

SCIENTIFIC PAPERS  
OF THE UNIVERSITY OF PARDUBICE

Series B

The Jan Perner Transport Faculty

2 (1996)

**KOMBINOVANÁ DOPRAVA SILNICE/ŽELEZNICE: ENERGETICKÁ  
NÁROČNOST, DOPRAVNÍ BEZPEČNOST A ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ**

Milan GRAJA, Vlastislav MOJŽIŠ

Dopravní fakulta Jana Pernera, Univerzita Pardubice

**Úvodem**

Jedním z pod systémů kombinované dopravy využívající předností jednotlivých druhů dopravy je pod systém silnice/železnice. Výhodou železniční dopravy je zejména možnost velkokapacitní přepravy na delší vzdálenosti, větší bezpečnost přepravy, vyšší energetická účinnost, nižší zatížení životního prostředí. Předností silniční dopravy spočívají hlavně v její operativnosti, rychlosti, v obsluze ode dveří ke dveřím a tedy v jejím využití v počátečních i koncových fázích přepravy. Konkrétním příkladem spojení předností obou druhů dopravy je cyklus: nakládka zboží do nákladových jednotek u zákazníka v denní době, svoz nákladových jednotek prostředky silniční dopravy do terminálu v odpoledních hodinách, nakládání a příprava vlaku v pozdní odpoledne, přeprava rychlými ucelenými vlaky v nočních hodinách do terminálu určení, rozvoz nákladových jednotek prostředky silniční dopravy v ranní době k vykládce u zákazníka. Vyplývá to ze zahraničních zkušeností [1]. Uvedená pozitiva jsou v tomto příspěvku dokladována s využitím různých odborných pramenů a na výsledcích vlastních modelových porovnání.

V České republice [2] stav kombinované dopravy byl a dosud je motivován na základě působení jiných faktorů:

- ♦ přeprava značného množství zboží ve velkých kontejnerech se rozvíjela zejména pro odstranění překládkových problémů, vyplývajících ze změny rozchodu kolejí na hraničních přechodech s bývalým SSSR (zejména v této přepravní relaci byl zaznamenán rychlý pokles již od roku 1989),
- ♦ rozvoj doprovázené kombinované dopravy (v roce 1993 v relaci Č. Budějovice - Villach a v roce 1994 v relaci Lovosice - Drážďany) je více řešením současných problémů spojených s odbavováním kamiónů na přetěžovaných silničních hraničních přechodech i problémů ekologických (za finančního příspěví státu), než systémovým řešením a působení čistě tržních principů.

Jako perspektivní přepravní systémy v rámci kombinované dopravy silnice/železnice se hlavně jeví [1]:

- ♦ kontejnerový přepravní systém, jež má zejména nezastupitelnou funkci v námořních přepravách kontejnerů a jejich pokračování do vnitrozemí hlavně v rámci kombinované dopravy silnice/železnice,
- ♦ systém výměnných nástaveb (zejména pro vnitrozemské přepravy).

V omezené míře se používá:

- ♦ systém přepravy návěsů na speciálních kapsových železničních vozech. Původně to byl rozběhový systém v kombinované dopravě. Tč. má tento systém v zemích EU již stagnující charakter,
- ♦ systémem ROLA (doprovázená přeprava silničních jízdních souprav na speciálních nízkopodlažních železničních vozech) na vybraných trasách železniční dopravy přes Alpy, přes hranice jednotlivých států apod.

Podporovat a upřednostňovat jakýkoliv druh dopravy - přepravy jen na základě více méně subjektivních dojmů není dost dobře možné. Je potřebné vytvořit komplex kritérií pro porovnávání různých druhů dopravy - přepravy a různých druhů kombinací dopravních a přepravních prostředků, ve kterých kromě nákladovosti dále rozhodují:

- ♦ spotřeba energie (elektrické energie - pohonných hmot),
- ♦ ovlivňování životního prostředí (zejména hluk a emise způsobené dopravní činností),
- ♦ bezpečnost dopravy (zejména z hlediska četnosti a důsledků dopravních nehod).

### **Vlastní energetické posouzení - snižování energetické náročnosti přepravy**

Ve většině případů je úspora energie vyčíslována především úsporou ve spotřebě nafty, což představuje u kombinované dopravy silnice/železnice úsporu o 30 až 80 % oproti dopravě silniční. Např. podklady [3] uvádí konkrétní

Milan Graja, Vlastislav Mojžíš:

snížení energetické náročnosti o 10,9 tun nafty na 1 miliardu tkm. Vyplývá to z rozdílu měrných spotřeb dosahovaných v silniční dopravě (18,8 gramů nafty/tkm) a v kombinované dopravě realizované převážně železniční dopravou (7,85 gramů nafty/tkm).

O oprávněnosti těchto tvrzení je možno se přesvědčit z výsledků velmi jednoduchého modelového porovnání jízdy silniční jízdní soupravy s návěsem plošinového typu s jednou výměnnou nástavbou délky 12 192 mm a při přepravě této výměnné nástavby na plošinovém univerzálním voze železniční dopravou. Dlužno předeslat, že nižší energetická náročnost přepravy výměnné nástavby železniční dopravou oproti její přepravě silniční dopravou bude vyplývat ze dvou, možno říci všeobecně známých skutečností:

- ♦ součinitel odporu valivého tření (i s uvážením odporu čepového tření) se u železničních vozidel pohybuje okolo 0,4 - 0,6 N/kN (dále se uvažuje s hodnotou 0,5 N/kN) oproti součiniteli valivého odporu pro asfaltové a betonové povrchy vozovek v rozmezí 10 - 25 N/kN (v dalším se uvažuje s hodnotou 15 N/kN),
- ♦ odpor vzduchu jedné výměnné nástavby přepravované vlakem je nižší než při její přepravě silniční jízdní soupravou; výměnné nástavby na plošinách univerzálních vozů jsou při přepravě fakticky v zákrytu a vzduch proráží pouze lokomotiva. Podle výsledků experimentálních výzkumů již u 4 vozidel v zákrytu činí podíl každého z nich pouze 0,55 hodnoty odporu vzduchu osaměle jedoucího vozidla (dále se tudíž uvažuje pouze s poloviční hodnotou odporu vzduchu na jednu výměnnou nástavbu).

Nyní už je možné přistoupit k upřesnění dalších vstupních údajů pro modelové porovnání jízd avizovaných dvou dopravních systémů a k vlastním modelovým propočtům.

<u>Další vstupní údaje:</u>	<u>Přeprava po silnici</u>	<u>po železnici</u>
Ustálená přepravní rychlost (modelová)		
V [ km/h ]	80	80
Hmotnost modelové soupravy:		
· uvažovaná užitečná hmotnost [t]	12,0	12,0
· vlastní hmotnost výměnné nástavby [t]	2,5	2,5
· pohotovostní hmotnost tahače s návěsem plošinového typu [t]	10,0	-
· pohotovostní hmotnost železničního vozu a podílu hmotnosti lokomotivy [t]	-	23,2

Celková hmotnost [t]	24,5	37,7
Měrný odpor valení [N/kN]	15,0	0,5
Součinitel tvaru $C_x$ [ - ]	1,0	1,0
Čelní plocha $S$ [m <sup>2</sup> ]	10,2	13,5

<u>Modelové propočty:</u>	<u>Přeprava po silnici</u>	<u>po železnici</u>
Odpor valení [N]	$15 \cdot 245 = 3675$	$0,5 \cdot 377 = 188,5$
Odpor vzduchu [N]		
$(0,05 \cdot C_x \cdot S \cdot V^2)$	3264	4320
Podíl na jednu vým. nástavbu [N]	3264	2160
Celkový jízdní odpor při jízdě ustálenou rychlostí $O$ [kN]	6,939	2,349
Požadovaný teoretický trakční výkon $P_t$ [kW]	154,2	52,2
Modelové porovnání [%]	100,0	33,9

Při uvažované užitečné hmotnosti ( hmotnosti přepravovaného nákladu) lze konstatovat, že:

- ♦ v případě přepravy po silnici je třeba v případě ustálené rychlosti jízdy 80 km/h zhruba 12,85 kW požadovaného teoretického trakčního výkonu na 1 tunu hmotnosti přepravovaného nákladu,
- ♦ v případě přepravy po železnici zhruba 4,35 kW/t užitečné hmotnosti.

Modelové propočty dovolují formulovat následující dílčí závěry:

- ♦ i když je v případě přepravy výměnné nástavby po železnici spolu s ní přemístována více než dvakrát větší tzv. mrtvá hmotnost než v případě její přepravy po silnici ( 23,2 t oproti 10,0 t ), je energetická náročnost přepravy po železnici minimálně třikrát nižší než po silnici,
- ♦ vlivem nižších stoupání u železničních tratí, jejich segregaci i preferenci atd. vůči silniční dopravě minimálně čtyřikrát nižší.

Podobná modelová porovnání by bylo možno konstruovat i pro jiné přepravní systémy kombinované dopravy. Vyplývá z nich, podobně jako z uvedeného příkladu, že plně využití vlaky přepravující cca 28 nákladních automobilů systémem ROLA aneb cca 35 zásilek ve formě návěsů, výměnných nástaveb nebo kontejnerů mohou vést k úsporám energie až o 80 %. Ale toto maximální využití přepravních kapacit nebývá vždy dosahováno, navíc je potřebné uvážit spotřeby energií mechanizačně-manipulačních prostředků při ložných manipulacích s návěsy, kontejnery a výměnnými nástavbami, určitý podíl silniční dopravy v rámci

kombinované dopravy silnice/železnice, ztráty ve výrobě a rozvodu el. energie atd. Z hlediska tohoto komplexnějšího pohledu možno konstatovat, že kombinovaná doprava silnice/železnice snižuje spotřebu energie v průměru o 1/4 až 1/3, což bude demonstrováno dalšími modelovými propočty.

Při komplexnějších modelových propočtech je potřebné brát do úvahy i spotřebu a ztráty při získávání primárních nosičů energie, při přeměně primární energie na druhotné formy, ztráty v přenosech apod. Kvůli objektivitě výsledků je potřebné konečné množství energie spotřebované na trakční práci převést na rozsah prvotních zdrojů energie. Z hlediska našich potřeb půjde o porovnávání spotřeby - aneb úspory - energie z ropy v dopravě oproti spotřebě aneb úspoře - elektrické energie v dopravě. Je tedy potřebné převést vyčíslené spotřeby - úspory - energie na stejný ekvivalent - měrnou jednotku.

Veškeré další výpočty jsou (s využitím novelizovaných podkladů v [4] a [5]) proto provedeny na základě jednotkových spotřeb (měrných spotřeb) primární energie dopravních a mechanizačně-manipulačních prostředků zúčastněných na porovnávaných přepravních systémech.

Účinnosti přeměn energie na primární zdroje jsou zachovány, tj.:

- ♦ účinnost výroby a rozvodu elektrické energie 26 %,
- ♦ účinnost výroby a zpracování ropy 92,5 %.

Pro eventuální vzájemné převody energetických spotřeb, vyjádřených v různých jednotkách je uvedena převodová tabulka (tab. 1).

Pro vlastní porovnání celkových spotřeb primární energie, zužitkované na přepravu zboží a substrátů, byly zvoleny dva základní systémy:

- a) silniční nákladní přeprava (silničními návěsovými jízdními soupravami ),
- b) kombinovaná přeprava silnice/železnice, uvažovaná v části železniční přepravy v následujících variantách:
  - ♦ přeprava kontejnerů na víceúčelových železničních vozech,
  - ♦ přeprava výměnných nástaveb na víceúčelových železničních vozech,
  - ♦ nedoprovázená přeprava samotných návěsů na kapsových - víceúčelových železničních vozech,
  - ♦ doprovázená přeprava silničních návěsových jízdních souprav na speciálních nízkopodlažních vozech (systém ROLA).

*Tab. 1* Vzájemné převody energetických spotřeb, vyjádřené v různých jednotkách

Jednotka	tmp	MWh	GJ	Gcal	1 l m. naft.	1 t m. naft.
tmp	-	8,1430	29,3100	7,0000	807,60	0,6897
MWh	0,1228	-	3,6000	0,8590	99,50	0,0850
GJ	0,0341	0,2778	-	0,2388	27,50	0,0235
Gcal	0,1428	1,1633	4,1868	-	114,75	0,0980
1 l m. naft.	0,0012	0,0101	0,0364	0,0087	-	0,0009
1 t m. naft.	1,4500	11,8070	42,4960	10,1500	1171,00	-

*Pozn.: 1 l motorové nafty cca 36,4 MJ = 0,0364 GJ*

*1 l motorové nafty cca 0,854 kg*

Porovnávací modely mezi uvažovanými dvěma základními systémy (druhý o dalších čtyřech alternativách) byly zvoleny s ohledem na to, zda jde o přepravu vnitrostátní nebo mezinárodní. Všechny potřebné vstupní údaje pro porovnávací model jsou uvedeny v **tab. 2a, 3a**: Sumarizace vstupních údajů pro porovnávací model. V případě modelové jízdní silniční návěšové soupravy se vychází pro stanovení modelové spotřeby energie přepravního systému z hodnoty spotřeby PH 50 l motorové nafty na 100 km, která v sobě zahrnuje i spotřebu motorového oleje (při přibližně stejné výhřevnosti motorové nafty a motorového oleje). V případě popojíždění modelové jízdní soupravy při přechodu státní hranice (uvažována vzdálenost cca 1 km), tj. natočení motoru, rozjezd na 1. převodový stupeň, popojíždění převážně na tento stupeň, při mezizastavení volnoběh, předpokládáme spotřebu až 3 l na 1 km. Pro spotřebu energie na dopravní cestě u železniční dopravy se uvádí následující hodnota: měrná spotřeba elektrické energie u vlaků elektrické trakce je 20 Wh na hrkm, s uvažováním předpokládané účinnosti výroby a rozvodu elektrické energie potom uvažovaná spotřeba (jednotková) primární energie bude 76,92 Wh na hrkm. Hodnoty měrných spotřeb přepravních systémů v **tab. 2a** jsou potom přepočteny na přepravní jednotku, která je nutná k provedení přepravy 12 t uvažované užitečné hmotnosti (např. univerzální železniční vůz, výměnná nástavba a určitý podíl pohotovostní hmotnosti elektrické lokomotivy).

**Tab. 2a** Sumarizace vstupních údajů pro porovnávací model

Vstupní údaje pro modelování přepravy, nakládky a vykládky zboží, manipulací a pobytu na státní hranici	silniční doprava	železniční doprava			
		přeprava kontejnerů	přeprava výměnných nástaveb	přeprava návěsů v kapsových vozech	přeprava systémem ROLA
<b>Přeprava</b>	7,0	-	-	-	7,0
Hmotnost tahače [ t ]					
Hmotnost dvounápravového návěsu [ t ]	6,0	-	-	6,0	6,0
Hmotnost návěsu plošinového typu [ t ]	3,0	-	-	-	-
Hmotnost dvoukontejnerů ISO 1 C [ t ]	4,6	4,6	-	-	-
Hmotnost výměnné nást. délky do 12192 mm [ t ]	2,5	-	2,5	-	-
Hmotnost univerzálního (kapsového) vozu [ t ]	-	20,0	20,0	20,0	-
Podíl pohotovostní hmotnosti el. lok. [ t ]	-	3,2	3,2	3,2	3,48
Modelová hmotnost nízkopodl. vozu [ t ]	-	-	-	-	14,00
Podíl modelové hmotnosti lůžkového vozu [ t ]	-	-	-	-	1,72
Uvažovaná užitečná hmotnost [ t ]	12,0	2 * 6,0	12,0	12,0	12,0
Měrná spotřeba energie přepravního systému	50 l nafty na 100 km	3,06 kWh na 1 km (jedn.)	2,899 kWh na 1 km (jednotky)	3,169 kWh na 1 km (jednotky)	3,400 kWh na 1 km (jednotky)

**Tab. 2b** Sumarizace vstupních údajů pro porovnávací model

Vstupní údaje pro modelování	silniční doprava	železniční doprava			
		přeprava kontejnerů	přeprava výměnných nástaveb	přeprava návěsů v kapsových vozech	přeprava systémem ROLA
<b><u>Nakl. a vykl. zboží</u></b> Naložení a vyložení 12 t zboží [MJ] na 1 operaci [MJ]	40,272 20,136	40,272 20,136	40,272 20,136	40,272 20,136	40,272 20,136
<b><u>Manipulace s přepravními jednotkami</u></b> Spotřeba energie na 1. manipulaci [MJ]	-	53,701	46,901	58,230	-
Spotřeba energie na nejetí (sjetí) jízdní soupravy - systém ROLA [MJ]	-	-	-	-	14,750
Spotřeba energie na popojíždění jízdní soupravy při překrač. stát. hranice [MJ]	118,000	-	-	-	-
<b><u>Porovnávací model pro vnitrostátní přepravy</u></b> přímá sil. přepr. [km] kombi. sil. přepr. [km]	350 100	- 300	- 300	- 300	- 300
<b><u>Porovnávací model pro mezinárodní přepravy</u></b> přímá sil. přepr. [km] kombi. sil. přepr. [km]	875 150	- 800	- 800	- 800	- 800



**Tab. 3a** Výsledky modelových situací - porovnávací model pro vnitrostátní přepravy [MJ]

Spotřeba energie	Nakládka zboží	Přeprava po silnici	Manipulace I	Přeprava po železnici	Pobyť na st. hranici
Přímá silniční přeprava	20,136	6879,600	-	-	-
KP - 2 kont. ISO 1 C	20,136	1045,699	53,701	3307,38	-
KP - 1 vým. nást. cca 12 m	20,136	936,144	46,901	3132,87	-
KP - návěs v kaps. vag.	20,136	982,800	58,230	3423,72	-
KP - system ROLA	20,136	982,800	14,750	3673,02	-

**Tab. 3b** Výsledky modelových situací - porovnávací model pro vnitrostátní přepravy [MJ]

Spotřeba energie	Manipulace II	Přeprava po silnici	Vykládka zboží	Celkem	Pořadí
Přímá silniční přeprava	-	-	20,136	6919,87	5
KP - 2 kont. ISO 1 C	53,701	1045,699	20,136	5546,45	3
KP - 1 vým. nást. cca 12 m	46,901	936,144	20,136	5193,23	1
KP - návěs v kaps. vag.	58,230	982,800	20,136	5546,05	2
KP - system ROLA	14,750	982,800	20,136	5708,39	4

Pokud se týká spotřeby energie na naložení a vyložení zboží (12,0 t), předpokládá se, že prvotní naložení do přepravního prostředku a konečné vyložení se provede např. manipulačními vozíky se specifickou spotřebou 3,356 MJ primární energie na 1 tunu zmanipulovaného nákladu. U spotřeby energie na ložné manipulace s návěsy, kontejnery a výměnnými nástavbami se dále uvažuje pouze

s vertikální manipulací v překladištích jeřáby, upravenými na manipulaci s návěšy (při jejich uchopení do kleštin), kontejnery a výměnnými nástavbami. Podle ověřených podkladů na jednu jeřábovou manipulaci připadá spotřeba např. 0,082 l nafty na zmanipulovanou tunu nákladu, tj. 2,99 MJ na 1 hrt. Spotřeba na vykládku je stejná jako na nakládku. Pro najetí silniční návěše jízdní soupravy na nízkopodlažní železniční soupravu (systém ROLA) a opětovné sjetí se předpokládá poloviční spotřeba PH jako při popojíždění s průměrně ujetou vzdáleností 250 m jak pro najíždění, tak sjíždění.

**Tab. 4a** Výsledky modelových situací - porovnávací model pro mezistátní přepravy [MJ]

Spotřeba energie	Nakládka zboží	Přeprava po silnici	Manipulace I	Přeprava po železnici	Pobyt na st. hranici
Přímá silniční přeprava	20,136	17199,000	-	-	118,000
KP - 2 kont. ISO 1 C	20,136	1568,549	53,701	8819,68	-
KP - 1 vým. nást. cca 12 m	20,136	1444,716	46,901	8354,32	-
KP - návěš v kaps. vag.	20,136	1474,200	58,230	9129,92	-
KP - system ROLA	20,136	1474,200	14,750	9794,72	-

**Tab. 4b** Výsledky modelových situací - porovnávací model pro mezistátní přepravy [MJ]

Spotřeba energie	Manipulace II	Přeprava po silnici	Vykládka zboží	Celkem	Pořadí
Přímá silniční přeprava	-	-	20,136	6919,87	5
KP - 2 kont. ISO 1 C	53,701	1568,549	20,136	12104,45	2
KP - 1 vým. nást. cca 12 m	46,901	1444,716	20,136	11377,83	1
KP - návěš v kaps. vag.	58,230	1474,200	20,136	12235,05	3

KP - system	14,750	1474,200	20,136	12812,89	4
ROLA					

Pro vnitrostátní přepravy se počítá s průměrnou vzdáleností svozu (rozvozu) silniční dopravou 50 km, u mezistátní 75 km. Průměrná vzdálenost jízdy po železnici je uvažovaná v případě vnitrostátní přepravy 300 km (200 - 400 km), v případě mezistátní přepravy 800 km (700 - 900 km). Výsledky propočtů všech alternativ (2 krát 5 alternativ) jsou uvedeny v **tab. 3a, 3b, 4a, 4b** a to s využitím všech dříve uvedených údajů i dalších potřebných informací.

I na základě výsledků tohoto modelování možno formulovat několik dílčích závěrů:

- ♦ z hlediska energetické náročnosti se jeví jako nejvýhodnější kombinovaný systém přepravy silnice/železnice s využitím výměnných nástaveb; oproti přímé přepravě činí energetická náročnost pouze 75% u vnitrostátní přepravy,
- ♦ u mezinárodní přepravy (větší vzdálenosti u železniční přepravy) činí energetická náročnost oproti přímé silniční přepravě dokonce jen 65,6%,
- ♦ všechny zkoumané alternativy kombinované přepravy silnice/železnice jsou prakticky souměřitelné - v energetické náročnosti jsou nepatrné rozdíly.

Z výše uvedených údajů a modelových propočtů je zřejmé, že je možno realizaci kombinované přepravy zboží silnice/železnice očekávat reálné úspory. Jejich skutečnou velikost pro konkrétní přepravní relace by bylo možno zjistit:

- ♦ měřením (statistickým vyhodnocením realizovaných přeprav) spotřeby paliva při realizaci přeprav zboží a substrátů silniční nákladní dopravou (při uvážení konkrétních zdrojů a cílů přeprav),
- ♦ modelovým řešením (s využitím např. trakčních simulátorů jízdy vlaku nebo jízdy silniční jízdní soupravy, uvážením přeprav zboží silniční nákladní dopravou do a z místa překládky, energetické náročnosti překládky užitých přepravních prostředků) kombinované dopravy silnice/železnice s uvážením stejných zdrojů a cílů přeprav jako v předcházejícím odstavci.

### Účinky dopravy na životní prostředí

Při posuzování účinků dopravy na životní prostředí byla a v některých případech je tomu doposud, hlavní pozornost soustředěna na znečišťování a hluk. V předcházejících státech byla pozornost věnována posouzení spotřeby energie v dopravě (silniční, kombinované silniční a železniční). Spotřeba energie v dopravě vychází z množství spotřebovaných jednotlivých druhů paliv, příslušných koeficientů

a komplexně charakterizuje úroveň přepravních a dopravních procesů. Množství jednotlivých emisí je úměrné odpovídající spotřebě energie ale též, pokud se týká vozidel silniční dopravy, charakteristikám těchto vozidel a používaných paliv:

- ♦ kvalita paliva ovlivňuje emisní faktory (g/l) znečišťujících látek (např. obsah síry v motorové naftě);
- ♦ efektivnost paliva (l/km) - dieselová vozidla jsou efektivnější než benzinová, ale palivo má vyšší obsah uhlíku;
- ♦ řízením emisních procesů lze podstatně omezit emisní faktory (katalyzátory, lapače a spalovače sazí, recirkulace výfukových plynů);
- ♦ věk vozidel - se vzrůstajícím věkem vozidel je tendence k vyšším emisním faktorům;
- ♦ údržba vozidel - přímý vliv technického stavu vozidel na emisní faktory (obzvláště technický stav a seřízení motoru);
- ♦ průměrná délka jízdy - zejména emise při studeném startu jsou podstatně vyšší než emise za jízdy, atd.

I když emise závisí na technice a mění se podle řady parametrů, emise silniční dopravy na tkm významně převyšují emise železniční dopravy. Vyplývá to např. z **tab. 6**: Měření emise podle druhů dopravy [6] - potřebný výtah tvoří **tab. 5** tohoto materiálu.

**Tab. 5** Měrné emise silniční a železniční nákladní dopravy

	<b>silniční dopravy</b>	<b>železniční dopravy</b>
<b>CO<sub>2</sub> [g/tkm]</b>	≈207	≈41
<b>CO [g/tkm]</b>	2,10÷2,40	0,05
<b>NO<sub>x</sub> [g/tkm]</b>	1,85÷3,60	0,20
<b>C<sub>x</sub> H<sub>y</sub> [g/tkm]</b>	0,92÷1,10	0,08

Z výše uvedené tabulky vyplývá reálná možnost řešit ochranu životního prostředí uplatňováním systému kombinované dopravy silnice/železnice. Pokud se týká znečištění ovzduší vztahující se k samotné silniční dopravě, v Evropě se tradičně řeší regulativy kvality ovzduší, paliva, emisními normami a kontrolou vozidel a programy údržby (viz výše).

Hluk z dopravy působí na více lidí, než jakýkoliv jiný zdroj hluku a pokračující nárůst přepravy ve všech druzích dopravy a jeho rozprostření v čase a prostoru volá po důrazných nápravných opatřeních. I zde se črtá reálná možnost řešení ochrany životního prostředí uplatňováním systému kombinované dopravy silnice/železnice.

Účinek hluku železničního provozu je závislý na mnoha místních podmínkách a z hlediska zasažení okolí se však jedná o krátkodobé působení, i když naměřené hodnoty  $L_{eqv} = 71\div 73$  dB(A) pro úseky s rychlostí 120 km/h jsou poměrně vysoké.

Účinek hluku silničního provozu dosahuje hodnot  $55\div 72$  dB(A) ve dne a  $47\div 68$  dB(A) v noci - jedná se však vesměs o trvalý účinek postihující zejména obyvatele velkých městských celků, kde se koncentrují i další negativní vlivy na životní prostředí.

Celková hluková zátěž železniční dopravy promítnutá na 24 hodinový cyklus je však výrazně menší než u silniční dopravy, přičemž postihuje lokality s výrazně menším počtem obyvatel. Všeobecně je uváděn podíl pro hlukové zatížení obyvatelstva  $L_{eqv} > 65$  dB(A): silnice 92%, železnice 8%.

### Dopravní nehody

I nehodovost na železnici je v porovnatelném přepravním výkonu podstatně nižší než v silniční dopravě. Ze srovnání uvedených v několika zahraničních pramenech činí snížení nehodovosti na 1 mil. jízd průměrné délky v rozmezí 500 až 800 km: o 12 smrtelných nehod méně, o 300 zraněných méně, snížení škod o cca. (v přepočtu) 450÷650 Kč / 1000 tkm. Podobné údaje uvádí i tab. 5.1.: Mrtví, zranění a rizika nehod v EU podle druhů dopravy v [6] - potřebný výtah tvoří **tab. 6** tohoto materiálu.

Při přepravě nebezpečného zboží se použitím kombinované dopravy silnice/železnice snižuje celkové přepravní riziko.

**Tab. 6** *Usmrcení při dopravních nehodách v EU podle druhů dopravy na [mld osobokm]*

	<b>průměr EU</b>	<b>státy s nízkým rizikem</b>	<b>státy s vysokým rizikem</b>
<b>silniční doprava (1993)</b>	13	6	118
<b>železniční doprava (průměr 1988-92)</b>	2	1	10

## Závěrem

Z výše uvedených výsledků modelových propočtů a dalších informací je zřejmé, že uplatňováním systému kombinované dopravy silnice/železnice se stává realitou snižování energetické náročnosti, zvyšování bezpečnosti v dopravě a ochrana životního prostředí. Pokud se týká výsledků modelových propočtů je potřebné si uvědomit, že konkrétní hodnoty jsou poplatné použitým vstupním údajům; není možné totiž výsledky absolutizovat. Pro konkrétní případy je nutno vstupní údaje upřesnit způsoby, které byly uvedeny v závěru části „Vlastní energetické posouzení“. Jedním z cílů tohoto příspěvku bylo též demonstrovat komplexnější přístup k porovnání energetické náročnosti různých přepravních systémů.

*Poznámka: Příspěvek byl zpracován za finanční podpory GA ČR, registrační číslo grantu: 103/94/1394.*

*Lektoroval: Doc. Ing. Milan Hobza, CSc.*

Předloženo v listopadu 1996.

## Literatura

- [1] Kačala, P.: Interakce nákladových jednotek kombinované dopravy a železničních vozů. Sborník XII. mezinárodní konference „Současné problémy v kolejových vozidlech“, 4 - 6. 10. 1995, Žilina, SR.
- [2] Šemora, Z.: Dosavadní vývoj a prognóza mobility v České republice. Doprava č. 2/3, 1996.
- [3] Podklad: Francouzská agentura pro řízení energie (leden 1991).
- [4] Mojžíš, V. a kol.: Analýza a předběžné návrhy uplatnění zvláštních kombinovaných přeprav. VŠDS Žilina, 1984.
- [5] Mojžíš, V. a kol.: Koncepce uplatnění zvláštních kombinovaných přeprav v ČSSR. VŠDS Žilina, 1985.
- [6] Ke správnému a efektivnímu oceňování výkonů v dopravě. Možnosti volby internalizace externích nákladů dopravy v EU. Zelená kniha. Překlad - ODIS Praha, březen 1996.

## Resumé

### KOMBINOVANÁ DOPRAVA SILNICE/ŽELEZNICE: ENERGETICKÁ NÁROČNOST, DOPRAVNÍ BEZPEČNOST A ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ

Milan GRAJA, Vlastislav MOJŽIŠ

Jsou vzájemně porovnávány v podstatě dva druhy dopravy: silniční doprava a kombinovaná doprava silnice/železnice v několika dalších variantách. Byla uplatněna hlediska: spotřeby energie (elektrická energie - pohonných hmot), ovlivňování životního prostředí (zejména hluk a emise způsobené dopravní činností), bezpečnost dopravy (četnost a důsledky dopravních nehod). Energetická náročnost (spotřeba primární energie) činí v případě kombinované dopravy silnice/železnice pouze 75 % oproti přímé silniční přepravě u vnitrostátní přepravy a dokonce jen 66 % u mezistátní přepravy. Hlavním přínosem je ale demonstrováný komplexní přístup k porovnávání energetické náročnosti různých přepravních systémů. Kombinovaná doprava silnice/železnice též méně negativně ovlivňuje životní prostředí a je o mnoho bezpečnější.

## Summary

### COMBINED ROAD/RAILWAY CONVEYANCE: POWER DEMANDS, SAFETY OF TRAFFIC AND LIVING ENVIRONMENT

Milan GRAJA, Vlastislav MOJŽIŠ

Two types of transportation are mutually compared: road transport and combined road/railway transport in several further variants. The main aspects applied in the paper are: power consumption ( electrical energy - fuels), influencing the living environment (especially the traffic noise and emissions due to traffic), safety of traffic (rate and consequences of traffic accidents). Power demands (consumption of primary energy) amount in the case of combined road/railway transport only to 75% in comparison with road transport for domestic conveyance and even only 66% for interstate conveyance. The main acquisition is certainly demonstration of complex approach to collation of power demands for different systems of conveyance. Combined road/railway transport is also less negatively affecting the living environment and from safety point of view is much more favourable, too.

## Zusammenfassung

### KOMBINIERTER VERKEHR STRASSE/EISENBAHN: ENERGETIKAUFWENDIGKEIT, TRANSPORTSICHERHEIT UND UMWELT

Milan GRAJA, Vlastislav MOJŽIŠ

Im Grunde werden zwei Arten des Transports vergleicht: der Strassenverkehr und der kombinierte Verkehr Strasse/Eisenbahn in einigen weiteren Varianten. Als Schwerpunkte wurden gewählt: der Energieverbrauch (elektrische Energie - Kraftstoff), das Beeinflussen der Umwelt (besonders durch Lärm und Emission mit der Transportaktivität verursacht), Verkehrssicherheit (Häufigkeit und Transportunfallauswirkungen). Die

Energetikaufwendigkeit (Aufwand der primäre Energie) beträgt im Fall des kombinierten Verkehrs Strasse/Eisenbahn allein 75 % gegenüber durchgehenden Strassentransport innerhalb des Staates und notabene nur 66 % am zwischenstaatlichen Transport. Das Hauptergebnis ist aber der demonstrierte komplexe Eingang zum Vergleich der Energetikaufwendigkeit unterschiedlicher Transportsysteme. Der Kombinierte Verkehr Strasse/Eisenbahn beeinflusst auch weniger negativ die Umwelt und ist weithin sicherer.