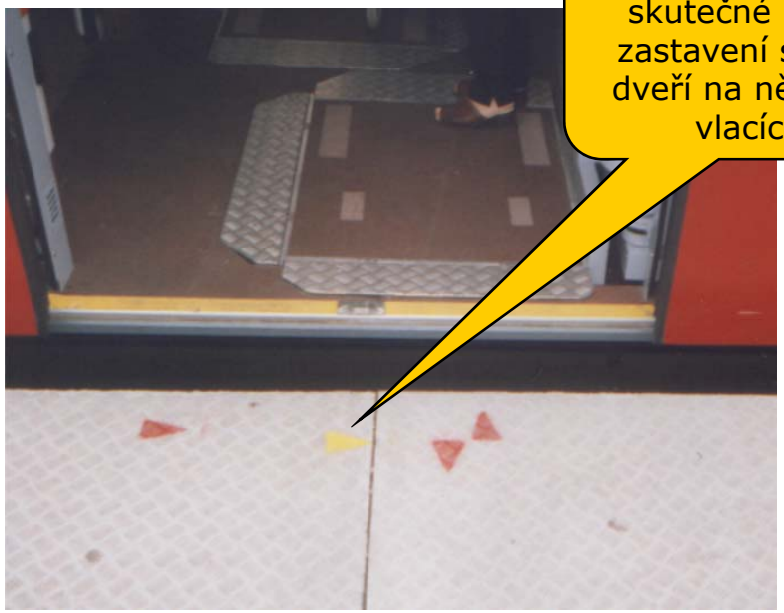
- rychlostníkům;
- návěstidlům s návěstí ”Stůj” nebo s návěstí omezující rychlost (vč. virtuálních návěstidel ETCS);
- nástupištím stanic a zastávek (zastavení čelem, středem nebo koncem vlaku podle místních zvyklostí).



Regulátor cílového brzdění

- Základní funkce: navést vlak na cílovou rychlost, a to právě v cíli (ne dříve ani později) a s odrychlením právě kleslým na nulu (bez podbrzdění)
- Další funkce: např. kontrola všech aktuálně platných omezení rychlosti a zabránění strojvedoucímu je překročit

Typická přesnost:
±1 m na železnici
±0.1 m v metru



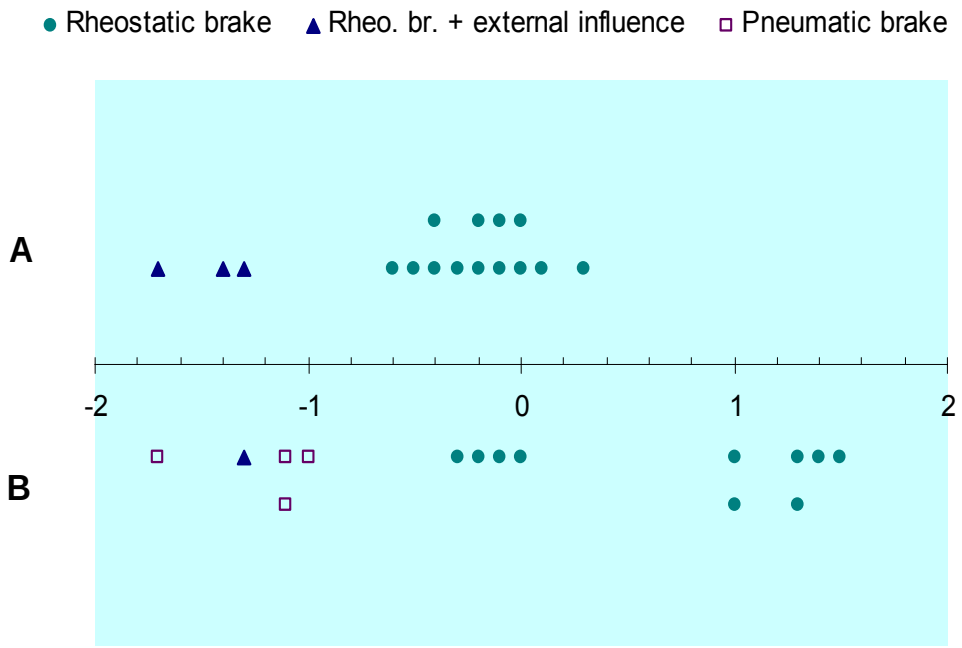
Regulátor cílového brzdění

Statistika zastavení el. jednotky 471 – dva vlaky, různé stanice:

A – suché koleje, vlak 9355, 22. 03. 2000

B – vlhké koleje, vlak 9308, 28. 03. 2000

(osa X v metrech)



Regulátor jízdní doby - RJD

Pro energeticky optimální jízdu s přesným příjezdem do stanice

- typická přesnost zastavení: ±10 sekund
- energetické úspory 10-30% (měření ERRI)

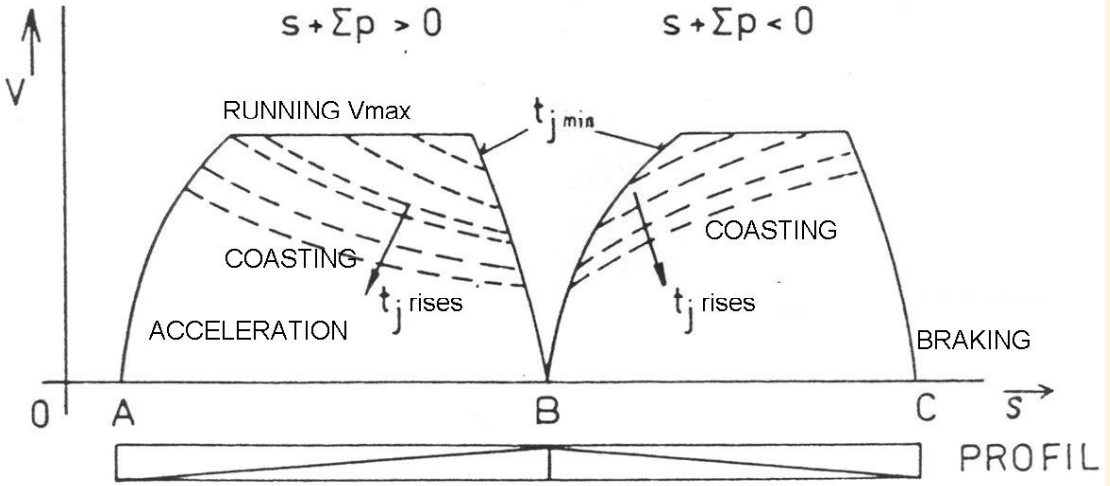
Variantní řešení pro

- vlaky často zastavující (osobní vlaky, příměstské vlaky, metro)
- vlaky zřídka zastavující (rychlíky, expesní vlaky, nákladní vlaky)

Regulátor jízdní doby / Energetická optimalizace jízdy

- Základní funkce: dovést vlak do nejbližší stanice právě včas (pokud je to možné) a s minimální spotřebou energie, toto je zajišťováno neustálým řešením pohybových rovnic vlaku palubní částí systému a zavedením výběhu v okamžiku, kdy je to potřeba
- Další funkce: např. korekce průběhu jízdy podle okamžité dopravní situace dálkovým rádiovým povelem

Více informací v druhé části přednášky



Palubní mapa tratě a jízdní řád

Mapa tratě obsahuje všechny statické informace o traťovém úseku:

- polohy rychlostníků,
- polohy návěstidel a staničních zhlaví,
- polohy nástupišť (míst zastavení),
- polohy změn nivelety.

Jízdní řád obsahuje informace o jízdě vlaku:

- seznam stanic a zastávek, v nichž daný vlak staví,
- časy příjezdů a odjezdů,
- stanovenou rychlost pro jednotlivé traťové úseky.

Orientace na trati – informační body

- Informační bod dává jedinečnou informaci o poloze vlaku na železniční síti a o směru jízdy (obdoba ID-kódu balízy ETCS).
- Ostatní statické informace jsou brány z mapy tratě (na libovolnou vzdálenost před vlakem).

- Během migrace k ETCS jsou užívány informační body typu MIB-6.

Spolupráce s ETCS

CRV&AVV spolupracuje s ETCS:

- pro orientaci na trati používá informace LRBG a LPBG (namísto MIBů)
- z ETCS přebírá statický rychlostní profil (SSP), převádí ho na dynamický rychlostní profil (DSP) a podle něj následně řídí jízdu vlaku
- pro ETCS vykovává funkce TIU (train interface unit) – provozní brzdění, příp.další funkce

Spolupráce s ETCS je (resp. bude) zkoušena na lokomotivě 362.166 a jednotce 471/971.042

Diagnostický počítač vozu - DPV

- Samostatný systém pro řízení a kontrolu vozových zařízení (např. dveří, topení, vodního hospodářství, informačních systémů pro cestující)
- řízení a kontrola funkcí nesouvisejících s trakcí (např. dobíjení baterií, chod kompresorů vč. synchronizace)
- vyhodnocování provozních a poruchových signálů z vozidla, poruchová hlášení, ukládání poruchových záznamů do paměti, přenos do servisních PC
- řízení zobrazování na displejích strojvedoucího
  - základní zobrazení pro jízdu
  - servisní zobrazení jednotlivých technologických celků (např. CRV, DPV, dveří, topení, požární ústředny,...)
  - výpis poruchových událostí (aktuální poruchy, historie, statistika)
- výpis jízdního řádu na displeji strojvedoucího
- komunikace s ostatními vozidly (přenos signálů, poruchových záznamů, dat pro informační systémy, ...)

Mezivozová komunikace (Národní vlaková linka – NVL)

- Mezivozová komunikace po stávajících (i starých) kabelech UIC
- V bezproblémovém provozu od r. 1995
- Řídicí linka (1pár vodičů), diagnostická linka (1 pár)
- Řídicí linka zcela univerzální pro všechna vozidla (nemusí se doplňovat charakteristika nového vozidla)
- Diagnostická linka univerzální na úrovni identifikace vozidla a přenosu obecných poruch
- I na vozidlech, jejichž ŘS dodávají jiné firmy (854, 954)

Vůz ř. 943 řídí po NVL lokomotivu ř.755 přes 3 „staré" vozy řady B

Man – machine interface

CRV & AVV minimalizuje počet ovladačů nutných pro řízení vozidla:

- 6-polohová Hlavní jízdní páka pro řízení trakce, dynamické i vzduchové brzdy (vč. rychlobrzdy)
- Klávesnice pro zadávání požadované rychlosti a zadávání či upřesňování návěstních znaků
- Grafický displej (dotykový či se soft-tlačítky)

Stanoviště strojvedoucího na motorovém voze řady Dm12 Finských drah (VR)

Bezpečnostní aspekty

- Zařízení je vytvářeno v souladu s EN 50155 a dalšími
  - Pro lokomotivu 109E je CRV&AVV navrženo s úrovní integrity bezpečnosti SIL 1
- I/O jednotky s vnitřní diagnostikou
  - detekce zkratu a přerušení obvodu zátěže
  - detekce průrazu a přerušení spínacího prvku
- Dvojitý signál watch-dog
- Reléový odpojovač výstupních signálů
  - přímo řízený signálem watch-dog
- Externí adresace zásuvných I/O jednotek
  - zabránění nesprávnému nastavení po výměně jednotky

Tradice a kontinuita

- práce již od 60. let minulého století
- více než 200 člověkoroků zkušeností
- přes 500 úspěšně provozovaných analogových systémů do roku 1990
- bezproblémový přechod od analogové k digitální technice
- aktivní spolupráce s výrobcem vozidla při oživování a zkouškách řídicího systému (vozidla pro ČSD, ČD, SŽDC, VR, DP-M, JHMD)

Jeden z autorů prezentace při zkouškách násobného řízení motorového vozu Dm12

Provozní spolehlivost

- generické jádro systému prověřeno více než 12 lety každodenního provozu operation
- aktivní spolupráce při návrhu a vývoji vozidla
- důkladné laboratorní testy používající fyzický model vozidla (tak zvaný "zbytek světa")
- „instaluj a jeď" – po instalaci systému může vozidlo vyjet ve velmi krátké době (dny)

HW řešení a reference

Komplexní řečšení

pokrývá veškeré funkce spjaté s řízením vozidla

- motorové a řídicí vozy 843/943 (ČD)
- motorové vozy Dm12 (VR)
- motorové lokomotivy T47.0 (JHMD, reko) a 754 (ČD)
- el. lokomotiva 362.166 (reko řídicího systému, spolupráce s ETCS)

Integrální subsystémy

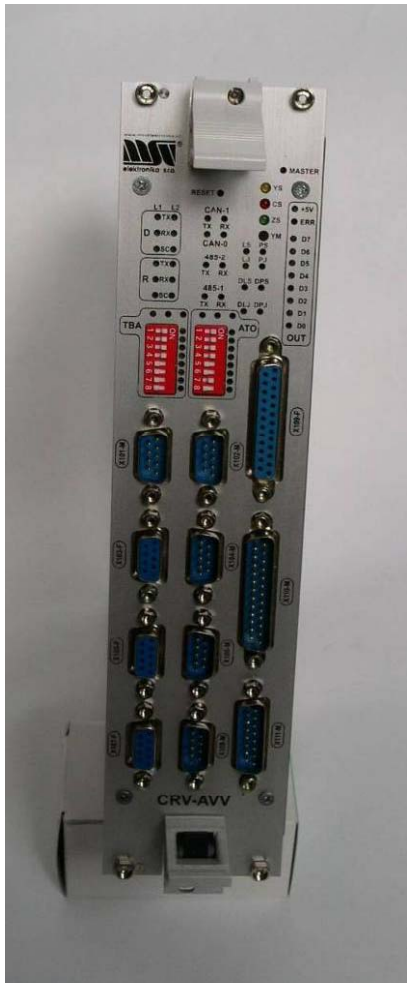
ve stávajícím řídicím systému

- el. jednotka 471/971 (ČD)
- el. lokomotivy 109E (ŠKODA pro ČD)

Samostatné systémy

na vozidlové sběrnici (CAN open, MVB)

- vozy metra 81-7171M (DP-M)



Motorové a řídicí vozy 843/943

- 31+11 instalací, HW MSV Studénka
- 16-bit RISC procesor Infineon 80C166 @40 MHz
- automatická regulace rychlosti ARR
- spolupráce brzd, protismykový regulátor
- násobné řízení vozidel po Národní vlakové lince po kabelu UIC
- palubní diagnostický systém DPV
  plus dalších 32 instalací
  na vložených vozech 043

  Modernizace DPV – na CPU Fujitsu,
  doplnění ISC
  další instalace na 19+ vozech 054

Motorové vozy Dm12 VR

- 16 instalací, HW MSV elektronika
- 32-bit RISC procesors Fujitsu 91F362 @48MHz
- automatická regulace rychlosti ARR
- řízení dieselhydraulického pohonu, spolupráce brzd
- interface k vlakovému zabezpečovači EBICAB
- násobné řízení dle standardu NVL
- palubní diagnostika s výkonným nápovědným systémem

"Sněhulák" ve zkušebním centru Arsenal ve Vídni: -40°C a úspěšný start!

Motorové lokomotivy T47.0 JHMD

- rekonstrukce úzkorozchodných lokomotiv ČKD z roku 1953
- 3 instalace, HW MSV elektronika
- 32-bit RISC procesor Fujitsu 91F362 @48MHz
- automatická regulace rychlosti ARR
- řízení dieselelektrického pohonu
- vícenásobné řízení, dálkové řízení rádiem
- integrovaný tachograf a kontrola bdělosti

Motorové lokomotivy 754

- rekonstrukce lokomotiv ČKD z roku 1975
- 3 instalace (další v realizaci), HW MSV elektronika
- 32-bit RISC procesor Fujitsu 91F362 @48MHz

- automatická regulace rychlosti ARR
- řízení dieselelektrického pohonu
- násobné řízení
- integrovaný tachograf

Elektrická jednotka 471/971

- 35+35 instalací (další v realizaci), HW UniControls
- 32-bit CISC procesor Motorola 68C360 @20MHz
- automatická regulace rychlosti ARR
- regulátor cílového brzdění
- regulátor jízdní doby / energetická optimalizace jízdy (pro často zastavující vlaky)
- spolupráce brzd, protismykový regulátor
- jedna (pilotní) instalace – spolupráce s ETCS

Elektrická lokomotiva 362.166

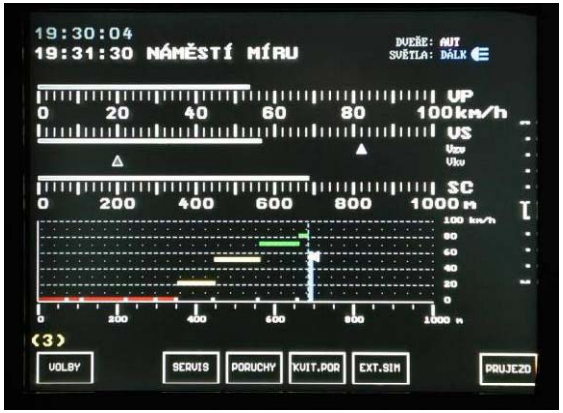
- rekonstrukce řídicího systému lokomotivy
- 1 pilotní instalace, HW MSV elektronika
- 32-bit RISC procesor Fujitsu 91F362 @48MHz
- automatická regulace rychlosti ARR
- regulátor cílového brzdění
- regulátor jízdní doby / energetická optimalizace jízdy (pro zřídka zastavující vlaky)
- spolupráce brzd
- násobné řízení (příprava)
- spolupráce s ETCS
  (AVV používá SSP a realizuje příkaz na provozní brzdění)

Elektrické lokomotivy ř. 380 (ŠKODA 109E)

- 2 instalace (ve zkouškách), HW MSV elektronika
- 32-bit RISC procesor Fujitsu 91F362 @48MHz
- automatická regulace rychlosti ARR
- regulátor cílového brzdění
- regulátor jízdní doby / energetická optimalizace jízdy (pro zřídka zastavující vlaky)
- spolupráce brzd, protismykový regulátor

Soupravy Metra 81-7171 M

- 50 (+ dalších 6 letos) instalací, HW UniControls
- 32-bit CISC procesor Motorola 68C360 @20MHz
- automatická regulace rychlosti ARR
- regulátor cílového brzdění
- regulátor jízdní doby / energetická optimalizace jízdy (pro často zastavující vlaky)
- spolupráce s vlakovým zabezpečovačem SOP2-P, provozní interval 90 s



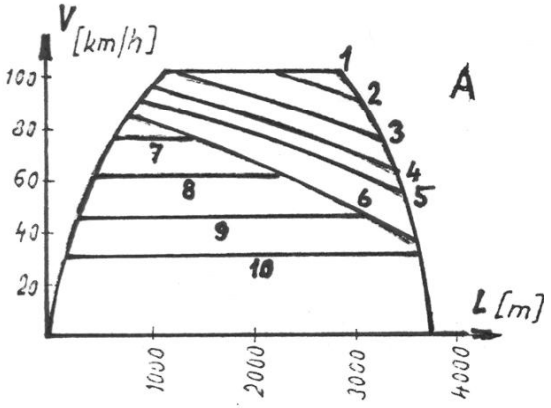
Krátká přestávka

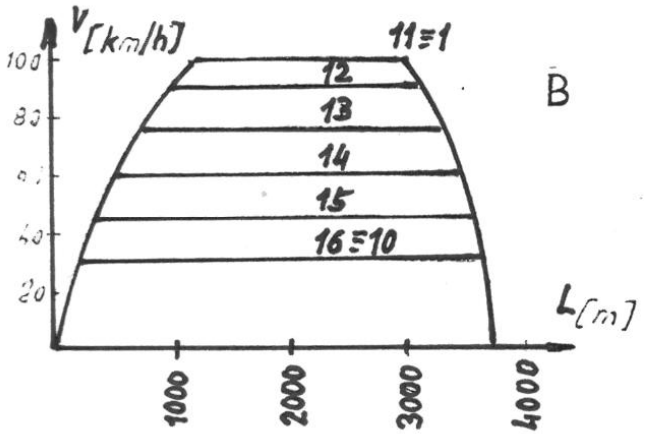
- Opravdu krátká přestávka před druhou půlkou přednášky...

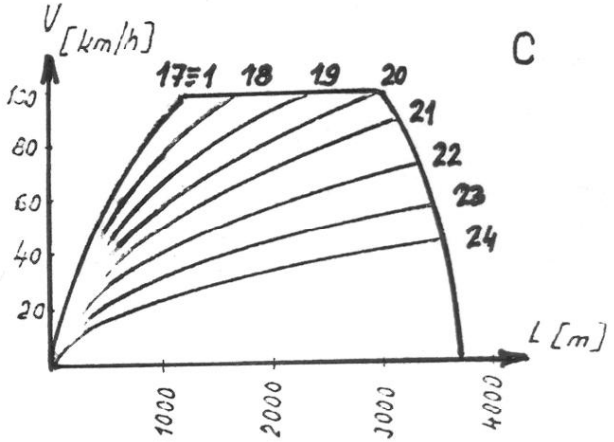
Regulace jízdní doby / Energetická optimalizace jízdy

3 možnosti prodlužování jízdní doby:

A) zavedení výběhu
B) omezení Vmax
C) snížení rozjezdového zrychlení

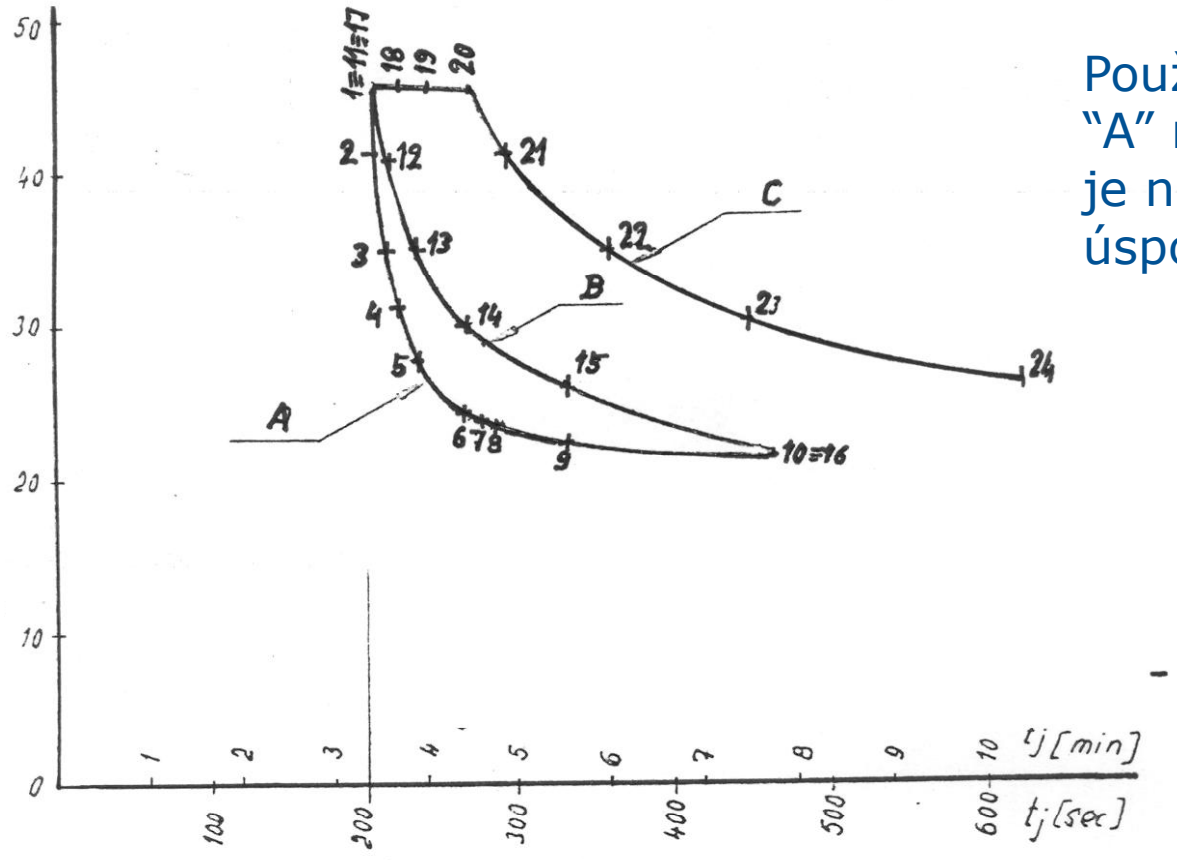






Energetická optimalizace - výsledky

Skutečná měření spotřeby energie často zastavujícího vlaku [Wh/t.km]

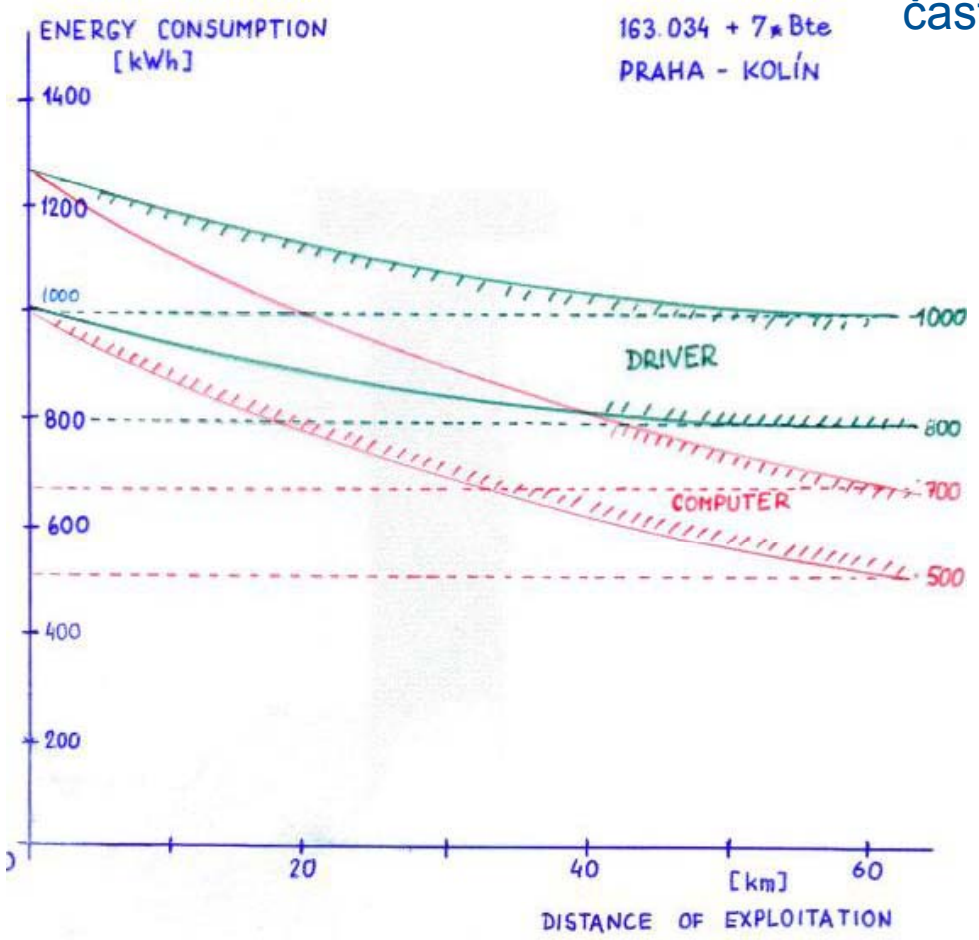


Používání výběhu (případ "A" na předchozím snímku) je nejefektivnější cesta pro úsporu energie

Loko 242.256,
Vlak 300 t,
délka úseku = 3770 m,
sklon = + 5‰
měřeno v roce 1989

Energetická optimalizace - výsledky

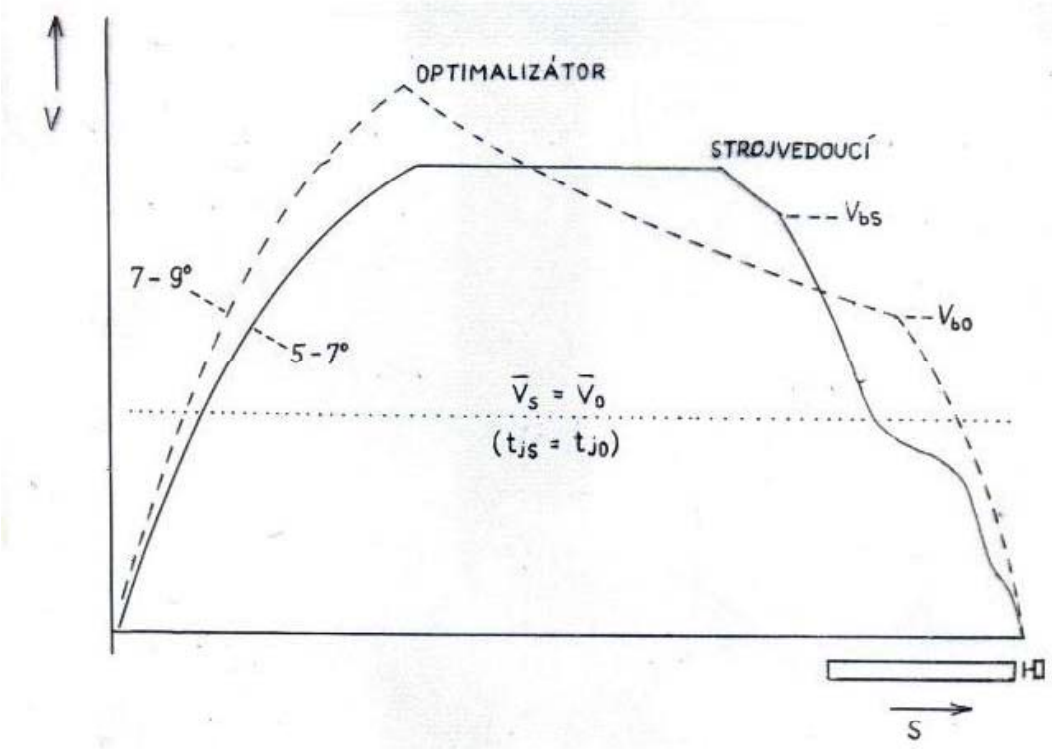
Skutečná měření spotřeby energie často zastavujícího vlaku [kWh]



Loko 163.034,
Vlak 7 x Bte,
Trať Praha – Kolín
(62 km)
měřeno v roce 1992

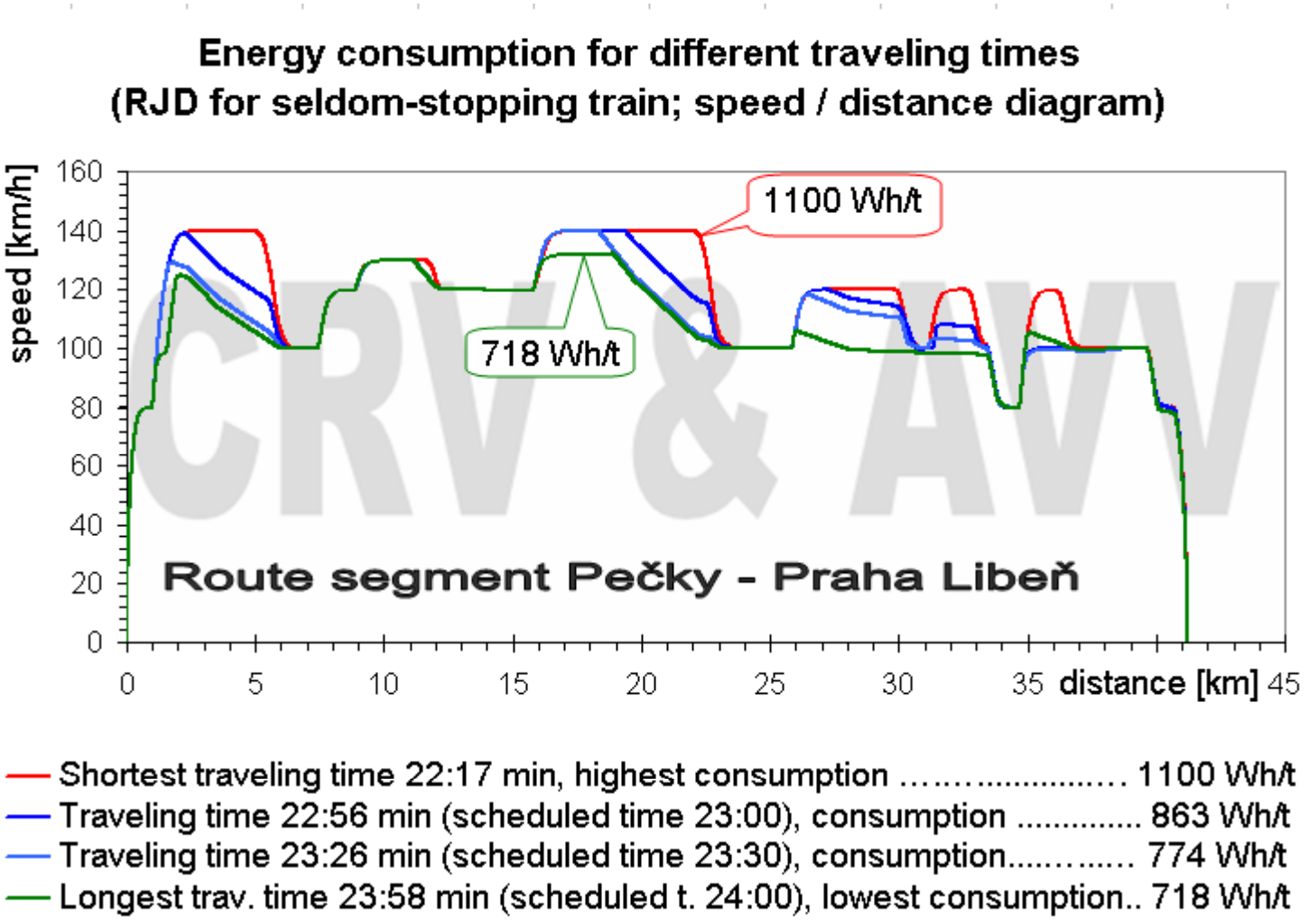
Energetická optimalizace - výsledky

Typický průběh jízdy mezi dvěma zastaveními pro strojvedoucího a AVV při dodržení shodné jízdní doby.



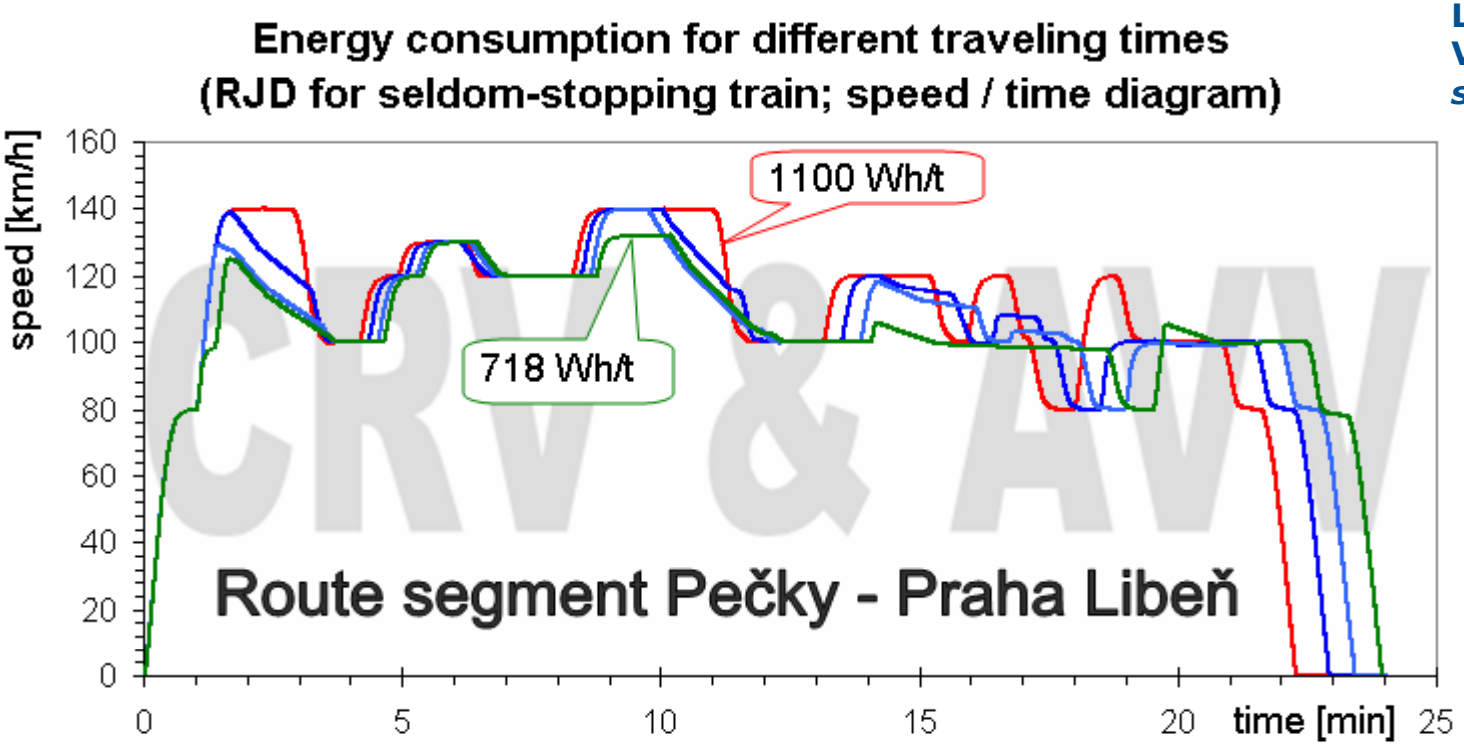
Energetická optimalizace - výsledky

Loko 380
Vlak 350 t
simulace 2007

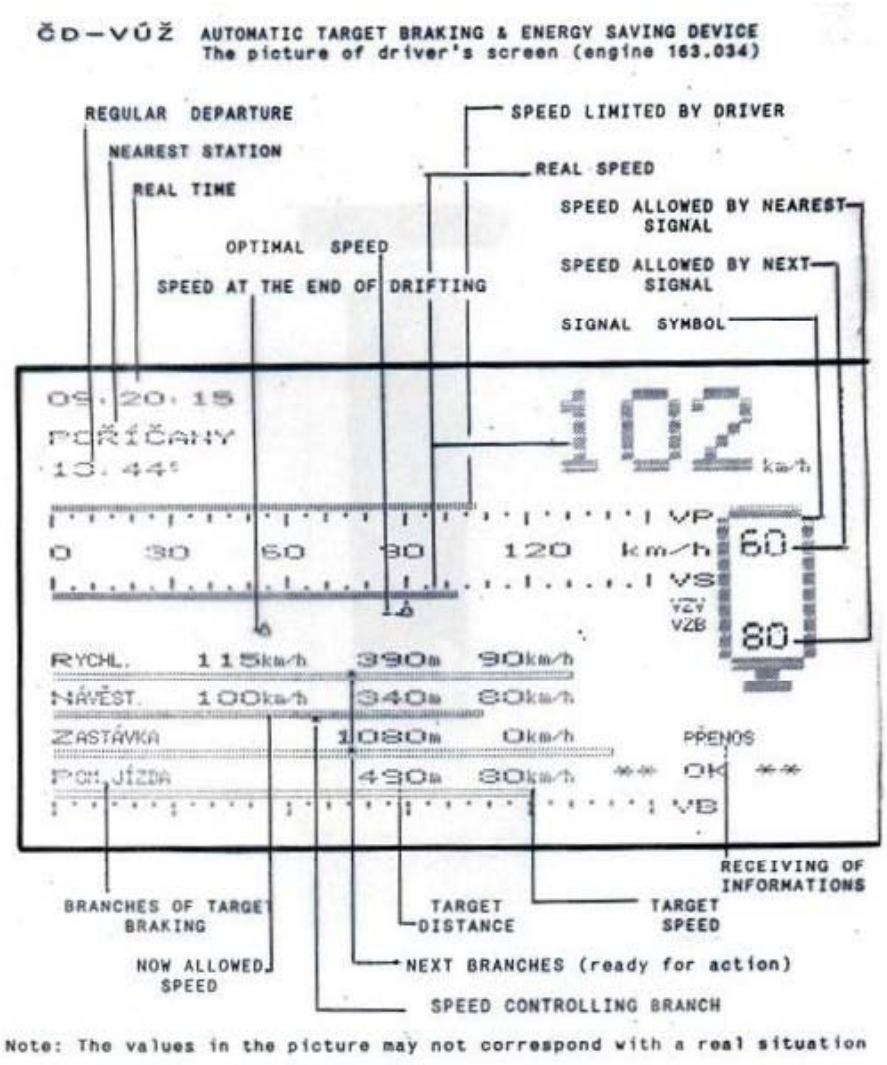


Energetická optimalizace - výsledky

Loko 380
Vlak 350 t
simulace 2007



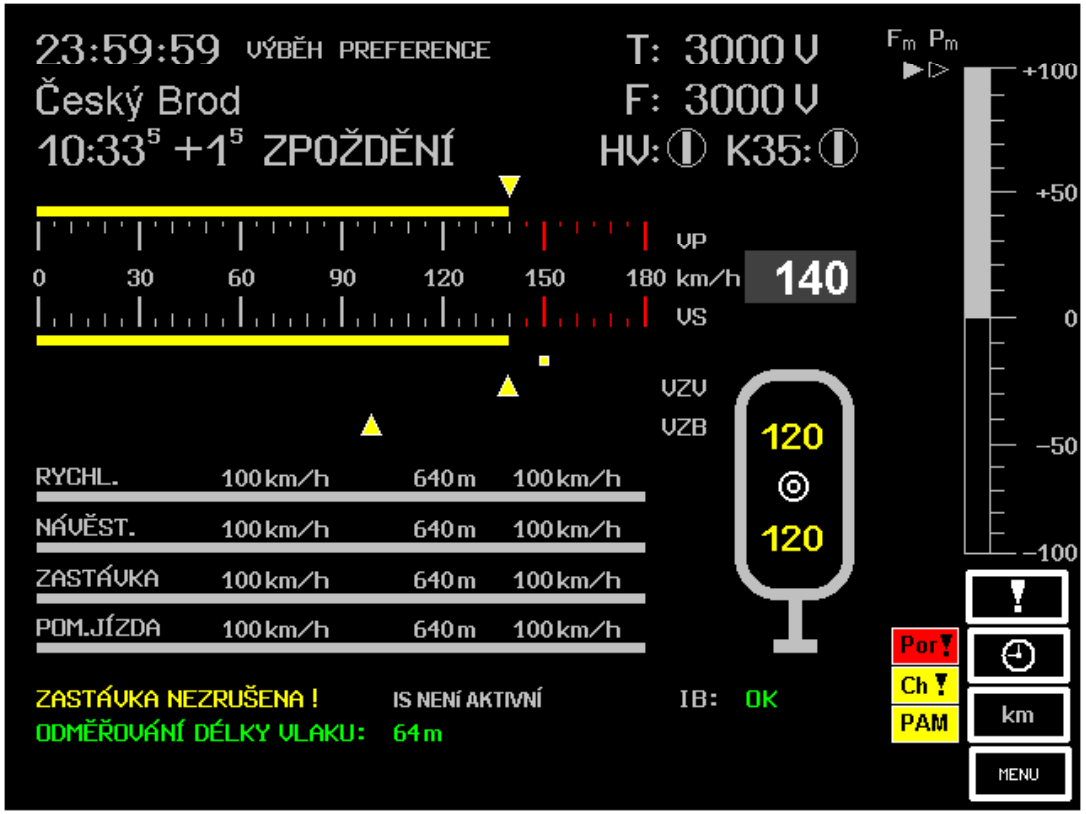
Displej strojvedoucího



Skutečný vzhled (hardcopy) zobrazení na displeji strojvedoucího při režimu RJD - lokomotiva 163.034 (1991)

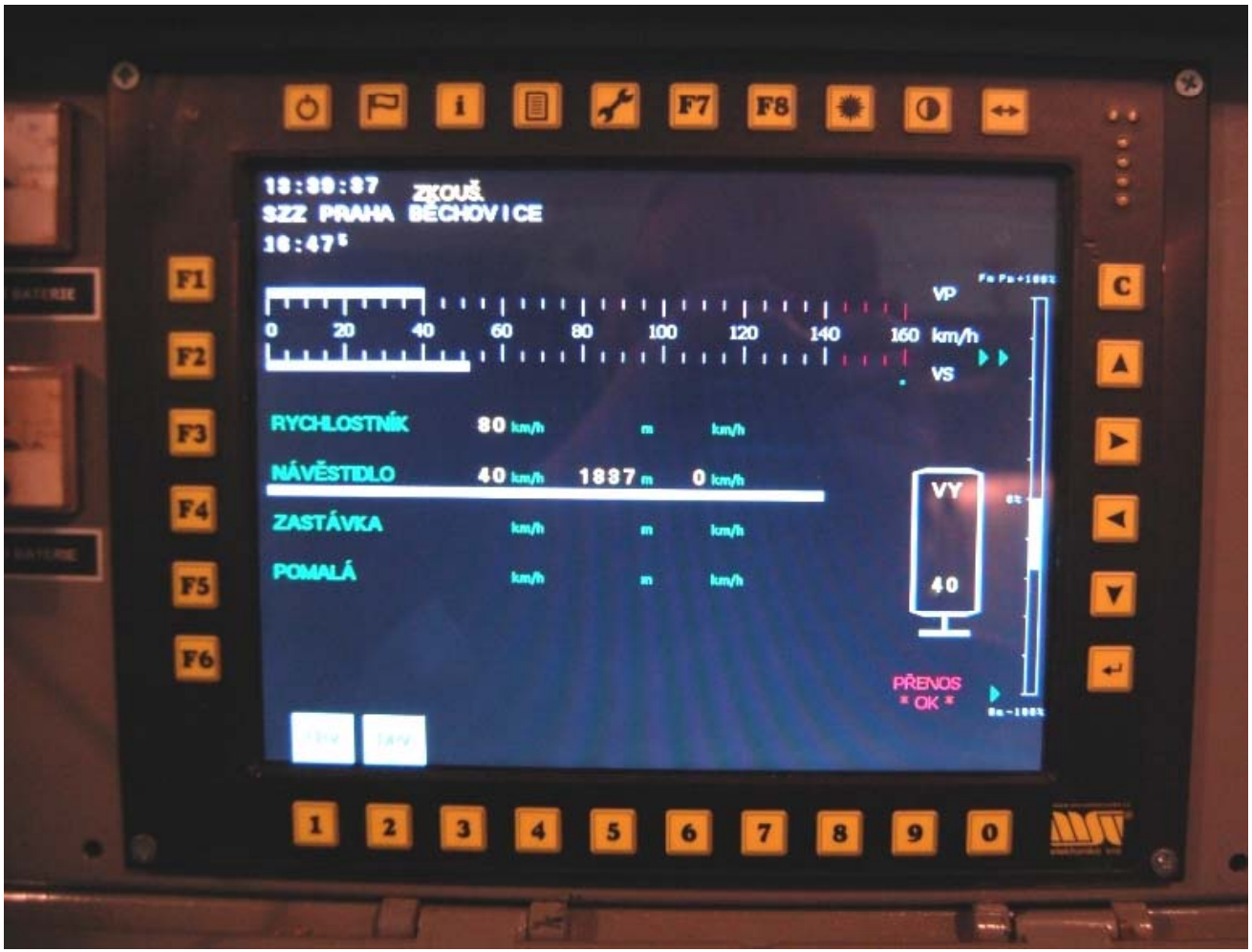
Displej strojvedoucího

Zobrazení režimu RJD na displeji strojvedoucího na jednotce 471 (Implementace Unicontrols, testovací obrázek, 1998)



Obrázek též obsahuje prvky zobrazení tachografu a silových obvodů soupravy

Displej strojvedoucího



Displej strojvedoucího na lokomotivě 362.166 – režim RJD.

Obrázek byl pořízen během zkoušek, kdy byl řídicí systém přepnut do zkušebního režimu. Toto je velice užitečné pro výuku strojvedoucích, prezentaci systému („Dny otevřených dveří"), pro hledání závad apod.

Konec

Děkujeme za pozornost.

V případě jakýchkoli otázek se prosím ptejte nyní nebo nám Váš dotaz pošlete později na mail

Lieskovsky.Ales@azd.cz
Myslivec.Ivo@azd.cz
Petr.Svoboda@MSVelektronika.cz
Jan.Hula@MSVelektronika.cz

Děkujeme též autorům použitých fotografií.