

## Možnosti energetických úspor na železnici v prostředí ČR

Dílo bylo zpracováno za finanční podpory Státního programu na podporu úspor energie na období 2017–2021 – program EFEKT 2 pro rok 2019

listopad 2019







# Obsah

---

1	Uvedení do problematiky	6
1.1	Zaměření publikace	6
2	Současný stav železniční dopravy	8
2.1	Evropský kontext	8
2.2	Český kontext	9
2.3	Sousední státy	10
3	Úspory v železniční dopravě v dokumentech EU a ČR	15
3.1	Legislativní a nelegislativní dokumenty EU	15
3.2	Koncepční a strategické dokumenty ČR	18
4	Potenciál energetických úspor v železniční dopravě v ČR	23
4.1	Intramodální úspory energie	27
4.1.1	Úspory na infrastruktuře	27
4.1.2	Systém elektrického napájení	28
4.1.3	Řízení a zabezpečení	30
4.1.4	Vozidla	31
4.2	Extramodální úspory	32
4.3	Vyčíslení potenciálu úspory energií	34
5	Závěr	40
	Seznam zkratk	41
	Zdroje informací	42

# 1 Uvedení do problematiky

Oblast dopravy zaznamenává své bouřlivé období. Celý sektor dopravy nejen v ČR, ale i v EU vykazuje trvalý růst osobních a nákladních vozů a vozů veřejné dopravy. Možnosti zvyšování dopravních a přepravních výkonů naráží na své limity v oblasti infrastruktury, a to jak v oblasti automobilové a železniční, tak již v oblasti vodní a letecké. Dopravní infrastruktura roste pomalejším tempem než poptávka po službách a výroba dopravních prostředků. To má za následek přeplněné dopravní tepny, zejména silnice a železnice, a to jak osobními, tak nákladními dopravními prostředky. Nicméně i přes trvalý růst celého sektoru dopravy lze dosáhnout výrazných energetických úspor a nižší zátěže pro životní prostředí v mnoha oblastech.

Doprava zatěžuje životní prostředí stále vyšší měrou, proto je nezbytné se zaměřit na její trvale udržitelný rozvoj. V rámci energetických úspor v dopravě obecně je třeba hledat efektivní a levnější možnosti energetických zdrojů, tedy využívat možnosti úspor energií v kombinaci s obnovitelnými zdroji energie. V ČR se doprava podílí na konečné spotřebě energií 26,9 %, tedy podobně jako spotřeba domácností (27,3 %) i průmyslu (29,9 %). Přibližně ze sumy 80 mld. kWh/rok, což je spotřeba pro sektor dopravy pro ČR, je podíl elektrifikované dopravy pouze 2,21 %, přičemž zajišťuje 18 % přepravních výkonů (zejména v železniční dopravě). Zbylou část zdrojů tvoří fosilní paliva a biopaliva (diesel, benzin, plyn). Mezi palivy, které využívají dopravní prostředky pro svůj pohon, panuje výrazný energetický rozdíl v účinnosti. Fosilní paliva jsou energeticky výrazně méně účinná než pohony využívající elektrickou energii. Dopravní prostředky na fosilní paliva se ale vyznačují výraznějším svobodou pohybu a také nižší cenou, a to jak investiční, tak provozní. Dopravní prostředky využívající pro svůj pohyb elektřinu jsou více omezené potřebnou infrastrukturou a obvykle vyšší cenou, nicméně jsou výrazně méně energeticky náročné, ekologičtější a pokud mluvíme o železniční dopravě, tak i bezpečnější. Tyto skutečnosti se promítají výrazným vlivem na lidské zdraví (lze je prokazatelně kvantifikovat např. prostřednictvím negativních externalit). Ovšem i samotnou elektrickou trakci lze optimalizovat k větší efektivitě a úsporám emisí. Typickým příkladem je sjednocování trakčního napětí a optimálního využívání infrastruktury.

Elektrifikovaná a úsporná železniční doprava je díky svým nízkým externalitám a mnohým dalším výhodám vnímána jako oblast, ve které je do budoucna velký potenciál. Na tento vývoj poukazují i rámcové dokumenty Evropské unie. Témata věnující se rozvoji železnice a s tím spojeným energetickým úsporám se objevují v řadě koncepčních dokumentů i legislativních opatřeních EU. Rostoucí význam tohoto sektoru můžeme už pozorovat i v okolních státech, v největším měřítku např. v Německu. Úspory a efektivita jsou tak směrem, jakým se tento sektor bude ubírat.

## 1.1 Zaměření publikace

Publikace se věnuje možnostem energetických úspor na železnici v prostředí ČR a je určena pro širokou laickou i odbornou veřejnost včetně studentů středních a vysokých škol. Publikace nastiňuje a kvantifikuje také možné úspory pro potřeby státní sféry, např. MPO. Publikace má za cíl pomocí souhrnu technických možností identifikovat nejvhodnější cesty k dosažení energeticky méně náročné železniční dopravy, a to jak osobní, tak nákladní.

Možnosti úspor jsou přehledně vysvětleny a kvantifikovány dále v jednotlivých kapitolách. V následující kapitole je čtenář stručně uveden do problematiky významných dokumentů v oblasti dopravy, energie a úspor jako celku v prostředí EU i ČR. Cílem je poukázat na energeticky přívětivý dopravní model vzhledem k plnění klimaticko-energetických závazků ČR a EU, zejména tedy ve vztahu k Bílé knize dopravy, Národnímu plánu snižování emisí ČR a návrhu Vnitrostátního plánu ČR v oblasti energetiky a klimatu. Následující dvě kapitoly řeší energetické úspory různými přístupy. Intramodální úspory se věnují technickým inovacím v rámci železniční dopravy, kde jsou kvalitativně i kvantitativně kvantifikovány možné úspory. Obdobným způsobem jsou kvantifikovány extramodální úspory, a to

zejména použitím efektivnějšího zdroje energie. Následuje popis přístupů k udržitelné dopravě u hraničních sousedů ČR, tedy v Polsku, Slovensku, Rakousku a Německu.

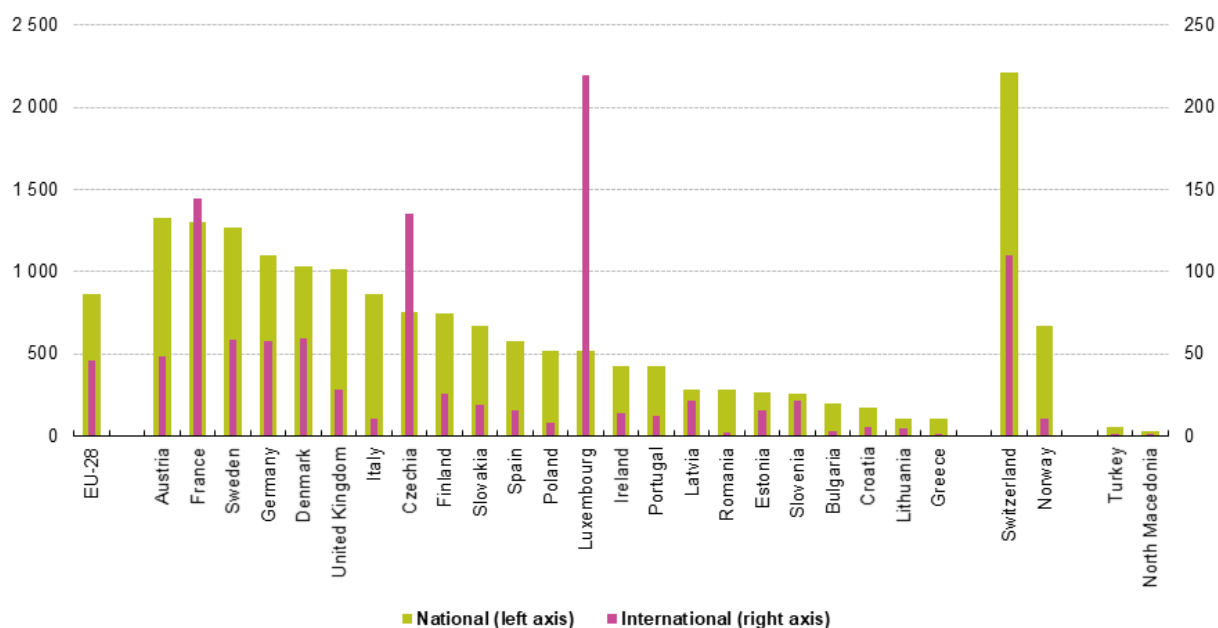
Publikace slouží čtenáři pouze jako úvod do této obsáhlé problematiky. Výsledky studie je proto nutno vnímat v jejím kontextu a s ohledem na časovou i finanční dotaci, tedy jako indikativní a vyzývající na mnoha místech k podrobné analýze a další diskuzi.

## 2 Současný stav železniční dopravy

### 2.1 Evropský kontext

Železnice je významnou součástí národní i mezinárodní dopravy, na celkové dopravě se podílí z 8 %. Podle údajů z Eurostatu v roce 2017 bylo na vnitrostátních železničních sítích v EU najeto 465 mld. oskm, jednalo se tedy téměř o 3% nárůst oproti předchozímu roku 2016 (401 mld. oskm). Celkem bylo v roce 2017 přepraveno více jak 9,6 mld. pasažérů, což je 1,5% meziroční nárůst. Státy EU tak zaznamenaly už pátým rokem nárůst využívání železniční dopravy. Nejvyšší podíl přepravovaných osob v roce 2017 mělo Rakousko (12,1 %) a Nizozemí (11 %), Česká republika má přibližně 9 % a je nad průměrem EU. V evropském srovnání je Česká republika v mezinárodní osobní dopravě na třetím místě v počtu nejvíce přepravených osob v poměru 136 oskm na počet obyvatel (oproti roku 2016 se tato hodnota navýšila z 116 oskm/ob), vyšších hodnot dosahuje už jen Lucembursko (219 oskm/ob) a Francie (145 oskm/ob), což ukazuje na to, že je ČR důležitým přepravním uzlem. V oblasti nákladní železniční dopravy bylo v EU v roce 2017 najeto přibližně 416 mld. tkm, oproti roku 2016 (403 mld. tkm) zde byl velký nárůst vedený především Maďarskem, Estonskem, nebo Řeckem, v absolutních číslech zaznamenalo největší pokles Německo. Volný pohyb zboží pomocí nákladní železniční přepravy tak v rámci EU tvoří přibližně 25 %.

**Obrázek 2.1 Počet přepravených osob v mezinárodní a národní osobní železniční dopravě v EU (mil. oskm, 2017)**



Zdroj: Eurostat 2019

Podpora účinnějších a udržitelnějších způsobů přepravy, konkrétně železniční přepravy, patří k pilířům evropské dopravní a environmentální politiky v posledních 25 letech. A tato trajektorie z minulých let bude podporována i v následujícím období nové Evropské komise pod vedením předsedkyně Von der Leyen. Obzvláště efektivita má být jednou z hlavních priorit v oblasti směřování evropských projektů způsobilých pro financování z evropských fondů, ale i celkově v investičních záměrech a pobídkách. Další významnou oblastí, na kterou se bude zvyšovat důraz je ochrana životního prostředí a minimalizace negativních dopadů působení člověka. Doprava se podílí na emisích skleníkových plynů v Evropské unii z 27 %, celkové emise z dopravy se oproti roku 1990 zvýšily o 28 %. Podíl železniční



dopravy na emisích je přitom pouze 1,5 % a i z hlediska ostatních externalit je podpora tohoto typu na úkor ostatních tak logickým krokem.

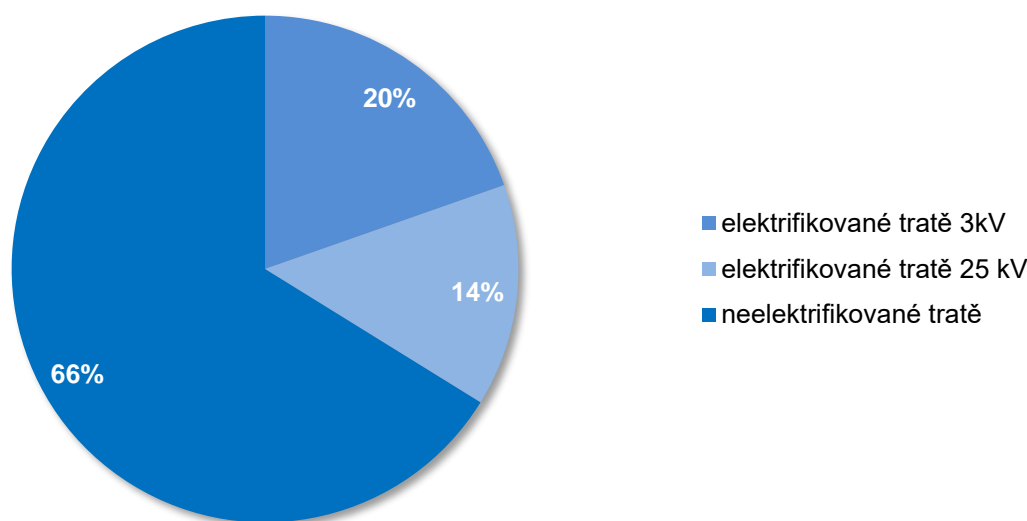
## 2.2 Český kontext

V současnosti je v ČR elektrifikováno čtyřmi typy proudové soustavy (1,5 kV, 3 kV, 15 kV a 25 kV) celkem 3 235 km tratí, což činí pouhých 33,8 % (byť na nich je uskutečňována většina přepravních výkonů). ČR se tak řadí mezi státy s nejmenším rozsahem elektrizace. K elektrifikaci dalších tratí dochází postupně (např. v roce 2010 byla míra elektrifikace pouze 33,5 %, do roku 2017 přibylo 29 km elektrifikovaných tratí).

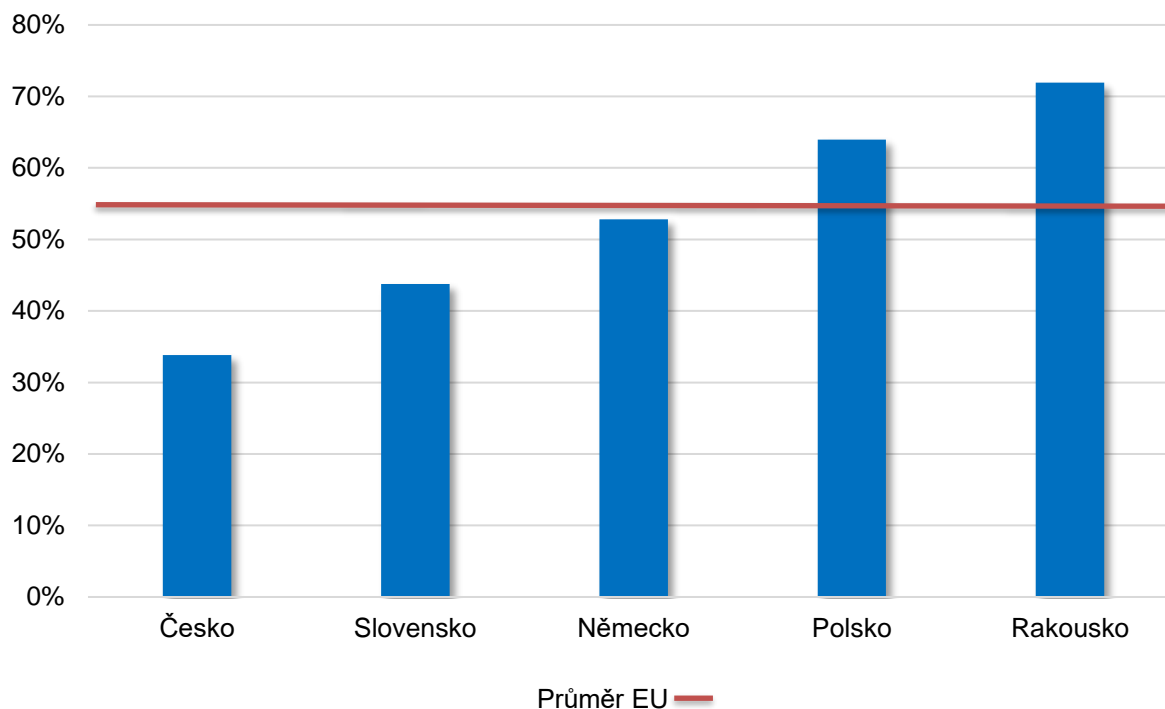
**Obrázek 2.2 Podíl železničních tratí a z toho (%) elektrifikovaných (2011-2018)**

ročenka dopravy za rok	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
celkem tratě [km]	9 572	9 570	9 560	9 559	9 566	9 564	9 567	9 572
elektrifikované tratě [km]	3 216	3 217	3 216	3 216	3 237	3 236	3 237	3 235
neelektrifikované tratě [km]	6 355	6 353	6 345	6 343	6 329	6 328	6 331	6 337
elektrifikované tratě [%]	34	34	34	34	34	34	34	34
neelektrifikované tratě [%]	66	66	66	66	66	66	66	66

**Obrázek 2.3 Tratě v ČR (2017)**



Při srovnání s našimi sousedy má ČR nejhustší železniční síť jak vzhledem k rozloze státu, tak vzhledem k počtu obyvatel. V míře elektrizace železnic však zůstává na posledním místě. Hustotu elektrifikované železniční sítě vzhledem k rozloze státu má vyšší, než Slovensko a Polsko a hustotu vzhledem k počtu obyvatel má vyšší, než Slovensko a Německo. Do roku 2016 bylo na Slovensku elektrifikováno přibližně 43,8 % železničních tratí, v Německu pak 52,8 %, v Polsku necelých 64 % a v Rakousku dokonce téměř 72 % tratí. Pro ČR ovšem zůstává otázkou, zda by investice do 100% elektrizace byla návratná, z energetického hlediska se však jedná o jeden z nevyhodnějších způsobů dopravy.

**Obrázek 2.4 Srovnání ČR v míře elektrifikace tratí se sousedy**

## 2.3 Sousední státy

Sousední státy, stejně jako Česká republika, řeší úspory v dopravě, včetně železniční dopravy. Přístupy se ale významně liší. Pokrok v Česku, na Slovensku a v Polsku je postupný a často soustředěný především na hlavní tratě. Německo je velmi inovativní v oblasti efektivních a udržitelných řešení v železniční dopravě, stále je zde ale velký prostor pro zlepšení. V některých zemích, jako je Německo a Rakousko, pak vlastní železniční podnik i výrobu a přenos elektrické energie. Železniční podnik tak logicky řeší přechod na bezemisní železnici komplexně. A to jak v oblasti spotřeby (užití) elektrické energie, tak i v oblasti výroby elektrické energie. Například buduje větrné parky náhradou za tepelné elektrárny spalující uhlí. Většina hlavních tratí ve všech státech je elektrifikovaná.

Evropský železniční index<sup>1</sup>, který hodnotí využití železnice, kvalitu a bezpečnost, řadí státy EU do tří skupin, kdy Německo a Rakousko se nachází v té první (nejlepší), Česká republika v druhé skupině a Slovensko a Polsko ve třetí. Německo má podle ní vysoké využití železniční dopravy, Rakousko excelentní využití dopravy a oba státy mají vysoké standardy služeb, Česká republika má velmi dobré využití, ale hlavní vliv na to má vysoká nákladní a mezinárodní přeprava, Slovensko a Polsko jsou na tom ve všech oblastech železniční dopravy o něco hůře.

### Slovensko

Železnice Slovenské republiky (ŽSR) je státní podnik spravující železniční infrastrukturu vlastněnou státem, jeho hlavním úkolem je provozování dráhy, její údržba a modernizace. ŽSR spravuje přibližně 3,6 tis. km tratí (z toho necelých 44 % je elektrifikovaných). Cíle v rámci panevropské sítě se daří ŽSR plnit zatím jen částečně skrze nástroj *CEF pro propojování Evropy* a evropský fond *Operační program integrovaná infrastruktura 2014–2020*.

<sup>1</sup> BCG (2017). The 2017 European Railway Performance Index.

Od roku 2006 jezdí na Slovensku na trati Praha – Žilina – Košice moderní rychlostní vlaky SuperCity. V roce 2010 začaly vlaky pravidelně využívat traťovou rychlost 160 km/h a zároveň i zabezpečovací systém ETCS Level 1 na modernizovaném úseku Bratislava-Rača – Nové Mesto nad Váhom. V roce 2017 proběhla další modernizace vozů a byly koupeny moderní stroje typu 383.1 "Vectron" s výkonem 6 400 kW a maximální rychlostí až 200 km/h, které mohou jezdit nejen pod napěťovými systémy DC 3 kV a AC 25 kV 50 Hz, jaké se vyskytují na Slovensku, ale navíc i pod AC 15 kV 16,7 Hz používaným v sousedním Rakousku. Slovensko také zavedlo sledování měření spotřeby energie ve vozech, což vedlo k úsporám až 15 % elektrické energie.

### **Polsko**

V Polsku je přibližně 64 % elektrifikovaných tratí, ale všechna využívaná elektřina je brána z veřejné sítě, kde se na výrobě elektřiny podílí uhelná energetika z více jak 80 %. Významná pro rozvoj železniční infrastruktury je *Státní podpora při financování nákladů na správu železniční infrastruktury, včetně její údržby a renovace v letech 2014–2023*. Modernizace a inovace na tratích zatím ale proběhla jen na malém segmentu celkového počtu tratí. Investice do dopravní infrastruktury jsou mnohonásobně vyšší než do železnic. Ministerstvo pro transport odpovídá za realizaci strategických a výkonných dokumentů, které přispívají ke zlepšení energetické účinnosti v dopravě, problematice se věnuje například *Strategie rozvoje dopravy do roku 2020*, podrobněji pak *Národní železniční program do roku 2023* z června 2016. Dokument byl ale kritizován, například organizací ProKolej, podle které je dokument seznam úkolů a případně předběžných odhadů nákladů a nikoli koherentní program, jehož cílem by bylo zlepšit kvalitu a řešit problémy železniční sítě v Polsku. Chybí v něm efektivní alokace investičních fondů, zaměřené na skutečné zlepšení konkurenceschopnosti železniční dopravy.

Napěťový systém je v celém Polsku stejně jako v severní části ČR a Slovenska DC 3 kV, v tomto směru je tedy také možnost výrazných úspor energií v budoucnu ve směru přechodu na AC 25 kV.

### **Rakousko**

Rakousko, jako environmentálně založený stát významně podporuje i železniční dopravu, kterou vnímá jako přívětivou k životnímu prostředí, a která je udržitelná do budoucna. Téma udržitelné mobility je i jedním z hlavních cílů rakouského ministerstva pro dopravu. Cílem vlády je také podpora popularity železniční dopravy v osobní i nákladní přepravě, přestože v evropském průměru mají využití vysoké, podle rakouské vlády je stále nízké a je potřebné ho zvýšit. Příkladem tohoto přístupu může být přeprava kamionových náprav po železnicích (viz následující obrázek). Využívaná železnice k tomuto typu nákladní dopravy je elektrifikovaná, na jeden vlak se vejde 34-50 kamionových náprav, což má pozitivní vliv na nižší spotřebu fosilních paliv a větší plynulost silniční dopravy. Dále začíná rakouská ÖBB testovat o vlaky na vodík s palivovými články, podrobněji viz Německo.

Rakouský cíl do roku 2025+ je další modernizace infrastruktury, investice do nové infrastruktury a dosažení závazků v rámci transevropských sítí (TEN-T/RFCs). Rozšiřovat by se měl i systém centrálního monitoringu vlaků, automatizace, zvyšování rychlosti na 160 km/h a elektrifikace. V Rakousku je 72 % železnice elektrifikováno a stejně jako Německo využívá střídavý systém napájení AC 15 kV 16,7 Hz. Specifický systém střídavého napájení využívající frekvence 16,7 Hz je historický relikv, z dob výstavby železniční soustavy, kdy frekvence 50 Hz bylo příliš vysoká třetinová frekvence tehdy postačovala. AC 15 kV 16,7 Hz se využívá na území Rakouska, Švýcarska a části Německa – jedná se tedy o zcela oddělenou železniční síť.

**Obrázek 2.5 Příklad energeticky efektivního převozu kamionových náprav po železnici**

Zdroj: prezentace Žesnad.cz, EFEKT 2018

### Německo

Německo, patří spolu s Francií, Velkou Británií a Itálií k státům s největším podílem využívání železnic. V průměru dosahovalo více než tisíc osobokilometrů na obyvatele v roce 2015, od té doby zaznamenává rostoucí trend. Německo je v oblasti úspor v železniční dopravě pokrokové, německý státní dopravce Deutsche Bahn (dále DB) přepraví ročně přes dvě mld. osob a spotřebuje k tomu 2 % celkové spotřeby energie v zemi, přibližně 52,8 % tratí je elektrifikovaných. V souladu s německou proměnou energetiky by také vlaky měly do poloviny 21. století jezdit na 100% obnovitelnou energii ze slunce nebo větru. Ve většině Německa, stejně jako v celém Rakousku, je střídatý systém napájení AC 15 kV 16,7 Hz.

Mimo elektrické lokomotivy jsou v Německu využívány od roku 2018 i dvouzdrojová vozidla využívající vodík, který je vyrobený z přebytků obnovitelné energie. Vodíkové vlaky modelu Coralia iLint na linkách mezi čtyřmi městy v Dolním Sasku provozuje dopravní společnost EVB (Eisenbahnen und Verkehrsbetriebe Elbe-Weser), která jimi chce postupně nahradit svůj dieselový vozový park. Vozidla s vodíkovou nádrží na střeše dosahují maximální rychlosti 140 kilometrů za hodinu bez přímých emisí, jako jsou oxid uhličitý, saze a jemný prach. Vlaky prozatím tankují plynný vodík z mobilní čerpací stanice, ale do roku 2021 by měla vzniknout i stacionární stanice. Dojezd vlaku je 1 000 kilometrů. V Česku jsou tato vozidla plánována v Moravskoslezském kraji. Vlaky na vodík s palivovými články bývají společně s hybridními (elektrické jednotky s baterií pro provoz mimo troleje) označovány jako nejčastější možní nástupci dieselových vlaků na neelektrizovaných tratích.

DB hledá také cesty, jak využívat obnovitelné zdroje energie také pro budovy ve svém majetku. Například berlínské hlavní vlakové nádraží je již od roku 2006 pokryto solárními panely. V době svého vzniku šlo o největší fotovoltaickou elektrárnu v Berlíně. Cílem DB je při rekonstrukcích a stavbách nových nádraží automaticky přidávat na vhodné střechy i instalace solárních panelů. V roce 2014 zahájily německé dráhy program StationGreen, který má za cíl snižování energetické náročnosti budov. Pilotní stavbou tohoto programu je nádraží v Kerpen Horrem. Střechu pokrývá fotovoltaická elektrárna i solární panely pro ohřev vody. Další části střechy také zachycují dešťovou vodu pro využití na toaletách. Zdrojem tepla pro vytápění je tepelné čerpadlo země-voda, s vysokým topným faktorem. Světlovody



zajišťují dostatek denního světla a po setmění je využité LED osvětlení, které má až sedmkrát nižší spotřebu elektrické energie než běžné žárovky. Komfort cestujících pak zvyšují USB konektory u sedaček v nádražní čekárně.

**Obrázek 2.6 Zelené řešení nádraží Kerpen Horrem v Německu**



Zdroj: [baunetzwissen.de](http://baunetzwissen.de)

**Obrázek 2.7 Příklad světlíků na nádraží Kerpen Horrem v Německu**



Zdroj: [baunetzwissen.de](http://baunetzwissen.de)

Německá vláda dále zavedla 9. srpna 2018 nový program financování projektů zvyšujících energetickou účinnost v železniční dopravě (*Směrnice o podpoře energetické účinnosti elektrické železniční*

dopravy<sup>2</sup>). Program podpory slouží k dalšímu posílení železniční dopravy (nákladní i dopravní) v konkurenci s jinými druhy dopravy.

Z programu mohou firmy každoročně čerpat až 100 milionů eur (2,6 mld. korun). Projekt je na pět let a má trvat do 31. prosince 2023, alokovaná částka je 500 milionů eur. Vláda proplácí až 50 % prostředků vydaných na úsporná opatření, například na: nákup nových lokomotiv, školení strojvedoucích nebo automatické asistenční systémy. Příspěvek dostanou firmy, které meziročně snížily spotřebu energií alespoň o 1,75 %. Peníze jsou společně vypláceny zpětně z *Energetického a klimatického fondu* spolkové vlády. Příjemci jsou pouze železniční podniky, program se nevztahuje na MHD. Železniční podniky z jiných členských států EU poskytující služby železniční dopravy v Německu jsou způsobilé ve stejném rozsahu jako německé společnosti.

Podporu lze kumulovat i s jinými granty nebo podporou de minimis z místních, regionálních nebo vnitrostátních fondů, které kryjí stejné náklady, za předpokladu, že jsou dodržena pravidla kumulace. Žádosti o grant lze podat do 30. června kalendářního roku následujícího po roce vypořádání. Pravděpodobně dojde k administrativním úpravám žádostí o dotaci z důvodu příliš striktních podmínek. Např. v roce 2018 o příspěvek z fondu požádala jen jedna společnost (DB Cargo – lídr na trhu nákladní dopravy). Jedním z důvodů nízkého zájmu byla zkrácená časová lhůta pro přípravu projektů a podání žádosti. Dále firmy upozorňují na příliš vysokou administrativní náročnost žádosti a také nutnost zainvestovat projekt nejprve z vlastního v momentě, kdy získání dotace je ještě nejasné. Podpora je také podmíněna úsporou 1,75 % energie, což je další faktor nejistoty pro získání podpory. Společnosti argumentují, že nové lokomotivy jsou již velmi účinné a nové modely zvyšují účinnost pouze minimálně. Prostor pro šetření energie v Německu je především v oblasti lepšího využití vagonů v přepravě – více lidí nebo zboží, výběru trasy, menšího množství zastávek na trati a zlepšení způsobu jízdy vlakové soupravy strojvůdci (energeticky šetrnější). Velký potenciál je tak ve využívání digitalizace, kterou vláda podporuje.

Schválení podpory muselo být projednáno na úrovni EU. Záměr byl oznámen Komisi 22. ledna 2018, po vzájemné komunikaci bylo rozhodnutí vydáno 26. července 2018<sup>3</sup> a ve věstníku vyšlo schválení podpory 26. září 2018. Německo předložilo EK dvě studie týkající se výpočtu způsobilých nákladů, podporující upřednostnění železniční dopravy (z roku 2007 a 2008), kdy Komise následně shledala, že jsou v souladu i s evropskou metodikou.

Ministerstvo dopravy chce pomocí této finanční podpory ušetřit milion tun oxidu uhličitého do roku 2020. Základním rámcem, pod který spadá i tento program je *Železniční akční plán (2017)*, který svými rozměry přesahuje všechny dosavadní plány. Mimo tento plán chce v následujících 10 letech ministerstvo v rámci *Programu ochrany klimatu 2030* rozsáhle investovat do železniční infrastruktury částkou 86 mld. eur, přičemž jízdné by se mělo zlevňovat skrze snížení DPH z 19 % na 7 %. Díky novým opatřením by se cena jízdenek mohla snížit až o deset procent.

<sup>2</sup> Richtlinie über die Förderung der Energieeffizienz des elektrischen Eisenbahnverkehrs

<sup>3</sup> European Commission 2018, rozhodnutí o státní podpoře v Německu SA.50165 (2018/N).

## 3 Úspory v železniční dopravě v dokumentech EU a ČR

Budoucí podoba přepravy osob a zboží v České republice je ovlivněna řadou dokumentů, které odrážejí současné potřeby a trendy nejen v oblasti dopravy, ale z pohledu udržitelného rozvoje zohledňují také oblast energetiky, životního prostředí a ekonomiky. Obsah těchto dokumentů spoluvytváří priority české dopravní politiky v souladu se závazky vyplývajícími z členství České republiky v Evropské unii, reflektující mezinárodní dohody. V této podkapitole představujeme souhrn nejvýznamnějších dokumentů, které definují hlavní cíle či jiná klíčová opatření upravující směřování železniční přepravy v ČR a EU.

### 3.1 Legislativní a nelegislativní dokumenty EU

Na evropské úrovni je železniční doprava upravována v rámci závazných i nezávazných cílů stanovených v následujících dokumentech. V evropské legislativě je ukotvena Smlouvou o Evropské unii a Smlouvou o fungování Evropské unie čl. 90 až 100. Stěžejními dokumenty jsou *Bílá kniha dopravy* a *Čtvrtý železniční balíček*.

Významným unijním krokem bylo předložení bílé knihy: **Plán jednotného evropského dopravního prostoru – vytvoření konkureschopného dopravního systému účinně využívajícího zdroje**. Dokument, v konečném znění ze dne 28. března 2011, představuje novou dopravní politiku EU pro období 2012–2020 s výhledem do roku 2050. Základním cílem unijní dopravní politiky je napomoci vytvořit systém, který podporuje evropský hospodářský rozvoj, zvyšuje konkureschopnost a nabízí vysoce kvalitní služby mobility, a zároveň účinněji využívá zdroje. V praxi je třeba, aby doprava spotřebovala méně energie, využívala čistou energii, lépe využívala moderní infrastrukturu, a snižovala svůj negativní dopad na životní prostředí a zásadní přírodní zdroje jako vodu, půdu a ekosystémy. Vyšší energetická účinnost, nižší dopady na životní prostředí a globální klima mají být dosaženy pomocí následujících procesů:

- zavádění alternativních energií ve všech druzích dopravy (elektrická energie, vodík, případně CNG a LNG = čistá energie), účinnější moderní motory pro dopravní prostředky,
- zajištění větší pravidelnosti provozu (odstranění úzkých hrdel na dopravní infrastrukturu, zavádění aplikací telematiky ke zvýšení bezpečnosti a plynulosti provozu a k optimalizaci kapacity dopravní infrastruktury = úspory energií),
- větší využívání energeticky účinnějších druhů dopravy, a to dopravy železniční a vodní (= úspory energií i čistá energie). V této souvislosti je definován celoevropský cíl převést 30 % současných výkonů silniční nákladní dopravy s délkou přepravy nad 300 km na železniční nebo vodní dopravu. K horizontu roku 2050 pak Bílá kniha cíl navyšuje na 50 %. Tyto cílové hodnoty se vztahují na EU jako celek a na úrovni členských států se jejich naplnění může výrazně lišit, podobně jako v případě využití obnovitelných zdrojů v energetice.

Mezi hlavní cíle společného přístupu Evropské unie k problematice emisí z dopravy, definované v *Bílé knize* z roku 2011, patří snížení závislosti na spotřebě ropy, která činí přibližně 96 %, spolu s podporou rozvoje alternativních paliv a také zajištění snížení emisí skleníkových plynů v tomto sektoru do roku 2050 o 60 %.

Bílou knihu dále rozvíjí stěžejní unijní akt pro oblast rozvoje dopravní infrastruktury nařízení Evropského Parlamentu a Rady (EU) č. 1315/2013/EU *Politika transevropských dopravních sítí* (TEN-T) jakožto hlavní nástroj EU pro rozvoj dopravní infrastruktury pro dálkové přepravní proudy s cílem podpořit

jednotný evropský trh. Nařízení stanovuje hlavní zásady EU v oblasti vytváření transevropské dopravní sítě a určení projektů společného zájmu. Nařízení definuje hlavní zásady rozvoje dopravní infrastruktury včetně opatření, která umožní poskytování kvalitních služeb. Definuje dvouvrstvou evropskou dopravní síť pro železniční síť (samostatně pro osobní a nákladní dopravu), silniční síť, vnitrozemské vodní a námořní cesty, leteckou infrastrukturu a infrastrukturu pro multimodální nákladní dopravu (bimodální a trimodální terminály). Tzv. globální síť TEN-T by měla být dobudována do roku 2050, její podmnožina, tzv. hlavní síť, má stanoven termín dokončení do roku 2030. Souvisejícím aktem je *Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 1316/2013* ze dne 11. prosince 2013, kterým se vytváří Nástroj pro propojení Evropy, který podporuje projekty, jejichž cílem je rozvoj a budování nové infrastruktury a služeb nebo modernizace stávající infrastruktury a služeb. Jeho konečným cílem je urychlit investice do transevropských sítí a zajistit financování z veřejného a soukromého sektoru.

V současnosti je však nejdůležitější dokument týkající se energetických úspor na železnicích **Čtvrtý železniční balíček** z března 2016, kterým bylo následně do české legislativy implementováno šest směrnic platných od 1. ledna 2019. Realizace jednotlivých opatření, které jsou v nich definovány, má vést k zatraktivnění železnice, a tím také k dosažení cílů EU v oblasti politiky ochrany klimatu a životního prostředí. Tržní pilíř tvoří *Směrnice (EU) 2016/2370 o otevření trhu vnitrostátních služeb v přepravě cestujících po železnici a správě a řízení železniční infrastruktury, která mění Směrnici 2012/34/EU a Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) 2016/2338 ze dne 14. prosince 2016, kterým se mění nařízení (ES) č. 1370/2007, pokud jde o otevření trhu vnitrostátních služeb v přepravě cestujících po železnici*. Tržní pilíř dokončuje proces postupného otevírání trhu, který byl zahájen 1. železničním balíčkem. Balíček dále obsahuje tři technické směrnice *Nařízení 2016/796/EU o Agentuře Evropské unie pro železnice, Směrnici 2016/797/EU a Směrnici 2016/798/EU*. Technický pilíř je určen k posílení konkurenceschopnosti odvětví železniční dopravy výrazným snížením nákladů a administrativní zátěže železničních podniků, které chtějí provozovat svou činnost v celé Evropě.

Směrnice musely být do českého práva implementovány do 25. prosince 2018 s tím, že:

- Od 1. ledna 2019 je směrnici otevřen trh vnitrostátní železniční osobní dopravy. To znamená, že dopravci získají právo přístupu k železniční infrastruktuře ve všech členských státech za spravedlivých, nediskriminačních a transparentních podmínek bez ohledu na to, zda k implementaci směrnice do českého práva došlo či nikoli.
- Otevření trhu nemá vliv na možnost příslušného orgánu udělit výlučná práva nebo uzavřít smlouvu o veřejných službách přímo.
- Členský stát má právo omezit práva přístupu na železniční infrastrukturu, pokud by to ohrozilo ekonomickou vyváženost smlouvy nebo smluv o veřejných službách uzavřených na stejnou či alternativní trasu. Dopad do ekonomické vyváženosti smlouvy posuzuje regulační úřad na základě objektivní hospodářské analýzy.

Čtvrtý železniční balíček slouží k uskutečnění dlouhodobých základních principů fungování EU. V tomto směru usiluje vytvoření jednotného evropského železničního trhu s rovným přístupem pro všechny subjekty. Nabízí tedy příležitost, aby na železničním trhu v kterékoli zemi EU nabízely své služby železniční podniky jednotlivých zemí za stejných podmínek. Noví dopravci budou moci na národních trzích komerčně působit od roku 2020. Od roku 2023 se budou moci ucházet o veřejné přepravní kontrakty prostřednictvím výběrových řízení (s výjimkou specifických případů). Čtvrtý železniční balíček neznamená okamžitou a bezvýjimečnou povinnost otevřít železniční trh, ale umožňuje státům využít přechodné období, které připouští provoz železniční dopravy na základě přímého zadání až do roku 2033.

Otevření jednotného trhu má umožnit nástup nových konkurenceschopných obchodních modelů, a tím nabídnout zákazníkům mnohem více možností volby. Konkurenční tlak nových provozovatelů ideálně



donutí existující monopolní přepravce k pružnějšímu chování a přizpůsobení se poptávce. Cílem není zavedení absolutní konkurence, členské státy budou mít stále možnost uzavírat přímé smlouvy o veřejné dopravní obslužnosti tak, aby se dařilo zachovat požadovaná výkonnostní kritéria (kvalitu, množství spojů, přesnost atd.).

Zajímavé je také založení Dopravního společenství *rozhodnutím Rady (EU) 2019/392 ze dne 4. března 2019 o uzavření Smlouvy o založení Dopravního společenství jménem EU*. Společenství prohlubuje rozvoj dopravy mezi Uníí a jihovýchodoevropskými stranami na základě ustanovení *acquis* Unie.

## Globální a evropské klimatické politiky

**Akční plán k logistice pro nákladní dopravu**, v konečném znění ze dne 18. října 2007, považuje logistiku nákladní dopravy za hnací sílu konkurenceschopnosti Evropské unie. Zahrnuje plánování, organizaci, správu, řízení a provádění operací nákladní dopravy a obsahuje krátkodobá až střednědobá opatření ke zlepšení účinnosti a udržitelnosti nákladní a částečně také osobní dopravy v EU.

Dne 8. července 2008 předložila Evropská komise strategii **Doprava šetrnější k životnímu prostředí**. Cílem této strategie je zajistit udržitelný rozvoj dopravy a umožnit, aby ceny za dopravu byly reálnějším obrazem skutečných nákladů společnosti tak, aby se postupně snižovalo poškozování životního prostředí a omezovaly se dopravní zácpy za současného zvyšování efektivnosti dopravy a v konečném důsledku i celého hospodářství.

V prosinci 2015 byla podepsána **Pařížská dohoda**, která je novou klimatickou úmluvou a od roku 2020 nahradí současný **Kjótský protokol**. Cílem dohody je udržet růst průměrné globální teploty pod hranicí 2 °C v porovnání s obdobím před průmyslovou revolucí a usilovat o to, aby nárůst teploty nepřekročil 1,5 °C. K naplnění cíle by mělo přispět snížení emisí skleníkových plynů, a to jak rozvinutými, tak rozvojovými zeměmi. Každá signatářská země by si ale měla strop pro své emise nastavit sama. Dohodu do května 2019 ratifikovalo 185 států. A její cíle jsou pro členské státy EU závazné i skrze unijní legislativu. Klíčovým dokumentem je *Nařízení o závazném každoročním snižování emisí skleníkových plynů členskými státy v období 2021–2030 pro potřeby odolné energetické unie a za účelem splnění závazků podle Pařížské dohody...* schválené 30. května 2018. Česká republika se v něm zavázala do roku 2030 snížit emise skleníkových plynů o 14 % oproti roku 2005.

Evropská unie stanovuje v rámci své klimaticko-energetické politiky cíle a nástroje, jak jich dosáhnout, v energetických strategiích i legislativních dokumentech. Aktuálními strategickými dokumenty jsou *Strategie 2020*, *Strategie 2030* a *Roadmap 2050*, které stanovují cíle pro snižování emisí k danému roku ve srovnání s rokem 1990, energetickou účinností a podíl obnovitelných zdrojů. Následující tabulka shrnuje aktuální klimatické cíle. Cíle jsou nicméně postupně revidovány v souvislosti se snahou urychlit snižování emisí, a to legislativou Zimního energetického balíčku z prosince 2016, který cíle zvyšuje a činí je závaznými.

**Tabulka 3.1 Klimatické cíle na úrovni EU**

cíl	2020	2030	2050
Snížení emisí CO <sub>2</sub> (oproti roku 1990)	-20 % Z	-40 % Z	-80 až -95 % N
Podíl OZE na konečné spotřebě	20 % Z	32 % Z	nestanoveno
Zvýšení energetické účinnosti (oproti scénáři PRIMES 2007)	+ 20 % N	+ 32,5 % N	nestanoveno

(pozn. N = nezávazný cíl, Z = závazný cíl na úrovni EU, který musí být dosažen kolektivní snahou národních států)

## 3.2 Koncepční a strategické dokumenty ČR

Problematika energetických úspor je obsažena v mnoha státních dokumentech, legislativního i nelegislativního charakteru. Doprava je významným sektorem s negativními dopady na životní prostředí a klima, který byl dlouho ponecháván stranou, ale je v ní velký potenciál pro změnu. Rámcově to reflektují i hlavní dokumenty jako je *Státní energetická koncepce (2015)*, *Politika ochrany klimatu v ČR (2004)*, nebo *Státní politika životního prostředí České republiky 2012–2020*. Zastřešujícím strategickým rámcem pro rozvoj České republiky v nadcházejících letech je strategie *Česká republika 2030*.

Dokumenty se problematice železniční přepravy věnují spíše okrajově, nicméně rámcově nastavují směřování české politiky udržitelným směrem. Podporují nízkoemisní dopravu (využití elektrifikované železniční dopravy) a posilují roli ČR jako tranzitní země, a to jak modernizací nákladních železničních koridorů, tak výstavbou vysokorychlostních železnic.

**Státní energetická koncepce (SEK)** v oblasti dopravy pracuje s vizí, podle níž bude do budoucna nutné snížit dopady na životní prostředí vznikající v souvislosti s tímto odvětvím cestou většího zastoupení alternativních paliv nahrazujících dnešní závislost na ropě, resp. palivech z ní vyráběných. Snížení této závislosti a pokles emisí uhlíků v dopravě do roku 2050 by měly dosáhnout až 60 %. Dílčím cílem SEK je mj. převod části silniční nákladní přepravy nad 300 km na jiné druhy dopravy, jako např. železniční. Nestanovuje nicméně výši tohoto převodu. Hlavním cílem v oblasti železniční přepravy, který přímo souvisí s problematikou této studie, je však bod *Eb. 1 Zvýšení konkurenceschopnosti železniční nákladní dopravy ve vztahu k ostatním druhům dopravy*.

Významnou částí Státní energetické koncepce ČR je změna struktury energie pro dopravu. Mezi roky 2015 a 2030 má být v dopravě snížena spotřeba ropných paliv z 59 mld. kWh/rok na 50 mld. kWh/rok a zároveň má být v dopravě zvýšeno využití elektrické energie z 2,4 mld. kWh/rok na 4,3 mld. kWh/rok.

Problematice úspor v dopravě se také podrobněji věnuje dokument Vlády ČR pro sektor dopravy ***Dopravní politika ČR pro léta 2014–2020 s výhledem do roku 2050***. Odpovědnou institucí je Ministerstvo dopravy. Dokument identifikuje hlavní problémy sektoru a navrhuje opatření na jejich řešení. Dopravní politika počítá s postupnou náhradou konvenčních paliv (tedy paliv na bázi ropy) za alternativní energie v silniční dopravě a s další elektrizací železnic a městské hromadné dopravy, s postupným přesunem nákladní dopravy ze silniční na železniční, případně vodní dopravu. Podrobně jsou jednotlivé problematiky a jejich řešení zahrnuta v navazujících strategických dokumentech k Dopravní politice.

Témata týkající se energetických úspor na železnicích, kterými se Dopravní politika v rámci dosažení svých cílů především zabývá, jsou

- harmonizace podmínek na přepravním trhu,
- modernizace, rozvoj a oživení železniční dopravy,
- omezení vlivů dopravy na životní prostředí a veřejné zdraví,
- provozní a technická interoperabilita evropského železničního systému,
- rozvoj transevropské dopravní sítě,
- zvýšení bezpečnosti dopravy,
- práva a povinnosti uživatelů dopravních služeb,
- podpora multimodálních přepravních systém (více by se měla zapojit právě železniční doprava)
- rozvoj městské, příměstské a regionální hromadné dopravy v rámci IDS,
- zaměření výzkumu na bezpečnou, provozně spolehlivou a environmentálně šetrnou dopravu,

- využití nejmodernějších dostupných technologií a globálních navigačních družicových systémů,
- a snižování energetické náročnosti sektoru doprava a zejména její závislosti na uhlovodíkových palivech.

Podrobněji se prioritám a cílům v oblasti rozvoje dopravy a dopravní infrastruktury ve střednědobém horizontu roku 2020 věnuje **Dopravní sektorové strategie, 2. fáze**, která představuje základní resortní koncepci Ministerstva dopravy. Rámcově se zabývá i dlouhodobým horizontem do roku 2050. Vychází z dokumentu *Dopravní politika ČR*, zastřešujícím dokumentem resortu doprava. Pro oblast zajištění udržitelnosti a rozvoje dopravní infrastruktury plní roli této návazné koncepce právě Dopravní sektorové strategie.

Hlavním cílem dopravních sektorových strategií je

- vytvořit databázi všech známých záměrů v oblasti rozvoje dopravní infrastruktury všech druhů dopravy ve vlastnictví státu; pro regionální infrastrukturu zjistit rozsah finančních potřeb
- a s využitím prognózy (pro roky 2020, 2035 a 2050) sestavené s využitím celostátního multimodálního dopravního modelu určit metodou multikriteriálního hodnocení a zjednodušeného hodnocení přínosů a nákladů důležitost záměrů.

Významnou studií zabývající se mimo jiné i úsporami je **Koncepce přechodu na jednotnou napájecí soustavu ve vazbě na priority programového období 2014-2020 a naplnění požadavků TSI ENE**. Koncepce byla schválena centrální komisí Ministerstva dopravy dne 20. prosince 2016. Tímto krokem byl rovněž schválen dlouhodobý cíl, kterým bude sjednocení trakčních napájecích soustav v České republice. Studie potvrdila, že dosavadní stejnosměrná soustava již nepostačuje současným nárokům provozu a jejím posílením by bylo dosaženo jen omezených přínosů při nepřiměřeně vysoké ekonomické náročnosti. Řešením je tedy postupný přechod na výhodnější střídavou soustavu. Pomocí analýzy nákladů a přínosů byly ověřeny socioekonomické přínosy varianty přechodu na střídavou soustavu. Zásadním ekonomickým přínosem střídavé trakce je snížení provozních nákladů (snížení ztrát a vyšší využití rekuperace energie) a rovněž eliminací škod z působení bludných proudů a nákladů na jejich odstraňování. Výstupy studie budou nyní použity jako důležitý dokument pro přípravu staveb v aktuálním i následujících programových obdobích EU, tak aby byly minimalizovány nutné náklady na budoucí přepnutí na střídavou soustavu. Současně jsou navrženy změny předpisů v souvislosti s aktuálně používanými materiály a technologiemi a s rozvojem provozu moderních výkonných hnacích vozidel. Ve studii navržený harmonogram přechodu na střídavou soustavu (2019–2037) byl přijat jako doporučující.

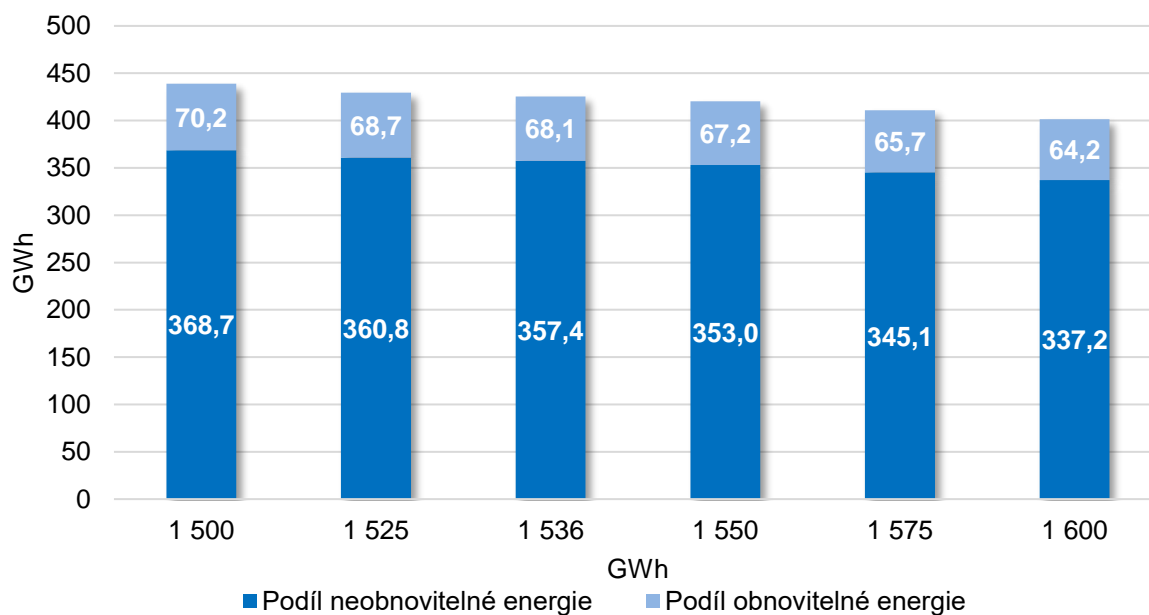
Aktuálním dokumentem je **Vnitrostátní plán České republiky v oblasti energetiky a klimatu (VPEK)**, který byl 13. ledna 2020 schválený vládou ČR, která pověřila Ministerstvo průmyslu a obchodu oficiálním předáním dokumentu zástupcům Evropské komise. Dokument obsahuje cíle a hlavní politiky ve všech pěti dimenzích energetické unie. Skrze tento dokument mají členské státy mimo jiné povinnost informovat Evropskou komisi o vnitrostátním příspěvku ke schváleným evropským cílům v oblasti emisní skleníkových plynů, obnovitelných zdrojů energie, energetické účinnosti a interkonektivity elektrizační (respektive přenosové) soustavy. Mezi rizika pro zlepšování stavu životního prostředí dokument mimo jiné řadí nárůst intenzity dopravy, na kterou se v tomto období chce Ministerstvo průmyslu a obchodu více zaměřit.

Do roku 2030 stanovuje VPEK cíl 22 % podílu obnovitelných zdrojů na hrubé konečné spotřebě energie. Odhadované trajektorie pro odvětvový podíl energie z obnovitelných zdrojů na hrubé konečné spotřebě energie v období 2021–2030. V odvětví dopravy to bylo 3 943,7 GWh v roce 2016 s plánem 6 513,8 GWh pro rok 2025 a 8 493,7 GWh v roce 2030. Podílově to činí v odvětví dopravy 6,4 % v roce 2016 a plánováno je 9,5 % v roce 2025 a 14 % v roce 2030. V roce 2016 tvořila celková

spotřeba elektřiny v dopravě 1 636 GWh, kdy naprostou většinu tvořil příspěvek železniční dopravy (celkem 94 %). V souladu s možností využít evropského mixu obnovitelných zdrojů při rozčlenění výroby elektřiny na obnovitelnou a neobnovitelnou složku v souladu s aktuálním zněním směrnice činila spotřeba elektřiny z OZE v dopravě v roce 2016 celkem 449 GWh. Celkově tak tvořila elektřina z OZE v dopravě 1,6 % z celkových 6,42 %.

Nová směrnice OZE pak přinesla řadu dílčích změn. Jedná se zejména o změnu multiplikátoru železniční dopravy z 2,5násobku na 1,5násobek. Na základě provedených analýz ČR předpokládá příspěvek spotřeby elektřiny v dopravě v roce 2030 na úrovni 0,8 %. Toto odpovídá celkové spotřebě elektřiny v silniční dopravě na úrovni přibližně 419,8 GWh (včetně trolejbusové dopravy), kdy přibližně 67,5 GWh odpovídá podílu obnovitelné elektřiny za předpokladu dosažení přibližně 16,1% podílu OZE v elektřině do roku 2030 (tento podíl odpovídá dle metodiky pro období „n-2“, tedy podílu v roce 2028). Jedná se tedy o zvýšení o cca 350,8 GWh v porovnání s aktuální situací (v roce 2016 odpovídala spotřeba elektřiny v silniční dopravě 69 GWh a naprostou většinou tvořila trolejbusová doprava). Obrázek 3.1 zobrazuje závislost spotřeby elektřiny v silniční dopravě na vývoji spotřeby v železniční dopravě (při předpokladu podílu OZE v elektroenergetickém mixu na úrovni 16 %), která v roce 2016 tvořila 1 536 GWh.

**Obrázek 3.1** Potřebný příspěvek silniční dopravy pro plnění cíle OZE v závislosti na spotřebě v železniční dopravě (pro podíl OZE na úrovni 16 %)



Zdroj: VPEK, 2019 str. 98

VPEK představuje i predikci vývoje přepravních výkonů železniční dopravy by se měla zvýšit z 8,8 mld. oskm v roce 2016 na 12,4 mld. oskm v roce 2040.

Dokument dále reflektuje čl. 7 směrnice 2012/27/EU pro období 2021–2030, podle které je cíl ČR pro období 2021–2030 ve výši 84 PJ nových úspor energie, tj. celkem 462 PJ kumulovaných úspor energie do roku 2030. Průměr konečné spotřeby (2016–2018) byl 1 050 PJ. Výše závazku respektuje požadavek dodržení minimální úrovně roční úspory energie ve výši 0,8 % konečné spotřeby energie. Cíle v oblasti snížení emisí skleníkových plynů v porovnání snížit emise ČR do roku 2020 alespoň o 32 Mt CO<sub>2</sub>ekv. v porovnání s rokem 2005 (odpovídá snížení emisí o 20 % oproti roku 2005) a do roku 2030 alespoň o 44 Mt CO<sub>2</sub>ekv.

K zvyšování efektivity, úspor energií a ke snižování emisí skleníkových plynů v dopravě přispívá *Integrovaný regionální operační program (IROP)*, který podporuje rozvoj čisté mobility v oblasti veřejné dopravy, a *Operační program Doprava 2014–2020*, který podporuje především rozvoj dopravní infrastruktury, což vede ke snížení spotřeby paliv a energie. Na železnice se zaměřuje prioritní osa 1: *Infrastruktura pro železniční a další udržitelnou dopravu*. Dále se tyto programy zaměřují na modernizaci železničních koridorů transevropských dopravních sítí (TEN-T), elektrifikaci dalších železničních tratí mimo síť TEN-T a vyšší zapojení železniční a vnitrozemské vodní dopravy do přepravních řetězců apod.

**Národní program snižování emisí ČR (NPSE)** je považován za základní koncepční materiál v oblasti snižování emisí ze zdrojů znečišťování ovzduší. Program byl dne 2. prosince 2015 schválen usnesením vlády České republiky č. 978. V NPSE je provedena analýza stavu a vývoje ovzduší v ČR, příčiny znečištění, emise znečišťujících látek z jednotlivých sektorů ekonomiky, scénáře vývoje znečišťování ovzduší, mezinárodní závazky ČR a jejich dodržování. Národní program snižování emisí stanovuje postupy a opatření k nápravě stávajícího nevyhovujícího stavu ovzduší, cíle v oblasti snižování úrovně znečišťování ovzduší a lhůty k jejich dosažení. Pracuje s různými scénáři budoucího vývoje a v návrhové části stanovuje k roku 2020 maximální množství emisí oxidu siřičitého, oxidů dusíku, těkavých organických látek, amoniaku a jemných prachových částic PM<sub>2.5</sub>, i emisní stropy pro jednotlivé sektory hospodářství.

Snižování emisí a zlepšení kvality ovzduší má být dosaženo pomocí 23 prioritních opatření na národní úrovni, z čehož 15 je směřováno do sektoru dopravy. Jedním z nich je opatření s vysokou prioritou, které řeší přesun určité části přepravních výkonů nákladní dopravy ze silnic na železnici. Termíny implementace opatření jsou nastaveny následovně:

- Do 30.června 2016 předložit vládě informaci o způsobu zajištění splnění cílů opatření.
- Do 31. prosince 2023 zajistit dostatečnou kapacitu a propustnost železniční sítě a vybudování sítě multimodálních terminálů napojených na logistická centra.
- Do 31.prosince 2030 zajistit přesun minimálně 30% podílu nákladní silniční dopravy na železnici.

Na základě výsledků této studie lze efektivně vyhodnotit právě přínosy přesunu části nákladních objemů ze silnice na železnici.

**Politika ochrany klimatu v České republice** nahrazuje *Národní program na zmírnění dopadů změny klimatu v ČR z roku 2004*. Definuje hlavní cíle a opatření v oblasti ochrany klimatu na národní úrovni tak, aby zajišťovala splnění cílů snižování emisí skleníkových plynů v návaznosti na povinnosti vyplývající z mezinárodních dohod.

Politika ochrany klimatu v České republice se zaměřuje na období 2017 až 2030 s výhledem do roku 2050. Její plnění bude vyhodnoceno do konce roku 2021 a aktualizace Politiky ochrany klimatu v ČR je v návaznosti na přezkum závazků v rámci Pařížské dohody naplánována do konce roku 2023. Dokument definuje zásadní opatření s největším potenciálem pro snižování emisí skleníkových plynů v jednotlivých sektorech ekonomiky (energetika, průmysl, doprava, zemědělství a lesnictví, odpadové hospodářství). Politika stručně nastiňuje i ekonomické aspekty změny klimatu a současně obsahuje i návrh na pravidelné vyhodnocování realizace jednotlivých opatření. Úspory energií mají být založeny v osobní dopravě na větším využívání veřejné hromadné dopravy a v nákladní dopravě zvýšením výkonů železniční dopravy na úkor dopravy silniční. Dokument dále mluví o podpoře rychlých železnic, což má navýšit podíl osobní železniční dopravy na úkor letecké a individuální dopravy a strategii podpory logistiky z veřejných zdrojů, která má vytvořit podmínky pro vzájemně výhodnou spolupráci mezi silniční a železniční dopravou, která zvýší výkony železniční dopravy na středních a větších vzdálenostech (přeprava silničních návěsů, výměnných nástaveb a kontejnerů).

Z pohledu železniční dopravy jsou klíčová dvě opatření:

- 4E) *Přesun částí přepravních výkonů nákladní dopravy ze silnic na železnici* (rovněž opatření AB23 NPSE) – přispět k naplnění cíle EU do roku 2030 zajistit přesun minimálně 30% podílu dálkové nákladní přepravy na železniční a lodní dopravu adekvátně podmínkám České republiky.
- 5E) *Výkonové zpoplatnění nákladní dopravy – rozšíření stávajícího systému. V návaznosti na připravovanou koncepci výkonového zpoplatnění pozemních komunikací v České republice po roce 2019 znovu vyhodnotit rozšíření mýtného na všechny silnice 1. a vybrané silnice 2. a 3. třídy. Postupně zvyšovat sazby tak, aby začaly působit jako účinná motivace k přesunu nákladní dopravy na železnici. Termín úpravy mýtného je od 1. 1. 2020*

Také v případě politiky ochrany klimatu lze využít výsledky zpracovávané studie, které se týkají výhod přesunu části nákladních objemů ze silnice na železnici.

Z výše popsané evropské i české legislativy vychází, že v důsledku legislativních bude česká železniční doprava jak pod tržním, tak legislativním tlakem, který bude vést k zvyšování efektivity, úsporám a zároveň i k investicím do nové i stávající infrastruktury a celkové modernizaci. Závazné cíle podrobněji popisuje dokument VPEK.



## 4 Potenciál energetických úspor v železniční dopravě v ČR

Železniční doprava od roku 2010 téměř pravidelně roste a vzhledem k její evropské i státní podpoře je pravděpodobné, že poroste i v následujícím období, a to i přes limitující kapacity dopravní infrastruktury.

V roce 2018 činil přepravní výkon železniční osobní přepravy 10,29 mld. oskm, zatímco přepravní výkon zbylých přepravních módů veřejné dopravy (autobusová, letecká, vodní a městská hromadná doprava) činil 41,71 mld. oskm a výkon individuální automobilové přepravy byl odhadnut na 77,97 mld. oskm.

Poměr železniční osobní dopravy k veřejné dopravě (součet železniční, autobusové, letecké a městské hromadné veřejné dopravy) se zvýšil nejvíce ze všech typů dopravy, a to konkrétně z 15,2 % v roce 2010 na 19,8 % v roce 2018<sup>4</sup>, viz následující tabulka. V tabulce není uvedena vnitrozemská vodní doprava pro svůj zanedbatelný přínos vzhledem k celkovému přepravnímu výkonu v ČR.

**Tabulka 4-1 Vývoj přepravního výkonu jednotlivých druhů osobní přepravy**

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Přepravní výkon celkem (mld. oskm)	107,0	108,4	107,8	107,2	110,1	113,8	119,0	124,2	130,0
Železniční doprava	6,6	6,7	7,3	7,6	7,8	8,3	8,8	9,5	10,3
Autobusová doprava	10,3	9,3	9,0	9,0	10,0	10,0	10,3	11,2	11,0
Letecká doprava	10,9	11,6	10,6	9,6	9,8	9,7	10,2	11,3	12,8
Městská hromadná doprava	15,6	15,3	16,6	16,3	16,3	16,1	17,4	17,8	17,9
<b>Veřejná doprava celkem</b>	<b>43,5</b>	<b>42,9</b>	<b>43,5</b>	<b>42,5</b>	<b>43,9</b>	<b>44,1</b>	<b>46,7</b>	<b>49,8</b>	<b>52,0</b>
Individuální automobilová přeprava osob	63,6	65,5	64,3	64,7	66,3	69,7	72,3	74,3	78,0
<b>Podíl železniční dopravy k veřejné dopravě</b>	<b>15,2%</b>	<b>15,7%</b>	<b>16,7%</b>	<b>17,9%</b>	<b>17,8%</b>	<b>18,8%</b>	<b>18,9%</b>	<b>19,1%</b>	<b>19,8%</b>

*Zdroj: Ročenky dopravy 2018, s. 66*

Poměr železniční nákladní dopravy k celkovému dopravnímu výkonu (zejména k silniční dopravě) se zvýšil z 20,1 % v roce 2010 na 27,5 % v roce 2018<sup>5</sup>, viz následující tabulka. V tabulce není uvedena letecká doprava vzhledem k zanedbatelnému přínosu k dopravnímu výkonu celkem. Pro železniční dopravní přepravu je ve sledovaném období trend přesunu přepravních výkonů téměř výhradně na elektrifikované tratě, pokles železniční přepravy na regionálních tratích a posilování v hlavních traťových koridorech. Celkově prakticky stagnuje podíl jednotlivých vozových zásilek a obecně se dopravují i lehčí náklady, ale na delší vzdálenosti.

<sup>4</sup> Ročenky dopravy, s. 66.

<sup>5</sup> Ročenky dopravy, s. 68.

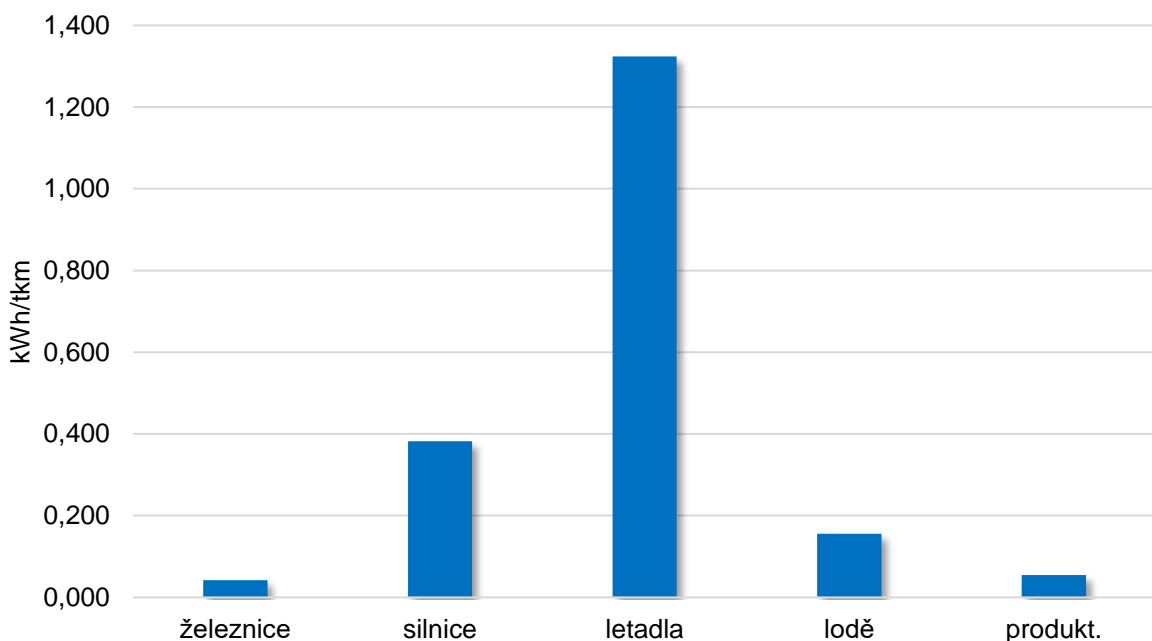
**Tabulka 4-2 Vývoj přepravního výkonu jednotlivých druhů nákladní dopravy**

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Dopravní výkon celkem (mld. tkm)	68,5	71,8	68,1	71,5	71,4	76,6	68,2	62,9	60,3
Železniční doprava	13,8	14,3	14,3	14,0	14,6	15,3	15,6	15,8	16,6
Silniční doprava	51,8	54,8	51,2	54,9	54,1	58,7	50,3	44,3	41,1
Vnitrozemská vodní doprava	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,6	0,6	0,6	0,6
Ropovody	2,2	2,0	1,9	1,9	2,1	2,0	1,6	2,2	2,1
Podíl železniční přepravy k celkové přepravě	20,1%	19,9%	21,0%	19,5%	20,4%	19,9%	22,9%	25,2%	27,5%

Zdroj: Ročenky dopravy 2018, s. 68

Přeprava osob i přeprava věcí jsou zajišťovány více druhy dopravy, tedy různými přepravními módy, které se vyznačují různou měrnou energetickou náročností. V České republice je podle státní energetické koncepce (usnesení vlády ČR č. 362/2015) v odpovědnosti železnice snížit spotřebu energie a spotřebu fosilních paliv (v rozmezí let 2015 až 2030 z hodnoty 58,9 mld. kWh/rok na hodnotu 50 mld. kWh/rok) a zvýšení využití elektrické energie (v rozmezí let 2015 až 2030 z hodnoty 2,4 mld. kWh/rok na hodnotu 4,3 mld. kWh/rok).

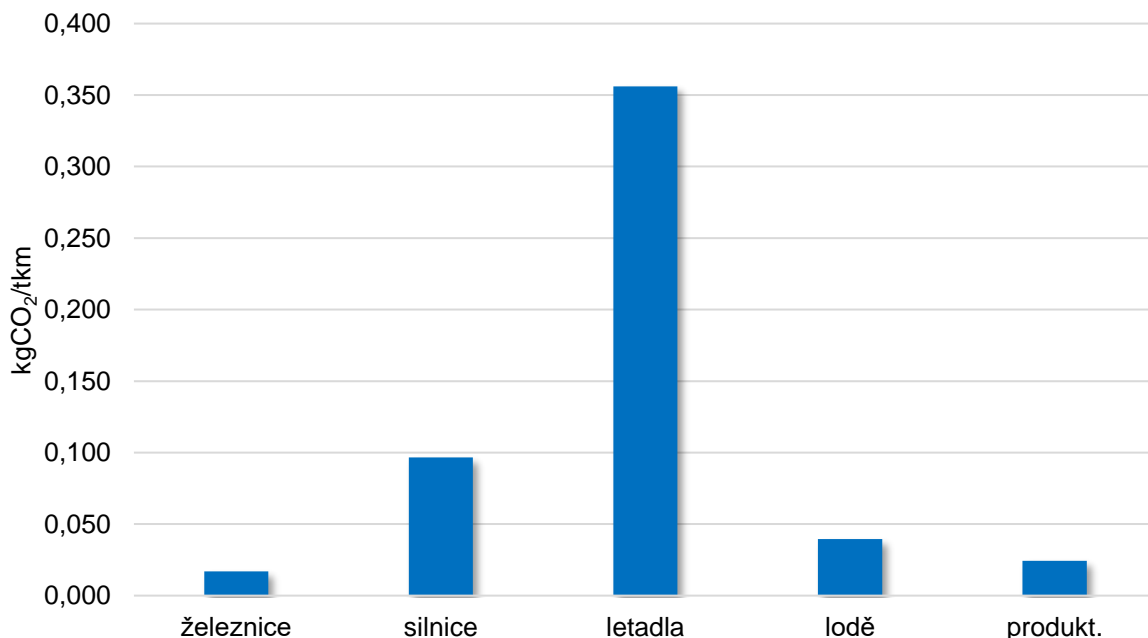
V roce 2018 zajistila železniční nákladní doprava 16,6 mld. tkm a silniční doprava 41,1 mld. tkm. Zatímco se v případě železniční dopravy se jedná o přesné číslo, tak u silniční dopravy se jedná o odhady na základě statistik a modelů dopravy u dopravních prostředků nad 3,5 t. Všechny ostatní dopravní prostředky zahrnuté nejsou (dodávky), takže výkony silniční dopravy jsou vyšší. Měrné spotřeby při dopravě nákladu o hmotnosti 1 t na vzdálenost 1 km odpovídají 0,382 kWh pro silniční nákladní dopravu. Měrná energetická náročnost nákladní železniční přepravy v elektrické trakci činí 0,036 kWh/tkm (netto), zatímco měrná energetická náročnost nákladní železniční přepravy se spalovacím motorem činí 0,120 kWh/tkm. Lze uvažovat, že více než 90 % dopravních výkonů se odehrává v elektrické trakci, proto činí **měrná energetická náročnost nákladní železniční dopravy 0,044 kWh/tkm**.

**Obrázek 4.1 Měrná energetická náročnost nákladní dopravy v ČR**

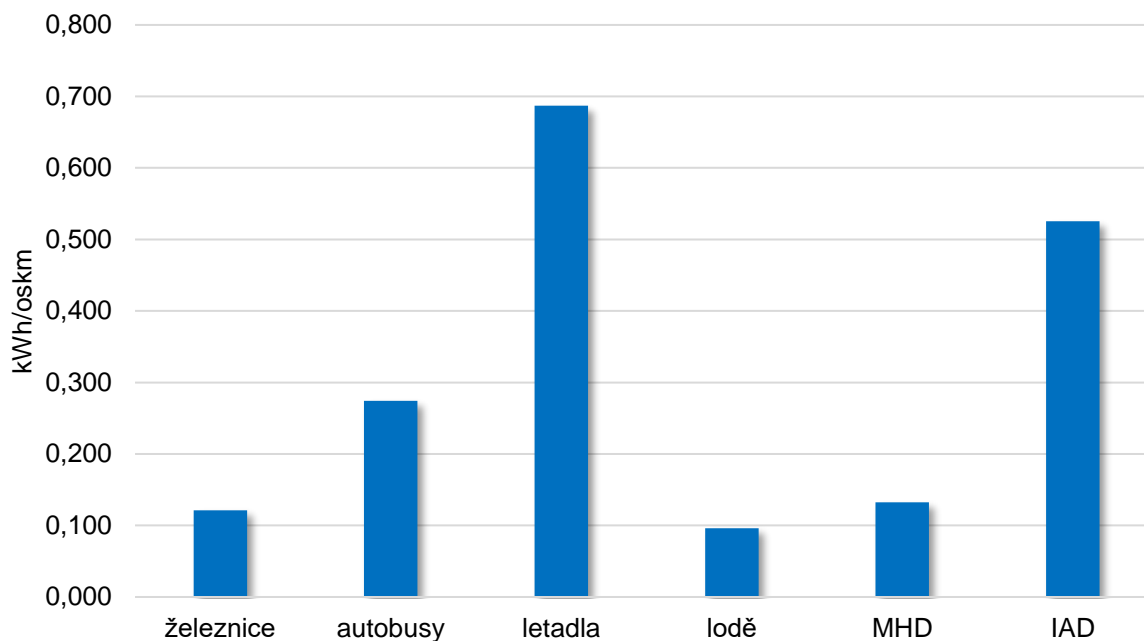


Z pohledu měrné produkce emisí CO<sub>2</sub> v nákladní dopravě je nejnáročnějším sektorem letectví 0,356 kgCO<sub>2</sub>/tkm, naopak nejšetrnějším sektorem je právě železniční doprava dosahující 0,017 kgCO<sub>2</sub>/tkm.

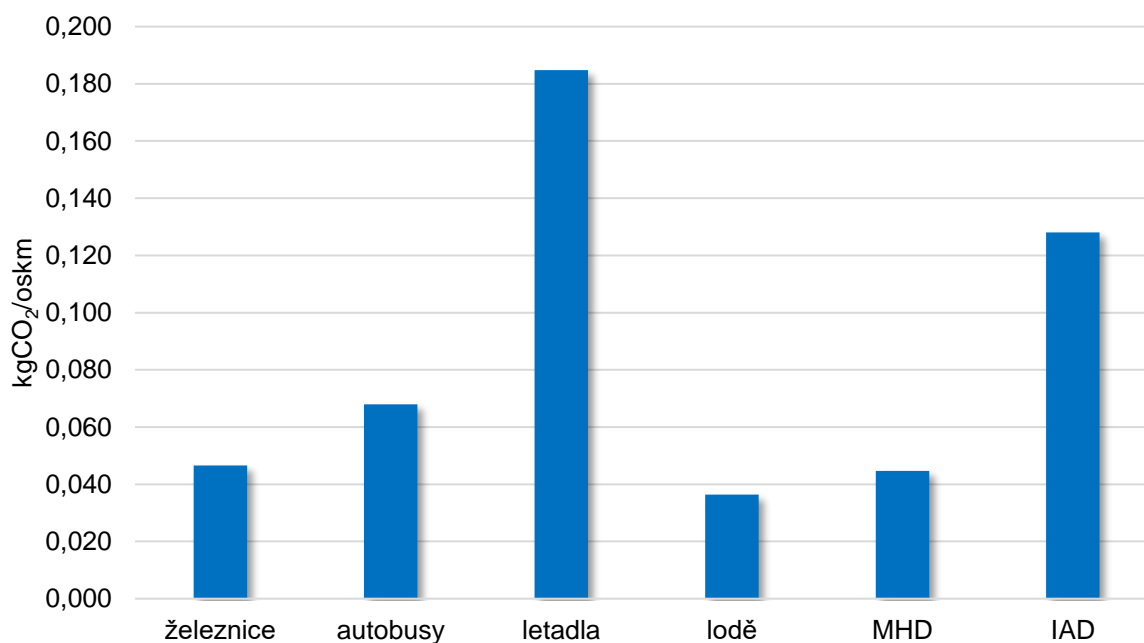
**Obrázek 4.2 Měrná produkce CO<sub>2</sub> nákladní dopravy v ČR**



Obdobným způsobem lze stanovit také měrnou energetickou náročnost osobní přepravy. V roce 2018 činil přepravní výkon železniční přepravy 10,29 mld. oskm, zatímco přepravní výkon zbylých přepravních módů veřejné dopravy (autobusová, letecká, vodní a městská hromadná doprava) činil 41,71 mld. oskm a výkon individuální automobilové přepravy byl odhadnut na 77,97 mld. oskm. Měrná energetická náročnost individuální osobní přepravy činí přibližně 0,507 kWh/oskm, v případě autobusové dopravy 0,269 kWh/oskm, v případě lodní dopravy 0,144 kWh/oskm a v případě letecké dopravy 0,687 kWh/oskm. Měrná spotřeba energie v případě MHD je dána jejím vozovým parkem, který zahrnuje i významný počet energeticky úsporných vozidel (metro, tramvaje, trolejbusy a elektrobusy) a činí 0,132 kWh/oskm. Měrná spotřeba v osobní železniční dopravě je odvislá od charakteru dopravy (dálková a místní), tak od typu pohonu (spalovací motor vs. elektromotor). Měrná spotřeba energie v případě diesellového pohonu činí 0,327 kWh/oskm a v případě elektrického pohonu 0,099 kWh/oskm. Téměř 90 % přepravních výkonů činí elektrifikovaná železnice, proto činí **měrná energetická náročnost osobní železniční přepravy 0,126 kWh/oskm**.

**Obrázek 4.3 Měrná energetická náročnost osobní dopavy v ČR**

Podle měrné produkce emisí CO<sub>2</sub> v osobní dopravě je stejně jako u nákladní dopavy nejnáročnějším sektorem letectví 0,185 kgCO<sub>2</sub>/oskm, naopak nejšetrnějším sektorem je lodní doprava 0,036 kgCO<sub>2</sub>/tkm, poté s velmi podobnými hodnotami MHD 0,045 kgCO<sub>2</sub>/oskm a železniční doprava dosahující 0,047 kgCO<sub>2</sub>/oskm. Z tohoto pohledu je snaha německých zelených zrušit do roku 2035 všechny vnitrostátní lety a nahradit je železničními spoji logickým krokem.

**Obrázek 4.4 Měrná produkce CO<sub>2</sub> osobní dopavy v ČR**

V dopravě existují dvě cesty ke snížení energetické náročnosti a rozlišujeme dva druhy možných úspor energie:

- intramodální úspory energie, což jsou úspory energie dosažené v rámci jednoho dopravního módu,
- extramodální úspory energie, což jsou úspory energie dosažené převodem z energeticky náročnějšího dopravního módu na energeticky méně náročný dopravní mód.

## 4.1 Intramodální úspory energie

V oblasti intramodálních úspor je v České republice značný potenciál. Jedná se především o úspory na infrastruktuře na tratích, řízení a zabezpečení, ale i u vozidel. Významný potenciál úspor je v oblasti elektrického napájení, který je v důsledku historického nastavení nevyhovující pro dnešní potřeby moderní infrastruktury a v důsledku toho v něm jsou i velké ztráty energie. Podrobněji o tom pojednávají následující podkapitoly.

### 4.1.1 Úspory na infrastruktuře

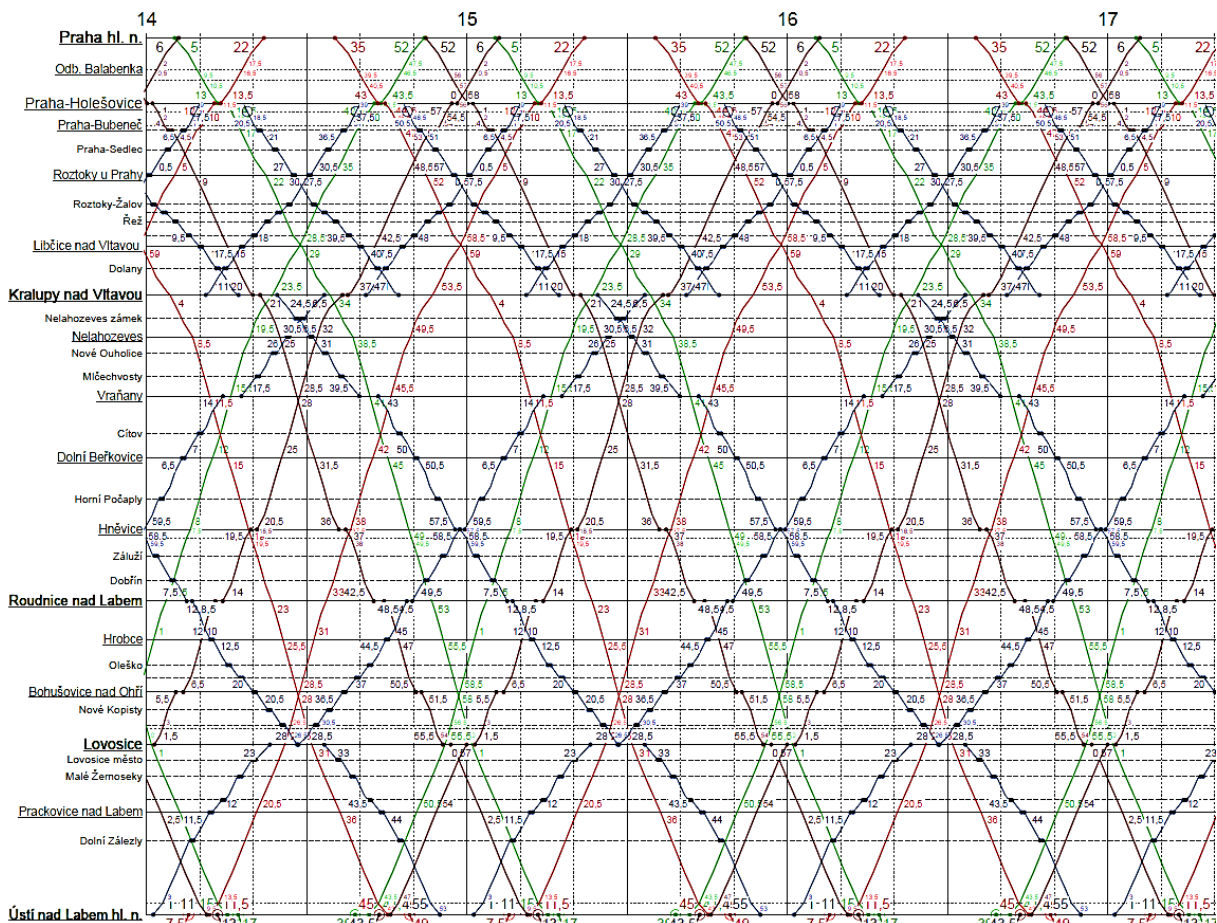
V případě tratí se může jednat o:

- prodloužení délky předjízdnych staničních kolejí s cílem umožnit na tratích evropských nákladních koridorů provoz vlaků délky minimálně 740 m. Odpovídající zvýšení výkonnosti pevných trakčních zařízení a náležitou odolnost kolejových obvodů železničních zabezpečovacích zařízení vůči vyšším zpětným trakčním proudům a výkonnější vozidla včetně řešení tématu namáhání tažného a narážecího ústrojí<sup>6</sup>, plně využívat nástupišť a dostupné infrastruktury,
- broušení kolejnic, které napomáhá snížit nejen hluk generovaný vlakovou dopravou, ale i valivý odpor kolejových vozidel, tedy snížit velikost konstantního členu jízdního odporu vozidel. Navíc eliminací svislých dynamických sil generovaných nerovnostmi přispívá hladký povrch kolejnic k dlouhodobé stabilitě geometrické polohy koleje, což má vliv na klidný chod vozidla, a tím i na minimalizaci lineárního členu jízdního odporu vozidel,
- náhrada pevných bloků mezi vlaky mezerami pohyblivými v závislosti na (absolutní i vzájemné) rychlosti vlaků a jejich délce, čímž by došlo k zvýšení dopravní kapacity tratě. Grafikon zobrazený na následujícím obrázku je zjednodušeným grafickým znázorněním jízd vlaků – diagram dráha-čas<sup>7</sup>.
- zvyšování počtu železničních tratí a železničních stanic, kde lze za jízdy či za stání nabíjet akumulátory,
- modernizace infrastruktury (náhrady rtuťových usměrňovačů polovodičovými (křemíkovými), používání transformátorů s nižšími vlastními ztrátami, použití filtračně kompenzačních zařízení, použití výbojkových svítidel a rozvoj dispečerské řídicí techniky),
- pravidelné upravování kolejového lože pomocí čističky šterkového lože, které vede k větší plynulosti jízdy.

<sup>6</sup> Výsledkem je delší, a tedy aerodynamicky výhodnější nákladní vlak s menší kvadratickou složkou jízdního odporu, - rektifikace oblouků o malém poloměru spojená jak s poklesem odporu z oblouku, tak i se zkrácením ujeté dráhy a s menším poklesem rychlosti jízdy v obloucích (odpadá snižování a následné zvyšování kinetické energie).

<sup>7</sup> Grafikon zahrnuje údaje o délce soupravy, hmotnosti vlaku, jízdní doby a pobyt – časový úsek zastavení vlaku v dopravě/na zastávce.

Obrázek 4.5 Ukázka grafikonu trati Praha hl. n. – Ústí nad Labem hl. n.



Zdroj: DP Vávra R., 2018

#### 4.1.2 Systém elektrického napájení

Systém 3 kV byl dimenzován v době svého vzniku (v 50. – 60. letech 20. století) pro mnohem nižší rychlosti vlaků (pro rychlíky 100-120 km/h a nákladní vozy 60 km/h), což je v současnosti překážkou pro moderní vysokorychlostní vlaky. Současné vlaky využívají systém 3 kV pro rychlíky o rychlosti 160 km/h a nákladní vlaky o rychlosti kolem 100 km/h a moderní vlaky dosahují ještě vyšších rychlostí. V tomto směru je tak současný systém překážkou a důsledky jeho používání jsou neefektivní, neekonomické a omezující pro další rozvoj železniční soustavy. V oblasti elektrického napájení tak bylo přínosné rozhodnutí Centrální komise Ministerstva dopavy ČR ze dne 20. prosince 2016 o konverzi stejnosměrného napájení železničních drah 3 kV na jednotný systém střídavého napětí 25 kV, a to ve spojení s přechodem na moderní měničové trakční napájecí stanice 3 x 110 kV 50 Hz/25 kV 50 Hz, které umožňují spojitě dvoustranné napájení trakčního vedení při splnění podmínky symetrického zatěžování třífázové všeobecné elektrizační distribuční sítě. V tomto směru rozvoj elektrizace dalších tratí a usnadnění jednotného systému 25 kV 50 Hz umožní nahradit naftová vozidla elektrickými. Centrální komise MD ČR schválila elektrizaci dalších 457 km tratí, pro elektrizaci 279 km tratí probíhá řešení studie proveditelnosti a pro elektrizaci 439 km tratí je připravováno zadání studie proveditelnosti. Koncepce přechodu na jednotnou napájecí soustavu ve vazbě na priority programového období 2014-2020 a naplnění požadavků TSI ENE prokazuje, že přechod na střídavou trakci umožní naplnění těchto cílů:

- zvýšení výkonnosti železniční dopavy výkonnějším napájením,
- zvýšení energetické účinnosti snížením ztrát ve vedení a vyššímu využití rekuperace energie,

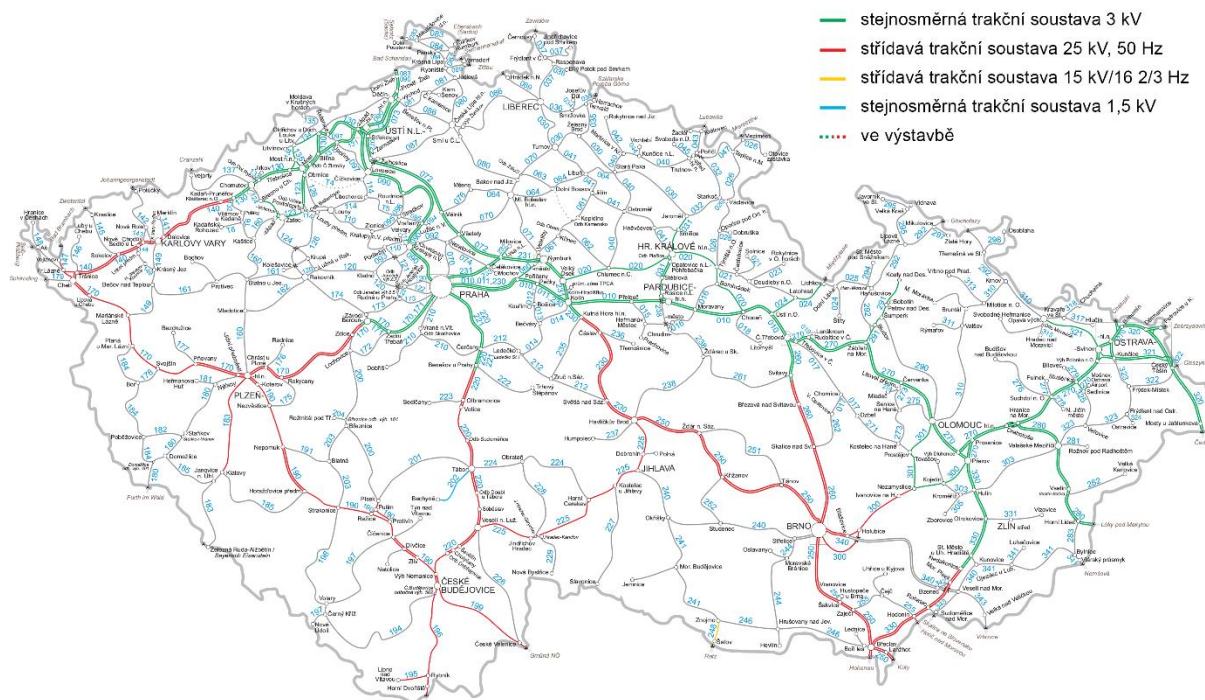
- ztráty v trakčním vedení systému 3 kV dosahují běžně 20 až 30 %,
- eliminace škod z působení bludných proudů a nákladů na jejich odstraňování,
- snížení nákladů na elektrizaci dalších tratí,
- kompatibilitu napájení vysokorychlostních tratí s konvenční železniční sítí,
- zefektivnění vozby vlaků lepším využitím trakčních vlastností moderních hnacích kolejových vozidel,
- vytvoření podmínek pro ekonomicky efektivní elektrizaci dalších tratí (zejména v severní části státu).

Z pohledu provozních nákladů znamená přechod na systém 25 kV 50 Hz:

- násobně menší počet napájecích stanic (DC stanice jsou průměrně po cca 25 km, AC na vzdálenosti 45 km),
- možnost výrazně delšího jednostranného napájení jednokolejných odbočných tratí z hlavních tratí (místo cca 10 km je běžné i na vzdálenost 50 km),
- levnější trakční vedení,
- úspora neprováděním ochranných konstrukcí před účinky bludných proudů, hospodárnější odběr elektrické energie při napájení dlouhých úseků (vyrovnanější poměr maximálních a středních výkonů)
- zrychlení rozjezdu vlaků (odpadne rozjezd omezeným stejnosměrným výkonem a vypínání trakčního pohonu při rozjezdu při změně napájecího systému),
- redukci poškození stykových tlumivek vysokými proudy,
- redukci poškození kovových konstrukcí bludnými proudy,
- snížení ohrožování vozidel podélnými proudy,
- snížení nebezpečí zavlečení zpětného proudu do nulového vodiče systému AC 3, 230 V/400 V,
- snížení nebezpečí zavlečení zpětného proudu do systému uzemnění hromosvodů.

Do budoucna lze počítat i s dalšími ekonomickými přínosy zejména z investičně levnější elektrizace odbočných tratí (elektrizace ve střídavé soustavě je o 30–50 % levnější), nebude docházet k nucenému omezování výkonu vozidel při poklesu napětí pod 2,7 kV.

Obrázek 4.6 Systémy trakčních proudových soustav v ČR



Zdroj: IODA 2018

### 4.1.3 Řízení a zabezpečení

U řízení a zabezpečení se úspory týkají především v zrychlování přenosu dat mezi tratí a vozidlem (vlakový zabezpečovač ETCS). Trvalá datová komunikace mezi rádiodblokovou centrálou a vlakem odstraňuje zbytečná nouzová brzdění (a následný opětý rozjezd) při výpadku přenosu kódu, typická pro český národní liniový systém. Znalost rychlostního profilu daleko před vlakem dává strojvedoucímu nebo zařízení pro automatické řízení vlaku možnost energeticky optimálně řídit jízdu vlaku (využívat dlouhé výběhy a pozvolné rekuperační brzdění).

Zajištění bezpečnosti jízdy vlakovým zabezpečovačem vytváří výborné podmínky pro snadnou aplikaci velmi sofistikovaných nadřazených systémů řízení s důrazem na energetickou optimalizaci jízdy. Zajištěním bezpečnější jízdy lze také předejít nehodám na železnici a tím ušetřit energii a hmotné zdroje potřebné k odstraňování jejich následků (např. v roce 2017 došlo na železnici k 98 vážným nehodám, z toho k 11 srážkám, ETCS by mohlo varovat strojvedoucí včas a tím jim dát prostor k odpovídající reakci nebo vlak přímo zastavit, čímž by byl počet nehod minimalizován). Při použití ETCS by bylo možné upravit rychlost vozidla před průjezdem a po průjezdu výhybkou posláním informací o změně rychlosti relativně vzhledem k poloze vlaku a výhybky namísto současné signalizace v pevně stanoveném místě na dráze před výhybkou tak, že by profil změny rychlosti odpovídal individuálním potřebám vlaku, tzn. velikosti změny rychlosti a délky dráhy potřebné ke zrychlení (respektive zpomalení) v závislosti na hmotnosti, velikosti a rychlosti vlaku, čímž by bylo možné dosáhnout časových úspor při průjezdu např. stanicemi.



#### 4.1.4 Vozidla

V oblasti vozidel je velký potenciál, především v oblasti:

- optimalizace jízdy vlaku – školení strojvedoucích, jízda podle doporučení optimalizátoru, nebo úplnou automatizací vlaků, která je neúčinnější především v příměstské dopravě, kde vlak často zastavuje.
- vyšší plynulosti jízdy vlaků (zmenšení ztrát energie brzděním a rozjezdem) přispívá i zvyšování rychlosti jízdy v obloucích cestou zvyšování dovolených hodnot příčného nevyrovnaného zrychlení (nedostatku převýšení),
- modernizace stávajících vozidel (zavádění frekvenčně řízených třífázových střídavých motorů, lehčích podvozků),
- využití akumulátorů v oblastech, kde elektrizace železničních tratí dosud není a délka úseků bez elektrizace nepřesahuje reálné možnosti dojezdu vozidla napájeného z lithiových akumulátorů
- pro oblasti kde je délka úseku bez elektrizace větší, než je možnost lithiových akumulátorů je dočasným řešením použití dvouzdrojového vozidla s palivovými články, ty umožňují díky vyšší koncentraci nositele energie (vodík<sup>8</sup>) delší dojezd (600 až 1000 km, kapacita baterií vhodných pro kolejová vozidla významně roste),
- rekuperace elektrické energie např. při brzdění (spádové a zastavovací),

#### Efektivní rekuperace a využití akumulace

Rekuperací energie je možné přeměnit alespoň část kinetické energie vlaku zpět na energii elektrickou namísto její přeměny na teplo, ať už v odporu, nebo při brzdění třením. Tuto elektřinu poté může souprava vrátit zpět do sítě, nebo může být využita jiným vlakem jedoucím na stejném úseku.

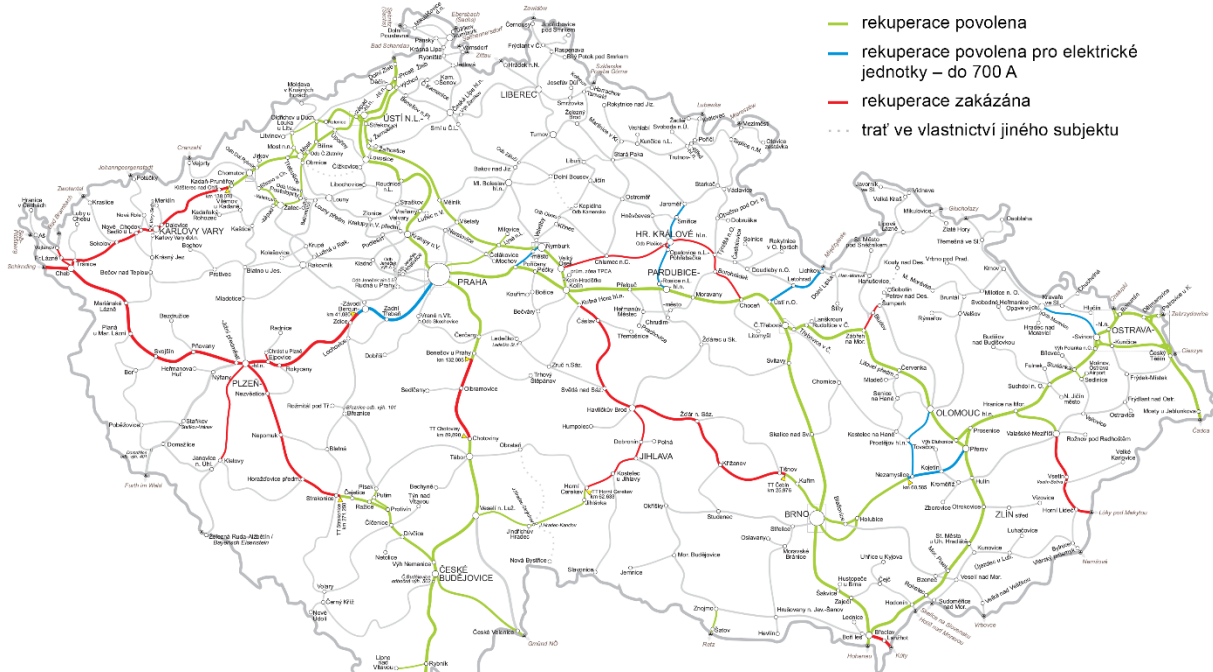
Další možností je vybavit vlakovou soupravu akumulátory energie, využitelné například k bezemisnímu provozu na neelektrifikovaných tratích. Takovéto jednotky jsou již zaváděny do provozu, příkladem může být: City Jet-eco, nebo Mireo plus společnosti Siemens, FLIRT AKKU a WINK BMU společnosti Stadler, souprava Talent 3 společnosti Bombardier, která je na baterie schopná ujet až 40 km, plánována je pak i verze s dojezdem 100 km. Nebo upravené hybridní jednotky RegioPanter firmy Škoda Transportation, které České dráhy plánují v koncem roku 2019 zavést. Díky akumulátorům by mohly soupravy přejet mezi dvěma elektrifikovanými úseky nebo obsluhovat neelektrifikované úseky a tím prodloužit linku, případně nahradit v případě vedení linky částečně po elektrifikované trati a částečně po neelektrifikované jinak i na elektrifikovaném úseku nutný dieselový vlak. Další výhodou a způsobem využití je možnost s vlakem dojet do nejbližší stanice v případě náhlého výpadku elektřiny. Akumulace energie je možná pomocí elektrochemických akumulátorů nebo tzv. superkapacitorů (kondenzátorů s vysokou kapacitou) v elektrické podobě, ukládání lze ale řešit i mechanicky pomocí setrvačnicků nebo hydrostatických akumulátorů.

Rekuperace energie je možná při jízdě vlaku z kopce, kde může vzniklá elektřina napájet např. protijedoucí vlak, nebo při zastavení může akumulovaná energie sloužit k opětovnému rozjetí vlaku. V regionální osobní vlakové dopravě může úspora díky rekuperaci dosahovat až 20 % konečné spotřeby, u dálkových vlaků je to až 10 %. V současnosti je rekuperace využívána v městské autobusové dopravě, kde baterie slouží na rozjezd a dobíjí se z rekuperace kinetické energie. Výhody jsou ve snížení emisí, snížení spotřeby, snížení hluku.

<sup>8</sup> Tato metoda je široce využívána v Německu, viz kapitola 2.3 Sousední státy.

Následující obrázek ukazuje mapu železničních tratí, kde je rekuperace povolena (zelená), kde je povolena jen pro jednotky do 700 A (modrá), a kde je zakázána (červená). S využitím akumulace elektrické energie by bylo možné provádět rekuperaci i na tratích, kde je jinak rekuperace zakázána, a to do akumulátorů, nebyly-li by již předtím nabity.

**Obrázek 4.7** Mapa železničních tratí s vyznačením povolení rekuperace



Obecně je rekuperace zakázána tam, kde to nedovoluje technický stav trakčních napájecích stanic a elektrických hnacích vozidel. Problém využití rekuperace na některých tratích v ČR souvisí s omezením maximálního napětí. Zatímco evropská norma obecně připouští krátkodobé zvýšení napětí až na 3 900 V, lokomotivy ČD (ČDC) jsou stavěny na horní mez napětí 3 600 V. Nejen že toto výrazně omezuje efektivitu rekuperace, ale i znesnadňuje použití rekuperace na síti SŽDC u lokomotiv nastavených v souladu s evropskou normou.

## 4.2 Extramodální úspory

Extramodální úspory jsou energetické úspory generované přechodem z méně energetického módu na energeticky účinnější/úspornější mód dopravy. Jedná se tedy o úspory zejména dvojího typu. Přesun nákladní automobilové dopravy a osobní (individuální) automobilové dopravy na železniční síť a také náhrada železničních vozidel s diesellovými spalovacími motory elektrickou trakcí.

Porovnáním jednotlivých druhů zdrojů energie lze pomocí účinnosti, což je v případě dopravních prostředků poměr mezi mechanickým výkonem na hřídeli a příkonem. Příkon je v případě spalovacího motoru množství energie obsažené v palivu. V případě elektromotoru se jedná o příkon na svorkách statorového vinutí. Ke ztrátám dochází zejména v mechanické části (tření), v části zplodin (nevyužitá energie) a v případě elektromotoru také ve ztrátách vinutí a v železe.

Maximální možná termodynamická účinnost dle Carnotova cyklu (ideální) činí pro benzinový motor 63 % a pro motor diesellový 73 %. Běžná účinnost je však výrazně nižší, pro benzinové motory se pohybuje od 20 do 33 % a pro diesellové motory od 30 do 42 %. Účinnost elektromotoru může činit až 90 %



v závislosti na použité technologii: vodíkový palivový článek, lithiový akumulátor, nebo lithiové trakční vedení a může být ještě zvýšena rekuperací kinetické a brzdné energie. Celková účinnost pohonu elektrické energie přibližně činí přibližně 70 %.

Extramodálních úspor tak lze dosáhnout skrze:

- zvýšení dopravní výkonnosti (rozvoj dopravních sítí; zvýšení tažných a brzdných sil a výkonů trakčních vozidel; náhrada méně využívaných zastávek svozem cestujících do větších stanic návaznou dopravou),
- přizpůsobení přepravní nabídky rostoucí přepravní poptávce v oblasti kapacity vlaků, plně využívat nástupišť a dostupné infrastruktury,
- náhradu spalovacího motoru elektrickým s vyšší účinností (v Česku dochází k postupnému obnovení vozového parku, průměrný věk lokomotiv dosahuje méně jak 20 let),
- výstavbu nových tratí (pokud má být doprava nejen rychlá, ale zároveň i energeticky a ekonomicky efektivní, je nutné tomu přizpůsobit trať a vlaky, které musí být dlouhé a aerodynamické),
- zvyšování množství dvoukolejných tratí,
  - jednokolejné tratě vedou k mnohem nižší intenzitě vlakové dopravy (dáno křížováním) a dovolují provoz menší hmotnosti vlaků (není nákladní doprava, není dálková osobní doprava – jen místní osobní vlaky velmi nízký střední výkon napájení (cca 10 kW/km),

## Elektrizace

Elektrizace dalších tratí je významným nástrojem ke snížení energetických nákladů vlakové dopravy. Převodem naftové vozby na elektrickou dochází ke snížení energetických nákladů vlakové dopravy cca 70 % a to jak v osobní, tak i v nákladní dopravě. Přestože náklady na fosilní paliva jsou v současnosti nižší, je pravděpodobné, že tyto náklady do budoucna porostou.

- v dálkové i regionální osobní dopravě tím klesají náklady objednatelů dopravy (státu, kraje) v závazku veřejné služby na cca 50 %,
- v nákladní dopravě se díky nižším nákladům na elektrickou vozbu stává železniční doprava konkurenceschopnou vůči dopravě silniční,
- dále má efekt na úplné odstranění místně působících zdravotně závadných emisí zplodin hoření (NO<sub>x</sub>, PM, PAH),
- je v součinnosti s probíhajícími změnami v elektrárenství nezávislost na fosilních palivech, jejichž spalování mění klima produkcí CO<sub>2</sub>,
- má dopad na výrazné zvýšení rychlosti a výkonnosti,
- podstatný poklesu nákladů na údržbu,
- povede k zapojení větší části železniční sítě.

## Rozdílnost účinnosti pohonů

- Spalovací motor (nafta, benzín, metan) cca 30 % (palivo – obvod kol),
- trakční elektromotor plus palivový článek (vodík) cca 50 % (vodík – obvod kol),
- trakční elektromotor plus lithiový akumulátor cca 70 % (distribuční síť 110 kV – obvod kol),

- trakční elektromotor plus liniové trakční vedení cca 80 % (distribuční síť 110 kV – obvod kol)<sup>9</sup>.

### Komplexní pojetí efektivity a úspor

Nemělo by se také zapomínat na energetické úspory v budovách a využívání dostupné plochy hal, nádražních budov a zastávek, které dávají šanci pro instalaci stále více cenově dostupnějších solárních panelů a chytrých řešení. Solární panely mohou vyrobit část elektřiny pro místní spotřebu. Kromě klasických fotovoltaických panelů s hliníkovým rámem existují také například fotovoltaické panely celočerné či fotovoltaické střešní tašky, jejichž vzhled nenarušuje celkový ráz budovy, takže by bylo možné instalovat fotovoltaickou elektrárnu i na střechy např. památkově chráněných objektů. Další možností, jak provádět úspory na budovách, je jejich zateplení, čímž budou omezeny náklady na vytápění těchto objektů. To je možné provést buď vně budovy, nebo zevnitř, což bývá prováděno zejména při zateplování památkově chráněných budov či jinde tam, kde z nějakého důvodu vnější zateplení není možné. Příkladem v tomto směru může být Německo, které je v tomto směru velmi inovativní a investuje do těchto technologií velké prostředky.

## 4.3 Vyčíslení potenciálu úspory energií

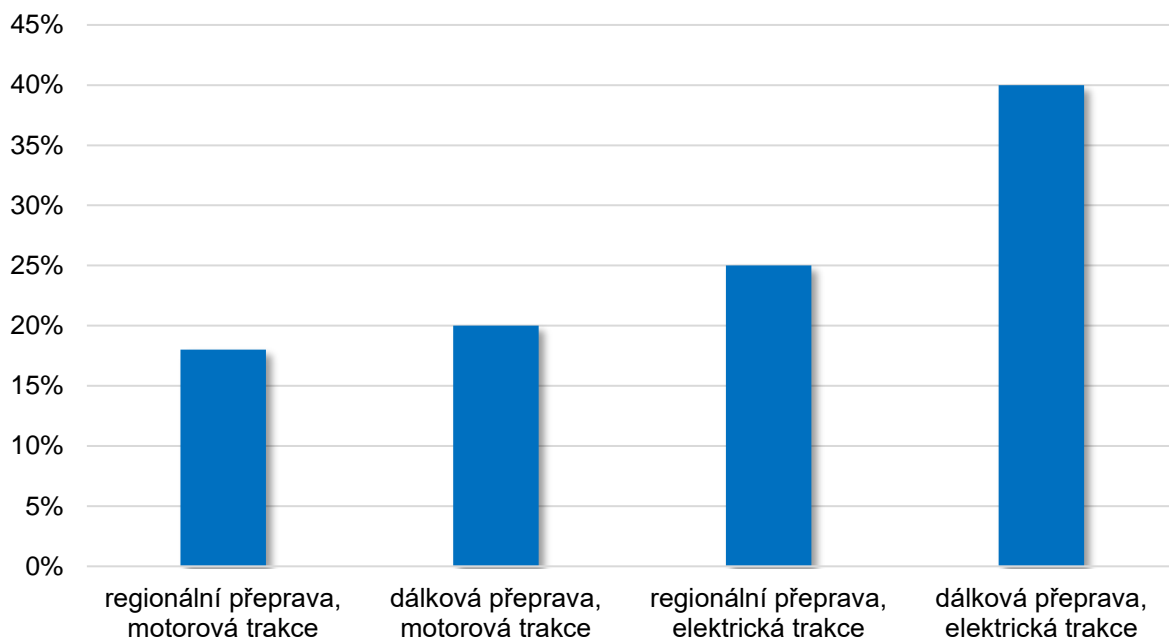
### Osobní doprava

Elektřinou poháněné vlaky se podílí na přepravních výkonech osobní železniční dopravy z 88 %, vlaky s dieselovými lokomotivami (či motorovými vozy) činí 12 % přepravních výkonů v ČR. Dálková přeprava se na přepravních výkonech podílí z 68 % a regionální z 32 %. Střední obsazenost vlaků neelektrifikované regionální železnice je 18 %, u elektrifikované jde o 25 %. Díky tomu je i při stejné hmotnosti na sedadlo (0,6 t/sedadlo) různá hmotnost na cestujícího (3,4 t/osoba u motorového, 2,5 t/osoba v případě elektrického vlaku). Obdobně je tomu i u dálkové přepravy (střední obsazenost 20 % u dieselových vlaků, 40 % u elektrických), byť je rozdíl mezi hmotnostmi na cestujícího menší (3,1 t/osoba v naftou poháněném vlaku, 2,6 t/osoba pak v elektrickém). Důvodem toho fakt, že elektrifikované jsou především hlavní přepravní koridory a mají tedy vyšší využití, nicméně na počet km, je stále větší podíl železnic využívající fosilní paliva.

---

<sup>9</sup> Konference Čistá mobilita, Siemens Mobility, s.r.o. 2019.

Obrázek 4.8 Střední obsazenost osobních vlaků

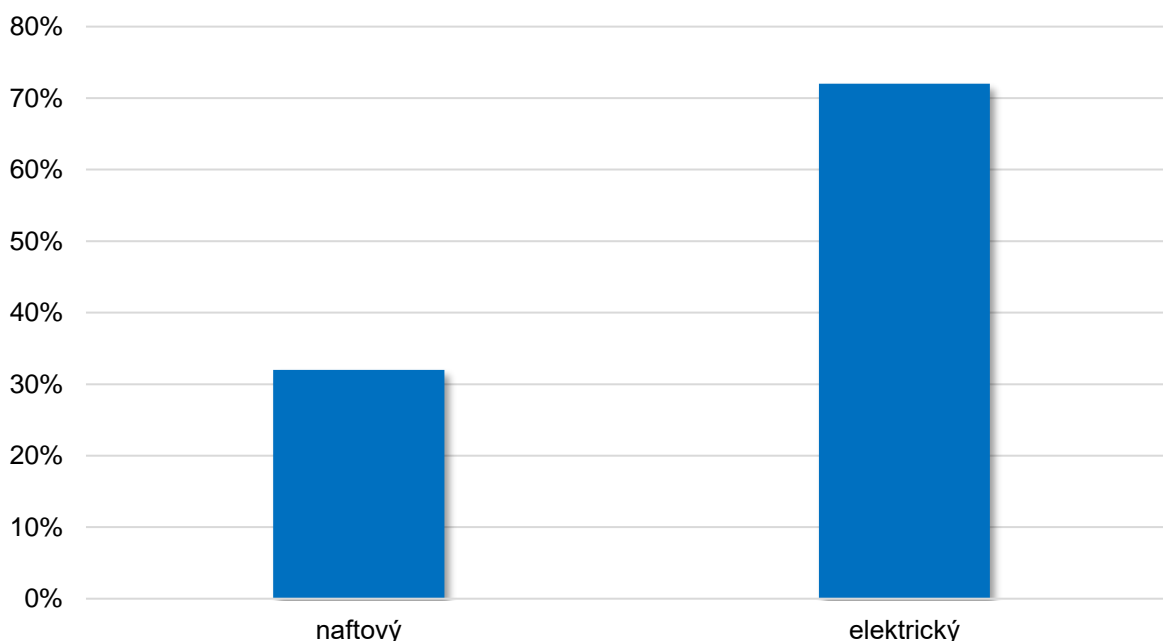


Měrný trakční odpor dieselových vlaků je menší nebo stejný jako měrný trakční odpor elektrických vlaků. Díky vyšší účinnosti elektrických motorů oproti naftovým, přičemž úspora může být ještě zvýšena rekuperací energie, je měrná spotřeba elektrické trakce vzhledem k přepravené hmotnosti menší, než u dieselové trakce (zhruba 40 %). I při započtení vyšší vedlejší spotřeby energie je vzhledem k vyšším přepravním výkonům elektrických vlaků celková měrná spotřeba vztahovaná na přepravenou osobu výrazně nižší (28 %), než u dieselového vlaku (0,094 kWh/oskm vs. 0,324 kWh/oskm). Díky nižším měrným spotřebám činí při 88% podílu na přepravních výkonech osobní železniční dopravy pouze 68 % spotřeby energie v osobní železniční dopravě. **Nahrazením veškeré motorové trakce elektrickou by bylo možné ušetřit až 210 GWh energie ročně, což činí asi 20,7 % spotřeby elektrické energie na osobní železnici.**

## Nákladní doprava

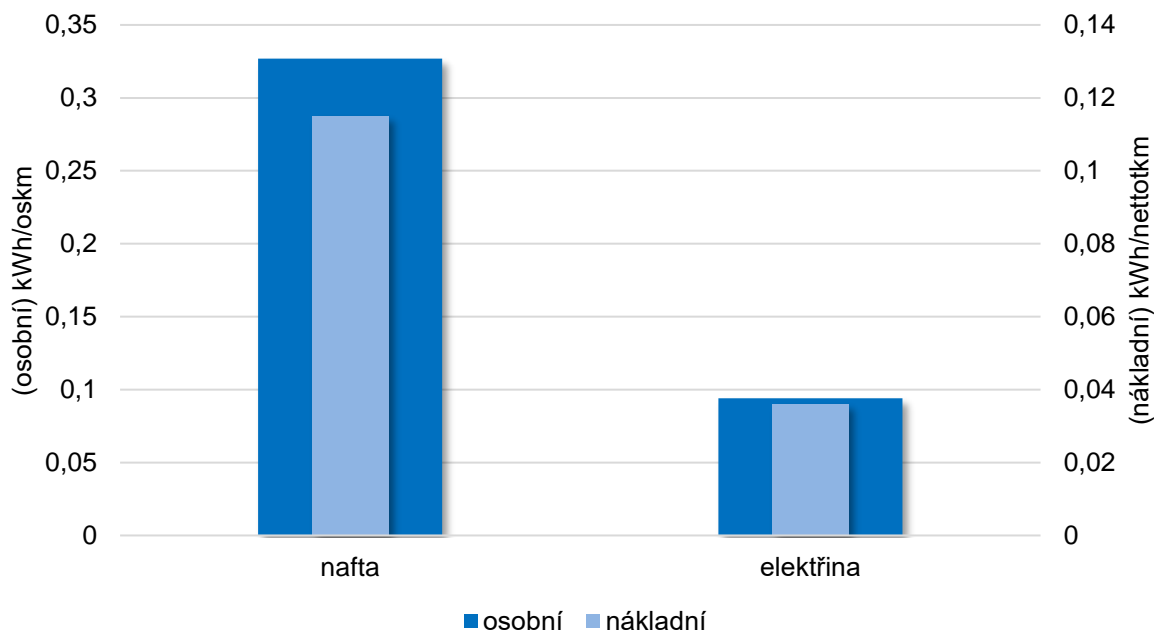
Elektrinou poháněné vlaky se podílí na 92 % přepravních výkonů nákladní železniční dopravy, motorová trakce pak zbylých 8 %. Při 40% středním naložení nákladních vlaků je stejná hmotnost vlaku na tunu zboží jak u elektrických vlaků, tak u motorových (2,3 t vlaku/1 t zboží). U nákladních vlaků je měrný trakční odpor tratě u dieselových vlaků vyšší než u vlaků elektrických. Vlivem zejména vyšší účinnosti elektromotoru oproti naftovému motoru je měrná spotřeba nákladního vlaku elektrického opět nižší, než vlaku dieselového (31 %, 0,036 kWh/netto tkm oproti 0,115 kWh/netto tkm). **Kdyby byly veškeré naftou poháněné nákladní vlaky nahrazeny elektrickými, úspora by mohla činit až 102 GWh za rok, tedy asi 15,6 % spotřeby nákladních vlaků na českých železnicích.**

Obrázek 4.9 Účinnost pohonu



V nákladní dopravě je jednak menší rozdíl mezi elektrickou a naftovou trakcí, jednak jsou zde menší měrné spotřeby, neboť tyto jsou vztaženy na tunu nákladu, zatímco měrné spotřeby v osobní dopravě jsou uváděny vztaženy na osobu. Vztáhnou-li se měrné spotřeby energie vzhledem k hmotnosti vlaku, jsou blízké měrným spotřebám v dálkové osobní přepravě. Náklady jsou většinou na železnici přepravovány na větší vzdálenosti (v roce 2017 byla průměrná přepravní vzdálenost v nákladní železniční dopravě 164 km, zatímco v osobní železniční dopravě šlo pouze o 52 km).

Obrázek 4.10 Srovnání měrných spotřeb



**Sečtením celkových hypotetických úspor z nákladní a osobní dopravy bychom dospěli k úspoře 312 GWh za rok, což je 18,7 % spotřeby<sup>10</sup> všech vlaků v ČR.** Je však třeba poukázat na to, že toto je pouze spotřeba vypočítaná z přepravních výkonů těchto vlaků, tzn. celková úspora by byla vyšší, neboť zde není vyjádřena spotřeba např. nastartovaných (s motorem pracujícím) a nepoužívaných lokomotiv. Celkově se v železniční dopravě spotřebuje téměř dvakrát více energie ve formě motorové nafty, než kolik vyplývá z výpočtu na základě přepravních výkonů. Bez zvýšení spotřeby elektrické energie by mohlo jít o úsporu až 773 GWh ročně.

Tabulka 4.1 Přehled spotřeby a úspor

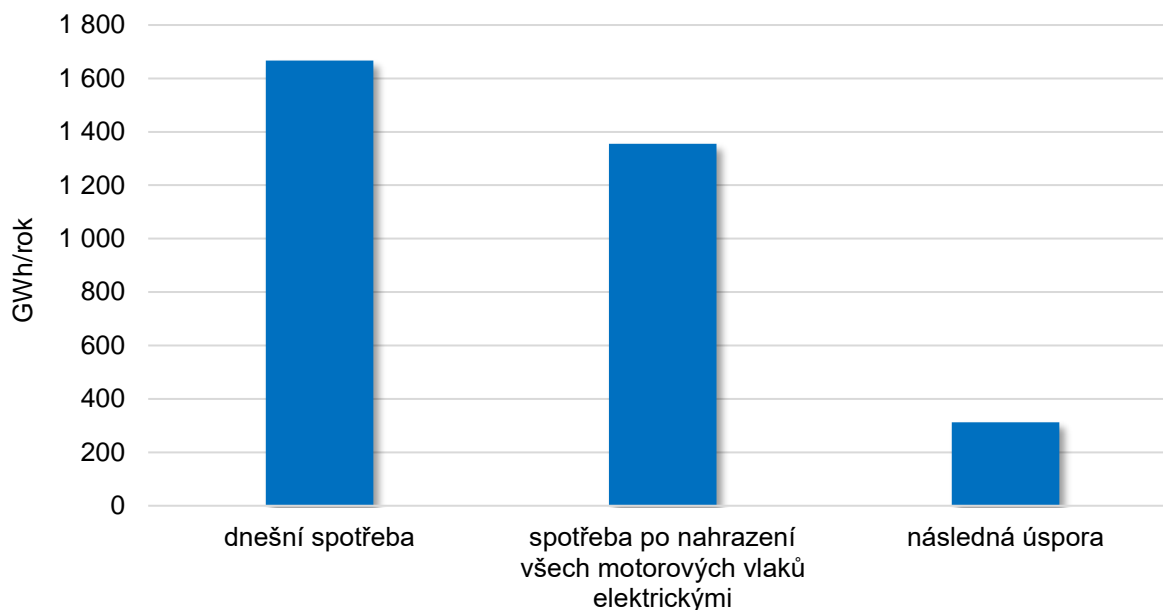
	GWh/rok
dnešní spotřeba	1 667
spotřeba po nahrazení všech motorových vlaků elektrickými	1 355
následná úspora	312
	%
následná úspora	18,71

Takováto úspora by však byla možná pouze v případě, že by bylo elektrifikováno 100 % všech tratí, nebo by byly neelektrifikované pouze krátké úseky, jako například vlečky či odstavné koleje, kde by bylo možné využít akumulátorových nebo hybridních lokomotiv.

Vyčíslení přechodu na jiný mód dopravy (elektrifikovaný), je dobře kvantifikovatelný typ úspory, protože se lze opírat o reálná čísla, a z pohledu dopadu do celkových úspor je také nejvýznamnějším typem. Vyčíslení úspor z pohledu dalších výše zmíněných možností intramodálních a extramodálních úspor, je velmi abstraktní a špatně vyčíslitelné. Většinou se jedná o úspory malého rozsahu, často závislé na dané situaci a pokud se jedná o vliv lidského faktoru, tak jsou případ od případu odlišné. V rozsahu pro celou Českou republiku, je tak jejich vyčíslení nad rámec této studie.

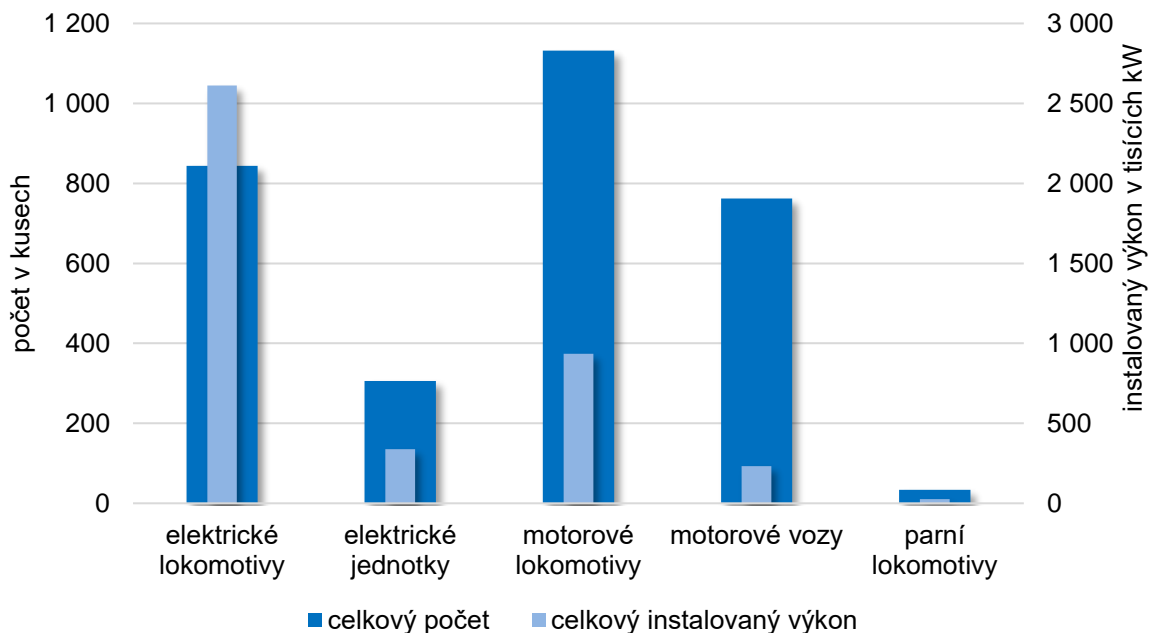
<sup>10</sup> Ve spotřebě všech vlaků v ČR je zahrnuta spotřeba ropných produktů (26 %), elektřiny (72 %) a biopaliv (2 %) za rok 2015.

**Obrázek 4.11 Porovnání současného stavu s potenciální extramodální úsporou při 100% elektrifikaci železnic**



Na českých železnicích se v současnosti pohybuje přibližně 3 078 hnacích vozidel. Z nich je 844 elektrických lokomotiv, 306 elektrických jednotek, 1 132 motorových lokomotiv a 762 motorových vozů (v provozu je také 34 parních lokomotiv, ale ty se na přepravních výkonech podílejí jen zanedbatelně, neboť se využívají převážně ke zvláštním nostalgickým jízdám). Přestože je elektrických lokomotiv méně než motorových, jejich společný celkový instalovaný výkon je výrazně vyšší než u motorových lokomotiv.

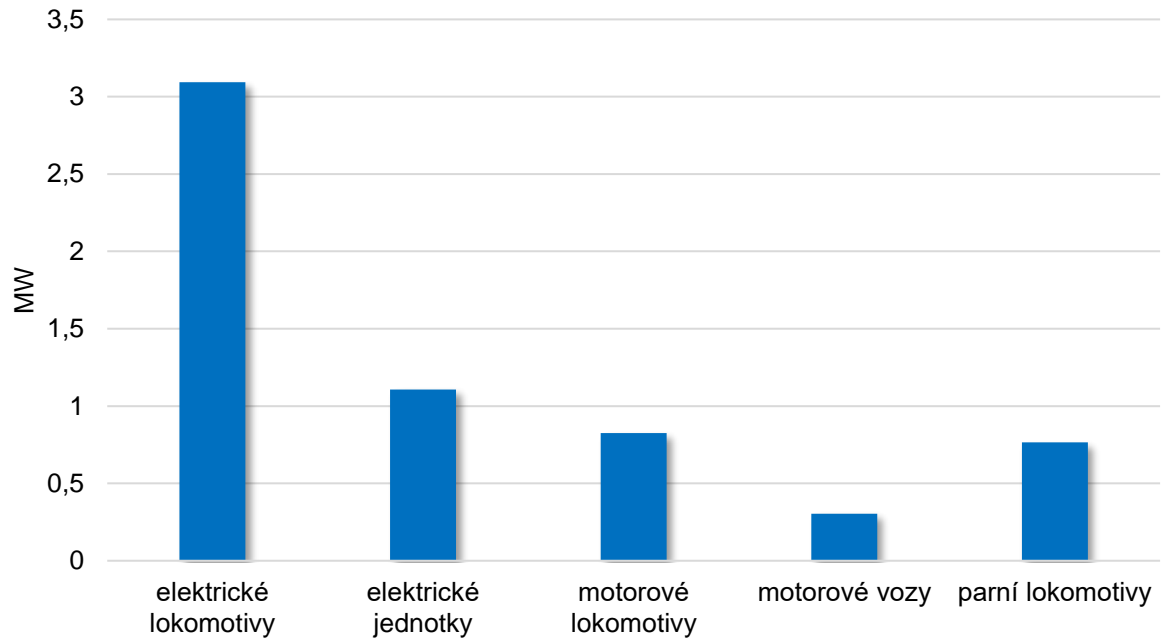
**Obrázek 4.12 Srovnání počtu vozidel s instalovaným trakčním výkonem**



Elektrické lokomotivy mají také nejvyšší průměrný instalovaný výkon na vozidlo (průměrně 3 094 kW na lokomotivu), následované elektrickými jednotkami (1 107 kW na jednotku) a motorovými lokomotivami

(825 kW na lokomotivu, to je dáno provozem nejen výkonných tažných lokomotiv, ale i nevýkonných posunovacích lokomotiv). Motorové vozy skončily s průměrem 304 kW na jednotku a zařadily se tak i za lokomotivami parními (764 kW na lokomotivu).

**Obrázek 4.13 Průměrný instalovaný výkon na hnací vozidlo dle typu pohonu**



## 5 Závěr

Publikace "Možnosti energetických úspor na železnici v prostředí ČR" je zaměřena na možnosti energetických úspor v sektoru železniční dopravy ČR a představuje celou problematiku v širším kontextu. Nejprve je popsán současný stav železniční dopravy v České republice a v sousedních státech. Dále představuje legislativní pojetí úspor v oblasti železnic v české i evropské legislativě. Samotný potenciál úspor je poté podrobněji popsán v kapitole 4, která je rozdělena do tří podkapitol. První dvě podkapitoly popisují intramodální a extramodální úspory energie, a kapitola 4.3 vyčísluje jejich potenciál.

Po energetickém sektoru, který prošel turbulentními změnami skrze zvyšování efektivity, snižování spotřeby, snižování dopadů na životní prostředí a zvyšováním podílu obnovitelných zdrojů, je možné říci, že podobná transformace se chystá, a z části už probíhá, i v sektoru dopravy. Stejně jako energetický sektor, je i doprava specifická svou infrastrukturou a dlouhodobými investicemi. U železniční dopravy to platí obzvláště, železniční sítě v České republice a sousedních státech stojí na základech, které jim byly položeny mnohdy před více jak 100 lety ať už mluvíme o elektrickém napájení 3 kV v části ČR, Polska, nebo Slovenska, nebo soustavě fungující na frekvenci 16,7 Hz v Rakousku a části Německa.

Nicméně, elektrifikovaná železniční doprava patří mezi energeticky neefektivnější a z pohledu emisí CO<sub>2</sub> nejšetrnější způsoby dopravy. Je proto snaha zaměřit se na tento sektor a do budoucna ho posilovat. Legislativně to na evropské úrovni zaštiťuje *Bílá kniha dopravy* (2011), která mluví o snížení závislosti na spotřebě ropy, která činí přibližně 96 %, podpoře rozvoje alternativních paliv, a snížení emisí skleníkových plynů v tomto sektoru do roku 2050 o 60 %. Dále *Politika transevropských dopravních sítí*, která je hlavním nástrojem EU pro rozvoj dopravní infrastruktury pro dálkové přepravní proudy, a nakonec *Čtvrtý železniční balíček* (2016), který od 1. ledna 2019 otevírá trh vnitrostátní železniční osobní dopravy, a tím vytváří i tržní tlak na dopravce, aby transformovali železniční dopravu.

Z české legislativy je nutné vyzdvihnout *Dopravní politiku ČR pro léta 2014–2020 s výhledem do roku 2050*, která podporuje další elektrizaci železnic a městské hromadné dopravy a navrhuje postupný přesun nákladní dopravy ze silniční na železniční. V kontextu publikace je velice důležitá *Koncepce přechodu na jednotnou napájecí soustavu ve vazbě na priority programového období 2014-2020 a naplnění požadavků TSI ENE*, která byla schválena na konci roku 2016 a udává dlouhodobý cíl, kterým bude sjednocení trakčních napájecích soustav v České republice. Cíle pro sektor železniční dopravy nově upravuje v současnosti projednávaný *Návrh vnitrostátního plánu České republiky v oblasti energetiky a klimatu*, skrze který mají členské státy mimo jiné povinnost informovat Evropskou komisi o vnitrostátním příspěvku ke schváleným evropským cílům v oblasti emisní skleníkových plynů, obnovitelných zdrojů energie, energetické účinnosti a interkonektivity elektrizační soustavy. Všechny tyto dokumenty na evropské i české úrovni jsou v souladu a směřují k jasně stanoveným cílům: vyšší efektivitě, vyšší propojenosti a využití železnic, a nižšímu využívání fosilních paliv.

Z poznatků publikace vychází, že v železniční dopravě v ČR, jak osobní, tak nákladní, je velký potenciál na změnu. Nejprve především v oblasti infrastruktury, kde bude potřeba se zaměřit na rozdělení tratí dle kritéria trakční energetické náročnosti (kW/km) na tratě ekonomicky vhodné k elektrizaci a tratě ekonomicky nevhodné k elektrizaci. Zaměřit se na přechod na střídavé napětí a sjednocení systému napájení, a následně na investice do elektrických vozidel, která budou potřebná jak pro konvergované tratě z DC na AC, tak i pro nově elektrifikované odbočné tratě. Stejně ale jako v sektoru energetiky je pro vytvoření dobrého a stabilního investičního prostředí nutné mít jasně stanovené vládní cíle, dle kterých budou jasně definovaná pravidla, vytvořit pobídky (příkladem může být Německo), zaměřit se na administrativní jednoduchost a komunikaci s dotčenými subjekty.



## Seznam zkratek

AC	střídavý proud
CEF	Connecting Europe Facility
CNG	Compressed Natural Gas
CO <sub>2</sub>	oxid uhličitý
ČD	České dráhy
ČR	Česká republika
DB	Deutsche Bahn
DC	stejnoseměrný proud
ETCS	European Train Control System
EU	Evropská unie
IODA	Informace pro dopravní analýzy
kWh/netto tkm	spotřeba energie na jednotku přepravní práce na km
kWh/oskm	spotřeba energie na jednotku přepravní práce na občana
LNG	Liquefied natural gas
NO <sub>x</sub>	oxidy dusíku
NPSE	Národní program snižování emisí ČR
VPEK	Vnitrostátní plán České republiky v oblasti energetiky a klimatu
oskm	přepravní výkon
OZE	obnovitelný zdroj energie
PAH	polyaromatické uhlovodíky
PM	pevné částice
RFCs	Rail Freight Corridors
SEK	Státní energetická koncepce
TEN-T	Trans-European Transport Networks
Tkm	dopravní výkon
TSI ENE	Technical Specifications for Interoperability
ŽSR	Železnice slovenské republiky

## Zdroje informací

- BCG (2017). The 2017 European Railway Performance Index. Dostupné z: <https://www.bcg.com/en-cz/publications/2017/transportation-travel-tourism-2017-european-railway-performance-index.aspx>
- BMVI (2019). Richtlinie über die Förderung der Energieeffizienz des elektrischen Eisenbahnverkehrs. Dostupné z: <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/G/MKS/foerderung-energieeffizienz-elektrischer-eisenbahnverkehr.html>
- European Commission (2018), rozhodnutí o státní podpoře v Německu SA.50165 (2018/N). Dostupné z: [https://ec.europa.eu/competition/state\\_aid/cases/272954/272954\\_2028682\\_134\\_2.pdf](https://ec.europa.eu/competition/state_aid/cases/272954/272954_2028682_134_2.pdf)
- European Commission (2019). Fourth railway package of 2016. Dostupné z: [https://ec.europa.eu/transport/modes/rail/packages/2013\\_en](https://ec.europa.eu/transport/modes/rail/packages/2013_en)
- Eurostat (2016). Statistika přepravy cestujících. Dostupné z: [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Passenger\\_transport\\_statistics/cs#Cestuj.C3.ADc.C3.AD\\_v\\_.C5.BEelezni.C4.8Dn.C3.AD\\_doprav.C4.9B](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Passenger_transport_statistics/cs#Cestuj.C3.ADc.C3.AD_v_.C5.BEelezni.C4.8Dn.C3.AD_doprav.C4.9B)
- Eurostat (2018). Energy, transport and environment statistics, 2018 edition. Dostupné z: <https://ec.europa.eu/eurostat/documents/3217494/9433240/KS-DK-18-001-EN-N.pdf/73283db2-a66b-4d34-9818-b61a08883681>
- Eurostat (2019). Energy, transport and environment indicators, 2019 edition. Dostupné z: <https://ec.europa.eu/eurostat/documents/3217494/10165279/KS-DK-19-001-EN-N.pdf/76651a29-b817-eed4-f9f2-92bf692e1ed9>
- Eurostat (2019). Passenger transport statistics. Dostupné z: [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Passenger\\_transport\\_statistics#Rail\\_passengers](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Passenger_transport_statistics#Rail_passengers)
- Eurostat (2019). People on the move, 2019 edition. Dostupné z: <https://ec.europa.eu/eurostat/cache/digpub/eumove/index.html?lang=en>
- Eurostat (2019). Railway passenger transport statistics - quarterly and annual data. Dostupné z: [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Railway\\_passenger\\_transport\\_statistics\\_-\\_quarterly\\_and\\_annual\\_data](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Railway_passenger_transport_statistics_-_quarterly_and_annual_data)
- Fundacja ProKolej (2016). National Rail Programme review. Dostupné z: <http://prokolej.eu/news/2016/08/national-rail-programme-review>
- iDNES.cz (2018). V Německu začaly jezdit vlaky na vodíkový pohon, první svého druhu. Dostupné z: [https://www.idnes.cz/ekonomika/zahranicni/vlak-nemecko-vodik-diesel.A180917\\_151221\\_eko-zahranicni\\_mato](https://www.idnes.cz/ekonomika/zahranicni/vlak-nemecko-vodik-diesel.A180917_151221_eko-zahranicni_mato)
- IODA (2018). Železniční mapy. Dostupné z: [http://www.ioda.cz/\\_mapy/map/mapaZ\\_koleje\\_trakce\\_2018.pdf](http://www.ioda.cz/_mapy/map/mapaZ_koleje_trakce_2018.pdf)
- Ministerstvo dopravy (2019). Ročenka dopravy České republiky 2018, str. 41
- Pohl, J. (2018). Energetické aspekty moderní železniční dopravy. Vědeckotechnický sborník ČD č. 45/2018. Dostupné z: [https://vts.cd.cz/documents/168518/195507/4518\\_Pohl\\_Energeticke+aspekty+moderni+zeleznici+dopravy\\_kor.pdf/ed65b2fd-a627-44fb-aad5-e571121b90c5](https://vts.cd.cz/documents/168518/195507/4518_Pohl_Energeticke+aspekty+moderni+zeleznici+dopravy_kor.pdf/ed65b2fd-a627-44fb-aad5-e571121b90c5)
- Vávra, R. (2018). Dálková železniční osobní doprava v relacích Praha – Drážďany/Cheb, diplomová práce. Dostupné z: <https://takt.fd.cvut.cz/new//ing-vavra.php>

- Železničář (2017). Názory odborníků na otevření dopravního trhu v ČR: 4. železniční balíček musí mít jen jeden výklad. Dostupné z: <https://zeleznicar.cd.cz/zeleznicar/hlavni-zpravy/nazory-odborniku-na-otevirani-dopravniho-trhu-v-cr--4--zeleznicni-balicek-musi-mit-jen-jeden-vyklad/-13872/17,0,/>