

Jan Perůtka<sup>1</sup>, Jiří Huzlík<sup>2</sup>

## Ověření potenciálu snížení emisí CO<sub>2</sub> vlivem liniové elektrizace a modernizace vozového parku

**Klíčová slova:** emise, elektrizace, železniční tratě, dopravní výkony, akumulátory, úspory energie

**Keywords:** emissions, electrification, railway lines, traffic performance, battery, energy savings

### Anotace

Příspěvek se zabývá porovnáním závislé elektrické a nezávislé dieselové trakce především z hlediska potenciální úspory emisí CO<sub>2</sub>. V železniční dopravě je možné emise skleníkových plynů eliminovat zejména zvýšením podílu elektrizované železniční sítě nebo využitím dvouzdrojových elektricko-akumulátorových vozidel. Jejich nasazením lze vhodně doplnit liniovou elektrizaci na tratích, kde by elektrizace nebyla ekonomicky výhodná nebo technicky proveditelná. V příspěvku je kromě dosažených výstupů popsána i použitá metodika výpočtu produkce emisí CO<sub>2</sub>. V případě elektrizace všech tratí analyzovaných ve studii by došlo k úspoře 80 286 t CO<sub>2</sub>/rok. Další 20 728 t CO<sub>2</sub>/rok lze uspořit na posunu nasazením elektricko-akumulátorových vozidel namísto stávající dieselové trakce.

### Abstract

The paper deals with the comparison of electric and diesel traction, especially in terms of potential savings in CO<sub>2</sub> emissions. In railway transport, greenhouse gas emissions can be eliminated mainly by increasing the share of the electrified railway network or by using of dual mode electric-battery vehicles. By using them, it is possible to suitably supplement the continuous electrification where electrification would not be economically viable or technically feasible. In addition to achieved outputs, the paper also presents the methodology used to calculate CO<sub>2</sub> emissions. In the case of electrification of all lines analyzed in the study, there would be a saving of 80,286 t

---

<sup>1</sup> Ing. Jan Perůtka je absolventem oboru Dopravní prostředky a ochrana životního prostředí v dopravě na Dopravní fakultě Jana Pernera v Pardubicích (2014). V současné době pracuje na pozici vedoucího oblasti železniční dopravy v Centru dopravního výzkumu, v.v.i. v Brně.

<sup>2</sup> RNDr. Jiří Huzlík, Ph.D. je absolventem oboru Chemie na Přírodovědecké fakultě Masarykovy univerzity. V současné době pracuje na pozici výzkumný pracovník v oblasti analýzy složek životního prostředí v Centru dopravního výzkumu, v.v.i. v Brně.

CO<sub>2</sub>/year. Another 20,728 t CO<sub>2</sub>/year can be saved on shunting movements by using electric-battery vehicles instead of the existing diesel traction.

## Úvod

Tento příspěvek prezentuje výstupy studie zaměřující se na možnosti snížení emisí CO<sub>2</sub> vlivem změny trakce a liniové elektrizace na železniční síti Správy železnic. Studie byla zpracována v Centru dopravního výzkumu, v.v.i. koncem roku 2020.

Správa železnic, státní organizace, vědoma si rozhodujícího významu elektrické trakce na železnici pro plnění klimatických závazků a pro snižování emisí CO<sub>2</sub> v dopravě, zadala v roce 2020 veřejnou zakázku na „Ověření potenciálu snížení emisí CO<sub>2</sub> vlivem změny trakce a liniové elektrizace na železniční síti SŽ“. K účasti na řešení byli přizváni i dopravci, sdružení ŽESNAD.CZ a výrobci hnacích kolejových vozidel. Výsledek lze považovat za reprezentativní pohled železničního sektoru na potenciál snížení emisí CO<sub>2</sub> vlivem sjednocení trakční napájecí soustavy na AC 25 kV, 50 Hz, pokračování v liniové elektrizaci tratí a uplatnění nových pohonů.

Elektrická trakce se dlouhodobě jeví jako nejefektivnější zdroj pohonu na železnici. V porovnání s nezávislou diesellovou trakcí má elektrická trakce řadu předností. Mezi největší výhody elektrického pohonu patří především vysoká energetická účinnost, nízká uhlíková stopa, nulové místní emise, možnost využití rekuperačního brzdění a v neposlední řadě i relativně nízké provozní náklady. Hlavní nevýhodou realizace elektrické trakce je naopak její vysoká investiční náročnost.

Příspěvek dokládá potenciální úspory emisí CO<sub>2</sub> za předpokladu realizace elektrizace u všech analyzovaných železničních tratí uvedených ve studii. Kromě přínosů liniové elektrizace se příspěvek dále zabývá možným nasazením dvouzdrojových elektricko-akumulátorových železničních vozidel a jejich možného přínosu ke snížení produkce skleníkových plynů z dopravy.

## 1. Výhody elektrické trakce

V této části jsou popsány hlavní výhody liniové elektrizace v porovnání s nezávislou diesellovou trakcí.

Nižší energetická účinnost a vyšší uhlíková stopa diesellového pohonu je primárně dána skutečností, že spalovací motor přeměňuje zhruba dvě třetiny energie výhřevnosti paliva na ztrátové teplo a jen jednu třetinu na mechanickou práci. Paliva pro spalovací motory jsou v ČR navíc téměř výhradně tvořena fosiliemi (ropa a zemní plyn). Při jejich spalování se fosilní uhlík přesouvá v podobě oxidu uhličitého do zemského obalu a podílí se na vzniku skleníkového efektu. Uhlíková stopa elektrické vozby je i při současném energetickém mixu elektrické energie v ČR se zhruba 50% podílem fosilních elektráren nižší než uhlíková stopa spalovacích motorů. S postupnou přeměnou elektrárenství (odstavování uhelných elektráren) se bude tato situace dále zlepšovat.

Velký potenciál má u elektrického pohonu rekuperace brzděné energie. Při zastavovacím brzdění lze využít kinetickou energii a při brzdění spádovému energii

potenciální. Část této energie je možné do trakční soustavy vrátit a ihned využít pro jiné vozidlo odebírající výkon v relativní blízkosti. Rekuperaci je proto možné považovat za formu obnovitelného zdroje energie, která dále snižuje spotřebu energií a emisí oxidu uhličitého. Tato úspora může dosahovat v závislosti na konkrétních podmínkách až desítky procent. V případě elektricko-akumulátorových vozidel lze rekuperovanou energii uložit do akumulátoru a není nutné řešit její okamžité využití jiným vozidlem.

Nízkých provozních nákladů lze dosáhnout i díky vyšší energetické účinnosti elektromotoru a obecně nižší energetické náročnosti elektrické trakce. Další úspory vznikají rovněž při údržbě, kdy odpadají poměrně vysoké náklady spojené s údržbou dieselového agregátu sloužícího jako zdroj energie.

Z pohledu nákladní dopravy je elektrická trakce prakticky jediná udržitelná forma pohonu především vzhledem k vysokým výkonovým požadavkům, které dieselová trakce není schopna efektivně přenést. Důležitou roli hrají i nižší provozní náklady, což umožňuje konkurenceschopnost se silniční nákladní dopravou. Nezanedbatelných energetických úspor a tím i snížení emisí CO<sub>2</sub> lze v nákladní dopravě dosáhnout nasazením dvouzdrojových elektricko-akumulátorových vozidel. Tato vozidla jsou vhodná na dopravní výkony, které by bez ohledu na plánovanou elektrizaci probíhaly i na dále ve většině případů v závislé trakci (např. staniční posun a manipulační vlaky).

Celkově lze konstatovat, že elektrizace tratí přispívá ke zvýšení kapacity železničních tratí, kdy zejména v osobní dopravě elektrická trakce přispívá k vyšší oběhové rychlosti (rychlejší rozjezdy). Především pak v osobní dopravě lze dosáhnout nezanedbatelných úspor výše zmíněnou rekuperací brzděné energie.

## **2. Vývoj elektrizace a výhled do budoucnosti**

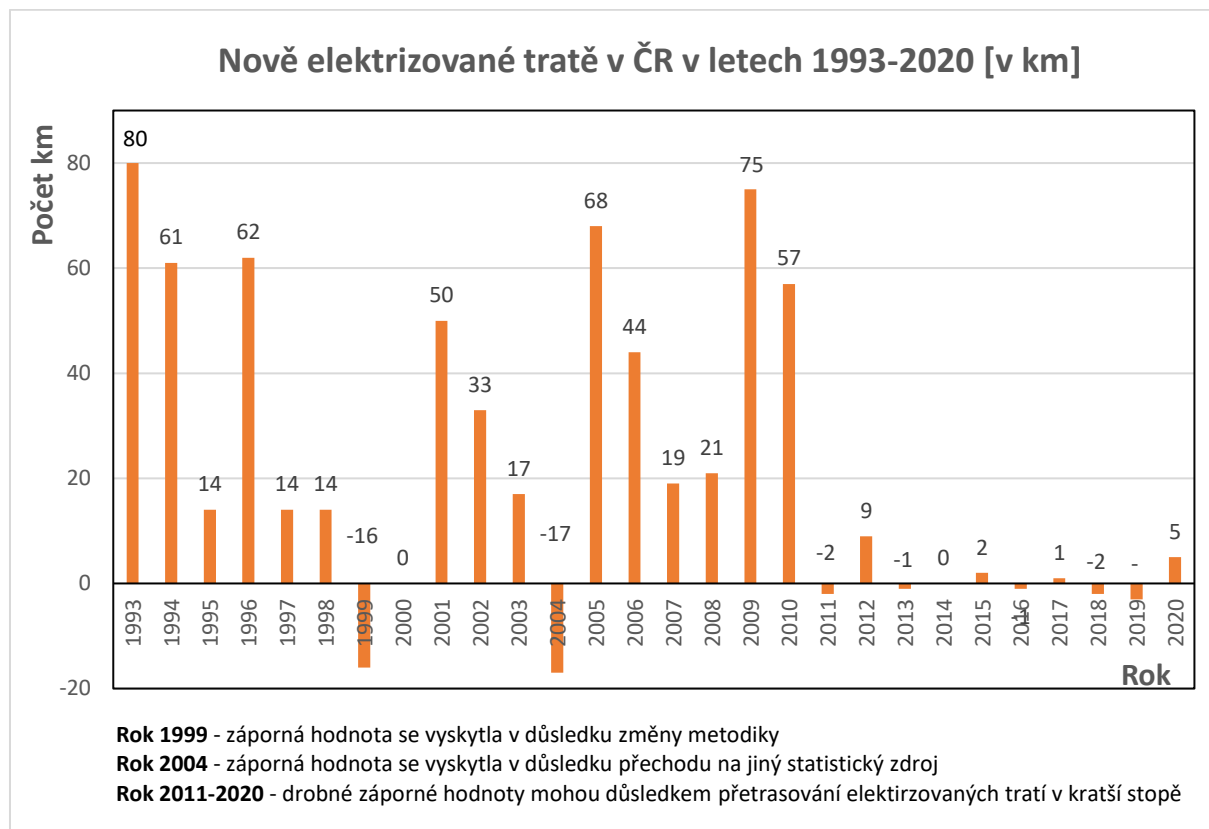
Vybudování elektrické trakce je zatíženo poměrně vysokými investičními náklady. Před zahájením realizace elektrizace je nezbytné provést detailní posouzení, zda je uvažovaná investice ekonomicky rentabilní. Bez detailních výpočtů, na základě dosavadních zkušeností z provozu lze pouze konstatovat, že realizace liniové elektrizace je vhodná na železničních tratích s vyšším dopravním a přepravním výkonem (jedná se např. o tratě s velkým objemem nákladní dopravy).

Po uvážení všech výše uvedených výhod elektrické trakce je žádoucí vytipovat a prověřit vhodné tratě k elektrizaci a v co nejkratším čase ji realizovat. V současnosti jde prakticky o jedinou možnost, jak konkurovat silniční dopravě a zároveň výrazně snížit produkci skleníkových plynů.

Ohlédnutím do historie elektrizace tratí v ČR je zřejmé, že masivní realizace elektrizace začala již v 50. letech 20. století rozvojem stejnosměrné soustavy DC 3 kV. Později v 60. letech se začala ve velkém měřítku prosazovat i střídavá trakce AC 25 kV, 50 Hz. Do současnosti byla elektrizována přibližně třetina železniční sítě ČR s délkou přes 3 200 km tratí.

Za 70 let systematické elektrizace připadá v průměru 45 km nově elektrizovaných tratí za rok. V následujícím grafu je zobrazen roční přírůstek nově elektrizovaných tratí od roku 1993. Z grafu lze jednoznačně vyčíst, že v poslední dekádě jsou roční přírůstky

minimální, a to z různých důvodů (nedostatek financí, konverze elektrické trakce, územní průchodnost apod.).



Obrázek 1: Orientační roční přírůstek elektrizovaných tratí v ČR [1], [2], [3], [4]

Pro dosažení bezemisní železnice do roku 2050 prostřednictvím kombinace elektrické trakce a elektricko-akumulátorových vozidel bude nutné elektrizovat řadu celostátních a regionálních tratí. Dosažení tohoto cíle vyžaduje výrazně vyšší roční přírůstky elektrizace. To je nutné podpořit jednoznačnou prioritizací těchto stavebních akcí, zvýšením finanční i procesní podpory ze strany státu a v neposlední řadě rozšířením možností čerpání finančních prostředků z fondů EU.

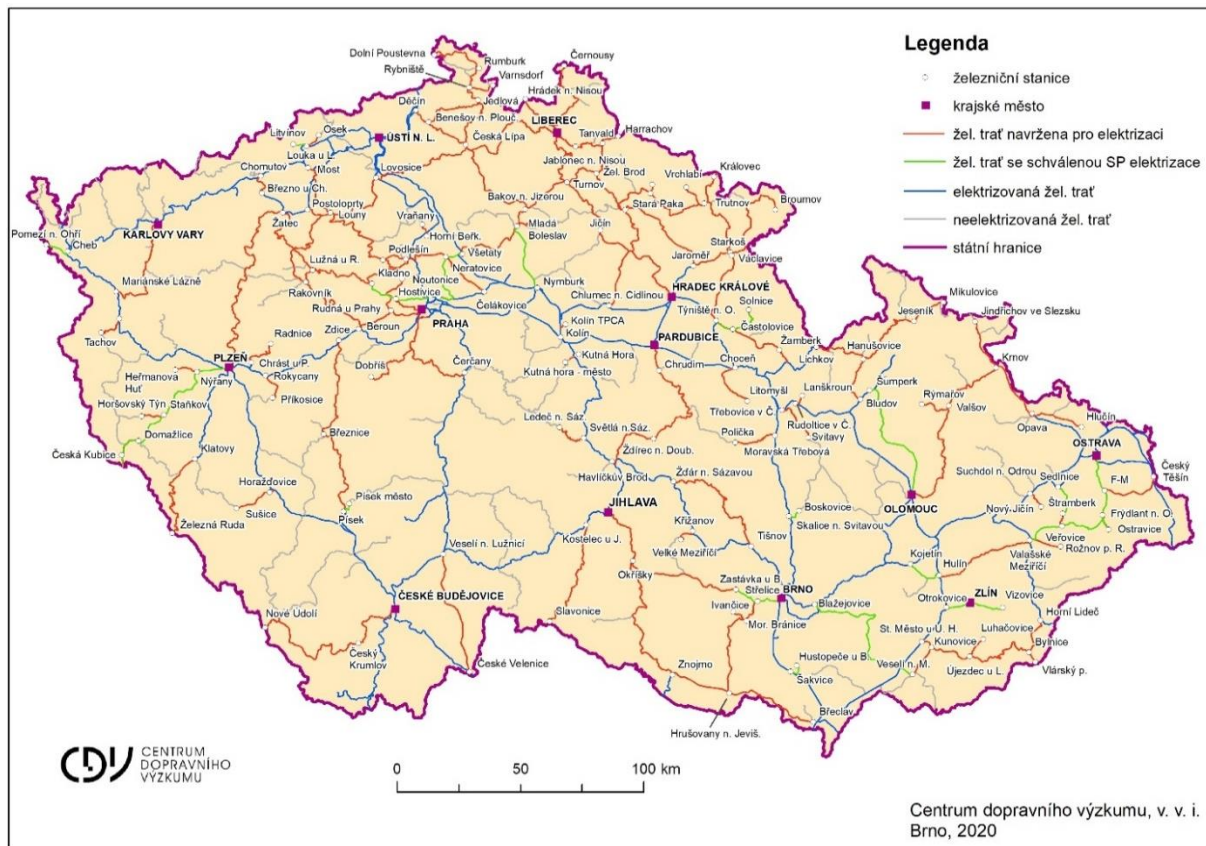
### 3. Výpočet produkce emisí CO<sub>2</sub> vlivem elektrizace

Následující části se detailněji zaměřují na postup výpočtu produkce emisí CO<sub>2</sub>. Konkrétně pak na potenciál snížení uhlíkové stopy prostřednictvím liniové elektrizace a nasazením bezemisních elektricko-akumulátorových vozidel. Výpočet produkce emisí skleníkových plynů je ve studii zpracován na celou analyzovanou síť, která čítá přes 120 celostátních a regionálních tratí. Výstupy jsou vztaženy jak k celku, tak i jednotlivě pro každou trať samostatně.

#### 3.1. Analyzované železniční tratě

Seznam analyzovaných tratí vychází z podkladů Správy železnic uvedených v mapě výhledové elektrizace z roku 2017. Ta představuje v současnosti nejaktuálnější oficiální návrh budoucí elektrizace z pohledu správce železniční infrastruktury.

Všechny prověřované tratě jsou vyznačeny na následující mapě zelenou a oranžovou barvou.



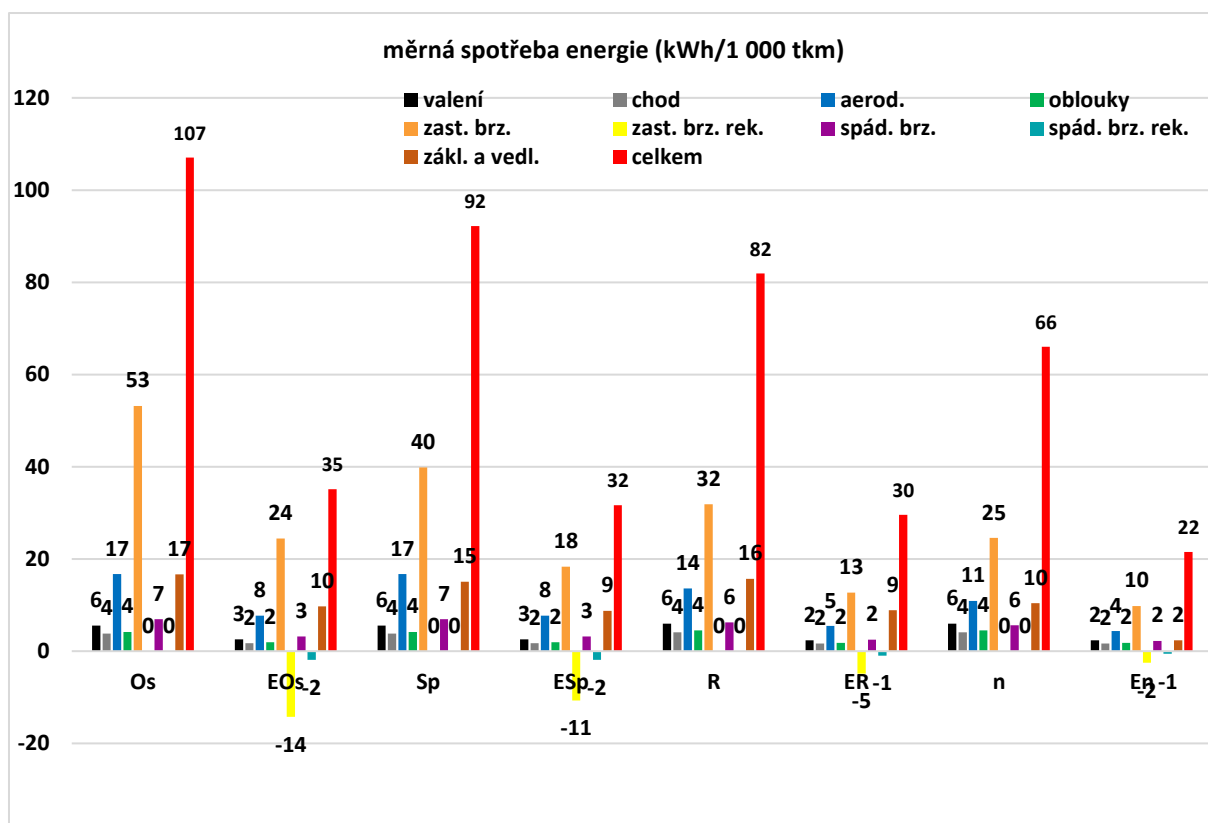
Obrázek 2: Vyznačení tratí se schválenou SP elektrizace (zelená) a tratí k prověření (oranžová)

### 3.2. Metodika a postup výpočtu

Pro analýzu tratí byla použita data o jízdách všech vlaků na vybrané železniční síti s nezávislou trakcí z databáze Správy železnic. Pro samotný výpočet měrné spotřeby energie byl sestaven matematický model, který zohledňuje různé kategorie osobních a nákladních vlaků. Model je proveden složkovou metodou se zahrnutím jednotlivých odporů, které při jízdě vlaku vznikají. Jedná se o valivý odpor, odpor neklidného chodu, aerodynamický odpor, odpor sklonu, odpor z oblouku, odpor zastavovacího brzdění a odpor spádového brzdění. [6]

Současně je také započtena základní a vedlejší spotřeba. V energetickém řetězci je uvažována jak účinnost trakčního pohonu, tak i účinnost vstupních zařízení vozidla. V případě elektrické vozby navíc i účinnost pevných trakčních zařízení v rozmezí vstup trakční napájecí stanice – sběrač vozidla. Je počítáno s rekuperací energie v míře tak, jak ji dovolují příslušná vozidla. Hodnota některých odporů se může lišit právě v závislosti na kategorii vlaku (Os, Sp, R, Mn, Pn+Nex), na charakteristice traťového úseku, případně i typu použitého hnacího vozidla. [6]

Na následujícím obrázku je graficky zobrazen vliv dílčích odporů na traťovém úseku Jaroměř – Trutnov.



Obrázek 3: Vliv dílčích odporů na celkový jízdní odpor. Modelový příklad pro traťový úsek Jaroměř – Trutnov.

### 3.3. Prognóza dopravního výkonu k cílovému roku 2030

Pro naplnění národních a mezinárodních cílů uvedených ve strategických dokumentech se ve studii předpokládá postupné převádění silniční nákladní dopravy na železnici, avšak s ohledem na kapacitní možnosti stávajících tratí. V tomto ohledu se ve studii uvažuje s plošným navýšením dopravních výkonů nákladní dopravy o 15 % k roku 2030. Výjimku tvoří tratě, kde byla stanovena individuální prognóza související s benefitem elektrizace trati pro nákladní dopravu, kterou provedlo sdružení ŽESNAD. Příčina tohoto navýšení spočívá ve výrazném zvýšení hospodárnosti, produktivity a atraktivity nákladní dopravy na vybraných tratích jejím převedením do elektrické vozby. V současnosti je proto řada železničních tratí bez nákladní dopravy, kterou místo železnice zajišťuje v daném směru silniční doprava. V jiném případě jsou nákladní vlaky často vedeny po delší trase po přetížených elektrizovaných tratích.

Předpokládané navýšení dopravních výkonů se týká především kategorie ostatních vlaků (mezi které jsou ve studii zařazeny průběžné vlaky a nákladní expresy). Jedná se například o následující tratě:

- **Trať č. 331 Otrokovice – Vizovice:** Nárůst o 20 % (kontejnerové překladiště společnosti Metrans v obci Lípa).
- **Trať č. 310 Opava východ – Krnov:** Nárůst téměř na 3násobek současného dopravního výkonu (zatraktivnění průmyslové oblasti Slezska, přesun nákladní dopravy ze silnice na železnici).

- **Trat' č. 071 Mladá Boleslav – Nymburk:** Nárůst o 40 % (výrobní závod automobilky Škoda Auto v Mladé Boleslavi). Dosavadní výkony realizované po trati č. 070 Mladá Boleslav – Všetaty by v případě elektrizace trati Mladá Boleslav – Nymburk byly navíc přesměrovány právě na tuto trať.
- **Trat' č. 032 Jaroměř – Trutnov:** V případě elektrizace dojde k odlehčení silnice – přeprava štěpky pro elektrárnu Trutnov.

### 3.4. Postup výpočtu energetické náročnosti

Pro každý traťový úsek je na základě jízdních odporů a oběhové rychlosti stanovena potřebná měrná energie v kWh/hrtkm pro jednotlivé druhy trakce a jednotlivé typy vlaků osobní a nákladní dopravy. Tato hodnota je nezávislá na konkrétním typu hnacího vozidla.

Pro každý traťový úsek jsou zadány dopravní výkony v hrtkm a vlkm a dále, dle prognóz nárůstu dopravy, vypočteny předpokládané objemy dopravy pro rok 2030. Výsledné hodnoty spotřeb jednotlivých typů vlaků ve variantách pro obě trakce jsou výsledkem vynásobení měrné spotřeby pro daný typ vlaku s jeho předpokládanými výkony v roce 2030.

Do výpočtu vstupuje také hodnota „podíl rekuperace“. Ta vyjadřuje procentuální hodnotu použití elektro dynamické brzdy (EDB). U kategorie osobních vlaků je tato hodnota 100 %, moderní elektrické jednotky EMU (se kterými se na nově elektrizovaných tratích počítá), brzdí výhradně rekuperační EDB brzdou a mechanická třecí brzda je využívána jen pro dobrzdění z velmi nízké rychlosti a pro zajištění stojícího vlaku. U ostatních kategorií vlaků se počítá s přibrzdováním ostatních typů brzd (mechanická, pneumatická). U rychlíků se ve výpočtu počítá s hodnotou 60 % a u nákladních vlaků s hodnotou 40 %. [6]

Další hodnotou vstupující do výpočtu je účinnost rekuperace. Tu lze stanovit mezi 67-70 %. Hodnota 67 % byla přiřazena ke kategorii osobní vlak, kde se zpravidla používají EMU, které mají o něco nižší účinnost rekuperace, než lokomotivy – těm je ve výpočtu přiřazena hodnota 70 %. [6]

### 3.5. Výpočet vyprodukovaných emisí

V této části příspěvku je popsán výpočet měrných emisí zvláště pro elektrickou a dieselovou trakci.

#### Dieselová trakce

Měrná uhlíková stopa z motorové nafty je pro současný stav vypočtena na 0,266 kg/kWh. Do budoucna (v roce 2040) se však počítá se směsnou motorovou naftou s větším podílem biosložek až 10 % a tím by se mělo docílit snížení měrných emisí na hodnotu 0,239 kg/kWh. Do výpočtu je brána hodnota 0,253 kg/kWh dle roku 2030 s 5% podílem biosložek. [7]

#### Elektrická trakce

Ze Státní energetické koncepce (MPO ČR 2015, schváleno usnesením vlády ČR č. 362/2015) byly převzaty hodnoty pro výhledovou spotřebu elektrické energie v ČR a

energetický mix až do roku 2040. Ve výhledu se počítá s postupným navyšováním podílu bezemisní výroby elektrické energie z obnovitelných zdrojů a jaderných elektráren ze současných cca 50 % až na hodnotu 71,6 %, čímž dojde k poklesu stávající hodnoty měrných emisí na 0,255 kg/kWh v roce 2040. Pro výpočet byla použita hodnota 0,443 kg/kWh dle výhledu pro rok 2030. [7]

### 3.6. Přehled a popis výsledků

Výstupem studie je tabulka s uvedením ročních hodnot klíčových ukazatelů. Ke každé analyzované trati je vypočtena:

- hodnota spotřebované energie v případě provozu diesellových vozidel
- hodnota spotřebované energie v případě provozu elektrických vozidel
- hodnota vyprodukovaných emisí v případě provozu diesellových vozidel
- hodnota vyprodukovaných emisí v případě provozu elektrických vozidel
- průměrná úspora rekuperací
- přibližná finanční úspora energie a emisí
- přibližné náklady na elektrizaci (v těchto nákladech je zohledněna i případná výstavba TNS)

| 1                     | 2                 | 3   | 4   | 5                        | 6                                      | 7                                      | 8                      | 9                         | 10                                      | 11                                       | 12  | 13  |
|-----------------------|-------------------|---|---|--------------------------|--|--|------------------------|---------------------------|---|--|---|---|
| č.t.<br>Druh<br>vlaku | Trat'/úsek        | Spotřebovaná<br>energie D<br>(2030) [kWh] | Spotřebovaná<br>energie E<br>(2030) [kWh] | Úspora<br>energie<br>[%] | Vyprodukované<br>emise D (2030)<br>[t] | Vyprodukované<br>emise E (2030)<br>[t] | Úspora<br>emisí<br>[%] | Úspora<br>emisí<br>[t/km] | Průměrná<br>úspora<br>rekuperací<br>[%] | Předpokládaná<br>nutnost<br>výstavby TNS | Finanční<br>úspora<br>energie<br>a emisí<br>[mil. Kč] | Náklady<br>na<br>elektrizaci<br>[mil. Kč] |
| 032                   | Trutnov – Jaroměř | 24 284 846                                | 8 133 091                                 | 66,5                     | 6 133                                  | 3 606                                  | 41,2                   | 48,6                      | 23                                      | Ano                                      | 8   | 645                                       |
| Os                    | Trutnov – Jaroměř | 16 892 620                                | 5 835 110                                 | 65,5                     | 4 266                                  | 2 587                                  | 39,4                   | 32,3                      | 27                                      | -  | -   | -   |
| Nák.                  | Trutnov – Jaroměř | 7 392 227                                 | 2 297 981                                 | 68,9                     | 1 867                                  | 1 019                                  | 45,4                   | 16,3                      | 15                                      | -  | -   | -   |

Obrázek 4: Přehledová výsledná tabulka pro modelovou trať Jaroměř – Trutnov

## 4. Úspora emisí CO<sub>2</sub> vlivem modernizace vozového parku

Sdělení Evropské komise COM (2019) 640 (Green deal) stanovilo cíl ukončit do roku 2050 používání dopravních prostředků produkujících emise, tedy spalovacích motorů. Proto v současnosti není ekonomicky výhodné pořizovat nová vozidla používající k pohonu jen spalovací motor, neboť jejich ekonomická životnost skončí až po roce 2050. Vedle intenzivního programového rozvoje liniové elektrizace je proto potřebné řešit bezemisní vozbu i na neelektrizovaných tratích. Technický pokrok v oblasti zásobníků energie významně pokročil a jedna z nevhodnějších možností, jak zajistit bezemisní provoz na neelektrizovaných tratích je právě využití dvouzdrojových elektricko-akumulátorových jednotek jak v osobní dopravě, tak i v dopravě nákladní.

Především by se mělo jednat o postupnou eliminaci používání diesellových vozidel jak na neelektrizovaných, tak i na elektrizovaných tratích. Například v nákladní dopravě zajišťují v ČR diesellová hnací vozidla roční dopravní výkon cca 3,5 mld. tkm na neelektrizovaných tratích a zhruba 2 mld. tkm na elektrizovaných tratích. Přitom doprava diesellových nákladních vlaků na elektrizovaných tratích zbytečně zvyšuje emise CO<sub>2</sub> až o 60 %.



Nízký podíl dopravních výkonů v dieselové trakci (8 %) u ČD Cargo se jeví na první pohled příznivý. Jedná se však i o aplikace, na kterých pracují dieselová vozidla energeticky velmi neekonomicky. K traťovým výkonům je nutné přičíst výkony, které samy o sobě produktivní dopravou nejsou, ale tento proces podmiňují. Jde o vlakotvorný posun ve vybraných stanicích a další místní výkony - např. posun u manipulačních a vlečkových vlaků. Ujeté kilometry na těchto výkonech tvoří u dieselové trakce dalších více jak 30 % nad rámec dopravních výkonů. Z výše uvedeného vyplývá, že náklady na trakční naftu pro 8 % dopravních výkonů dopravce ČD Cargo tvoří přibližně 50 % nákladů na trakční elektrickou energii.

Velký efekt může přinést náhrada motorových hnacích vozidel na místních výkonech a na staničním posunu, kde postačí nižší instalovaný výkon hnacího vozidla, a naopak využití vyšší tažné síly, což je důležitý parametr pro rozjezdy. Ten má vliv na spotřebu paliva, neboť vysoce výkonné spalovací motory pracují v těchto režimech neekonomicky.

Z pohledu osobní dopravy umožňuje použití elektricko-akumulátorových jednotek BEMU obsluhovat osobní dopravu jak elektrizované, tak i neelektrizované tratě. Na elektrizovaných úsecích se pohybují jako běžné elektrické vlaky a dynamicky zde dobíjejí akumulátory (případně staticky ve stanicích). Na zbylé části neelektrizované trati využívají energii uloženou v akumulátorech. V současnosti jsou schopny jednotky BEMU dosáhnout dojezdu 80 až 120 km – to ale úzce souvisí s energetickou náročností tratě. Liniová elektrizace se s provozem elektricko-akumulátorových vozidel vhodně doplňuje a s rozvojem elektrizace se výrazně zlepšují možnosti nasazení těchto vozidel. [5]

#### **4.1. Výpočet úspory emisí CO<sub>2</sub> na posunu k roku 2030**

Pro výpočet snížení uhlíkové stopy vlivem nasazení dvouzdrojových elektricko-akumulátorových hnacích vozidel na posunu bylo využito dat získaných ze Sbírek oběhů vozidel ČD Cargo pro JŘ 2019/2020. Další nezbytná data pro výpočet se týkala posunů ve stanicích a jejich měřených dopravních výkonů.

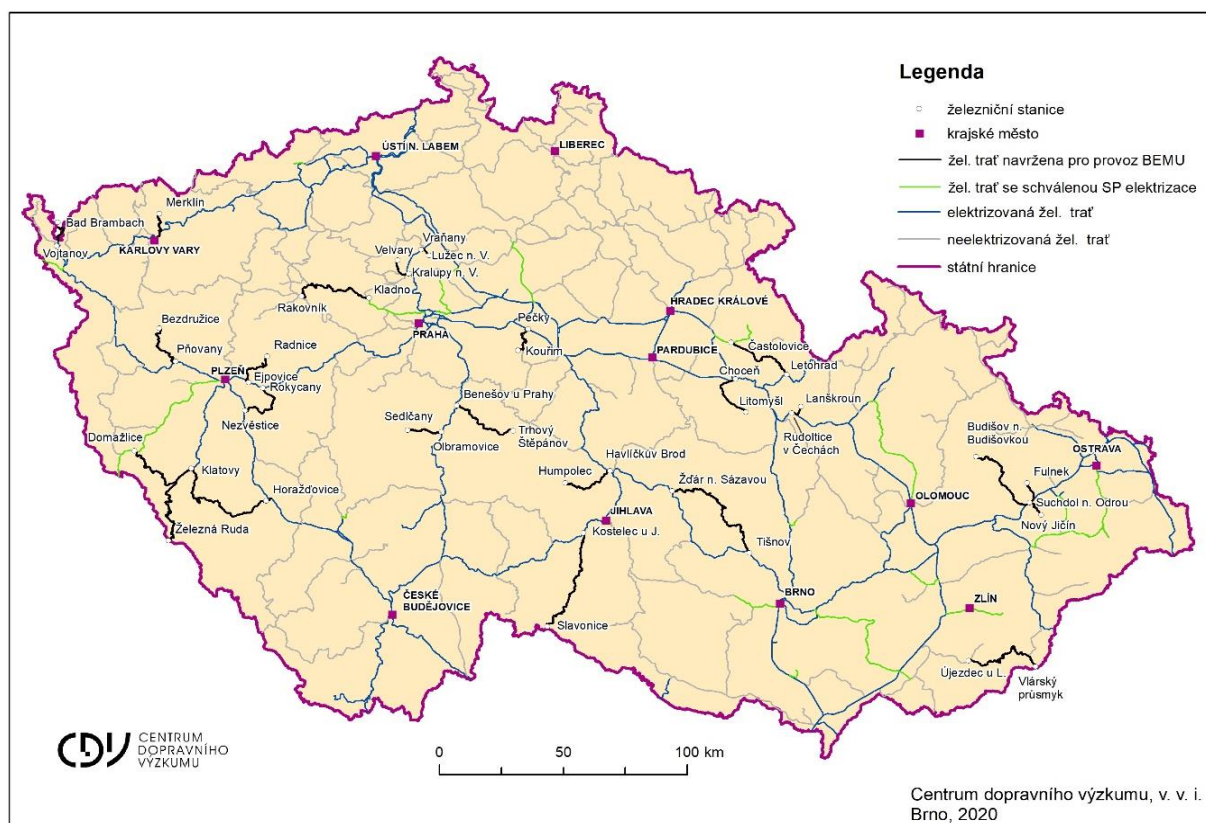
Vypočtený potenciál úspory energie k roku 2030 v úrovni 69 277 MWh/rok za stávajícího stavu elektrizace a potenciál úspory emisí CO<sub>2</sub> v úrovni 20 728 t představuje ideální stav, ke kterému se lze přiblížit kombinací aplikací různých technologií. Dle možností jednotlivých posunových pracovišť se může jednat o kombinaci liniové elektrizace, použití dvouzdrojových elektricko-akumulátorových nebo elektricko-dieselových vozidel. Poměrně vysokých hodnot úspory emisí CO<sub>2</sub> u dvouzdrojových vozidel lze dosáhnout právě eliminací volnoběžného provozu posunovacích hnacích vozidel. Ten představuje u dieselových vozidel nezanedbatelnou část spotřebované energie.

Pro výpočet snížení uhlíkové stopy nasazením dvouzdrojových vozidel u manipulačních vlaků byla rovněž využita data ze Sbírek oběhů vozidel ČD Cargo týkající se provozu manipulačních vlaků v průběhu prosince 2019 (dieselová vozba, HV řady 742 a 731) a dubna 2020 (elektrická vozba, HV řady 130, 163 a 363). Potenciál úspory emisí CO<sub>2</sub> k roku 2030 zde byl spočten v hodnotě 2 140 t pro stávající stav elektrizace, respektive 4 586 t s výhledem po dokončení plánované elektrizace.

## 4.2. Výpočet úspory emisí CO<sub>2</sub> v osobní dopravě k roku 2030

Ve spolupráci se společností ČD byly identifikovány regionální železniční tratě, kde se jeví jako vhodné nasadit dvouzdrojová elektricko-akumulátorová vozidla. Na základě dostupných údajů o dopravních výkonech byly vyčísleny úspory ve spotřebované energii a vyprodukovaných emisích CO<sub>2</sub>. Vytipovaných bylo 24 regionálních tratí vhodných pro nasazení elektricko-akumulátorových vozidel, které jsou vyznačeny na následujícím obrázku.

Vypočtený potenciál snížení emisí CO<sub>2</sub> dosahuje na všech analyzovaných tratích až 6 852 t CO<sub>2</sub> za rok. To představuje snížení emisní zátěže přibližně o 35 % v porovnání s dieselovým pohonem.



Obrázek 5: Tratě vhodné pro provoz BEMU

Všechny hodnoty vypočtené pro cílový rok 2030 mají však potenciál dalšího růstu v následujících letech i pro roce 2030. Důvodem je postupné snižování měrných emisí pro výrobu elektřiny v elektrárnách, čemuž přispívá postupné navyšování podílu bezemisních zdrojů elektrické energie v energetickém mixu ČR.

## Závěr

### Liniová elektrizace

Evropská unie dlouhodobě usiluje o zefektivnění dosavadního vývoje dopravy v osobní i nákladní dopravě především ve prospěch životního prostředí. Základní dokumenty (Bílá kniha, Green Deal) stanovují cíle, ke kterým by členské státy měly směřovat. Mezi

ty nejvýznamnější pro rok 2030 patří např. převedení 30 % dálkové silniční nákladní dopravy na jiné druhy dopravy (v podmínkách ČR se jedná o železnici) a snížení produkce emisí CO<sub>2</sub> z dopravy o 50 %. K naplnění těchto základních cílů může zásadním způsobem přispět právě rozsáhlá liniová elektrizace železniční sítě. Z výstupů studie vyplývají nesporné výhody elektrizovaných tratí (nižší provozní náklady, nižší uhlíková stopa nebo vyžití potenciálu rekuperace jako zdroje bezemisní elektřiny), které samy o sobě k naplnění cílů zásadně přispívají a zároveň vytváří prostor pro větší konkurenceschopnost železniční dopravy ve vztahu k silniční.

V případě, že by se podařilo elektrizovat všech 123 analyzovaných železničních tratí, došlo by na základě použité metodiky k celkové úspoře emisí až 80 286 t CO<sub>2</sub>/rok. Tuto hodnotu lze rovněž vyjádřit ve formě ušetřené elektrické energie, což představuje přes 500 GWh/rok. Takové množství ušetřené energie odpovídá přibližně veškeré vyrobené elektřině v ČR za 2 dny.

Potenciál snížení produkce emisí CO<sub>2</sub> vlivem elektrizace nevzniká jen díky úspornějšímu provozu elektrické trakce, ale vzhledem ke zvýšení atraktivnosti železniční dopravy její elektrizací se předpokládá i přesun části silniční nákladní dopravy na železnici. Ve studii je proto uvažováno s navýšením dopravního výkonu železniční dopravy na většině předemtných tratí o 15 %. V roce 2030 to představuje na všech analyzovaných tratích celkem 657,9 mil. hrtkm. Dá se předpokládat, že tento objem dopravy se přesune ze silnice na železnici a tím lze uspořit cca 0,95 % emisí CO<sub>2</sub> vyprodukovaných těžkou silniční nákladní dopravou.

### **Dvouzdrojová vozidla**

Z provedených výpočtů lze vyvodit závěr, že výměnou hnacích vozidel nezávislé trakce za elektricko-akumulátorová dojde k nezanedbatelným úsporám v ušetřené energii. Zejména u staničních záloh je nemalá část zmařena volnoběžným provozem motorů a samotnou nízkou účinností přeměny energie obsažené v naftě na energii mechanickou. Zásadním přínosem je ale úspora emisí, která v případě osobní dopravy vychází v průměru 34,9 %.

V případě, že by se povedlo nahradit současná dieselová vozidla zajišťující dopravní obslužnost na regionálních tratích včetně nákladních manipulačních vlaků a vozidel vykonávajících posun v elektrizovaných stanicích, bylo by možné k roku 2030 dosáhnout celkových ročních úspor emisí CO<sub>2</sub> ve výši až 15 500 t.

Zkušenosti s provozem zejména v osobní dopravě jsou již v některých okolních státech Evropy. Obecně lze konstatovat, že dvouzdrojová elektricko-akumulátorová vozidla lze s vysokou užitnou hodnotou nasadit i na tratích, kde se ve výhledovém období zvažuje plná elektrizace. V době před elektrizací je možné v relativně krátkém časovém horizontu výrazně přispět k přechodu na bezemisní železnici nasazením těchto vozidel. Pro větší dojezdové vzdálenosti, které jsou za limity současných akumulátorů je možno jako náhradu za dieselová vozidla využít vozidla poháněná vodíkovými články. Z důvodu neekonomické přepravy vodíku je ale nezbytné uvažovat s budováním plnicích stanic vodíku v blízkosti jeho produkce. Vzhledem k jeho vysoké ceně je zároveň potřebné aktivní zapojení státu ve smyslu podpory vodíkových technologií v rámci přechodu k bezemisní a konkurenceschopné železnici.

## Poděkování

Tento článek byl financován prostředky Správy železnic v rámci projektu smluvního výzkumu s názvem „Ověření potenciálu snížení emisí CO<sub>2</sub> vlivem změny trakce a liniové elektrizace na železniční síti Správy železnic“.

## Literatura

- [1] Výroční zprávy 2004-2019. Správa železnic [online]. [cit. 2021-03-05]. Dostupné z: <https://www.spravazeleznic.cz/o-nas/publikace/vyrocní-zprávy>
- [2] Ročenky dopravy 1995-2003. SYDOD [online]. [cit. 2021-03-05]. Dostupné z: <https://www.sydos.cz/cs/roceny.htm>
- [3] TIKMAN, Pavel; VACHTL, Martin. Rozvoj železniční sítě České republiky. Urbanismus a územní rozvoj, ročník III, číslo 5, 2010 [online]. [cit. 2021-03-05]. Dostupné z: [https://www.uur.cz/images/5-publikacni-cinnost-a-knihovna/casopis/2010/2010-05/08\\_rozvoj.pdf](https://www.uur.cz/images/5-publikacni-cinnost-a-knihovna/casopis/2010/2010-05/08_rozvoj.pdf)
- [4] PELC, Jiří; PODHRADSKÝ, Jiří. Studie proveditelnosti změny trakce z DC 3 kV na AC 25 kV, 50 Hz v oblasti „Ostravsko a Přerovsko“. SUDOP Brno, 2019.
- [5] Pohl. J. Elektrická vozba na železnici a obnovitelné zdroje energie. Vědeckotechnický sborník ČD č. 44/2017. Elektrická vozba po [online]. [cit. 1.9.2020]. Dostupné na: [https://vts.cd.cz/documents/168518/195504/4415\\_Pohl\\_Elektrick%C3%A1+vozb+a+na+%C5%BEleznici+a+obnoviteln%C3%A9+zdroje+energie.pdf/2234bb9a-deac-4b78-8ccd-8632001fc329](https://vts.cd.cz/documents/168518/195504/4415_Pohl_Elektrick%C3%A1+vozb+a+na+%C5%BEleznici+a+obnoviteln%C3%A9+zdroje+energie.pdf/2234bb9a-deac-4b78-8ccd-8632001fc329)
- [6] Pohl Jiří, Siemens Mobility: Metodika výpočtu energetické a emisní náročnosti dopravních systémů, Praha, 2020.
- [7] IPCC (2006): IPCC Guidelines for national greenhouse gas inventories. IPCC. National Greenhouse Gas Inventories Programme. Iges. Japonsko.

Lektorovali: Dr. Ing. Václav John, Správa železnic

doc. Dr. Ing. Roman Štěřba, MBA, Fakulta dopravní ČVUT