

Univerzita Pardubice  
Dopravní fakulta Jana Pernera

Potenciál železniční dopravy v oblasti snižování emisí skleníkových plynů

Lenka Škaloudová

Diplomová práce

2024

Univerzita Pardubice  
Dopravní fakulta Jana Pernera  
Akademický rok: 2022/2023

# ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Bc. Lenka Škaloudová**  
Osobní číslo: **D21566**  
Studijní program: **N1041A040008 Technologie a management v dopravě**  
Specializace: **Dopravní management, marketing a logistika**  
Téma práce: **Potenciál železniční dopravy v oblasti snižování emisí skleníkových plynů**  
Zadávací katedra: **Katedra dopravního managementu, marketingu a logistiky**

## Zásady pro vypracování

Úvod

1. Charakteristika skleníkových plynů
2. Analýza strategických a právních dokumentů v oblasti snižování skleníkových plynů
3. Východiska pro snižování CO<sub>2</sub> v železniční dopravě v ČR
4. Návrh opatření a modelových scénářů v železniční dopravě ke snižování emisí CO<sub>2</sub> v ČR
5. Vyhodnocení potenciálu železniční dopravy

Závěr

Rozsah pracovní zprávy: **50-60 stran**  
Rozsah grafických prací: **dle doporučení vedoucí/ho**  
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:  
dle pokynů vedoucí/ho práce

Vedoucí diplomové práce: **prof. Ing. Tatiana Molková, Ph.D.**  
Katedra technologie a řízení dopravy

Datum zadání diplomové práce: **1. listopadu 2022**  
Termín odevzdání diplomové práce: **28. června 2024**

L.S.

---

**doc. Ing. Libor Švadlenka, Ph.D.**  
děkan

---

**Ing. Pavla Lejsková, Ph.D.**  
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 18. června 2024

Prohlašuji:

Práci s názvem Potenciál železniční dopravy v oblasti snižování emisí skleníkových plynů jsem vypracovala samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využila, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byla jsem seznámena s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 7/2019 Pravidla pro odevzdávání, zveřejňování a formální úpravu závěrečných prací, ve znění pozdějších dodatků, bude práce zveřejněna prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 16.7. 2024

Bc. Lenka Škaloudová

Chtěla bych poděkovat paní profesorce Tatianě Molkové, vedoucí mé práce, za nasměrování při psaní diplomové práce, za vstřícné vedení a spolupráci, trpělivost a cenné informace. Chtěla bych poděkovat i mé rodině za podporu.

## **ANOTACE**

Diplomová práce se zaměřuje na potenciál snižování emisí skleníkových plynů, zejména CO<sub>2</sub> v železniční dopravě. Teoretická část práce poskytuje stručný přehled strategických a legislativních dokumentů EU v této oblasti, definici skleníkových plynů a aktuální stav železniční dopravy, jak z hlediska nákladní a osobní dopravy, tak z hlediska infrastruktury. V analytické a návrhové části práce je uveden cílový stav čisté mobility do roku 2050, příklady opatření v železniční dopravě, které podporují snižování emisí a modelové scénáře, které ukazují potenciál železniční dopravy ke snížení skleníkových plynů v železniční dopravě.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Železniční doprava, emise, skleníkové plyny, Evropské dokumenty, dekarbonizace

## **TITLE**

The potential of rail transport in the area of reducing greenhouse gas emissions.

## **ANNOTATION**

The diploma thesis focuses on the potential of reducing greenhouse gas emissions, especially CO<sub>2</sub> in rail transport. The theoretical part of the work provides a brief overview of EU strategic and legislative documents in this area, the definition of greenhouse gases and the current state of rail transport both in terms of infrastructure. In the analytical and design part of the work, the target state of clean mobility by 2050 is presented, examples of measures in rail transport that support the reduction of emissions and model scenarios that show the potential of rail transport to reduce greenhouse gases in rail transport.

## **KEYWORDS**

Railway transport, emissions, greenhouse gases, European documents, decarbonization

# OBSAH

ÚVOD .....	9
1 CHARAKTERISTIKA SKLENÍKOVÝCH PLYNŮ .....	11
1.1 Externality spojené s dopravou .....	13
1.2 Porovnání emisí z produkce elektrické energie v ČR a v jiných zemích .....	15
2 ANALÝZA STRATEGICKÝCH A PRÁVNÍCH DOKUMENTŮ V OBLASTI SNIŽOVÁNÍ SKLENÍKOVÝCH PLYNŮ .....	17
2.1 EVROPA 2020 A EVROPA 2020+ .....	17
2.2 Bílá kniha – plán jednotného evropského dopravního prostoru .....	17
2.3 Pařížská dohoda .....	18
2.4 Zelená dohoda pro Evropu .....	19
2.5 Balíček „Fit for 55“ .....	19
2.5.1 Systém EU pro obchodování s emisemi (EU ETS) .....	19
2.5.2 Mechanismus uhlíkového vyrovnání na hranicích (CBAM) .....	20
2.5.3 Emisní normy pro CO <sub>2</sub> pro osobní automobily a dodávky .....	20
2.5.4 Infrastruktura pro alternativní paliva .....	21
2.5.5 Udržitelná letecká paliva .....	21
2.5.6 Ekologičtější paliva v lodní dopravě .....	21
2.5.7 Přístavy .....	21
2.6 Politika TEN-T dopravních sítí .....	22
2.7 Evropské nákladní koridory (RFC-Rail Freight Corridors) .....	22
2.8 Zelená železnice .....	23
2.9 Shrnutí problematiky emisí na úrovni EU a ČR .....	24
3 VÝCHODISKA PRO SNIŽOVÁNÍ CO <sub>2</sub> V ŽELEZNIČNÍ DOPRAVĚ V ČR .....	26
3.1 Infrastruktura železniční dopravy .....	26
3.2 Nákladní železniční doprava .....	28
3.3 Osobní železniční doprava .....	29
3.4 Čistá mobilita 2050 .....	30
3.5 Zhodnocení současných trendů v železniční dopravě .....	36
3.6 Dotazníkové šetření .....	37
4 NÁVRH OPATŘENÍ A MODELOVÝCH SCÉNÁŘŮ V ŽELEZNIČNÍ DOPRAVĚ KE SNIŽOVÁNÍ EMISÍ CO <sub>2</sub> V ČR .....	40
4.1 Přehled opatření .....	40

4.1.1	Rozvoj infrastruktury, včetně plánu VRT .....	40
4.1.2	Elektrizace/konverze.....	42
4.1.3	Vozidla.....	44
4.2	Struktura modelových scénářů .....	47
4.3	Scénář č.1 - trať 041 Turnov-Hradec Králové.....	49
4.3.1	Současný stav tratě a vozového parku .....	49
4.3.2	Návrhový stav tratě a vozového parku.....	51
4.3.3	Modelový návrh přesunu části dopravy ze silnice na železnici trasa z Turnova do Hradce Králové.....	55
4.4	Scénář č. 2 - elektrizace tratě 021 Týniště nad Orlicí – Častolovice – Solnice .....	58
4.4.1	Současný stav tratě a vozového parku .....	58
4.4.2	Návrhový stav tratě a vozového parku.....	60
4.4.3	Modelový návrh přesunu části dopravy ze silnice na železnici trasa z Týniště nad Orlicí-Častolovice-Solnice .....	62
4.5	Scénář č. 3 - elektrizace tratě 093 Kladno-Kralupy nad Vltavou .....	65
4.5.1	Současný stav trati a vozového parku .....	65
4.5.2	Návrhový stav trati a vozového parku .....	67
4.5.3	Modelový návrh přesunu části dopravy ze silnice na železnici trasa z Kladna do Kralup nad Vltavou.....	69
4.6	Scénář č. 4 - vybudování nové vysokorychlostní tratě (VRT) .....	72
4.6.1	Současný stav trati a vozového parku .....	72
4.6.2	Návrhový stav VRT a vozového parku.....	73
4.6.3	Modelový návrh přesunu části dopravy ze silnice na železnici trasa z Prahy do Brna.....	76
5	VYHODNOCENÍ POTENCIÁLU ŽELEZNIČNÍ DOPRAVY .....	79
	ZÁVĚR .....	81
	POUŽITÁ LITERATURA.....	82
	SEZNAM TABULEK.....	86
	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	88
	SEZNAM ZKRATEK.....	89
	SEZNAM PŘÍLOH.....	90

# ÚVOD

Vstoupit do problematiky snižování emisí skleníkových plynů je jako zakročit do oblasti klíčové pro budoucnost naší planety. V dnešní době, kdy se klimatické změny stávají stále více zřejmými a jejich dopady jsou stále závažnější, je nezbytné zkoumat alternativní a udržitelné formy dopravy. Tato diplomová práce se zaměřuje na jednu z nich, na potenciál železniční dopravy jako prostředku k efektivnímu snižování emisí skleníkových plynů. Železniční doprava má v tomto ohledu zásadní význam. Je známo, že je mnohem šetrnější k planetě než například silniční doprava, a tím představuje jednu z klíčových možností, jak snižovat celkové emise CO<sub>2</sub>. Nicméně její potenciál ještě není plně využíván, a je proto důležité se zabývat otázkou, jakými opatřeními a strategiemi lze tento potenciál maximalizovat.

Rozbor současné situace je zásadním prvním krokem k pochopení problematiky. Je třeba porozumět nejen technickým aspektům železniční dopravy, ale také politickým a ekonomickým faktorům ovlivňujícím její rozvoj.

Zásadním problémem je například získání spolehlivých údajů o emisích CO<sub>2</sub>. Kromě toho je důležité si uvědomit, že dosažení klimatické neutrality je komplexním procesem, a že absolutní klimatická neutralita je obtížně dosažitelná. Je proto klíčové se zaměřit na snižování emisí tam, kde je to možné, a současně hledat inovativní způsoby, jak kompenzovat nevyhnutelné emise.

Cílem této práce je identifikovat opatření ke snížení emisí CO<sub>2</sub> v železniční dopravě, vybraná opatření prověřit modelovými scénáři na vybraných tratích a vyhodnotit jejich dopad v oblasti snižování emisí CO<sub>2</sub> z dopravy v České republice.

V práci bude využito i dotazníkové šetření, které má za cíl získat názory a zpětnou vazbu od oslovených respondentů k využívání železniční osobní dopravy. Doprava je jedním z hlavních zdrojů emisí skleníkových plynů, přičemž silniční doprava přispívá značným podílem k celkovým emisím. V rámci Evropské unie je proto kladen důraz na přechod k udržitelnějším formám dopravy, které by snížily negativní dopady na životní prostředí. Železniční doprava, která je energeticky efektivnější a méně náročná na emise ve srovnání s dopravou silniční, je v tomto směru perspektivním řešením.

Železniční doprava má potenciál přispět k dosažení cílů Pařížské dohody, která usiluje o omezení globálního oteplování na úroveň pod 2 °C ve srovnání s předprůmyslovými hodnotami. Evropská unie se zavázala snížit své emise skleníkových plynů o 55 % do roku 2030 a dosáhnout klimatické neutrality do roku 2050. V tomto kontextu se železniční doprava jeví jako klíčový prvek strategie dekarbonizace dopravy.

Tato diplomová práce se skládá z několika částí. V teoretické části bude poskytnut přehled strategických a legislativních dokumentů Evropské unie v oblasti snižování emisí skleníkových plynů a definice skleníkových plynů. Dále bude analyzován aktuální stav železniční dopravy, cíle čisté mobility do roku 2050 a opatření v železniční dopravě podporující snižování emisí. Součástí bude také dotazníkové šetření, které poskytne cenné informace o vnímání a využívání této železniční dopravy. V navržených modelových scénářích bude identifikován potenciál železniční dopravy v oblasti snižování emisí skleníkových plynů, zejména CO<sub>2</sub>. Výsledky budou diskutovány v kontextu možností zlepšení a implementace navrhovaných opatření.

# 1 CHARAKTERISTIKA SKLENÍKOVÝCH PLYNŮ

Plyny skleníkového efektu mají schopnost zachytit a zachovat v atmosféře tepelné záření Slunce, které by jinak uniklo do vesmíru. Mezi nejvýznamnější zástupce patří oxid uhličitý, methan, oxid dusný a fluorované plyny. Tyto plyny jsou produkovány především lidskými činnostmi, jako je spalování fosilních paliv, zemědělství a průmysl, což způsobilo jejich zvýšení v atmosféře v posledních desetiletích. Globální oteplování a klimatické změny mohou způsobovat extrémní počasí, zvyšovat hladiny moří, tání ledovců a ztrátu biodiverzity, což může mít závažné dopady na lidskou společnost a ekosystémy na celém světě. Teplota atmosféry i povrchu Země je určena slunečním zářením, které přichází na Zemi v různých vlnových délkách, včetně viditelného světla, ultrafialového a infračerveného záření. Molekuly plynů, vodní kapky a částice v atmosféře působí jako filtr, který absorbuje část slunečního záření a odráží část zpět do prostoru. Zhruba 50 % slunečního záření se dostává na povrch Země a ohřívá ji. Jelikož Země absorbuje další a další záření, její teplota stále stoupá. Nicméně, Země vyzařuje do svého okolí teplo, a pokud se teplota udržuje, vyzařuje stejné množství energie, kolik přijímá. Důležité je zdůraznit, že skleníkový efekt Země je zásadní – pokud by atmosféra takto nefungovala, průměrná povrchová teplota na Zemi by byla asi o 30 °C nižší, což by znamenalo život při teplotě -15 °C místo aktuálních 15°C. Velkým problémem je nárůst koncentrace oxidu uhličitého v atmosféře za posledních několik století, konkrétně od začátku tzv. průmyslové revoluce kolem roku 1750, kdy lidé začali ve větší míře využívat fosilní paliva. Uhlík, uložený a vázaný do těchto látek, se poměrně rychle uvolňuje spalováním uhlí, později ropy a zemního plynu, především jako oxid uhličitý, který se hromadí v atmosféře. [11]

Jako skleníkové plyny označujeme plyny v atmosféře, které způsobují tzv. skleníkový efekt. Z mnoha plynných látek, které dokládají zejména tyto atributy, má skutečný význam těchto 6 typů.

Vodní pára (H<sub>2</sub>O) - přestože nebývá zařazována do skleníkových plynů, má největší vliv na skleníkový efekt, více než 60 %. Lidská činnost nemá vliv na její obsah v atmosféře, je přirozenou složkou.

Oxid uhličitý (CO<sub>2</sub>) - jeho hlavními zdroji jsou spalování fosilních paliv (80 %) a biomasy, změny využití půdy, jako je například odlesňování, používání organických půd pro zemědělství, mikrobiální rozklad organické hmoty v půdě, dýchání organismů. Oxid uhličitý silně absorbuje dlouhovlnné infračervené záření.

Methan (CH<sub>4</sub>) - jeho hlavními zdroji jsou mokřady, rýžová pole, chov hospodářských zvířat, organické hnojivo, skládky odpadu, úniky během těžby a využívání fosilních paliv, uvolnění z oceánů a jezer a spalování biomasy. Methan je přibližně 20x účinnější jako skleníkový plyn než CO<sub>2</sub>, ale jeho koncentrace v atmosféře je přibližně 100x menší.

Oxid dusný (N<sub>2</sub>O) - hlavním zdrojem jsou průmyslová dusíkatá hnojiva, organická hnojiva, půdy, spalování fosilních paliv a biomasy, průmyslová výroba. Jeho koncentrace neustále roste kvůli zemědělství. Halogenové uhlovodíky, jako jsou freony, vznikají hlavně výrobou a použitím plastů, chladiv a aerosolů.

Ozón (O<sub>3</sub>) - v troposféře (nejspodnější část atmosféry sahající od zemského povrchu k tropopauze, jež odděluje troposféru od výše ležící stratosféry), hlavním zdrojem jsou spalovací procesy, chemické reakce v troposféře s uhlovodíky, oxidy dusíku, methanem. [17]

### **Problematika emisí a jejich vznik, dopad a kvantifikace v celém životním cyklu**

Emise skleníkových plynů vznikají během různých fází životního cyklu produktů a služeb, zahrnující těžbu surovin, výrobu, distribuci, spotřebu a likvidaci.

#### **Hlavní zdroje emisí**

Těžba a zpracování surovin: spalování fosilních paliv při těžbě a zpracování materiálů jako je ropa, zemní plyn, uhlí, kovy a další minerály.

Výroba: průmyslové procesy produkují CO<sub>2</sub>, methan a oxid dusný, zejména v chemickém, ocelářském a cementářském průmyslu.

Doprava: emise z automobilů, nákladních vozidel, letadel a lodí, které spalují fosilní paliva.

Distribuce a skladování: spotřeba energie při chlazení a skladování potravin a dalších produktů.

Spotřeba: používání elektrických spotřebičů a vytápění domácností, které generují CO<sub>2</sub> a další plyny.

Likvidace odpadů: emise methanu ze skládek a CO<sub>2</sub> z procesů spojených s recyklací spalováním odpadů. [20]

#### **Dopady skleníkových plynů**

Globální oteplování: zvyšování průměrných teplot, což ovlivňuje ekosystémy a životní prostředí.

Změny klimatu: častější a intenzivnější extrémní počasí, jako jsou bouře, sucha a vlna veder, změny srážek ovlivňují zemědělství a zásoby vody.

Tání ledovců a zvyšování hladiny moří: tání polárních ledovců vede k zvyšování hladiny moří, což ohrožuje pobřežní oblasti.

Kyselost oceánů: zvýšená kyselost ovlivňuje mořský život, zejména korálové útesy a ryby.

Zdravotní dopady: změny klimatu mohou vést k šíření nemocí přenášených hmyzem, jako je například malárie. [20]

## 1.1 Externality spojené s dopravou

V kontextu skleníkových plynů jsou vedlejšími účinky dopravy, které nejsou zahrnuty v její ceně a mají dopady na třetí strany nebo na životní prostředí. Tyto externality mohou být negativní a zahrnují několik hlavních oblastí. [20]

### **Emise skleníkových plynů**

Oxid uhličitý (CO<sub>2</sub>): emise z automobilů, nákladních vozidel, letadel a lodí přispívají ke globálnímu oteplování.

Methan (CH<sub>4</sub>) a oxid dusný (N<sub>2</sub>O): menší, ale stále významné emise z dopravních aktivit.

### **Znečištění ovzduší**

Jemné částice (PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub>): emise z dieselových motorů a jiných spalovacích procesů mají negativní dopady na lidské zdraví, způsobují respirační a kardiovaskulární onemocnění.

Oxidy dusíku (NO<sub>x</sub>) a oxid siřičitý (SO<sub>2</sub>): přispívají ke vzniku kyselých dešťů a smogu.

### **Hlukové znečištění**

Dopravní hluk: negativně ovlivňuje kvalitu života a může způsobovat stres, poruchy spánku a jiné zdravotní problémy.

### **Dopady na veřejné zdraví**

Zdravotní problémy: expozice znečištěnému ovzduší a hluku z dopravy přispívá ke zvýšené incidenci různých nemocí.

Dopravní nehody: zranění a úmrtí způsobené dopravními nehodami mají sociální a ekonomické dopady.

### **Změny v krajinném rázu a ekosystémech**

Fragmentace habitatů: výstavba silnic a dopravní infrastruktury vede k rozdělení přírodních habitatů, což ohrožuje biodiverzitu.

Znečištění vod: odtoky z cest a dopravních ploch mohou kontaminovat vodní zdroje.

### **Ekonomické dopady**

Náklady na zdravotní péči: zdravotní problémy způsobené znečištěním ovzduší a hlukem vedou k vyšším nákladům na zdravotní péči.

Ztráty produktivity: zdravotní problémy a dopravní zácpy mohou snižovat produktivitu pracovníků. [20]

Tyto externality jsou často ignorovány v běžných ekonomických kalkulacích, což vede k podhodnocení skutečných nákladů dopravy na společnost a životní prostředí. Přijetí politik a opatření, které internalizují tyto externality (například zavedením uhlíkových daní nebo emisních povolenek), může pomoci snížit negativní dopady dopravy. Řešení problémů emisí skleníkových plynů vyžaduje kombinaci technologických inovací, změn v politice a změn v chování obyvatel. Snížení emisí je klíčové pro zmírnění dopadů na klima a pro ochranu veřejného zdraví. K tomu patří přechod na obnovitelné zdroje energie, zvyšování energetické účinnosti a podpora udržitelné dopravy a výroby. [20]

Důležitým zlomem bylo přijetí Kjótského protokolu, který nařizuje snížení emisí skleníkových plynů průmyslových zemí v průměru o 5,2 % oproti roku 1990. Od tohoto roku snížila Česká republika emise plynů přibližně o jednu třetinu, především kvůli restrukturalizaci průmyslu, a další signatářské země společně snížily emise skleníkových plynů během osmi let o 18 %. V roce 2012 byl v Kataru prodloužen Kjótský protokol až do roku 2020. Největším původcem znečištění skleníkovými plyny je na prvním místě Čína, na druhém USA a na třetím Evropská unie. Roku 2019 se Česká republika umístila na 8. místě mezi zeměmi EU. V roce 2020 se snížily emise o 14 % a to v důsledku probíhající pandemie, což lze považovat jako dočasný jev. V průběhu uplynulých let se země Evropské unie dohodly na zpřísnění cílů pro snížení produkce škodlivých plynů ze 40 % na 55 % do roku 2030. Není pravda, že by se skleníkové plyny držely pouze nad zeměmi, které je tvoří. Problém znečištěného

ovzduší má celosvětový dopad. Některé druhy plynů zanechávají stopy v atmosféře i tisíce let. [34]

## 1.2 Porovnání emisí z produkce elektrické energie v ČR a v jiných zemích

### Struktura energetického mixu

Podíl obnovitelných zdrojů se v posledních letech postupně zvyšoval, avšak stále není dominantní. Mezi obnovitelné zdroje patří zejména solární energie, která tvoří 17,3 % z celkového energetického mixu. Biomasa přispívá 3,4 %, zatímco vítr a hydroenergie zůstávají méně významné. [18]

### Emise spojené s produkcí elektrické energie v ČR

Průměrný aktuální stav emisí v roce 2023 z výroby elektrické energie v České republice dosahovaly 432 gCO<sub>2</sub>eq/kWh.

Hlavními zdroji energie byly jaderná energie 40,3 %, uhlí (včetně lignitu) 37,3 %, obnovitelné zdroje 13 % (především solární a biomasa) [18]

### Emise spojené s produkcí elektrické energie v jiných zemích EU

**Polsko:** emisní intenzita výroby elektrické energie je nejvyšší v EU. Dosahující 662 gCO<sub>2</sub>eq/kWh. Silně spoléhá na uhlí, které tvoří 61 % jeho energetického mixu.

**Německo:** 371 gCO<sub>2</sub>eq/kWh, přičemž uhlí představuje 26 % jeho energetického mixu. Rovněž využívá významný podíl obnovitelných zdrojů a jaderné energie.

**Francie:** má jedno z nejnižších emisních intenzit v EU dosahující pouze 47 gCO<sub>2</sub>eq/kWh, díky vysokému podílu jaderné energie a obnovitelných zdrojů.

**Švédsko:** má velmi nízkou emisní intenzitu 13 % gCO<sub>2</sub>eq/kWh, díky využívání vodní energie a dalších obnovitelných zdrojů.

### Globální kontext

**Spojené státy:** emisní intenzita výroby elektrické energie v USA je kolem 386 gCO<sub>2</sub>eq/kWh, přičemž podíl obnovitelných zdrojů a jaderné energie roste.

**Čína:** má vysokou emisní intenzitu kvůli dominanci uhlí v jejím energetickém mixu, která dosahuje více než 700 gCO<sub>2</sub>eq/kWh.

**Indie:** emisní intenzita je rovněž vysoká přibližně 700 gCO<sub>2</sub>eq/kWh, kvůli velkému podílu uhlí. [32]

Snižování emisí v energetice může být efektivně dosaženo zvýšením podílu obnovitelných zdrojů a jaderné energie, jak ukazují příklady Francie a Švédska. Česká republika a Polsko by mohly zlepšit své emisní profily omezením závislosti na uhlí a investicemi do čistších zdrojů energie. Německo, s již pokročilým podílem obnovitelných zdrojů, představuje model, jak kombinovat různé čisté zdroje energie pro dosažení nižší emisní intenzity.

Česká republika má středně vysokou emisní intenzitu výroby elektrické energie, lepší než Polsko, ale horší než Německo, Francie a Švédsko. Má potenciál ke zlepšení prostřednictvím zvýšení podílu obnovitelných zdrojů a snížení závislosti na uhlí, přičemž významná role jaderné energie by měla být zachována. [32]

## **2 ANALÝZA STRATEGICKÝCH A PRÁVNÍCH DOKUMENTŮ V OBLASTI SNIŽOVÁNÍ SKLENÍKOVÝCH PLYNŮ**

### **2.1 EVROPA 2020 A EVROPA 2020+**

Strategický plán Evropské unie pro ekonomický růst a zaměstnanost na období 2010 až 2020, zkráceně nazýván Evropa 2020, měl za cíl vytvořit inteligentní, udržitelnou a inkluzivní ekonomiku, která by byla založena na vysoké úrovni vzdělání, výzkumu a inovací, a současně by respektovala enviromentální výzvy. Evropa 2020 se snažila vytvořit rámec pro růst a zaměstnanost v EU s cílem zvýšit konkurenceschopnost a udržitelnost evropské ekonomiky. Strategie byla důležitá pro podporu evropského hospodaření v období globálního hospodářského oživení a pro plnění dlouhodobých výzev, jako je klimatická změna, demografické výzvy a globalizace. Nový strategický dokument nazvaný Evropa 2020+ byl vytvořen v návaznosti na strategický dokument Evropa 2020. Tento dokument byl zveřejněn Evropskou komisí v roce 2021 a klade větší důraz na změny, které nastaly v evropské společnosti a hospodářství v posledních letech, jako jsou digitální transformace, zelená a udržitelná ekonomika a posilování sociální soudržnosti. Hlavním cílem strategie Evropa 2020+ je dosáhnout růstu, který bude spravedlivý, udržitelný a odolný vůči krizím. [35]

### **2.2 Bílá kniha – plán jednotného evropského dopravního prostoru**

V roce 2011 vydala Evropská komise Bílou knihu o dopravě. Jedná se o strategický dokument, který představuje dlouhodobou vizi pro dopravu Evropské unie. Cílem dokumentu je vytvořit udržitelnou dopravní politiku, která by měla růst a současně minimalizovat negativní dopady na životní prostředí a kvalitu života obyvatel EU. Bílá kniha se týká tří klíčových oblastí, kterými jsou konkurenceschopnost, udržitelnost a mobilita. Mezi hlavní návrhy dokumentu patří podpora nízkouhlíkových způsobů dopravy, jako je železniční a vodní doprava, a snížení závislosti na fosilních palivech, zlepšení infrastruktury a efektivnost dopravy, podpora inovací a výzkumu v oblasti dopravy a zlepšení interoperability dopravních systémů v rámci Evropy. Emise skleníkových plynů z dopravy by se měly snížit do roku 2030 o 20 % pod úroveň roku 2008 a do roku 2050 o 60 % pod úroveň roku 1990. [13]

## 2.3 Pařížská dohoda

Dne 5. října 2016 schválila EU Pařížskou dohodu přijatou v rámci Rámcové úmluvy OSN o změně klimatu. Dne 12. prosince 2019 Evropská rada přijala závěry o změně klimatu. Zásadní pro zajištění dlouhodobé konkurenceschopnosti EU jsou udržitelnost a přechod na bezpečné, klimaticky neutrální a oběhové hospodářství, které je odolné vůči změně klimatu a účinněji využívá zdroje. Dne 22. listopadu 2016 Evropská komise přijala v reakci na Agendu pro udržitelný rozvoj 2030 OSN sdělení nazvané "Další kroky k udržitelné evropské budoucnosti". Sdělení popisuje, co EU ke splnění úkolů Agendy 2030 dělá, a každý ze 17 cílů udržitelného rozvoje propojuje s klíčovými politikami EU viz Obrázek 1. Významnou hnací silou pro přechod k uhlíkově neutrální budoucnosti, která používá čistou energii a účinně využívá zdroje, je odvětví mobility. Městská mobilita, transevropské sítě, silniční doprava, lodní doprava a letectví jsou zahrnuty. Doprava však způsobuje znečištění ovzduší, hluk, přetížení a nehody. Téměř čtvrtina emisí skleníkových plynů v EU je způsobena sektorem dopravy, a jeho uhlíková stopa se zvětšuje. Městské oblasti musí usilovat o aktivní a sdílenou dopravu, ať již jde o podporu pěší chůze, jízdy na kole nebo služeb spolujízdy jako doplněk k páteřním systémům veřejné mobility, které tvoří kolejová doprava. Další regulační a fiskální pobídky budou nutné pro maximální využití potenciálu oběhového hospodářství v odvětví dopravy. Ambiciózní sdělení "Zelená dohoda pro Evropu" bylo pomyslným zlomem v odhodlání Evropské komise. [8]



Obrázek 1 Cíle udržitelného rozvoje OSN (zdroj:[8])

## **2.4 Zelená dohoda pro Evropu**

Výchozím plánem politických ambicí a opatření k dosažení klimatické neutrality Evropy do roku 2050 je od roku 2019 Zelená dohoda pro Evropu. K cílům Zelené dohody pro Evropu musí přispívat veškeré činnosti a politiky EU. Politická opatření musí být komplexní, usilující o maximalizaci přínosů pro zdraví, životní úroveň, odolnost a konkurenceschopnost. Zelená dohoda pro Evropu je integrální součástí strategie Evropské komise zaměřené na splnění Agendy OSN pro udržitelný rozvoj 2030 a jejích cílů udržitelného rozvoje. K dosažení klimatické neutrality je nezbytné do roku 2050 snížit emise z dopravy o 90 %. K tomuto snížení musí přispět jak silniční, letecká, železniční, tak i vodní doprava. Dosažení udržitelné dopravy znamená upřednostnit uživatele a nabídnout jim cenově dostupnější, dosažitelnější, zdravější a čistší alternativy k (individuálním) dopravním prostředkům, na které jsou v současnosti zvyklí. Silné oživení potřebuje multimodalita v dopravě, která zvýší účinnost dopravního systému. Přesun významné části vnitrozemské nákladní přepravy (75 %) zajišťované dnes silniční sítí na ekologické druhy dopravy, tj. železnici a vodní cesty, bude prioritou. K dosažení budou nutná opatření vedoucí k lepšímu řízení a navýšení kapacity železnic a vnitrozemských vodních cest. Dopravní systém a infrastruktura EU se přizpůsobí tak, aby se zejména v městských oblastech snížilo dopravní zatížení a znečištění. Cena dopravy musí odrážet její dopad na životní prostředí a zdraví. Dotace na fosilní paliva je třeba ukončit. Současně musí EU urychlit výrobu a zavádění udržitelných alternativních paliv v odvětví dopravy. Kombinace opatření by se měla zaměřit na emise, dopravní přetížení měst a zlepšování veřejné dopravy. [8]

## **2.5 Balíček „Fit for 55“**

Plán EU s názvem "Fit for 55" je navržen tak, aby splnil cíle Zelené dohody pro Evropu v oblasti klimatu: dosažení klimatické neutrality do roku 2050 a do roku 2030 redukovat emise skleníkových plynů o 55 %. Odvětví dopravy se přitom musí podrobit výrazné transformaci, která povede k 90% snížení emisí skleníkových plynů a zároveň poskytne efektivní řešení pro občany. [10]

### **2.5.1 Systém EU pro obchodování s emisemi (EU ETS)**

Nástroj pro snížení emisí skleníkových plynů v průmyslovém sektoru a energetice je prvním a největším mezinárodním trhem s emisními povolenkami na světě. Cílem tohoto nástroje je do roku 2030 snížit emise v průmyslovém sektoru a energetice o 61 % ve srovnání s rokem 2005. Zahrnout do systému EU ETS emise z námořní dopravy, postupně ukončit přidělování bezplatných povolenek letectví, zavést celosvětový program kompenzace

a snižování emisí oxidu uhličitého v mezinárodním civilním letectví (CORSIA), navýšit finanční prostředky, revidovat rezervu tržní stability, vytvořit samostatný systém pro odvětví budov a silniční dopravy s cílem do roku 2030 snížit emise o 43 % ve srovnání s rokem 2005. [10]

### **2.5.2 Mechanismus uhlíkového vyrovnání na hranicích (CBAM)**

Navrhovaná politika CBAM má za cíl ochránit průmysl EU před nekalou hospodářskou soutěží ze strany zemí s nízkými emisemi skleníkových plynů. Minimalizovat nebezpečí tzv. "uhlíkového zploštění" je úkolem světové obchodní organizace (WTO), přesunutí emisí z průmyslu ze zemí vysokých emisí do zemí s nižšími emisemi. Při výrobě zohledňuje emise skleníkových plynů výrobků. CBAM by měl fungovat souběžně se systémem EU ETS, a pokud půjde o dovážené zboží, bude odrážet a doplňovat jeho fungování. [10]

### **2.5.3 Emisní normy pro CO<sub>2</sub> pro osobní automobily a dodávky**

V roce 2009 byly zavedeny první emisní normy pro osobní automobily. Normy se v roce 2021 zpřísnily na 95 gramů na kilometr. Pro dodávky byly normy zavedeny v roce 2011 na 147 gramů na kilometr a od roku 2025 na 120 gramů na kilometr. Nový cíl do roku 2035 je 100 %. To znamená, že od roku 2035 nebude možné na trh uvádět osobní automobily ani dodávky se spalovacím motorem. [10]

Infrastruktura pro alternativní paliva (AFIR) umožní řidičům dobíjet svá vozidla ve všech členských státech. Stále mohou výrobci nabízet vozidla s tradičními spalovacími motory, ale pokud překročí za rok stanovený limit, musí zaplatit pokutu 95 eur za každý gram CO<sub>2</sub>/km, o jaký překročili svůj cíl pro registrované vozidlo. Nakonec se vozidla s nulovými emisemi stanou levnějšími než vozidla s fosilními palivy. [9]

Do roku 2025 by měly být dobíjecí stanice každých 60 km na hlavních silnicích pro osobní automobily a nákladní vozy do 3,5 tuny. Do roku 2030 by měly být dobíjecí stanice každých 60 km na hlavních silnicích a chráněných parkovacích plochách pro nákladní vozy nad 3,5 tuny. Výstupní výkon dodávaný prostřednictvím dobíjecích stanic by se měl každý rok zvyšovat spolu s počtem registrovaných osobních automobilů a nákladních automobilů. Dobíjecí stanice by měly být k dispozici i v městských oblastech. Do roku 2030 by měly být vodíkové čerpací stanice každých 200 km na hlavních silnicích. Cílem čerpacích stanic na zkapalněný methan podél hlavních silnic je umožnit provoz vozidel využívajících methan po celé EU. [7]

#### **2.5.4 Infrastruktura pro alternativní paliva**

Infrastrukturu pro dobíjení vozidel nebo plnění alternativními palivy (vodík, zkapalněný methan) je cílem urychlit a zajistit alternativní dodávky energie lodím v přístavech a stojícím letadlům s dostatečným pokrytím v celé Unii, aby nevznikaly obavy z krátkého dojezdu. Také se zabývá interoperabilitou a zlepšením uživatelského přístupu. Doprava je zodpovědná za 25 % emisí skleníkových plynů v EU, struktura podílu druhů dopravy na emisi skleníkových plynů - 71 % silniční, 14 % letecká, 14 % lodní, 1 % železniční emisí skleníkových plynů. [10]

#### **2.5.5 Udržitelná letecká paliva**

Pomocí udržitelných leteckých paliv, jako jsou pokročilá biopaliva a elektro paliva, by se mohlo dosáhnout významného snížení emisí z letadel. Bohužel zatím tvoří pouze 0.05 % z celkové spotřeby paliv. Iniciativy pro letecká paliva (ReFuelEU) mají za cíl snížit enviromentální zátěž v odvětví letectví. Dodavatelé leteckých paliv na letištích EU budou postupně povinni zvyšovat podíl udržitelných paliv, zejména těch syntetických. [5]

Do roku 2025 budou letiště poskytovat elektřinu pro všechna stání letadel u terminálu, do roku 2030 pro všechna vzdálená stání. Letiště s méně než 10 000 lety ročně mohou získat výjimku. [7]

#### **2.5.6 Ekologičtější paliva v lodní dopravě**

Pro dosažení cíle snížit intenzitu emisí skleníkových plynů z energie spotřebované na lodích až o 75 % do roku 2050 byla navržena iniciativa pro námořní paliva (FuelEU). Tato iniciativa podporuje využívání obnovitelných a nízkofrekvenčních paliv v námořní dopravě. Námořní doprava je stále téměř zcela závislá na fosilních palivech. Emise CO<sub>2</sub> z námořního odvětví jsou především způsobeny plavidly o hrubé prostornosti vyšší než 5000 tun, která představují 55 % všech lodí a jsou odpovědná za 90 % emisí. [5]

#### **2.5.7 Přístavy**

Do roku 2030 bude zajišťována dodávka elektřiny z pevniny alespoň jedním zařízením ve většině vnitrozemských přístavů. V nejrůšnějších námořních přístavech bude mít 90 % kontejnerových a osobních lodí přístup k dodávkám elektřiny z pevniny. Od roku 2030 se lodě musí připojovat k elektřině z pevniny, pokud jsou přístavy k dispozici a technologie s nulovými emisemi nejsou využity. [7]

## 2.6 Politika TEN-T dopravních sítí

Politika transevropských dopravních sítí TEN-T, jakožto hlavní nástroj EU pro rozvoj dopravní infrastruktury pro dálkové přepravní proudy s cílem podporovat jednotný evropský trh, navazuje na dopravní politiku EU pro období 2012-2020 s výhledem do roku 2050. Dosažení vyšší energetické účinnosti, nižších dopadů na životní prostředí a globální klima má být realizováno prostřednictvím následujících procesů jako jsou, zavádění alternativních energií ve všech druzích dopravy (elektrická energie, vodík, CNG a LNG-čistá energie), účinnější moderní motory pro dopravní prostředky, zajištění větší pravidelnosti provozu, větší využívání energeticky účinnějších druhů dopravy.

Celoevropským cílem je převést 30 % současných výkonů silniční nákladní dopravy s délkou přepravy nad 300 km na železniční nebo vodní dopravu. [14]

### Politika má čtyři hlavní cíle

- 1) Posílení hospodářské soudržnosti mezi jednotlivými evropskými zeměmi a regiony
- 2) Zlepšení účinnosti dopravy
- 3) Zlepšení udržitelnosti dopravy – podpora dopravy s nízkými emisemi uhlíku s cílem výrazně snížit do roku 2050 emise CO<sub>2</sub>
- 4) Zvýšení přínosů pro uživatele dopravy [15]

## 2.7 Evropské nákladní koridory (RFC-Rail Freight Corridors)

V roce 2010 bylo přijato nařízení Evropského parlamentu a Rady o posilování konkurenceschopnosti železniční dopravy (č. 913/2010), které si klade za cíl podporovat rozvoj mezinárodní nákladní dopravy po železnici a zlepšit konkurenceschopnost železničního odvětví. Nařízení stanoví pravidla pro vytvoření jednotného evropského železničního prostoru, zahrnující společné technické standardy a postupy pro bezpečnost, interoperabilitu a správu železniční infrastruktury. Současně podporuje zavádění nových technologií a postupů pro zvýšení účinnosti a udržitelnosti železniční dopravy. [29]

Procesy harmonizace jsou zlepšení koordinace mezi provozovateli infrastruktury, zlepšení podmínek přístupu k infrastruktuře, zajištění dostatečné priority pro nákladní vlaky, zlepšení intermodální dopravy na 11 koridorech [26].

## 2.8 Zelená železnice

Jedním z příkladů podpory této myšlenky v ČR je sdružení Zelená železnice (září 2021). Cílem je přispět k přechodu na bezemisní dopravu a omezení negativních dopadů dopravy na klima a životní prostředí. Spolupráce mezi osmi zakládajícími členy (viz obrázek 2), má sloužit ke sdílení informací a osvědčených postupů v oblasti ekologické dopravy a vytváření uceleného a harmonizovaného plánu pro podporu ekologického rozvoje dopravy v České republice. Investice do vývoje, nákupu vozidel, výroby alternativních paliv, budování infrastruktury, výstavba dobíjecích stanic a vodíkových čerpacích stanic jsou zahrnuty. Koordinace a spolupráce jsou klíčové pro úspěch projektu s cílem zajistit ekonomickou a ekologickou efektivitu a zároveň zvýšit kvalitu dopravy a snížit její náklady. Transformace by měla proběhnout co nejdříve, aby byla železniční doprava v České republice konkurenceschopná v rámci Evropy a přispěla k naplnění cílů EU Green Dealu. Při přechodu na klimatickou neutralitu je klíčové mít širokou škálu pohonů, včetně elektrických, bateriových elektrických, hybridních a vodíkových, ale i vozidel s vysoce účinnými spalovacími motory.

ČEPRO (společnost, která je součástí skupiny ČEZ), se v posledních letech zaměřuje na rozvoj obnovitelných zdrojů energie, jako jsou větrné elektrárny, sluneční elektrárny nebo vodní elektrárny. Díky této strategii má ČEPRO schopnost poskytovat kvalitní alternativní paliva, mezi něž patří biopaliva, zemní plyn, LNG nebo CNG. Tato paliva lze využít jak v nákladní, tak v osobní dopravě. ČEPRO se rovněž aktivně podílí na výstavbě dobíjecích stanic po celé České republice. [36]



Obrázek 2 Řádní a přidružení členové spolku (zdroj:[36])

## 2.9 Shrnutí problematiky emisí na úrovni EU a ČR

### Evropská unie (EU)

Zavedla ambiciózní politiku boje proti změně klimatu s cílem dosáhnout klimatické neutrality do roku 2050. Tento cíl je zakotven v Evropském klimatickém zákoně, který stanovuje právně závazný cíl dosáhnout nulových čistých emisí skleníkových plynů do roku 2050.

#### **Mezi hlavní kroky EU patří**

Snížení emisí o 55 % do roku 2030 - EU plánuje snížit emise skleníkových plynů o minimálně 55 % oproti úrovni z roku 1990. Tento cíl je součástí širšího balíčku politik známého jako European Green Deal.

Emisní obchodování EU ETS (Emissions Trading System) je hlavním nástrojem pro snížení emisí v energeticky náročných odvětvích a energetickém sektoru. Tento systém zahrnuje i leteckou a námořní dopravu.

Podpora obnovitelných zdrojů a energetické účinnosti - EU si stanovila zvýšit podíl obnovitelných zdrojů energie na 42,5 % do roku 2030 a zlepšit energetickou účinnost o 11,7 % do stejného roku.

Zelený průmyslový plán má za cíl podpořit konkurenceschopnost evropského průmyslu v oblasti čistých technologií a inovací, s cílem dosáhnout 40 % ročních potřeb EU pro strategické čisté technologie do roku 2030.

### Česká republika

Jako členský stát EU se zavázala k implementaci cílů a politik EU. Specifické kroky a politiky na národní úrovni zahrnují:

Národní energeticko-klimatické plány - definují strategie pro dosažení cílů v oblasti snižování emisí, zvyšování podílu obnovitelných zdrojů a zlepšení energetické účinnosti.

Podpora obnovitelných zdrojů – ČR investuje do rozvoje obnovitelných zdrojů energie, jako jsou větrné a solární elektrárny, a zvyšuje podíl obnovitelných zdrojů na energetickém mixu.

Zlepšení energetické účinnosti - programy zaměřené na zlepšení energetické účinnosti v průmyslu, budovách a domácnostech, jsou klíčovou součástí národních politik.

Emisní povolenky - ČR se účastní systému EU ETS, který reguluje emise z průmyslových odvětví a energetického sektoru.

Česká republika se rovněž snaží snížit svoji závislost na fosilních palivech a zvyšuje investice do výzkumu a vývoje v oblasti čistých technologií. Implementace těchto politik je však výzvou, zejména v oblasti přechodu energetiky a průmyslu na udržitelnější modely.

**EU a ČR** jsou aktivně zapojeny do boje proti změně klimatu. EU nastavuje ambiciózní cíle a legislativní rámce, které členské státy, včetně České republiky, implementují na národní úrovni. Tyto snahy zahrnují širokou škálu opatření, od snížení emisí přes podporu obnovitelných zdrojů až po zlepšení energetické účinnosti. [5]

### 3 VÝCHODISKA PRO SNIŽOVÁNÍ CO<sub>2</sub> V ŽELEZNIČNÍ DOPRAVĚ V ČR

Železnice je neodmyslitelnou součástí dopravního systému v České republice. V roce 1918 byla zprovozněna koněspřežná dráha Linz-Summerau-Horní Dvořiště-České Budějovice. V 19. století došlo na železnici k velkým změnám ve vývoji základních napájecích systémů. Roku 1879 Lokomotiva získává energii z trakčního vedení na napájení stejnosměrného proudu. 1892 vznikly první napájecí soustavy na střídavý proud. Elektrizace v České republice se zaznamenala roku 1903 viz obrázek 3 a to díky Františku Křižíkovi a trasa vedla z Tábora do Bechyně. Rozšiřování elektrizace začalo až koncem 40. let minulého století. V roce 1949 začala elektrizace hlavních tratí stejnosměrného napětí 3 kV Děčín-Praha-Česká Třebová-Ostrava-Valašské Meziříčí – Žilina – Košice – Čierna nad Tisou. Práce na elektrizaci trati trvaly 15 let. V roce 1959 se u nás zavedla střídavá napěťová soustava. Československá republika byla rozdělena na severní a jižní část a hranicí byla trať Děčín-Košice. Severní část byla elektrifikována na stejnosměrnou soustavu a jižní část byla elektrifikována na střídavou soustavu. Roku 1980 byl oficiálně ukončen provoz parní trakce. [18]



**Obrázek 3** První elektrifikovaná trať Tábor-Bechyně (zdroj:[19])

#### 3.1 Infrastruktura železniční dopravy

Na českých železnicích je pouze 34 % délky sítě elektrizováno (viz tabulka1), což znamená, že pouze tato část je vybavena elektrickou infrastrukturou pro pohon vlaků. Na této elektrifikované části sítě je realizována většina dopravních výkonů, a to 82 % v osobní dopravě a 87 % v nákladní dopravě. Zbývající část dopravy je zajišťována vlaky nezávislé trakce s dieslovým pohonem, to znamená 18 % osobní dopravy a 13 % nákladní dopravy. [21]

**Tabulka 1** Parametry železničních tratí v ČR v roce 2022

<b>Tratě v km za rok 2022</b>			
Provozní délka tratí celkem	9512		
podle počtu kolejí		podle rozchodu kolejí	6 186
<b>jednokolejné</b>	7 453	<b>normální rozchod</b>	102
<b>dvou a vícekolejné</b>	2 068	<b>úzký rozchod</b>	
podle rozchodu kolejí		podle povahy provozu	
<b>normální rozchod</b>	9 420	<b>pouze pro osobní dopravu</b>	0
<b>úzký rozchod</b>	102	<b>pouze pro nákladní dopravu</b>	0
podle povahy provozu		<b>pro osobní i nákladní dopravu</b>	6 288
<b>pouze pro osobní dopravu</b>	0	<b>Elektrizované tratě celkem</b>	3 234
<b>pouze pro nákladní dopravu</b>	0	podle počtu kolejí	
<b>pro osobní i nákladní dopravu</b>	9 521	<b>Jednokolejné</b>	1 244
<b>Neelektrizované tratě celkem</b>	6 288	<b>dvou a vícekolejné</b>	1 990
podle počtu kolejí		podle rozchodu kolejí	
<b>jednokolejné</b>	6 209	<b>normální rozchod</b>	3 234
<b>dvou a vícekolejné</b>	78	<b>úzký rozchod</b>	0
podle povahy provozu			
<b>pouze pro osobní dopravu</b>	0		
<b>pouze pro nákladní dopravu</b>	0		
<b>pro osobní i nákladní dopravu</b>	3 234		
podle typu proudové soustavy			
<b>50 Hz/25 000 V<sub>ST</sub></b>	1 438		
<b>15 000 V, 16 2/3 Hz<sub>ST</sub></b>	14		
<b>3 000 V<sub>SS</sub></b>	1 757		
<b>1 500 V<sub>SS</sub></b>	24		

Zdroj: [24], upraveno autorkou

Kvůli výrazně nižší energetické účinnosti diesellových vozidel a méně efektivnímu využití je podíl motorové nafty na celkové spotřebě energie českých železnic výrazně vyšší, a to 42 % v osobní dopravě a 44 % v nákladní dopravě. V oblasti železniční dopravy lze dosáhnout větších úspor energie a emisí. Tuto nižší energetickou náročnost kolejové vlakové dopravy ve srovnání se silniční automobilovou dopravou lze považovat za fyzikálně danou. Energetická náročnost železnice je ve srovnání s automobily zhruba 8krát nižší v celkovém průměru. Převedením přeprav z automobilové dopravy na železniční dopravu lze ušetřit přibližně 88 % spotřeby energie. Železnice musí cestující a přepravce motivovat vnímanými benefity, především rychlostí a pohodlím, což je logicky spojeno se třemi faktory: kvalitní tratí, kvalitními vozidly a kvalitním jízdním řádem. [22]

Na silnici a železnici je dosud nahlíženo jako na dva konkurenční druhy dopravy, budoucnost dopravy ale není v soupeření, nýbrž ve spolupráci. Délka dopravní sítě v ČR v roce 2022: silnice a místní komunikace elektrizace 422 km (z celkových 130 781 km), železnice elektrizace 3234 km (z celkových 9521 km). [22]

### 3.2 Nákladní železniční doprava

Přeprava nákladů, jako je uhlí, dřevo, sůl a další nerostné suroviny mezi průmyslovými a obchodními centry, byla původním účelem železniční dopravy. Železniční nákladní doprava je efektivní způsob, jak přepravit velké množství zboží na dlouhé vzdálenosti. Nákladní vlaky jsou obvykle složeny z několika železničních nákladních vozů, které jsou taženy lokomotivou. Existují různé typy nákladních vozů určených pro přepravu rozmanitých druhů zboží, přepravu ropy, zemního plynu a vozy pro přepravu uhlí. Nákladní vozy jsou plošinové, speciální, výsypné, kryté, nízkostěnné, intermodální, cisternové, vysokostěnné.

Železniční nákladní doprava má oproti jiným způsobům přepravy zboží několik výhod. Jednou z největších je její kapacita, nákladní vlaky mohou přepravit velké množství zboží najednou. To činí nákladní železniční dopravu vhodnou pro přepravu těžkých nebo objemných komodit, jako jsou automobily, stroje nebo stavební materiály. Další výhodou je její spolehlivost. Nákladní vlaky mají obvykle stanovený jízdní řád, což znamená, že mohou být přepravovány na přesně stanovený čas. To je důležité zejména pro přepravu zboží, které má určený termín dodání. Dalším benefitem je její ekonomická efektivnost v porovnání s jinými způsoby přepravy zboží, jako jsou letadla, lodě nebo kamiony.

Tabulka 2 ukazuje porovnání železniční nákladní dopravy vnitrostátní a mezinárodní, se silniční nákladní dopravou též vnitrostátní a mezinárodní v letech 2021-2023. Železniční doprava v roce 2023, jak mezinárodní, tak vnitrostátní oproti roku 2022 mírně klesá, vnitrostátní silniční doprava také, a to celkem výrazně, zatímco mezinárodní silniční doprava mírně stoupá, ale obecně můžeme říci, že se udržuje na stabilní úrovni. [4]

**Tabulka 2** Porovnání železniční a silniční nákladní dopravy

Rok	Přeprava věcí celkem (v mil. t/rok)	Vnitrostátní doprava železniční (v mil. t/rok)	Mezinárodní doprava železniční (v mil. t/rok)	Vnitrostátní doprava silniční (v mil. t/rok)	Mezinárodní doprava silniční (v mil. t/rok)
2021	582,119	32,067	49,764	450,524	49,764
2022	568,958	35,433	59,837	421,564	52,124
2023	520,793	29,055	57,973	379,008	54,677

Zdroj: [3], upraveno autorkou

V roce 2021 je objem přepravených věcí u silniční nákladní dopravy 6x vyšší než u železniční nákladní dopravy. V roce 2022 je to 95,27 mil, tun. U silniční nákladní dopravy 473,688 mil. tun, v roce 2023 má železnice přepraveno 87,028 mil, tun. Silniční nákladní doprava 433,685 mil. tun. V obou případech 5x více než u železniční dopravy.

### **Měrná přepravní energetická náročnost nákladní dopravy**

Zabývá se efektivitou přepravy zboží, zvláště v kontextu současných enviromentálních výzev a snah o udržitelnost. Měření energetické efektivity přepravy zboží se většinou vztahuje k jednotce hmotnosti nebo objemu přepravovaného zboží. Pro měření jsou potřeba různé metody a ukazatele, jako je spotřeba paliva, emise skleníkových plynů, energetická náročnost. Faktory ovlivňující měrnou přepravní energetickou náročnost jsou například typ dopravního prostředku, vzdálenost přepravy, hmotnost a objem nákladu, trasa. [22]

### **3.3 Osobní železniční doprava**

Osobní železniční doprava je druhem dopravy, který se zaměřuje na přepravu cestujících. Tento způsob hromadné přepravy, který je jedním z nejstarších a nejrozšířenějších, hraje klíčovou roli v dopravním systému mnoha zemí.

Existuje několik kategorií vlaků využívaných v osobní železniční dopravě, jako jsou expresy, rychlíky, spěšné, nebo osobní vlaky.

Osobní železniční doprava má řadu výhod. Je efektivní a spolehlivá, méně náchylná na kongesci a nehody v porovnání se silniční osobní dopravou. Je také ekologicky šetrnější, protože osobní vlaky produkují méně znečišťujících látek a emisí skleníkových plynů na osobu a kilometr než silniční doprava. Další výhodou je mimo nabízený komfort a vybavení i bezpečnost, která je, jak je všeobecně známo, vyšší než u dopravy silniční.

Nicméně, osobní železniční doprava má také své nevýhody. Dostupnost může být omezená, zejména v oblastech, kde jsou železniční sítě méně rozvinuté, a přístup k vlakovým stanicím může být problematictější. Navíc, i když je železniční doprava obecně považována za bezpečnější než silniční doprava, stále existuje riziko nehod. Přesto je třeba zdůraznit, že pozitiva osobní železniční dopravy často převažují nad jejími negativy.

Například, v porovnání se silniční dopravou, železniční doprava může nabídnout rychlejší a pohodlnější cestování, zejména na delší vzdálenosti. Navíc, vzhledem k rostoucímu důrazu na udržitelnost a snižování emisí skleníkových plynů, železniční doprava bude hrát klíčovou roli v budoucích dopravních strategiích. [20]

Nárůst přepravních výkonů osobní dopravy na české železnici v rozmezí 9 let (2010 až 2019) byl o 66 % (ze 6,59 mld. oskm/rok v roce 2010 na 10,93 mld. oskm/rok v roce 2019, což je nárůst o 4,34 mld. oskm/rok). Dokládá to, že motivace cestujících byla účinná, a to od kvality přepravní nabídky (modernizované tratě, tranzitní koridory), přes nová vozidla až po atraktivnější jízdní řád. Střední lineární růst přepravních výkonů osobní železniční dopravy o 7,3 % ročně je významný.

Nárůst přepravních výkonů osobní železniční dopravy, zejména v dálkové osobní dopravě, má přirozeně i významný energetický a emisní dopad. Převod přepravního výkonu 4,34 mld. os km/rok z automobilové dopravy na železnici reprezentuje úsporu konečné spotřeby energie v řádu cca 1,9 TWh/rok a úsporu emisí oxidu uhličitého v řádu cca 0,4 mil. t CO<sub>2</sub>/rok. Tyto hodnoty jsou zásadní.

Na rozdíl od některých jiných odvětví, kde jsou technická řešení náhrady fosilních paliv obnovitelnými zdroji energie teprve ve fázi výzkumných úkolů, má železnice výhodu již existujících řešení. [22]

### **3.4 Čistá mobilita 2050**

Fosilní paliva tvoří v současné době 93 % energie pro dopravu v ČR (91,3 % ropné produkty, 1,4 % zemní plyn). Spotřeba energie pro dopravu je v ČR vyšší než spotřeba energie v průmyslu, celkem 19 milionů tun ročně. Spotřeba energie pro dopravu v ČR je 20kW/h na obyvatele na den, produkce oxidu uhličitého dopravou je 5 kg na obyvatele na den, bio paliva 5 % a zajišťují 4 % přepravních výkonů, elektřina 2,2 % a zajišťuje 22 % přepravních výkonů. Podíl zemí EU na světové spotřebě ropy činní 11,2 %, což je 112krát více než podíl zemí EU na světových zásobách ropy. [25]

Nevratné klimatické změny, způsobené spalováním fosilních paliv s důsledkem růstu koncentrace oxidu uhličitého v zemském obalu jsou realitou. Střední roční teplota v ČR vzrostla od roku 2011-2020 o 2,5 °C. [24]

#### **Projektové řízení dekarbonizace**

Odklon od života v rovnováze s přírodou k životu závislém na spalování fosilních paliv proběhl v 18 až 20 století spontánně a neřízeně, jeho přirozeným akcelerátorem byla snaha o zvýšení životní úrovně.

Náhrada fosilních paliv obnovitelnými zdroji energie v pouhých 26 letech (2024-2050), samovolně nenastane, dekarbonizace je řízeným procesem a pokud má proběhnout efektivně

a zdárně, musí být uchopena jako projekt a mít jednoznačně definovaný motiv, cíl, nástroje, zdroje a projektové řízení. [24]

### **Financování dekarbonizace**

Celkové investiční náklady na proces 0 kg CO<sub>2</sub>/rok dekarbonizace dopravy osob a věcí v ČR odhad přes 10 bilionů Kč.

Toto si žádá vícezdrojové financování se zapojením různých aktérů:

Občané – nákup individuálních dopravních prostředků

Podnikatelé mimo oblast dopravy – nákup služebních dopravních prostředků

Podnikatelé v oblasti dopravy – nákup dopravních prostředků veřejné dopravy

Veřejné rozpočty – budování infrastruktury a nákup dopravních prostředků veřejné dopravy

Podstatná je kompatibilita dopravních prostředků a infrastrukturního energetického zázemí pro jejich provoz z hlediska – technického, teritoriálního, časového. Emise oxidu uhličitého v průběhu životního cyklu vozidla se rozděluje na tři složky: **výroba, provoz, recyklace**.

### **Jednotlivé typy vozidel se zásadně liší ve své produktivitě:**

Vozidla individuálně vlastněná a používaná, automobil: střední denní doba používání 37 minut, to je 2,6 % času a střední roční proběh je jen 10,5 tis. km/rok

Vozidla veřejné hromadné dopravy, železniční vozidla: střední denní doba používání je 18 hodin, 75 % času a střední roční proběh jen 140-700 tis. km/rok

Roční proběh vozidla (km/rok) má zásadní vliv na vzájemnou relaci konstantních složek emisí výroba a recyklace. [24]

### **Měrná emisivita (ME) zdrojů energie**

Důvodem záměrného spalování uhlovodíkových paliv je uvolnění tepelné energie, uvolňuje teplo jak uhlíková, tak vodíková složka.

Spálením 1 kg vodíkové složky vzniká 39,4 kWh spalného tepla a oxidací se vytvoří 9kg vody a na její odpařené je potřeba 6,2 kWh tepelné energie, zbývá výhřevnost 33,2 kWh

Spálením 1 kg uhlíkové složky vzniká 9,1 kWh a oxidací se vytvoří 3,67 kWh oxidu uhličitého CO<sub>2</sub>

Měrná emisivita elektrické energie, závisí na emisivitě použitého fosilního paliva a na účinnosti elektrárny.

Ukončování provozu uhelných elektráren je ovlivněn dvěma faktory: růst tržní ceny emisních povolenek EU ETS, taxonomie – banky odmítají financovat investice do fosilní energetiky. [25]

### **Emisní povolenky EU ETS**

- 1) Obchodování s emisemi oxidu uhličitého, z výnosu z prodeje stát vkládá investice zaměřené k úsporám energií a emisí.
- 2) Cenu emisních povolenek stanovuje elasticita trhu, je programově řízena snižováním vydaného množství. Aktuálně o 2,2 % za rok.
- 3) Od roku 2027 bude na územích EU pro domácnost a dopravu vytvořen samostatný obchodní systém emisních povolenek EU ETS 2.
- 4) Od roku 2028 bude objem vydaných povolenek postupně snižován. Cena tržní povolenky bude vytvořena elasticitou trhu z počátku s limitem 45 EUR /t CO<sub>2</sub>.
- 5) Fosilní paliva budou tak drahá, že to bude pro obyvatelstvo motivací k dodržení stanoveného tempa snižování jejich potřeby.
- 6) V roce 2050 už nebudou vydávány žádné emisní povolenky, doprava už nedostane žádná fosilní paliva. [25]

Emisivita výroby elektrické energie je radikálně snižována, důvody jsou čistě ekonomické.

Ustává import elektrické energie dosud cca 14 TWh/rok – nahrazují je obnovitelné zdroje energie s kombinací s paroplynovými elektrárnami. Radikální pokles měrné emisivity elektrické energie snižuje konstantní i variabilní emise CO<sub>2</sub> za život elektrických vozidel. [25]

Emisivita výroby elektrické energie a emisivita uhlovodíkových paliv, je ovlivněna přimícháváním biosložky a ve výsledném efektu i účinností spalovacího motoru.

Udržitelná bezemisní multimodální mobilita, jak již bylo zmíněno do roku 2050 nebude mít k dispozici žádná fosilní paliva. Protože pokud by v dopravě nenastala radikální změna, stala by se ČR zhruba v roce 2027 největším producentem oxidu uhličitého.

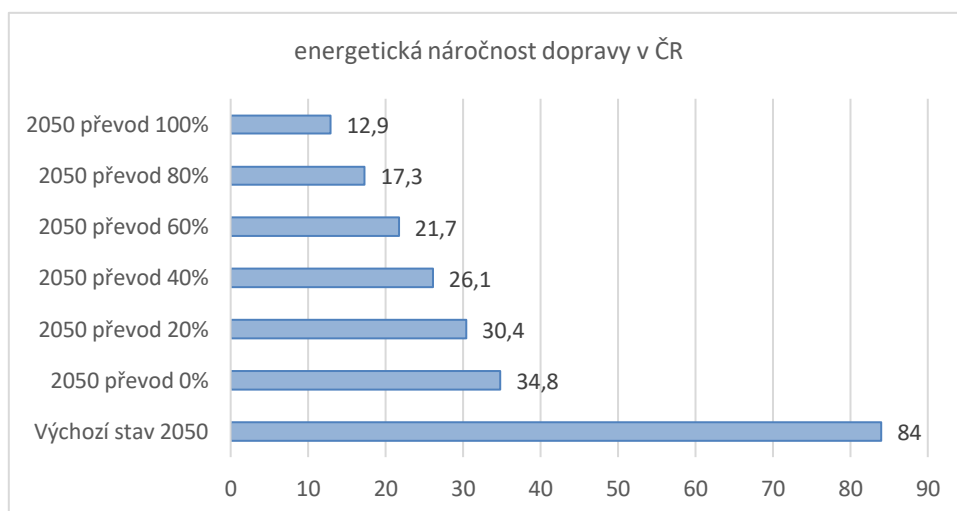
Vybudování vysokorychlostních tratí může přispět k bezemisní mobilitě tím, že transformuje monocentrickou strukturu osídlení na polycentrickou, což humanizuje města a zvyšuje kvalitu bydlení. Převedením části osobní automobilové dopravy na hromadnou městskou dopravu, podporou jízdy na kole a pěší chůze a radikálním snížením počtu parkujících

automobilů ve veřejném prostoru se sníží dopravní zátěž. Navíc přesun silniční nákladní dopravy na železnice může odlehčit silniční síti.

Převedení přeprav ze silnice na železnici přináší redukční poměr, a to v hodnotě 3 – vliv nižšího odporu valení ocelových kol na ocelových kolejnicích a nižšího aerodynamického odporu dlouhých štíhlých v těsném zákrytu jedoucích vozidel. Na obrázku 4 je zaznamenán model energetické náročnosti dopravy v ČR v roce 2050, kde při náhradě spalovacích automobilů elektrickou železnicí je výsledný redukční poměr energetické náročnosti dopravy 2,5krát 3tedy 7,5 pokles spotřeby energie ze 100 % na 13 % to je úspora 87 %. (číslo 2,5 je dáno poměrem účinností elektrického pohonu a spalovacího motoru).

Spotřeba elektrické energie bude tedy o tolik nižší, o kolik se podaří převést přepravních výkonů ze silniční dopravy na železniční.

- 1) Výchozí bod 2025: 82 TWh/rok uhlíková paliva + 2 TWh/rok elektřina
- 2) Cílový bod 2025: 0 TWh/rok uhlíková paliva + 13–35 TWh/rok elektřina



**Obrázek 4** Energetická náročnost dopravy v ČR, převod ze silnice na koleje (zdroj:[22])

Udržitelnost multimodální bezemisní mobility má 3 dimenze:

Enviromentální – bez fosilních paliv, bez klima poškozujících emisí CO<sub>2</sub>, bez zdraví poškozujících emisí

Ekonomickou – vyváženost nákladů a výnosů, efektivnost investic, energetická nenáročnost

Sociální – dostupnost a kvalita

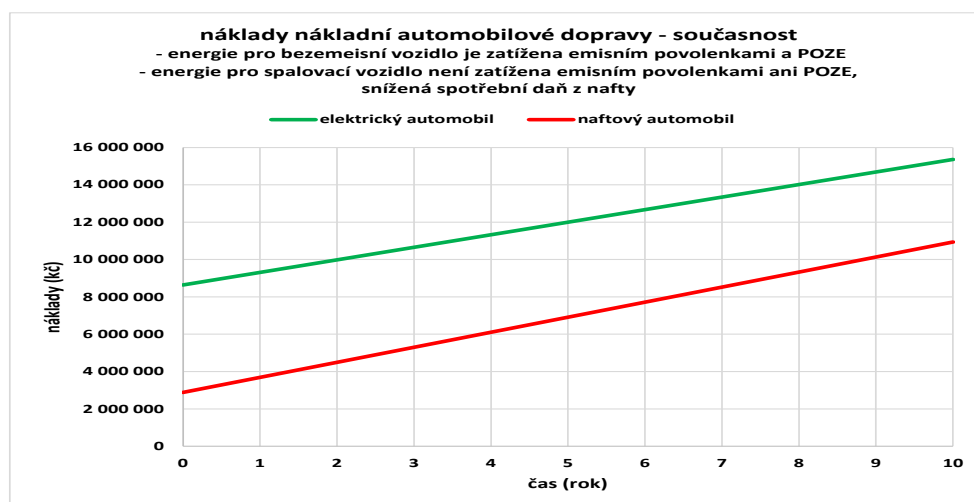
### **Základní podmínkou udržitelnosti je ekonomická udržitelnost.**

Bez ekonomické rovnováhy nelze splnit věcný cíl dekarbonizace, a tím zajistit enviromentální udržitelnost mobility.

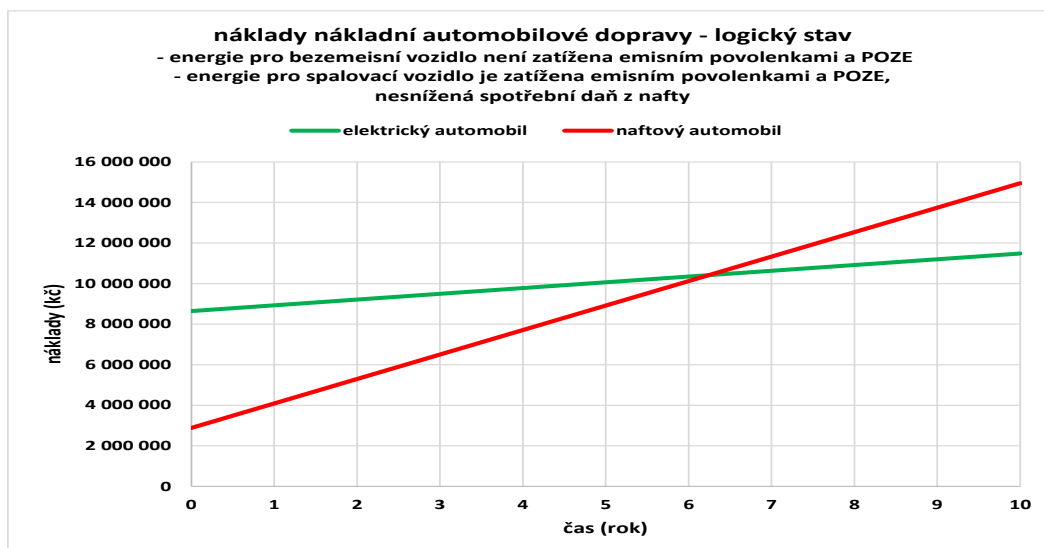
Bez ekonomické rovnováhy nelze zajistit mobilitu osob a věcí, a tím zajistit sociální udržitelnost mobility.

Úspěšný přechod na bezemisní mobilitu vyžaduje jasnou podporu v regulatorních opatřeních, která nediskriminují elektrickou vozbu.

- 1) Emisní povolenky zvyšují tržní cenu elektrické energie o 3násobek, ale v ceně motorové nafty a automobilového benzínu emisní povolenky dosud nejsou zahrnuty.
- 2) Elektrická energie je (mimo drážní dopravu) zatížena platbou POZE (podporované zdroje energie), ale v ceně motorové nafty a automobilového benzínu zatím platba POZE zahrnuta není.
- 3) Externí náklady způsobené použitím motorové nafty a automobilového benzínu ve vozidlech převyšují výnos ze spotřební daně z minerálních olejů, ale bezdůvodně přetrvává snížení spotřební daně u motorové nafty [25].



**Obrázek 5** Náklady nákladní automobilové dopravy-současnost (zdroj:[22])



**Obrázek 6** Náklady nákladní automobilové dopravy-logický stav (zdroj:[22])

Elektrický nákladní automobil je 3x dražší než naftový (viz obrázek 5). V porovnání s obrázkem 6, jak byl měl vypadat logický stav nákladní automobilové dopravy. Rozhodující jsou náklady životního cyklu. Pokud bude elektrický nákladní automobil jezdit levněji než naftový, tak si ho dopravci koupí. Pokud však nebude jezdit levněji, nákladní dopravci o něj nebudou mít zájem, automobil si na sebe musí vydělat.

K docílení rentability investice do dražšího elektrického automobilu je potřeba změnit regulační opatření v oblasti cen energií, aby nediskriminovaly elektrickou energii vůči fosilním palivům.

Zásadní nepřesnost, která činí analýzy úhrnných emisí oxidu uhličitého v průběhu životního cyklu elektrických vozidel obecně nepoužitelnými, vnáší do výpočtů emisí dynamický vývoj měrné emisivity elektrické energie.

Ta je rozhodujícím vstupním parametrem u stanovení emisí jak při výrobě, tak i při provozu vozidel.

Paralelně se změnami v dopravě je probíhající konverze elektrárností od fosilních k obnovitelným zdrojům v čase tak dynamická proměnná, a tak teritoriálně specifická, že po dobu strukturální proměny elektrárností ji nelze v obecné rovině seriózně definovat.

Po skončení proměny elektrárností bude měrná emisivita elektrické energie stálá.

Jelikož ale bude nulová, nebude dávat smysl provádět výpočty úhrnných emisí oxidu uhličitého v průběhu životního cyklu vozidel, výsledkem bude vždy nula. [24][20].

### 3.5 Zhodnocení současných trendů v železniční dopravě

#### Současné trendy v železniční dopravě

**Elektrizace a dekarbonizace:** elektrizace tratí je klíčovou strategií pro snižování emisí skleníkových plynů. Evropské země aktivně investují do elektrizace, přičemž mnoho tratí přechází na elektrickou trakci. Dekarbonizace železniční dopravy zahrnuje i vývoj hybridních vlaků a nasazení vlaků na vodíkový pohon.

**Vysokorychlostní železnice:** rozvoj vysokorychlostních tratí umožňuje rychlejší a efektivnější přepravu, což snižuje tlak na silniční a leteckou dopravu a zároveň přispívá k ekologickým cílům. V Evropě jsou příkladem vysokorychlostní tratě - ve Francii (TGV), Španělsku (AVE) a Německu (ICE).

**Interoperabilita a standardizace:** Evropský železniční systém ERTMS je standardem pro interoperabilitu a bezpečnost železniční dopravy napříč členskými státy EU.

**Digitalizace a automatizace:** zahrnuje zavádění moderních signalizačních systémů, sledování a řízení dopravy pomocí pokročilých technologií. Automatizace se projevuje v testování a implementaci autonomních vlaků, což zvyšuje bezpečnost a efektivitu provozu.

**Udržitelnost a energetická účinnost:** investice do energeticky úsporných technologií a obnovitelných zdrojů energie jsou klíčové pro snížení uhlíkové stopy železniční dopravy. Recyklace materiálů a udržitelné stavební postupy při výstavbě a údržbě železniční infrastruktury.

#### Soulad České republiky s těmito trendy

**Elektrizace a dekarbonizace:** ČR má 1/3 železniční sítě elektrifikovanou, stále tedy existují neelektrifikované úseky, které vyžadují modernizaci. Měla by se tedy zrychlit elektrizace zbylých úseků a podporovat výzkum a nasazení vlaků na alternativní pohony.

**Vysokorychlostní železnice (VRT):** ČR zaostává za západoevropskými zeměmi ve vývoji VRT tratí. Zatímco západoevropské země mají dobře zavedené sítě vysokorychlostních tratí, ČR teprve začíná s jejich rozvojem. Plánované projekty jsou v přípravě (VRT Praha-Brno).

**Interoperabilita a standardizace:** ČR pracuje na implementaci ERTMS na svých tratích, což je krok správným směrem.

**Digitalizace a automatizace:** Projekt digitální technická mapa železnic (DTMŽ) je součástí širšího úsilí o digitalizaci železniční infrastruktury. Tento projekt zahrnuje sběr a analýzu dat z různých senzorů podél tratí, což přispívá k optimalizaci provozu a údržby vlakových souprav. Také se implementují systémy pro automatizaci řízení dopravy a dálkové ovládání zabezpečovacího zařízení.

**Udržitelnost a energetická účinnost:** ČR podporuje udržitelné projekty a investice do energetické účinnosti, avšak je potřeba větší koordinace a podpora. Měly by se rozšířit programy na podporu energetické účinnosti a udržitelných projektů v železniční dopravě, využívat fondy EU pro financování těchto iniciativ.

Česká republika vykazuje pokrok v několika klíčových oblastech železniční dopravy, avšak existují významné výzvy, které je třeba řešit pro dosažení souladu s moderními evropskými trendy. Implementace strategických změn, jakými jsou elektrizace, VRT a digitalizace, podpoří udržitelnou a efektivní železniční dopravu. To nejen že pomůže splnit cíle ČR v oblasti klimatu a dopravy, ale také posílí ekonomiku a zvýší kvalitu života. [28]

### 3.6 Dotazníkové šetření

Dotazník se zaměřuje na analýzu preferencí a názorů respondentů týkajících se využívání železniční dopravy v porovnání s automobilovou dopravou. Dotazník se zaměřuje na různé aspekty jako jsou důvody preferencí konkrétního druhu dopravy, faktory ovlivňující rozhodnutí o dopravním prostředku a možné zlepšení služeb železniční dopravy.

Motivace k vytvoření tohoto dotazníku pramení z potřeby lépe pochopit, jaké faktory ovlivňují rozhodování lidí při volbě mezi železniční a automobilovou dopravou. S rostoucím důrazem na udržitelný rozvoj a ekologické dopady dopravy je klíčové získat podrobný přehled o tom, co by mohlo motivovat více lidí k využívání železniční dopravy, která je obecně považována za ekologičtější alternativu dopravy než automobilová doprava.

Dalším důležitým důvodem je snaha o zlepšení služeb železniční dopravy tak, aby lépe vyhovovaly potřebám cestujících. Tato analýza může poskytnout cenné informace pro dopravní

společnosti a orgány, které se zabývají plánováním a rozvojem dopravní infrastruktury, v tomto případě hlavně v Jižních Čechách.

Cíle dotazníku: identifikovat hlavní důvody, proč lidé preferují jeden typ dopravy před druhým. Zjistit, jaké faktory (například cena, pohodlí, rychlost, dostupnost) nejvíce ovlivňují rozhodování při výběru dopravního prostředku.

Dotazník byl rozposlán mezi obyvatele jihočeského kraje a hlavního města Prahy a okolí, s cílem získat spektrum názorů od různých demografických skupin. Respondenti odpovídali na otázky týkající se jejich preferencí v dopravě a zkušenosti se železniční dopravou, které byly doplněny charakteristikou respondentů z hlediska věku, pohlaví, ekonomického statusu. Celkem odpovědělo 193 respondentů. Přehled otázek v **Příloze A**.

#### Demografické údaje

Věk respondentů: skupina 18-35 let 65 respondentů (33,7 %), skupina 36-50 let 74 respondentů (38,3 %), skupina 51 a více let 54 respondentů (28, %).

Pohlaví: 112 žen (58 %) a 81 mužů (42 %)

#### Ekonomický status

Většina respondentů byla zaměstnanci 142 (73,6 %), podnikatelé 28 (14,5 %), na mateřské dovolené 10 respondentů (5,2 %).

#### Vlastnictví automobilu

83,4 % respondentů vlastní automobil, což naznačuje vysokou míru závislosti na individuální dopravě.

#### Preferovaný druh dopravy

75,1 % preferuje osobní automobil, 30,1 % respondentů preferuje železniční dopravu,

#### Frekvence využívání železniční dopravy

Většina respondentů (63,2 %) využívá železniční dopravu méně než jednou za měsíc. Pouze 17,1 % využívá železniční dopravu nejméně jednou za měsíc, 6,7 % několikrát týdně a 9,8 % nikdy.

#### Důležité faktory pro výběr dopravy

Při rozdělení na cenu a kvalitu, je cena nejdůležitějším faktorem pro 52,8 % respondentů.

Kvalita, obsahující pohodlí a možnost odpočinku, je důležitá pro 45,1 %, dochvilnost pro 40,4 %, možnost zakoupit místenku pro 37,8 %. Ekologická šetrnost je relevantní pro 8,8 %.

### Faktory odrazující od využívání železniční dopravy

Přeplněná vozidla a špatný stav zařízení 65,8 % respondentů uvedlo jako hlavní problém. Zpoždění je odrazující pro 48,7 % respondentů. Zvýšení cen negativně ovlivňuje 33,7 % respondentů.

### Spokojenost se službami vlakové přepravy

47,7 % respondentů je spokojeno, částečně spokojeno je 45,1 % a nespokojeno se současnými službami je 6,7 %.

### Hlavní důvody využívání železniční dopravy

50,3 % respondentů využívá železniční dopravu za cestováním za zábavou, 35,8 % za cestování za rodinou a přáteli, 15 % dojíždění do práce a do školy.

### Doporučená zlepšení v železniční dopravě

Snížení cen jízdného by uvítalo 40,4 % respondentů, zlepšení přesnosti jízdního řádu uvedlo 35,8 %, zvýšení komfortu cestování by uvítalo 35,8 % respondentů a lepší dostupnost spojů napsalo 35,2 % respondentů.

### **Závěry z dotazníkového šetření**

Závěry z dotazníkového šetření ukazují, že i když je železniční doprava preferovaná částí respondentů, existují výrazné překážky, které brání většímu přechodu z automobilů na tento druh dopravy. Hlavními problémy jsou přeplněná vozidla, špatný stav zařízení, myšleno interiér vozu (špinavé nebo poškozené sedačky, okna, stěny, rozbité dveře, nefunkční klimatizace, topení) a zpoždění, což odráží právě kvalitu nabídky železniční dopravy v jihočeském kraji. Pokud by došlo ke zlepšení kvality, je zde značný potenciál, že více lidí by zvažovalo přechod z automobilů na vlaky. To by mohlo vést k udržitelnějšímu a ekologičtějšímu způsobu cestování.

## **4 NÁVRH OPATŘENÍ A MODELOVÝCH SCÉNÁŘŮ V ŽELEZNIČNÍ DOPRAVĚ KE SNIŽOVÁNÍ EMISÍ CO<sub>2</sub> V ČR**

### **4.1 Přehled opatření**

V této kapitole jsou identifikována opatření, kterými lze podpořit snižování emisí CO<sub>2</sub> v železniční dopravě v ČR.

#### **4.1.1 Rozvoj infrastruktury, včetně plánu VRT**

Ke zvládnutí přepravních úloh určených české železnici v multimodální dopravě, daných společenským zadáním vedou tři cesty:

- 1) urychlené budování vysokorychlostního železničního systému
- 2) posílení kapacity a výkonnosti přetížených železničních koridorů
- 3) vyšší zapojení dalších tratí do plnění přepravních úloh železnice

Přehled výstavby pilotních projektů vysokorychlostních tratí na území ČR v horizontu roku 2030, aby na sebe mohly převzít vozbu rychlíků a expresních vlaků a tím odlehčily nejzatíženější tratě tranzitních koridorů v okolí Prahy, Brna a Ostravy, s cílem zvýšit disponibilní kapacitu konvenčních tratí pro potřeby nákladní dopravy a regionální osobní dopravy jako jsou:

- 1) Polabí a Střední Čechy (Praha – Poříčany – Světlá nad Sázavou)
- 2) Moravská Brána 1 a 2 (Prosenice – Ostrava)
- 3) Vysočina fáze 1 a Jižní Morava (Velká Bíteš – Brno-Vídeňská – Rakvice)

Projekt českých vysokorychlostních tratí (VRT) má dosah i za hranice České republiky, jak dokládá podpis memoranda mezi Správou železnic, polskou společností CPK a zástupci projektu Rail Baltica. Tato iniciativa si klade za cíl vybudovat až 4 500 km VRT v rámci oblasti Trojmoří. Naše státní organizace získala podporu pro 9 projektů v rámci Nástrojů pro propojení Evropy pro období 2021 až 2027. Dotace v celkové výši 7,9 miliardy korun budou využity na několik modernizačních opatření železniční infrastruktury, instalaci zabezpečení ETCS na koridorových tratích a přípravu vysokorychlostních tratí. VRT Střední Čechy mezi Poříčany a Světlu nad Sázavou, který bude součástí tratí z Prahy do Brna, se budeme věnovat v samostatném scénáři. Jeho stavba by měla začít zhruba v roce 2027. [22]

Trasa Berlín – Drážďany – Ústí nad Labem – Praha – Jihlava – Brno – Vídeň /Bratislava – Budapešť včetně odbočné větve Brno – Ostrava – Polsko spojuje několik významných měst a regionů ve střední Evropě a hraje klíčovou roli v dopravní infrastruktuře. Tato trať bude sloužit nejen k přepravě osob, ale také zboží, což má zásadní dopad na obchod a hospodářství v této oblasti. Je zapojená do hlavní sítě evropského vysokorychlostního železničního systému TEN-T s prioritou výstavby a financování rozhodujících úseků do roku 2030. Je významným úspěchem české železniční diplomacie. Uskutečnění tohoto projektu posune českou i evropskou železnici významně vpřed. [22]

Na obrázku 7 jsou znázorněny vysokorychlostní tratě, výhledové VRT, zkratka RS znamená rychlá spojení. [22]

## Vysokorychlostní tratě v Česku



**Obrázek 7** Vysokorychlostní tratě v ČR (zdroj:[31])

Pro splnění cílů, které stanovuje Evropská komise železnicím, je do roku 2050 nutné přesunout 75 % přepravních výkonů nákladní dopravy ze silnic na železnici. K tomu je zapotřebí zapojit celou síť železnic v ČR. Stávající rozsah provozní délky tratí v rámci ČR 9542 km a jeho navýšení do roku 2050 dle současných plánů o cca 750 km nových tratí na celkových 10 250 km. [1]

#### 4.1.2 Elektrizace/konverze

Elektrická trakce je nejefektivnější a nejekologičtější ze všech možných alternativ pohonů na železnici, dáno je to zejména vysokou energetickou účinností a rekuperací energie při brždění. [22]

#### Časový aspekt realizace projektů

Uvažovány jsou tříleté časové horizonty pro realizaci jednotlivých projektů:

- 1) Horizont A–36 km do roku 2026
- 2) Horizont B–660 km – do roku 2029
- 3) Horizont C–1094 km – do roku 2032
- 4) Horizont D–689 km – po roce 2032

Celkem 2479 km délky elektrizovaných úseků železniční sítě mimo TEN-T.

#### Konverze stejnosměrné trakční soustavy

Pro zvyšování energetické účinnosti na železnici je plánována konverze stejnosměrné trakční soustavy 3 kV na střídavou soustavu 25 kV. Přechod přinese snížení ztrát při přenosu trakčního výkonu, jelikož ztráty ve vedení jsou při napětí 3 kV 69krát větší než při napětí 25 kV. Tam, kde pracuje vedení 25 kV s účinností 99,5 %, pracuje vedení 3 kV s účinností 65,5 %. V tabulce 3 je uveden seznam připravovaných projektů. [30]

**Tabulka 3** Seznam projektů konverze trakční soustavy

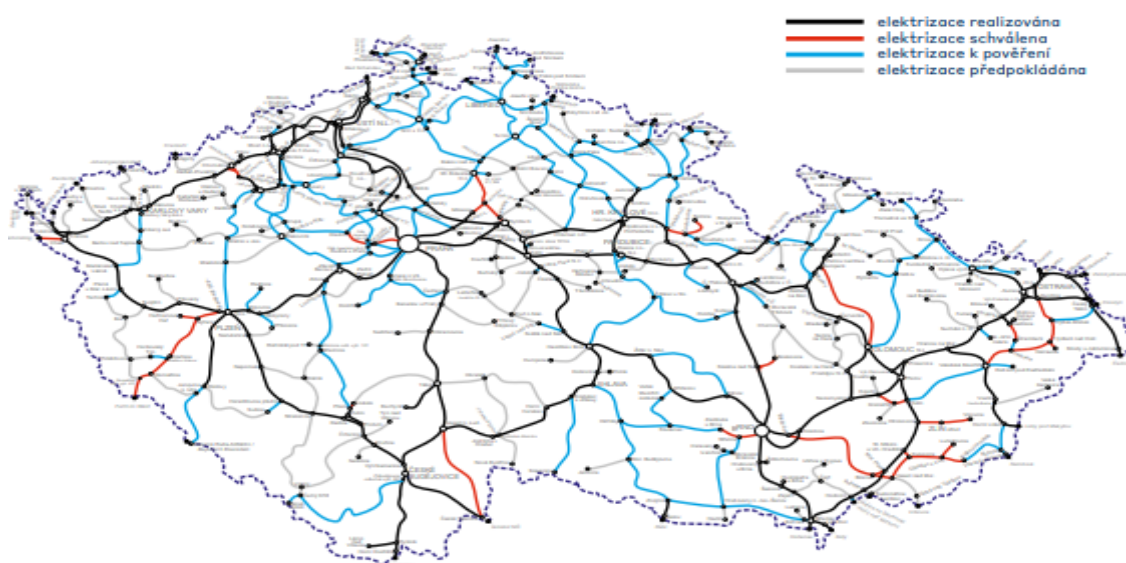
Horizont	Tratě
B	Konverze na 25kV, 50 Hz v úseku Říkovice – Hranice na Moravě (mimo)
B	Konverze na 25kV, 50 Hz v úseku Hranice na Moravě – Vsetín
B	Konverze na 25 kV, 50 Hz v úseku Hranice na Moravě – Polanka nad Odrou
B-C-D	Konverze na 25kV, 50 Hz v oblasti Ústecko a Mělnicko
po roce 2035	Konverze na 25kV, 50 Hz v oblasti Ostravsko a Přerovsko
po roce 2035	Konverze na 25kV, 50 Hz v oblasti Olomoucko a Česko-třebovsko
B-C-D	Konverze na 25kV, 50 Hz v oblasti Nymbursko, Královéhradecko a Pardubicko
po roce 2035	Konverze na 25kV, 50 Hz v oblasti Praha a Střední Čechy

Zdroj: [30], upraveno autorkou

Odhadované náklady na projekty konverze trakční soustavy do roku 2035 jsou cca 70 mld. Kč

### Elektrizace má dva hlavní přístupy

- 1) Prostá elektrizace znamená zavedení elektrické energie do určitého systému nebo procesu, aniž by bylo provedeno další vylepšení nebo optimalizace tratě.
- 2) Elektrizace modernizované trati označuje proces přechodu z tradičních zdrojů energie, jako je například uhlí či ropa na elektrickou energii. To zahrnuje širokou škálu aplikací od dopravy po průmyslové výrobní procesy. Elektrizace se často používá ve snaze snížit emise skleníkových plynů a závislost na fosilních palivech. Obsahuje úpravy a inovace pro maximalizaci výhod a udržitelnosti. Na obrázku 8 je uveden plán elektrizace železniční sítě do roku 2030. [31]



**Obrázek 8** Elektrizace železniční sítě do roku 2030 (zdroj:[31])

Správa železnic, s.o. využívala a nadále využívá v rámci Operačního programu Doprava podporu z Fondu soudržnosti na železniční infrastrukturu jako jsou modernizace železniční sítě TEN-T, modernizace a rozvoj železničních tratí sítě TEN-T včetně železničních uzlů, modernizace železniční sítě mimo síť TEN-T, Modernizace a rozvoj železniční sítě mimo síť TEN-T. Celkový příspěvek EU, který Správa železnic, s.o. obdržela v rámci Operačního programu Doprava byl přes 76 miliard korun. Operační program Doprava v období 2014–2020 celkový příspěvek činil přibližně 123 miliard korun. Správa železnic, s.o. obdržela v rámci Operačního programu Doprava přibližně 63 miliard korun. [16]

### 4.1.3 Vozidla

V této části jsou identifikovány aktuální možnosti bezemisních nebo nízkoemisních hnacích vozidel pro železniční dopravu.

#### Bezemisní vozidla

- 1) Elektrická vozidla závislá (pro trolejové napájení) v podobě elektrických lokomotiv i elektrických trakčních jednotek (EMU)
- 2) Dvouzdrojové trakční jednotky trolej/akumulátor (BEMU)
- 3) Vodíkové palivo článkové trakční jednotky (HEMU)

Každý druh vozidla potřebuje pro svůj provoz určitý druh infrastruktury, tzv. zázemí.

Elektrická vozidla potřebují souvislou liniovou elektrizaci, tedy pevné trakční zařízení. V ČR již výhradně systémem 25 kV.

Dvouzdrojové trakční jednotky trolej/akumulátor potřebují liniovou elektrizaci, která umožní nabíjení vozové akumulátorové baterie, a to buď statické za stání v liniově elektrizované železniční stanici, nebo dynamické za jízdy po liniově elektrizované železniční trati.

Vodíkové palivo článkové trakční jednotky potřebují vodíkovou plnicí stanici poblíž obrátových železničních stanic.

Energetická účinnost a vytrvalost elektrických trakčních vozidel s liniovým napájením jsou prakticky neomezené, protože nejsou technicky limitovány dojezdem. Naopak trakční vozidla s akumulátorem mají omezený dojezd, jelikož jejich energie je uložena v baterii. Železniční vozidla jsou běžně v provozu 16-20 hodin denně a ujedou ročně kolem 160 000 km. Vodíková palivo článková vozidla mají vyšší dojezd než troleje s akumulátorem, ale jsou vhodnější pro často zastavující osobní vlaky, než pro rychlou monotónní jízdu nebo velké stoupaní. Energetická náročnost vodíkových vozidel je vyšší ve srovnání se závislými elektrickými vozidly pro liniové elektrické napájení. Vozidla mají nominální dobu technického života 30 let. [22]

V Německu uvažovali, že vozidla s vodíkovým pohonem nahradí vozidlo s konvenčním dieselovým pohonem. Nový vodíkový pohon ušetří za jeden rok ve srovnání s naftovým pohonem přibližně 330 tun CO<sub>2</sub>, což není zanedbatelné. Bohužel problém je v tom, že vodík se musí vyrábět (nenašly se přirozeně vyskytující zdroje vodíku v zemi, které by šlo těžit).

Pro účely redukce skleníkových plynů je použitelný pouze zelený vodík, který je vyrobený elektrolýzou z obnovitelných zdrojů energie. Aby se tohoto dalo docílit, bylo by nutné postavit větrnou nebo fotovoltaickou elektrárnu, vedle elektrolyzér, pak se vodík stlačuje do nádrží ve vozidle, což je další ztráta energie, železniční vozidlo vodík přemění zpět na elektřinu a výsledná účinnost tohoto řetězce je pouhých 22 %. Vznikají velké ztráty mezi přeměnou elektřiny na vodík a obráceně. Ekonomický smysl nepřináší ani cena vodíku a vodíkových vlaků. Vzhledem k náročnosti této technologie už ani v Německu některé vodíkové vlaky nejezdí. Vodík (vyrobený z přebytků obnovitelné energie) lze tedy třeba využívat např. při výrobě oceli, kde nahradí koks, ale ne v železniční dopravě. [28]

### Nízkoemisní vozidla

Dvouzdrojová (duální) lokomotiva trolej/diesel.

V nákladní dopravě v ČR jsou často používány motorové lokomotivy, které většinu cesty vykonávají pod trakčním vedením. Typické je, že nákladní vlaky začínají a končí svou jízdu na neelektrizovaných tratích a manipulační vlaky na elektrizovaných tratích. [22]



**Obrázek 9** Vectron Dual Mode-VDM (zdroj:[25])

Lokomotiva, která by se dala použít je Vectron Dual mode od firmy Siemens (obrázek 9), která od roku 2018 nahrazuje čistě dieslovou variantu, (15 kV 16,7 HZ AC, připravuje se 25 kV 50 HZ). V zásadě jde o motorovou lokomotivu s elektrickým přenosem výkonu, doplněnou o elektrické vstupní obvody, které na elektrizovaných tratích či kolejích umožňují odebírat a využívat elektrickou energii z liniového trakčního vedení. Tím je doba používání spalovacího motoru minimalizována.

Primárním zdrojem energie je 350 kW dieslový motor. Lokomotiva je na cca 50-70 % svého oběhu provozována pouze v bezemisním, čistě elektrickém režimu. Funguje na podobném principu jako sériový diesel/hybridní autobus. Dieslový motor pohání pouze

generátor, který dobíjí trakční baterie, zatímco pohon sám je čistě elektrický. Jak provozní, tak ekologické dopady jsou velice významné. Lokomotiva je konstruována pro maximální rychlost 100 km/h, což jí, kromě čistě posunovací služby, umožňuje i traťový provoz.

Výhoda – dokáže přejet neelektrifikovaný úsek, na elektrifikovaném úseku jsou nižší emise i náklady na provoz, stejný výkon i v dieselovém režimu.

Nevýhodou je ale nižší výkon při napájení z troleje než u elektrických variant. [22]



V každém scénáři je pro výpočet emisí CO<sub>2</sub> použit stejný typ a parametry osobního automobilu, motocyklu i nákladního automobilu, viz obrázky 10 až 12.



**Obrázek 10** Škoda Octavia 2.0 TDI (zdroj:[37])



**Obrázek 11** Yamaha FAZER 1000 (zdroj:[38])



**Obrázek 12** SCANIA R 500 (zdroj:[39])

### 4.3 Scénář č.1 - trať 041 Turnov-Hradec Králové

#### 4.3.1 Současný stav tratě a vozového parku

##### Parametry tratě

- ✓ neelektrizovaná,
- ✓ počet kolejí jedna,
- ✓ rozchod kolejí 1435 mm,
- ✓ kategorie trati je regionální,
- ✓ doprava osobní, nákladní.
- ✓ celková délka je 82 km,
- ✓ maximální rychlost je 80 km/h
- ✓ osobní dopravu zde provozují České dráhy, a.s. a Arriva vlaky s. r. o.

V tabulce 5 a 7 je proveden výpočet roční produkce emisí CO<sub>2</sub> pro nákladní a osobní vlakovou dopravu, který vychází z rozsahu dopravy a parametrů vlaků uvedených v jízdním řádu 2024.

**Tabulka 5** Produkce CO<sub>2</sub> na trati 041 Turnov-Hradec Králové nákladní doprava

Úsek	Jaroměř - Turnov	Libuň - Turnov
Frekvence jízdy	2x týdně	2x týdně
Typ vlaku	Místní úseková obsluha	Nákladní (sklářské písky)
Lokomotiva	742.0	2x 753.7
Hmotnost (t)	64	2x 120
Výkon (kW)	883	2x 1500
Hmotnost vlaku (t)	300	1600
Návratová hmotnost (t)	100	470
Průměrná spotřeba nafty (l/100 km)	25	30
Roční spotřeba paliva (l)	78 000	124 800
<b>Produkce CO<sub>2</sub> za rok (t)</b>	<b>206,7</b>	<b>330,72</b>

Zdroj: [28], upraveno autorkou

**Tabulka 6** Parametry vlaků osobní dopravy na trati 041

Typ vlaku	Složení	Hmotnost prázdná (t)	Hmotnost plná (t)	Výkon (kW)	Spotřeba paliva (l/km)	Počet míst k sezení	Počet míst k stání
Osobní vlak	RegioNova Trio řady 814.2 + 0.14 + 814.2	62,3	81	420	2,5	135	151
Rychlík	754 + 4 vozy	238	270	1460	3,5	286	-
	754	74	74	1460	3,5	-	-
	ABpee 347	40	46	-	-	70	-
	Bmz 234	42	47	-	-	66	-
	Bdpee 231	41	48	-	-	72	-
	Bdpee 237	41	48	-	-	78	-
Spěšný vlak	Arriva 845 + 945	40 + 28	68	560	2	80	-

Zdroj: [28], upraveno autorkou

**Tabulka 7** Produkce CO<sub>2</sub> na trati 041 - vlaky osobní dopravy

Kategorie vlaku	Osobní	Osobní	Spěšný	Rychlík	Rychlík
Parametry vlaku	RegioNova Trio				
	814.2 + 0.14 + 814.2		843 + 943.0	754	754
Počet vlaků (jeden směr)	14	4	1	9	5
Vzdálenost (km)	82	60	60	101	66
Průměrná spotřeba nafty (l/100 km)	50	50	40	350	350
Množství CO <sub>2</sub> z jednoho litru nafty (kg/CO <sub>2</sub> )	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65
<b>Produkce CO<sub>2</sub> za rok (t)</b>	<b>555,2</b>	<b>116,1</b>	<b>23,2</b>	<b>3 077,3</b>	<b>1 117,2</b>

Zdroj: [28], upraveno autorkou

## **4.3.2 Návrhový stav tratě a vozového parku**

### **Elektrizace tratě**

Přechod na elektrizaci tratě pomocí střídavého proudu (25 kV, 50 Hz), což je standard v rámci evropských železnic. Výhodou by bylo snížení emisí skleníkových plynů, snížení provozních nákladů, vyšší efektivita a nižší hluková zátěž.

Soulad s cíli ČR a EU Elektrizace snižuje emise CO<sub>2</sub> a znečištění ovzduší, což je v souladu s cíli EU v rámci Green Deal a národními klimatickými závazky ČR.

### **Zdvojkolejnění trati, zvýšení rychlosti**

Rozšíření trati na dvě koleje, což zvýší kapacitu a plynulost provozu. Výhodou by bylo zlepšení propustnosti, možnost provozu více vlaků současně, snížení zpoždění, zvýšení spolehlivosti služby.

Soulad s cíli ČR a EU zvýšení kapacity umožní lepší využití železniční dopravy, čímž se sníží závislost na silniční dopravě a emise z dopravy.

### **Implementace moderních zabezpečovacích systémů**

Zavedení systému ERTMS (European Rail Traffic Management System).

Výhody, které by to sebou neslo by bylo zvýšení bezpečnosti, optimalizace provozu.

Soulad s cíli ČR a EU modernizace bezpečnostních systémů je podporována EU a je klíčová pro integraci evropských železnic.

### **Zavedení zelených koridorů a opatření na zvýšení biodiverzity**

Implementace zelených koridorů podél trati a opatření na podporu biodiverzity. Výhody by byly zlepšení ekosystémových služeb, podpora biodiverzity, zlepšení krajinného rázu, pozitivní dopad na životní prostředí.

Soulad s cíli ČR a EU tato opatření jsou v souladu s ekologickými cíli EU.

## **Návrh harmonogramu realizace**

### **Fáze 1 - Příprava 0-1 rok**

Studie proveditelnosti 0-6 měsíců (cca 800 tisíc), analýza aktuálního stavu infrastruktury a definování potřebných změn. Hodnocení enviromentálních, sociálních a ekonomických dopadů.

Projektová dokumentace 6-12 měsíců (cca 30 miliónů), vypracování detailního plánu projektu, včetně technických specifikací a rozpočtu. Získání potřebných povolení od relevantních úřadů.

### **Fáze 2 - Elektrizace trati 1-3 roky (cca 2,8 miliard)**

Výběrové řízení na zhotovitele a uzavírání smluv 1-1,5 roku. Výběr dodavatelů pro elektrizaci tratě a další potřebné práce.

Elektrizace a instalace infrastruktury 1,5-3 roky: instalace elektrických vedení a potřebného vybavení. Modernizace stávajících tratí pro kompatibilitu s elektrizací.

### **Fáze 3 - zdvojkolejnění trati, zvýšení rychlosti 3-5 let (cca 39 miliard)**

Výběrové řízení a uzavření smluv 3-3,5 roku. Výběr dodavatelů pro zdvojkolejnění tratě.

Stavební práce 3,5-5 let: výstavba druhé koleje podél stávající tratě. Zajištění minimálního přerušování provozu během stavebních prací.

Pro odhad nákladů jsem použila data z projektu elektrizace trati Týniště nad Orlicí-Častolovice-Solnice, který má být letos zahájen. Cena za 1 km byla vypočtena na základě tohoto projektu a poté vynásobena délkou tratě Turnov – Hradec Králové, čímž jsem získala hrubý odhad nákladů na elektrizaci a modernizaci této trati. Celkové investiční náklady projektu Týniště nad Orlicí-Častolovice-Solnice činí 808 536 tisíc Kč, což při délce 23 km znamená 35 154 tisíc Kč/km. Při délce tratě 82 km představují náklady přibližně 2,8 miliard Kč pro fázi 2.

Vzhledem k tomu, že trať Turnov – Hradec Králové je regionální a není součástí transevropské dopravní sítě (TEN-T), není možné její financování z programu CEF. Možné financování by mohlo být z operačního programu doprava (OPD) nebo z národních prostředků, případně prostřednictvím PPP (partnerství veřejného a soukromého sektoru). Financování prostřednictvím PPP však v České republice zatím není běžné a obvykle se využívá jen pro velké projekty, jako je trať na letiště Václava Havla, modernizace tratí Brno-Přerov,

nebo projekty vysokorychlostních tratí. Nejpravděpodobnějším zdrojem financování ze SFDI by tedy mohly být OPD evropské prostředky, nebo národní prostředky.

Všechny **tratě navazující na Hradec Králové** jsou elektrizované. Trať Hradec Králové-Týniště nad Orlicí je elektrizována. Od Týniště dále by v roce 2024 měla začít realizace akce: Elektrizace trati Týniště n. O. – Častolovice – Solnice. Záměr na tuto stavbu je rámcově vymezen Usnesením vlády č. 97 z 9. února 2015 a jeho aktualizací z 21. června 2017. Cílem souboru staveb na této trati je zajistit dostatečné kapacitní a parametricky vyhovující železniční dopravní cestu z Týniště nad Orlicí do Solnice, kde se nachází výrobní závod Škoda Auto.

Tratě navazující na **Hradec Králové**: Pardubice – Hradec Králové jedná se o elektrizovanou trať. Hradec Králové – Chlumecko jedná se o elektrizovanou trať. Hradec Králové – Týniště nad Orlicí jedná se o elektrizovanou trať, od Týniště do Solnice se bude elektrizovat (viz akce výše). Hradec Králové – Jaroměř jedná se o elektrizovanou trať.

#### **Tratě navazující na Turnov:**

Tady naopak nejsou žádné tratě elektrizované. Proto by musela elektrizací a modernizací projít hlavně celá trať z Prahy do Turnova. Elektrizací by taky případně musela projít trať z Turnova na Malou Skálu a Železný Brod. A případně taky trať z Turnova na Liberec. Každopádně spojení s Prahou je klíčové a tam by elektrizace také začala.

#### **Model produkce CO<sub>2</sub> po elektrizaci tratě 041 Turnov – Hradec Králové**

V tabulce 9 a 11 je uveden výpočet roční produkce CO<sub>2</sub> po elektrizaci tratě 041 pro navržená vozidla pro osobní vlak a rychlík. V tabulce 8 a 10 jsou popsány technické parametry vlaků. Pro výpočet roční spotřeby elektrické energie je využita metodika uvedená v **Příloze B**.

**Tabulka 8** Osobní doprava přehled vozů na trati 041 osobní vlak

Typ vlaku	Složení	Hmotnost prázdná (t)	Hmotnost plná (t)	Výkon (kW)	Počet míst k sezení	Počet míst k stání
Osobní vlak	RegioPanter“ řady 650/651	106,5	120	1360	138/158/172	128/138/176

Zdroj: [28], upraveno autorkou

**Tabulka 9** Produkce CO<sub>2</sub> na trati 041 Turnov – Hradec Králové osobní vlak

Parametry vlaku	RegioPanter 650/651
Počet vlaků (jeden směr)	18
Vzdálenost (km)	82
Roční výkon (tis. hrtnm)	538,9
Měrná spotřeba EE (kWh/tis. hrtnm)	47,167785
Roční spotřeba (MWh)	25,406
Emisní faktor (t CO <sub>2</sub> /MWh)	0,413
<b>Produkce CO<sub>2</sub> za rok (t)</b>	<b>10,48959</b>

Zdroj: [28], upraveno autorkou

**Tabulka 10** Osobní doprava přehled vozů na trati 041 rychlík

Typ vlaku	Složení	Hmotnost prázdná (t)	Hmotnost plná (t)	Výkon (kW)	Počet míst k sezení	Počet míst k stání
rychlík	ÖBB Railjet-Taurus 1116	330	360	6400	408	-

Zdroj: [28], upraveno autorkou

**Tabulka 11** Produkce CO<sub>2</sub> na trati 041 Turnov – Hradec Králové rychlík

Parametry vlaku	ÖBB Railjet-Taurus 1116
Počet vlaků (jeden směr)	14
Vzdálenost (km)	82
Roční výkon (tis. hrtnm)	418,3
Měrná spotřeba EE (kWh/tis. hrtnm)	47,167785
Roční spotřeba (MWh)	19,7242
Emisní faktor (t CO <sub>2</sub> /MWh)	0,413
<b>Produkce CO<sub>2</sub> za rok (t)</b>	<b>8,1401</b>

Zdroj: [28], upraveno autorkou

### 4.3.3 Modelový návrh přesunu části dopravy ze silnice na železnici trasa z Turnova do Hradce Králové

Na komunikaci č. 16 a 35 trasa z Turnova do Hradce Králové v pracovní den za 24 hodin projede 10 001 osobních automobilů a dodávek, 106 motocyklů a 2 817 těžkých nákladních automobilů. [27]. V tabulkách 12 až 14 je uveden výpočet roční produkce CO<sub>2</sub> pro jednotlivé druhy vozidel. V grafu 13 až 15 je modelový úbytek jednotlivých druhů vozidel a emisí CO<sub>2</sub>.

**Tabulka 12** Roční produkce CO<sub>2</sub> pro osobní automobil trasa Turnov – Hradec Králové

<b>Parametr</b>	<b>Hodnota</b>
Typ vozidla	Osobní automobil Škoda Octavia 2.0 TDI
Vzdálenost (km)	82
Spotřeba paliva (l/100 km)	5,5
Spotřeba paliva na 82 km (l)	4,51
Emise CO <sub>2</sub> na litr nafty (kg/l)	2,65
Emise CO <sub>2</sub> na 82 km (kg)	12
Roční emise CO <sub>2</sub> pro 1 automobil (kg)	4 380
<b>Roční emise CO<sub>2</sub> pro 10 001 automobilů (t)</b>	<b>43 804, 380</b>

Zdroj: autorka

**Tabulka 13** Roční produkce CO<sub>2</sub> pro motocykl trasa Turnov – Hradec Králové

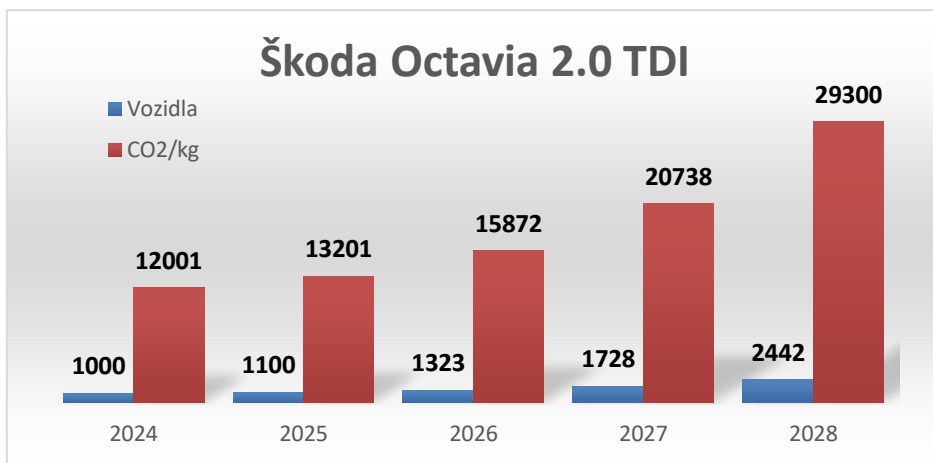
<b>Parametr</b>	<b>Hodnota</b>
Typ vozidla	Motocykl Yamaha FAZER 1000
Vzdálenost (km)	82
Spotřeba paliva (l/100 km)	7,5
Spotřeba paliva na 82 km (l)	6,15
Emise CO <sub>2</sub> na litr benzínu (kg/l)	2,3
Emise CO <sub>2</sub> na 82 km (kg)	14,15
Roční emise CO <sub>2</sub> pro 1 motocykl (kg)	5 165
<b>Roční emise CO<sub>2</sub> pro 106 motocyklů (t)</b>	<b>547, 490</b>

Zdroj: autorka

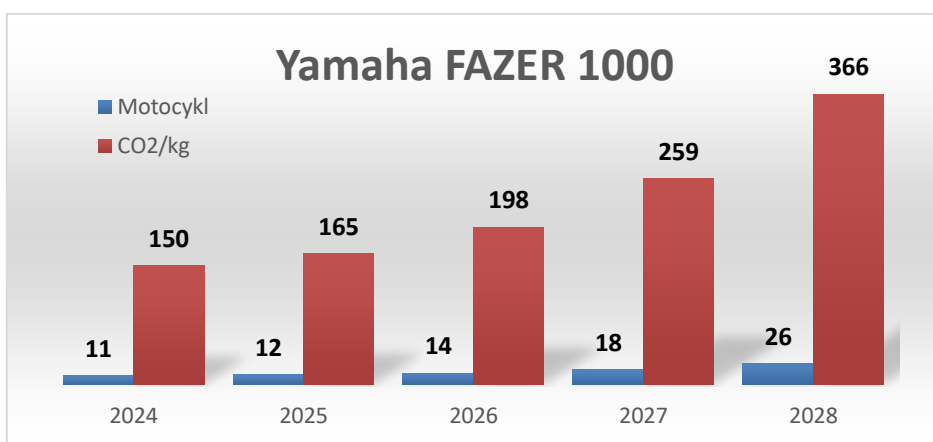
**Tabulka 14** Roční produkce CO<sub>2</sub> pro nákladní automobil trasa Turnov – Hradec Králové

<b>Parametr</b>	<b>Hodnota</b>
Typ vozidla	Těžký nákladní automobil SCANIA R 500
Vzdálenost (km)	82
Spotřeba paliva (l/100 km)	30
Spotřeba paliva na 82 km (l)	24,6
Emise CO <sub>2</sub> na litr nafty (kg/l)	2,65
Emise CO <sub>2</sub> na 82 km (kg)	65
Roční emise CO <sub>2</sub> pro 1 automobil (kg)	23 725
<b>Roční emise CO<sub>2</sub> pro 2 817 automobilů (t)</b>	<b>66 833, 325</b>

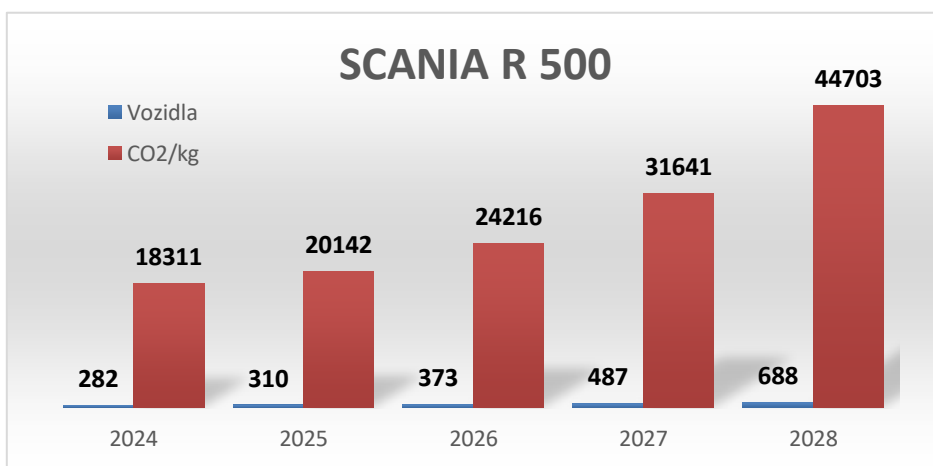
Zdroj: autorka



**Obrázek 13** Modelový úbytek osobních automobilů a emisí CO<sub>2</sub> (autorka)



**Obrázek 14** Modelový úbytek motocyklů a emisí CO<sub>2</sub> (autorka)



**Obrázek 15** Modelový úbytek nákladních automobilů a emisí CO<sub>2</sub> (autorka)

## 4.4 Scénář č. 2 - elektrizace tratě 021 Týniště nad Orlicí – Častolovice – Solnice

Jako jedna z nejperspektivnějších tratí určených k elektrizaci z pohledu úspory emisí CO<sub>2</sub> (vztaženo k roku 2030).

Významnou roli zde hrají velké dopravní výkony nákladní dopravy související s přepravou osobních automobilů.

### 4.4.1 Současný stav tratě a vozového parku

#### Parametry stávající tratě

- ✓ neelektrizovaná
- ✓ počet kolejí jedna
- ✓ rozchod kolejí 1435 mm
- ✓ doprava osobní, nákladní
- ✓ celková délka je 23 km
- ✓ maximální rychlost je 60 kilometrů za hodinu
- ✓ osobní dopravu zde provozují České dráhy, a.s.
- ✓ na trati jezdí 20 osobních motorových vlaků denně (v pracovní dny), cestovní čas je 41 minut

**Tabulka 15** Produkce CO<sub>2</sub> na trati 021 Týniště n/Orl– Častolovice – Solnice nákladní doprava

Parametr	Hodnota
Typ lokomotivy	Motorová lokomotiva řady 742.0
Hmotnost lokomotivy ve službě (t)	64
Trvalý výkon (kW)	883
Normativ hmotnosti nákladního vlaku (t)	450 (do Solnice), 700 (ze Solnice)
Frekvence jízdy	6 párů nákladních vlaků, 6x týdně
Náklad	Osobní automobily (ze Solnice ložené) pro Škoda Auto Kvasiny
<b>Produkce CO<sub>2</sub> za rok (t) (do Solnice)</b>	<b>40,173</b>
<b>Produkce CO<sub>2</sub> za rok (t) (ze Solnice)</b>	<b>64,565</b>

Zdroj: [28], upraveno autorkou

**Tabulka 16** Parametry vlaků osobní dopravy na trati 021

Typ vlaku	Složení	Hmotnost prázdná (t)	Hmotnost plná (t)	Výkon (kW)	Spotřeba paliva (l/km)	Počet míst k sezení	Počet míst k stání
Osobní vlak	Regionova řady 814.0 + 914.0	39,6	54,8	242	3	76+8	100

Zdroj: [28], upraveno autorkou

**Tabulka 17** Produkce CO<sub>2</sub> na trati 021 Týniště n/Orl – Častolovice – Solnice vlaky osobní dopravy

Kategorie vlaku	Osobní
Parametry vlaku	Regionova 814.0 + 914.0
Počet vlaků (jeden směr)	20
Vzdálenost (km)	23
Průměrná spotřeba nafty na 100 km (l/100 km)	40
Množství CO <sub>2</sub> produkovaného spálením jednoho litru nafty (kg/CO <sub>2</sub> )	2,65
<b>Produkce CO<sub>2</sub> za rok (t)</b>	<b>178,0</b>

Zdroj: [28], upraveno autorkou

**Obrázek 16** Regionova řady 814.0 + 914.0 soustava dvoudílná (zdroj:[40])

#### 4.4.2 Návrhový stav tratě a vozového parku

##### Parametry budoucí tratě

- ✓ Elektrizace a zvýšení kapacity trati začne 11.9.2024 a plán dokončení je 30.11.2026.
- ✓ Cena je vyčíslena na 808 536 000 Kč a zkapacitnění na 3 592 395 000 Kč.
- ✓ motorové lokomotivy budou nahrazeny lokomotivami na trakční napájení
- ✓ počet kolejí dvě
- ✓ střídavá napájecí soustava 25 kV, 50 Hz
- ✓ maximální rychlost bude 80 km/h
- ✓ vlakovou dopravu zde budou provozovat České dráhy, a.s.

Pro nákladní dopravu se nic nemění motorová lokomotiva řady 742.0 zůstane na posun v Solnici.

**Tabulka 18** Osobní doprava přehled vozů na trati 021

Typ vlaku	Složení	Hmotnost prázdná (t)	Hmotnost plná (t)	Výkon (kW)	Počet míst k sezení	Počet míst k stání
Osobní vlak	RegioPanter řady 650/651	106,5	120	1360	138/158/172	128/138/176

Zdroj: [28], upraveno autorkou

V tabulce 19 je uveden výpočet roční produkce CO<sub>2</sub> po elektrizaci tratě 021 pro navržená vozidla viz tabulka 18. Pro výpočet roční spotřeby elektrické energie je použita metodika uvedená v **Příloze B**.

**Tabulka 19** Produkce CO<sub>2</sub> na trati 021 Týniště n/Orl. - Častolovice-Solnice

Parametry vlaku	RegioPanter 650/651
Počet vlaků (jeden směr)	20
Vzdálenost (km)	23
Roční výkon (tis. hrtnm)	167,9
Měrná spotřeba EE (kWh/tis. hrtnm)	47,167785
Roční spotřeba (MWh)	7,919 888
Emisní faktor (t CO <sub>2</sub> /MWh)	0,413
<b>Produkce CO<sub>2</sub> za rok (t)</b>	<b>3,271</b>

Zdroj: [28], upraveno autorkou



**Obrázek 17** RegioPanter dvoudílná elektrická jednotka řady 650/651 (zdroj:[41])

**Tabulka 20** Nákladní doprava trať 021 doporučení

<b>Parametr</b>	<b>Hodnota</b>
Lokomotiva	Elektrická více systémová lokomotiva řady 363.5
Hmotnost lokomotivy (t)	87,1
Výkon (kW)	3700
Návrh na zlepšení	Lokomotiva Dual mode
Důvod	Vlečka k závodu elektrifikovaná nebude

Zdroj: [28], upraveno autorkou

#### 4.4.3 Modelový návrh přesunu části dopravy ze silnice na železnici trasa z Týniště nad Orlicí-Častolovice-Solnice

Na komunikaci č. 11,318,321 trasa Týniště nad Orlicí-Častolovice-Solnice v pracovní den za 24 hodin projede 7 527 osobních automobilů a dodávek, 71 motocyklů a 1 746 těžkých nákladních automobilů. [27]. V tabulkách 21 až 23 je uveden výpočet roční produkce CO<sub>2</sub> pro jednotlivé druhy vozidel. V grafu 18 až 20 je modelový úbytek jednotlivých druhů vozidel a emisí CO<sub>2</sub>.

**Tabulka 21** Roční produkce CO<sub>2</sub> pro osobní automobil trasa Týniště n/O.-Častolovice-Solnice

Parametr	Hodnota
Typ vozidla	Osobní automobil Škoda Octavia 2.0 TDI
Vzdálenost (km)	23
Spotřeba paliva (l/100 km)	5,5
Spotřeba paliva na 23 km (l)	1,3
Emise CO <sub>2</sub> na litr nafty (kg/l)	2,65
Emise CO <sub>2</sub> na 23 km (kg)	3,44
Roční emise CO <sub>2</sub> pro 1 automobil (kg)	1 256
<b>Roční emise CO<sub>2</sub> pro 7 527 automobilů (t)</b>	<b>9 453, 912</b>

Zdroj: autorka

**Tabulka 22** Roční produkce CO<sub>2</sub> pro motocykl trasa Týniště n/O.-Častolovice-Solnice

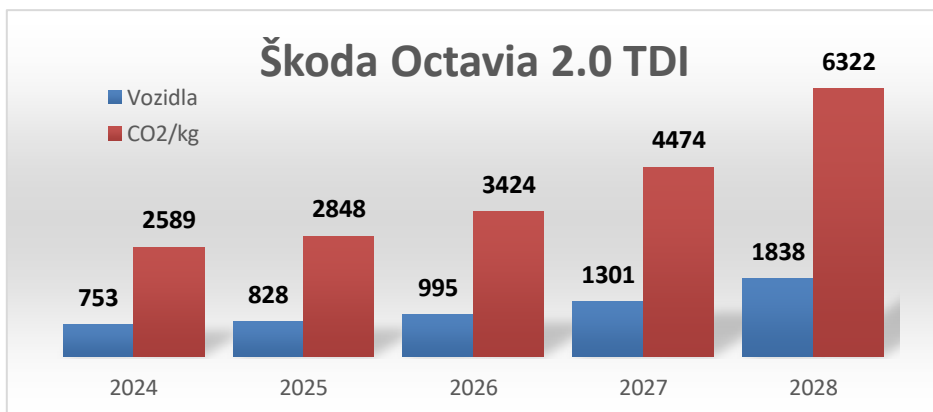
Parametr	Hodnota
Typ vozidla	Motocykl Yamaha FAZER 1000
Vzdálenost (km)	23
Spotřeba paliva (l/100 km)	7,5
Spotřeba paliva na 23 km (l)	1,73
Emise CO <sub>2</sub> na litr benzínu (kg/l)	2,3
Emise CO <sub>2</sub> na 23 km (kg)	3,97
Roční emise CO <sub>2</sub> pro 1 motocykl (kg)	1 449
<b>Roční emise CO<sub>2</sub> pro 71 motocyklů (t)</b>	<b>102, 879</b>

Zdroj: autorka

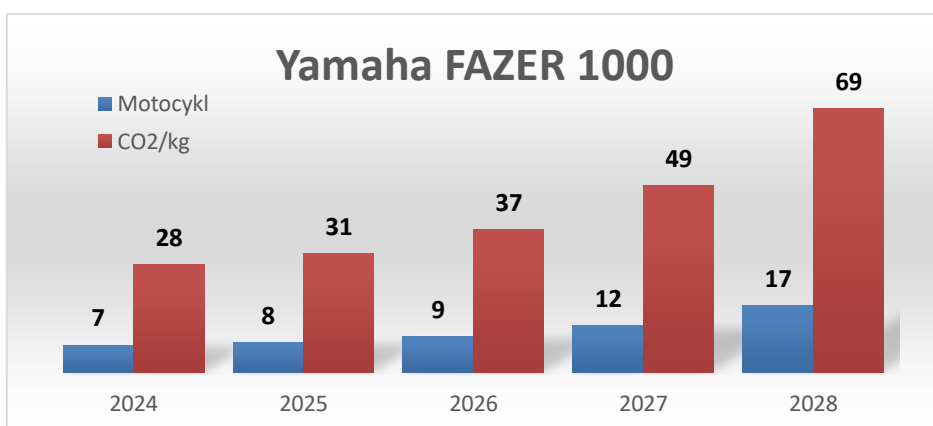
**Tabulka 23** Roční produkce CO<sub>2</sub> pro nákladní automobil trasa Týniště n/O.-Častolovice-Solnice

<b>Parametr</b>	<b>Hodnota</b>
Typ vozidla	Těžký nákladní automobil SCANIA R 500
Vzdálenost (km)	23
Spotřeba paliva (l/100 km)	30
Spotřeba paliva na 23 km (l)	6,9
Emise CO <sub>2</sub> na litr nafty (kg/l)	2,65
Emise CO <sub>2</sub> na 23 km (kg)	18,3
Roční emise CO <sub>2</sub> pro 1 automobil (kg)	6 680
<b>Roční emise CO<sub>2</sub> pro 1 746 automobilů (t)</b>	<b>11 663, 280</b>

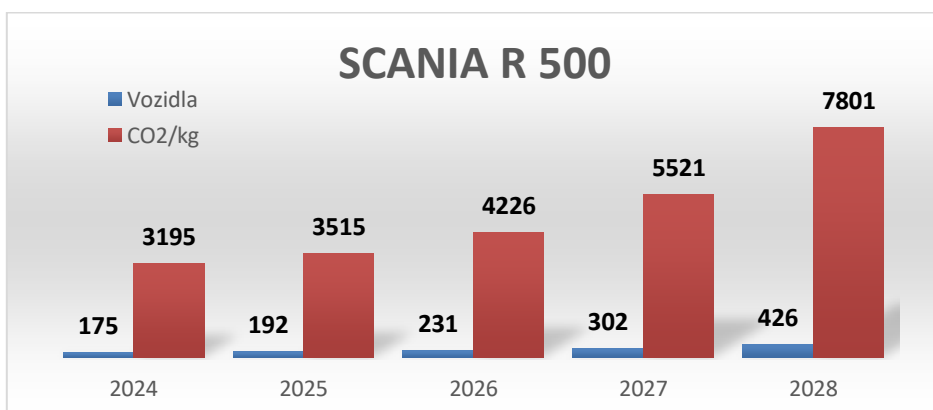
Zdroj: autorka



**Obrázek 18** Modelový úbytek osobních automobilů a emisí CO<sub>2</sub> (autorka)



**Obrázek 19** Modelový úbytek motocyklů a emisí CO<sub>2</sub> (autorka)



**Obrázek 20** Modelový úbytek nákladních automobilů a emisí CO<sub>2</sub> (autorka)

## 4.5 Scénář č. 3 - elektrizace tratě 093 Kladno-Kralupy nad Vltavou

Na rozdíl od výše zmíněného scénáře 2 zatím nemá schválenou studii proveditelnosti. Vzhledem k její strategické poloze, která umožňuje vyhnout se železničnímu uzlu Praha ve směru západ-sever, je velmi vhodná pro budoucí trasování nákladní dopravy. V případě elektrizace by na ni mohly být přeměrovány přepravy leteckého benzínu pro pražské letiště nebo vápence do severočeských uhelných elektráren. [31]

### 4.5.1 Současný stav trati a vozového parku

#### Parametry stávající tratě

- ✓ neelektrizovaná
- ✓ počet kolejí jedna
- ✓ rozchod koleje 1435 mm
- ✓ rychlost jízdy 60 km/h
- ✓ vlakovou dopravu zde provozují České dráhy, a.s.

**Tabulka 24** Produkce CO<sub>2</sub> na trati Trať 093 Kladno – Kralupy n/Vlt. nákladní doprava

Parametr	Hodnota
Typ lokomotivy	Motorová lokomotiva řady 763.7
Hmotnost lokomotivy ve službě (t)	72
Výkon (kW)	1455
Normativ hmotnosti (t) - do Kladna Dubí	500
Normativ hmotnosti (t) - z Kladna Dubí	700
Manipulační vlak hmotnost (t)	500
Ucelený vlak počet lokomotiv	4
Ucelený vlak hmotnost (t)	1800
Náklad	Jednotlivé vozové zásilky a uhlí
Další vlaky	Podle potřeby na objednávku
Roční spotřeba (l)	1 248 000
<b>Roční emise CO<sub>2</sub> (t) uceleného vlaku</b>	<b>3 307,20</b>

Zdroj: [28], upraveno autorkou

**Tabulka 25** Parametry vlaků osobní dopravy na trati 093

Typ vlaku	Složení	Hmotnost prázdná (t)	Hmotnost plná (t)	Výkon (kW)	Spotřeba paliva (l/km)	Počet míst k sezení	Počet míst k stání
Osobní vlak	RegioNova Trio řady 814.2 + 0,14 + 814.2	62,3	81	420	2,5	127 + 8	100

Zdroj: [28], upraveno autorkou

**Tabulka 26** Produkce CO<sub>2</sub> na trati 093 Kladno – Kralupy n/Vlt-osobní doprava

Kategorie vlaku	Osobní
Parametry vlaku	RegioNova Trio 814.2 + 0,14 + 814.2
Počet vlaků (jeden směr)	15
Vzdálenost (km)	25
Průměrná spotřeba nafty na 100 km (l/100 km)	50
Množství CO <sub>2</sub> produkovaného spálením jednoho litru nafty (kg/CO <sub>2</sub> )	2,65
<b>Produkce CO<sub>2</sub> za rok (t)</b>	<b>181,4</b>

Zdroj: [28], upraveno autorkou

**Obrázek 21** Motorová třídílná jednotka 814 Regionova (zdroj:[40])

#### 4.5.2 Návrhový stav trati a vozového parku

- ✓ pro tuto trať nebyla studie proveditelnosti schválena,
- ✓ v případě schválení prosté elektrizace trati by měla začít 2.3.2027 a měla by skončit 1.4.2028
- ✓ cena byla vyčíslena na 430 000 000 Kč
- ✓ Předpokládaná elektrizace trati na stejnosměrnou napájecí soustavu 3 kV

V tabulce 28 je uveden výpočet roční produkce CO<sub>2</sub> po elektrizaci tratě 093 pro navržená vozidla, viz tabulka 27. Pro výpočet roční spotřeby elektrické energie je použita metodika uvedená v **Příloze B**.

**Tabulka 27** Osobní doprava přehled vozů na trati 093

Typ vlaku	Složení	Hmotnost prázdná (t)	Hmotnost plná (t)	Výkon (kW)	Počet míst k sezení	Počet míst k stání
Osobní vlak	RegioPanter řady 640.2	159,5	172	2040	225	273

Zdroj: [28], upraveno autorkou

**Tabulka 28** Produkce CO<sub>2</sub> na trati 093 Kladno – Kralupy nad Vltavou

Parametry vlaku	RegioPanter
	640.2
Počet vlaků (jeden směr)	15
Vzdálenost (km)	25
Roční výkon (tis. hrtkm)	137.5
Měrná spotřeba EE [kWh/tis. hrtkm]	47,167785
Roční spotřeba [MWh]	6,485 19
Emisní faktor (t CO <sub>2</sub> /MWh)	0,413
<b>Produkce CO<sub>2</sub> za rok (t)</b>	<b>2,678</b>

Zdroj: [28], upraveno autorkou



Obrázek 22 RegioPanter řady 640.2 (zdroj:[41])

Tabulka 29 Nákladní doprava na trati 093 doporučení

Parametr	Hodnota
Lokomotiva	Elektrická více systémová lokomotiva řady 363.0
Hmotnost lokomotivy (t)	87
Výkon (kW)	3260
Normativ hmotnosti (t) - do Kladna Dubí	800
Normativ hmotnosti (t) - z Kladna Dubí	1000

Zdroj: [28], upraveno autorkou

### 4.5.3 Modelový návrh přesunu části dopravy ze silnice na železnici trasa z Kladna do Kralup nad Vltavou

Na komunikaci č. 101 **Kralupy nad Vltavou-Kladno** v pracovní den za 24 hodin projede 3 330 osobních automobilů a dodávek, 26 motocyklů a 563 těžkých nákladních automobilů. [27]. V tabulkách 30 až 32 je uveden výpočet roční produkce CO<sub>2</sub> pro jednotlivé druhy vozidel. V grafu 23 až 25 modelový úbytek jednotlivých druhů vozidel a emisí CO<sub>2</sub>.

**Tabulka 30** Roční produkce CO<sub>2</sub> pro osobní automobil trasa Kladno-Kralupy n/vl.

Parametr	Hodnota
Typ vozidla	Osobní automobil Škoda Octavia 2.0 TDI
Vzdálenost (km)	25
Spotřeba paliva (l/100 km)	5,5
Spotřeba paliva na 25 km (l)	1,38
Emise CO <sub>2</sub> na litr nafty (kg/l)	2,65
Emise CO <sub>2</sub> na 25 km (kg)	3,66
Roční emise CO <sub>2</sub> pro 1 automobil (kg)	1 336
<b>Roční emise CO<sub>2</sub> pro 3 330 automobilů (t)</b>	<b>4 448, 880</b>

Zdroj: autorka

**Tabulka 31** Roční produkce CO<sub>2</sub> pro motocykl trasa Kladno-Kralupy n/vl.

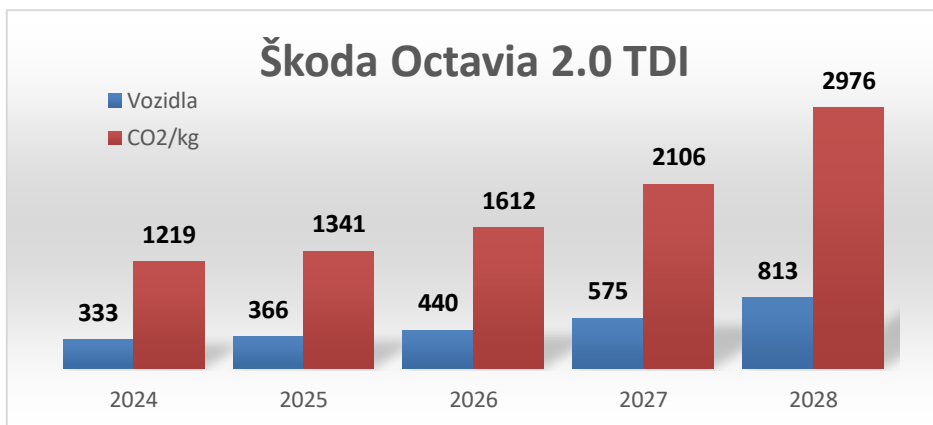
Parametr	Hodnota
Typ vozidla	Motocykl Yamaha FAZER 1000
Vzdálenost (km)	25
Spotřeba paliva (l/100 km)	7,5
Spotřeba paliva na 25 km (l)	1,88
Emise CO <sub>2</sub> na litr benzínu (kg/l)	2,3
Emise CO <sub>2</sub> na 25 km (kg)	4,32
Roční emise CO <sub>2</sub> pro 1 motocykl (kg)	1 577
<b>Roční emise CO<sub>2</sub> pro 26 motocyklů (t)</b>	<b>41, 002</b>

Zdroj: autorka

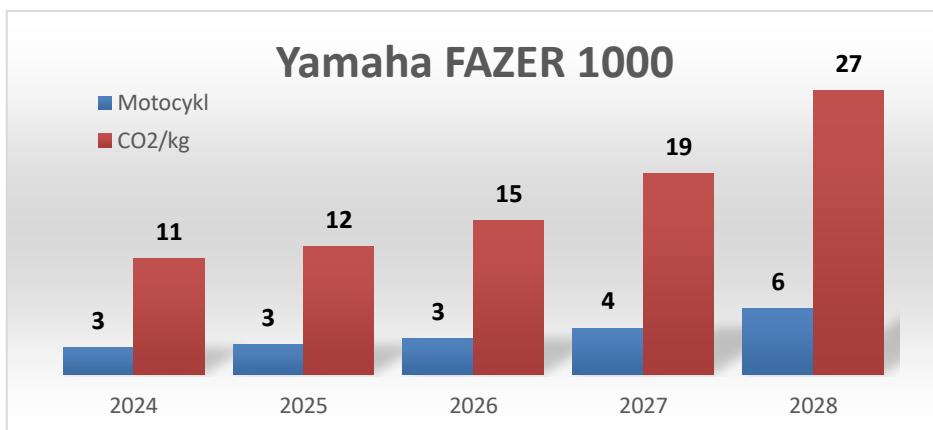
**Tabulka 32** Roční produkce CO<sub>2</sub> pro nákladní automobil trasa Kladno-Kralupy n/vl.

<b>Parametr</b>	<b>Hodnota</b>
Typ vozidla	Těžký nákladní automobil SCANIA R 500
Vzdálenost (km)	25
Spotřeba paliva (l/100 km)	30
Spotřeba paliva na 25 km (l)	7,5
Emise CO <sub>2</sub> na litr nafty (kg/l)	2,65
Emise CO <sub>2</sub> na 25 km (kg)	19,9
Roční emise CO <sub>2</sub> pro 1 automobil (kg)	7 266
<b>Roční emise CO<sub>2</sub> pro 563 automobilů (t)</b>	<b>4 090, 758</b>

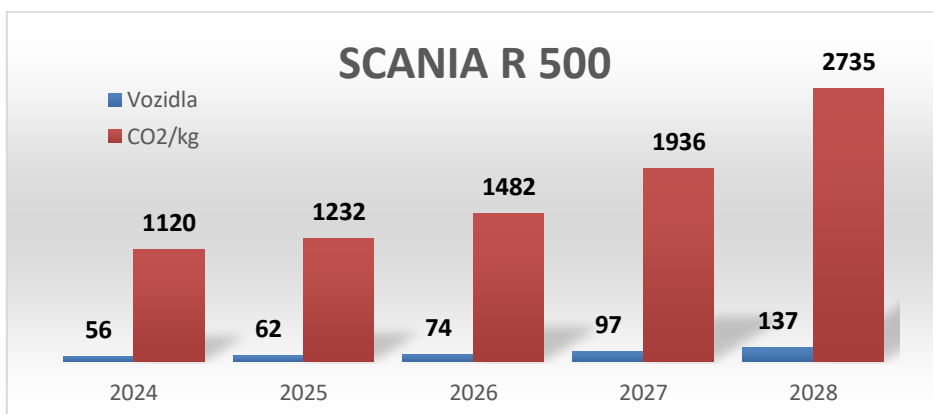
Zdroj: autorka



**Obrázek 23** Modelový úbytek osobních automobilů a emisí CO<sub>2</sub> (autorka)



**Obrázek 24** Modelový úbytek motocyklů a emisí CO<sub>2</sub> (autorka)



**Obrázek 25** Modelový úbytek nákladních automobilů a emisí CO<sub>2</sub> (autorka)

## 4.6 Scénář č. 4 - vybudování nové vysokorychlostní tratě (VRT)

Vysokorychlostní železnice odvezou cestující 3krát vyšší rychlostí než po silnici při zlomku energie a s minimem emisí. Vysokorychlostní trať Praha – Brno – Ostrava s odbočením do Břeclavi významně zlepší cestování v České republice i po Evropě.

### 4.6.1 Současný stav trati a vozového parku

#### Parametry tratě

- ✓ elektrizovaná trať AC 25 KV, 50HZ
- ✓ trať je dlouhá 255 km
- ✓ střídavý proud
- ✓ vlakovou dopravu zde provozují České dráhy, RegioJet, a.s

**Tabulka 33** Parametry vlaků osobní dopavy na trati Praha-Brno

Typ	Druh	Dopravce	čas	jízda/den	Cena	složení
IC 579 Brněnský drak	Rychlík	ČD	2:40	2x	359-419 Kč	lokomotiva, 8 vozů
NJ 457 nightjet	Rychlík	ČD	2:25	1x	429 Kč	lokomotiva, 7 vozů
RJ 71 Vindobona-73, 75, 257	Rychlík	ČD	2:35	8x	359-419 Kč	lokomotiva, 7 vozů
EC 273 Metropolitan-275, 277, 279	Rychlík	ČD	2:35	6x	359 Kč	lokomotiva, 7 vozů
R863 Svitavy-865, 867, 869	Rychlík	ČD	3:00	8x	359-419 Kč	lokomotiva, 5 vozů
R 975 Vysočina-977, 979, 981	Rychlík	ČD	3:34	7x	359-419 Kč	lokomotiva, 5 vozů
EC Hungaria	Rychlík	ČD	2:35	1x	419 Kč	lokomotiva, 9 vozů
IC 577 Metropol	Rychlík	ČD	2:42	1x	359 Kč	lokomotiva, 10 vozů
R883 Slováký expres s SP 2055	Rychlík	ČD	3:07	1x	415 Kč	lokomotiva, 5 vozů
RJ 1031 RegoJet-1049, 1047, 1037	Rychlík	RegioJet	2:31	9x	259-439 Kč	lokomotiva, x vozů

Zdroj: autorka

RegioJet – provoz vlaků přímo neprodukuje žádné emise CO<sub>2</sub> – jezdí v elektrické trakci, měrná spotřeba je zhruba 26 kWh/1000 hrtkm brutto, z čehož je průměrně 3 kWh rekuperace, spotřeba tedy je 23 kWh/1000 hrtkm netto.

Tabulka 33 prezentuje rozsah osobní dopavy na trati Praha-Brno, 44 vlakových souprav převeze cca 28 tisíc lidí za den.

Jelikož většina linek dálkové dopavy v relaci Praha-Brno a Praha-Ostrava zůstává na konvenční trati Praha-Kolín-Pardubice-Česká Třebová, dojde k budoucímu zvýšení rozsahu

dálkové dopravy zásluhou vysokorychlostní trati v tomto úseku o cca 50 % oproti dnešnímu stavu. U železniční nákladní dopravy se předpokládá převedení její velké části na souběžně vedené tratě Kolín-Všetaty-Děčín a Velký Osek-Hradec Králové-Choceň, jejichž kapacita by byla po plánované modernizaci výrazně posílena. Přesto do budoucna zůstane kritický úsek Ústí nad Orlicí-Česká Třebová z hlediska propustnosti. Na vysokorychlostní trati je sledován smíšený osobní provoz, to znamená, že nová trať musí umožnit jízdu jak vysokorychlostním jednotkám například ICE (InterCityExpress), tak soupravám konvenčním (taženým lokomotivou) s maximální rychlostí 200-230 km/h (RailJet).

Díky převedení většiny vlaků dálkové osobní dopravy na novou VRT se významně kapacitně odlehčí úsekům na konvenčních tratích, kdy největší kapacitní problém nastává v úseku Ústí n. Orlicí – Česká Třebová.

Tímto úsekem bude provedeno 131 nákladních vlaků za den, což je o 31 nákladních vlaků více než nyní. Tato skutečnost bude mít významný přínos díky převedení značné dopravní zátěže zejména ze silniční dopravy na mnohem šetrnější železniční dopravu.

Trať je významná i z mezinárodního pohledu. Výstavba nové vysokorychlostní železnice v úseku Brno – Rakvice a modernizace stávající tratě dále do Břeclavi, zajistí kvalitní spojení na Slovensko a do Rakouska. VRT Praha – Brno – Ostrava/Břeclav vytvoří základ sítě vysokorychlostních železnic ve střední Evropě. Trať totiž využijí i spoje do Budapešti nebo Varšavy. [12]

#### **4.6.2 Návrhový stav VRT a vozového parku**

##### **Parametry tratě VRT**

- ✓ délka trasy cca 210 km
- ✓ traťová rychlost 300-350 km/h
- ✓ harmonogram realizace 2021-2038 (odhad Správa Železnic, s.o.)
- ✓ náklady dle evropských průměrných cen 140 mld. Kč.

Nelze porovnávat emise ze současné tratě a po modernizaci na VRT. VRT je další trať, novostavba, která bude spojovat Prahu s Brnem, nejedná se o přestavbu stávající tratě. Smysl bude dávat porovnávat emise z dopravy mezi Prahou a Brnem teď a po dostavbě VRT, kdy by mělo dojít k přesunu lidí z aut do rychlíků. [28]

Vysokorychlostní trať Praha – Brno – Ostrava s odbočením do Břeclavi významně zlepší cestování v České republice i po Evropě. (viz tabulka 34,35).

Nové železniční terminály usnadní kombinování železniční a osobní automobilové dopravy. Současně uleví dopravní zátěži v centrech velkých měst.

Podmíněné je to ale tím, že je nutné uvést do roku 2030 do provozu 3 pilotní projekty vysokorychlostních železnic pro rychlost 350 km/h (Běchovice – Poříčany, Brno – Vranovice a Přerov – Ostrava) a současně se významně posunout v pokračování vysokorychlostní tratě Poříčany – Světlá nad Sázavou. Ta umožní v kombinaci s jízdou po konvenční trati přes Žďár nad Sázavou zkrátit dobu cestování železnicí mezi Prahou a Brnem pod 2 hodiny. [12]

**Tabulka 34** Cestovní časy z Prahy

<b>Z Prahy do</b>		
<b>Město</b>	<b>Cílová doba (v min.)</b>	<b>Hlavní investice do trati</b>
Brno	<60	Nová, pouze pro osobní přepravu
Bratislava	120	Kombinace nová/modernizace stávající
Ostrava	<100	Nová, pouze pro osobní přepravu
Vídeň	120	Nová
Hradec Králové	40	Kombinace nová/modernizace stávající
Pardubice	40	Kombinace nová/modernizace stávající
České Budějovice	<90	Modernizace stávající
Most	45	Kombinace nová/modernizace stávající
Drážďany	60	Nová
Olomouc	90	Modernizace stávající
Liberec	80	Modernizace stávající

Zdroj: [12], upraveno autorkou

**Tabulka 35** Cestovní časy z Brna

<b>Z Brna do</b>		
<b>Město</b>	<b>Cílová doba (v min.)</b>	<b>Hlavní investice do trati</b>
Vídeň	60	Nová
Bratislava	60	Kombinace nová/modernizace stávající
Ostrava	40	Nová
Katovice/Krakov	90	Kombinace nová/modernizace stávající

Zdroj: [12], upraveno autorkou

V současné době není jasné, jaká železniční vozidla dopravci budou využívat, to bude jejich volba. Minimální požadavky na rychlost pro vozidla na VRT je 200 km/h. Trať je navržena jako dvoukolejná s výhradním provozem osobní dopravy (Praha –Brno a Brno – Vranovice). Profil trati je mezi Prahou a Brnem sklonově náročný, maximální sklon je 20 ‰. Mezi Brnem a Břeclaví je pak trať sklonově příznivá.

Mezi vhodná vozidla může patřit RailJet, Pendolino, které mají konstrukční rychlost 230 km/h (maximální provozní rychlost na VRT bude 320 km/h). Další přijatelná vozidla mohou být například Velaro od firmy Siemens, TGV od Alstom, Frecciarossa 1000 od Hitachi Rail/Alstom. [28] nebo ÖBB Railjet-Taurus 1116 na obrázku 26. [42]



**Obrázek 26** ÖBB Railjet-Taurus 1116 (zdroj:[42])

Provozní koncept mezi Prahou a Brnem uvažuje 7 až 9 párů osobních vlaků za hodinu, 9 párů vlaků za hodinu je mezi Jihlavou a Brnem. 8 párů pak mezi Prahou a sjezdem na Světlou nad Sázavou.

Podle dopravního modelu by nová vysokorychlostní železnice přilákala až 60 tisíc cestujících denně. To je o cca 32 tisíc cestujících více než nyní. Především atraktivní bude jízdní doba mezi Prahou a Brnem, která se zkrátí ze současných téměř 3 hodin na zhruba 50 minut.

#### 4.6.3 Modelový návrh přesunu části dopravy ze silnice na železnici trasa z Prahy do Brna

Na dálnici D1 **Praha-Brno** naměřeno 27 425 osobních automobilů a dodávek, 61 motocyklů a 15 864 těžkých nákladních automobilů. [27]. V tabulkách 36 až 38 je uveden výpočet roční produkce CO<sub>2</sub> pro jednotlivé druhy vozidel. V grafu 27 až 29 modelový úbytek jednotlivých druhů vozidel a emisí CO<sub>2</sub>.

**Tabulka 36** Roční produkce CO<sub>2</sub> pro osobní automobil trasa D1

<b>Parametr</b>	<b>Hodnota</b>
Typ vozidla	Osobní automobil Škoda Octavia 2.0 TDI
Vzdálenost (km)	255
Spotřeba paliva (l/100 km)	5,5
Spotřeba paliva na 255 km (l)	14
Emise CO <sub>2</sub> na litr nafty (kg/l)	2,65
Emise CO <sub>2</sub> na 255 km (kg)	37
Roční emise CO <sub>2</sub> pro 1 automobil (kg)	13 505
<b>Roční emise CO<sub>2</sub> pro 27 425 automobilů (t)</b>	<b>370 374, 625</b>

Zdroj: autorka

**Tabulka 37** Roční produkce CO<sub>2</sub> pro motocykl trasa D1

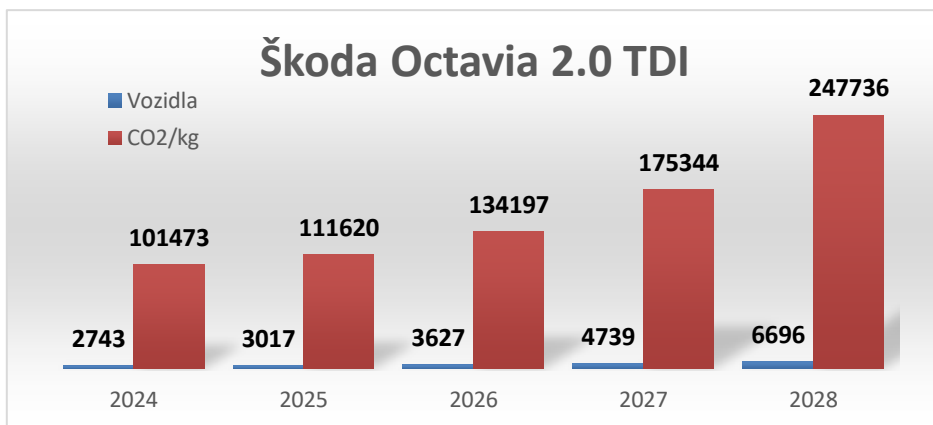
<b>Parametr</b>	<b>Hodnota</b>
Typ vozidla	Motocykl Yamaha FAZER 1000
Vzdálenost (km)	255
Spotřeba paliva (l/100 km)	7,5
Spotřeba paliva na 255 km (l)	19,1
Emise CO <sub>2</sub> na litr benzínu (kg/l)	2,3
Emise CO <sub>2</sub> na 255 km (kg)	44
Roční emise CO <sub>2</sub> pro 1 motocykl (kg)	16 060
<b>Roční emise CO<sub>2</sub> pro 61 motocyklů (t)</b>	<b>979, 660</b>

Zdroj: autorka

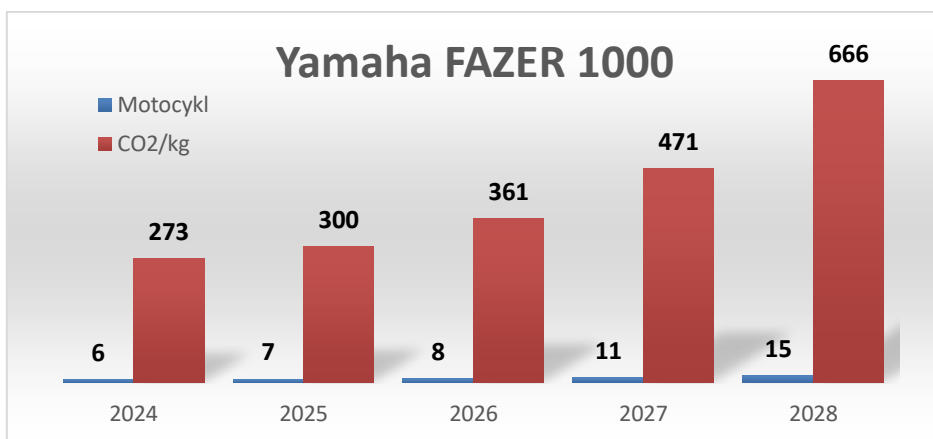
**Tabulka 38** Roční produkce CO<sub>2</sub> pro nákladní automobil trasa D1

<b>Parametr</b>	<b>Hodnota</b>
Typ vozidla	Těžký nákladní automobil SCANIA R 500
Vzdálenost (km)	255
Spotřeba paliva (l/100 km)	30
Spotřeba paliva na 255 km (l)	77
Emise CO <sub>2</sub> na litr nafty (kg/l)	2,65
Emise CO <sub>2</sub> na 255 km (kg)	204
Roční emise CO <sub>2</sub> pro 1 automobil (kg)	74 460
<b>Roční emise CO<sub>2</sub> pro 15 864 automobilů (t)</b>	<b>1 181 233, 440</b>

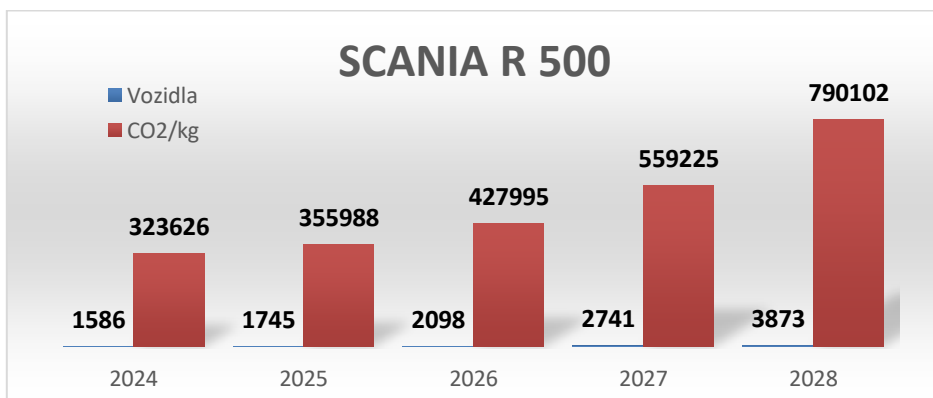
Zdroj: autorka



**Obrázek 27** Modelový úbytek osobních automobilů a emisí CO<sub>2</sub> (autorka)



**Obrázek 28** Modelový úbytek motocyklů a emisí CO<sub>2</sub> (autorka)



**Obrázek 29** Modelový úbytek nákladních automobilů a emisí CO<sub>2</sub> (autorka)

## 5 VYHODNOCENÍ POTENCIÁLU ŽELEZNIČNÍ DOPRAVY

Tato kapitola se zaměřuje na hodnocení potenciálu železniční dopravy při snižování emisí skleníkových plynů. Zvolila jsem čtyři různé scénáře pro různé železniční tratě. Každý scénář zahrnuje porovnání současného stavu dopravy, plánované změny a očekávaný dopad na emise CO<sub>2</sub>. Při hodnocení byly využity také konzultace se Správou železnic a ČD Cargo ohledně budoucího složení vozového parku.

**Scénář 1: Trať Turnov-Hradec Králové** Na neelektrizované trati Turnov-Hradec Králové jsem provedla hodnocení aktuálního stavu emisí CO<sub>2</sub>. Současný rozsah osobní dopravy (osobní vlaky, rychlíky) produkuje **4889** tun emisí CO<sub>2</sub>, což podtrhuje potřebu modernizace trati. Navrhla jsem pro tento scénář elektrizaci trati. Pro osobní vlak jsem navrhla vozidla RegioPanter řady 650/651, která by ročně při stejném dopravním výkonu vyprodukovala **10,48** tun CO<sub>2</sub>. Pro rychlík jsem navrhla využít vozidla ÖBB Railjet-Taurus 1116, která by ročně při stejném dopravním výkonu vyprodukovala **8,14** tun CO<sub>2</sub>.

**Scénář 2: Trať Týniště nad Orlicí-Častolovice-Solnice** Na této trati, kde 20 motorových vozů produkuje ročně **178** tun CO<sub>2</sub>, je plánována elektrizace, která by měla být dokončena do 30. listopadu 2026 s náklady ve výši 4 400,931 mld. Kč. Po elektrizaci by 20 elektrických jednotek produkovalo pouze **3,27** tun CO<sub>2</sub> ročně. Očekává se, že modernizace trati a nové vlaky přilákají více cestujících, což by snížilo využívání osobních automobilů a vedlo k dalším úsporám emisí.

**Scénář 3: Trať Kladno-Kralupy nad Vltavou** Na této trati, kde 15 motorových vozů produkuje ročně **181** tun CO<sub>2</sub>, ještě není schválena studie proveditelnosti. Pokud bude schválena, elektrizace by mohla být dokončena do roku 2028 s předběžnými náklady 430 mil. Kč. Po elektrizaci by 15 elektrických jednotek produkovalo pouze **2,67** tun CO<sub>2</sub> ročně. Tato modernizace by mohla také přilákat více cestujících a snížit tak emise z osobní dopravy.

**Scénář 4: Vysokorychlostní trať Praha-Brno** V tomto scénáři jsem se zaměřila na plánovanou vysokorychlostní trať (VRT) mezi Prahou a Brnem. Tato trať nebude náhradou stávající konvenční trati, ale zcela novou infrastrukturou. Informace o konkrétních typech vlaků budou záviset na dopravních, a proto jsem zde nepočítala konkrétní emise. Odhaduje se, že trať

by mohla být dokončena v roce 2038, výrazně sníží emise a zlepší efektivitu dopravy. Díky této trati by se doba cesty mezi Prahou a Brnem snížila z téměř 3 hodin na přibližně 50 minut.

**Model přesunu části silniční dopravy na železnici.** Pro každý scénář jsem vytvořila model přesunu části dopravy ze silnice na železnici a vypočítala očekávané úspory CO<sub>2</sub>. Tento model ukazuje, jak mohou investice do modernizace železniční infrastruktury a vozového parku přispět k významnému snížení emisí a zlepšení dopravní efektivity.

**Tabulka 39** Modelový pokles emisí CO<sub>2</sub> při přesunu části silniční dopravy na železnici

Trasa z/do	Počet aut./den	Roční emise CO <sub>2</sub> (t)	Snížení emisí CO <sub>2</sub> (kg)				
			2024	2025	2026	2027	2028
<b>Turnov-Hradec Králové</b>							
osobní automobil	10 001	43804, 380	12001	13201	15872	20738	29300
motocykl	106	547, 490	150	165	199	259	366
nákladní automobil	2 817	66833, 325	18311	20142	24641	31641	44703
<b>celkem</b>	12 974	111 185,20	30 462	33 508	40 712	52 638	74 369
<b>Týniště n/Orl-Častolovice-Solnice</b>							
osobní automobil	7 527	9 453, 912	2589	2848	3424	4474	6322
motocykl	71	102, 879	28	31	37	49	69
nákladní automobil	1 746	11 663, 280	3195	3915	4226	5521	7801
<b>celkem</b>	9344	21 220,07	5 812	6 794	7 687	10 044	14 192
<b>Kladno-Kralupy n/Vlt.</b>							
osobní automobil	3330	4 448, 880	1219	1341	1612	2106	2976
motocykl	26	41, 002	11	12	15	19	27
nákladní automobil	563	4 090, 758	1120	1232	1482	1986	2735
<b>celkem</b>	3919	8 580,64	2 350	2 585	3 109	4 111	5 738
			<b>Snížení emisí CO<sub>2</sub> (t)</b>				
<b>D1 Praha-Brno</b>			<b>2024</b>	<b>2025</b>	<b>2026</b>	<b>2027</b>	<b>2028</b>
osobní automobil	27 425	370 374,6	101,47	111,62	134,19	175,34	247,736
motocykl	61	979, 660	0,27	0,30	0,36	0,47	0,66
nákladní automobil	15 864	1 181 233,4	323,62	355,98	427,99	559,22	790,10
<b>celkem</b>	43350	371 354,29	425, 37	467,90	562, 55	735, 04	1 038, 5

Zdroj: autorka

Elektrizace železničních tratí, nasazení moderních vozidel s elektrickým nebo duálním pohonem, výstavba nových tratí jsou klíčové kroky k dosažení těchto cílů. Zároveň je důležité pokračovat v investicích a podporovat výzkum a vývoj v oblasti alternativních pohonů a automatizace železniční dopravy. Implementace těchto opatření nejenže přispěje k ochraně životního prostředí, ale také zlepší kvalitu dopravy a životní podmínky obyvatel.

## ZÁVĚR

Diplomová práce podtrhuje význam železniční dopravy v boji proti emisím CO<sub>2</sub> a ochraně našeho životního prostředí. Elektrizace tratí a modernizace vozového parku jsou zásadními opatřeními, která mohou výrazně snížit emise a přispět k udržitelnější dopravě.

Analýza tratě Turnov-Hradec Králové jasně ukazuje, že revitalizace této trati je nezbytná pro zlepšení efektivity a bezpečnosti železniční dopravy. Návrh elektrizace tratě umožní nasazení moderních vozů, které by nahradily stávající diesellová vozidla a kvalitativně zlepšily parametry osobní dopravy.

Elektrizace tratí Týniště nad Orlicí-Častolovice-Solnice a Kladno-Kralupy nad Vltavou rovněž přinese významné úspory emisí CO<sub>2</sub>. Nové elektrické jednotky, které budou na těchto tratích nasazeny, výrazně sníží ekologickou zátěž a zvýší atraktivitu železniční dopravy. Tyto změny nejen zlepšují kvalitu ovzduší, ale také zefektivní nákladní dopravu, čímž se podpoří hospodářský rozvoj regionů.

Plánovaná vysokorychlostní trať Praha-Brno představuje revoluční přístup k dopravě, který nejen zkrátí dobu cestování mezi těmito dvěma městy, ale také výrazně sníží emise CO<sub>2</sub>. Tato investice přinese dlouhodobé výhody, jak pro životní prostředí, tak pro efektivitu dopravy. Nicméně je zásadní zajistit, aby potřeby komunit, které budou touto tratí ovlivněny, byly spravedlivě zohledněny a chráněny.

Celkově lze konstatovat, že investice do modernizace a elektrizace železniční dopravy mají obrovský potenciál v podpoře udržitelné dopravy a jsou nezbytným základem pro reálný přesun přepravních výkonů ze silnice na železnici. K dosažení těchto cílů je nutný komplexní přístup a úzká spolupráce mezi vládními institucemi, soukromými subjekty a veřejností.

Implementace těchto opatření nejenže přispěje k ochraně životního prostředí, ale také zlepšuje kvalitu dopravy a životní podmínky obyvatel. Je nezbytné, aby všechny zainteresované strany aktivně spolupracovaly na realizaci těchto projektů a zajistily dostatečné financování a podporu. Pouze tímto způsobem můžeme dosáhnout našich cílů v oblasti udržitelné dopravy a ochrany životního prostředí, což přispěje k lepší budoucnosti pro nás všechny.

## POUŽITÁ LITERATURA

- [1] ASOCIACE PRO ROZVOJ INFRASTRUKTURY. *Vize železnice po roce 2050*. [Online]. 11.2021n. 1. Dostupné z: <https://konferencezeleznice.cz/docs/prezentace/ari-vize-zeleznice-po-2050-211115.1651238009.pdf>. [cit. 2023-09-09].
- [2] BUFKA, Aleš. *Emisní faktor CO<sub>2</sub> z výroby elektřiny*. [Online]. 2022. Dostupné z: [https://www.mpo.cz/cz/energetika/statistika/elektrina-a-teplo/emisni-faktor-co2-z-vyroby-elektriny-za-leta-2010\\_2021--260559/](https://www.mpo.cz/cz/energetika/statistika/elektrina-a-teplo/emisni-faktor-co2-z-vyroby-elektriny-za-leta-2010_2021--260559/). [cit. 2024-01-28].
- [3] ČESKÝ STATISTICKÝ ÚŘAD. *Nákladní doprava-časové řady*. [Online]. 2023. Dostupné z: [https://www.czso.cz/csu/czso/nakladni\\_doprava\\_casove\\_rady](https://www.czso.cz/csu/czso/nakladni_doprava_casove_rady). [cit.2024-01.20]
- [4] ČD CARGO. *Historie železniční nákladní dopravy v České republice*. [Online]. 2007. Dostupné z: <https://www.cdargo.cz/csCZ/historie>. [cit. 2023-09-14].
- [5] EUROPEAN COMMISSIONS. [Online]. 2024. Dostupné z [https://climate.ec.europa.eu/index\\_en](https://climate.ec.europa.eu/index_en). [cit.2024-06.14]
- [6] EVROPSKÁ RADA-RADA EVROPSKÉ UNIE. „Fit for 55“ zvýšené využívání ekologičtějších paliv v odvětví letecké a námořní dopravy. [Online]. 2023. Dostupné z: <https://www.consilium.europa.eu/cs/infographics/fit-for-55-refueled-and-fueled>. [cit. 2023-07-04].
- [7] EVROPSKÁ RADA-RADA EVROPSKÉ UNIE. „Fit for 55“ směrem k udržitelnější dopravě. [Online]. 2023. Dostupné z: <https://www.consilium.europa.eu/cs/infographics/fit-for-55-alternative-fuels-infrastructure-regulation/>. [cit. 2023-07-21].
- [8] EVROPSKÁ RADA-RADA EVROPSKÉ UNIE. *Časová osa-Parížská dohoda o změně klimatu*. [Online]. 2023. Dostupné z: <https://www.consilium.europa.eu/cs/policies/climate-change/paris-agreement/timeline-paris-agreement/>. [cit. 2023-07-21].
- [9] EVROPSKÁ RADA-RADA EVROPSKÉ UNIE. *Dohoda o prvním návrhu v oblasti emisí CO<sub>2</sub> u nových osobních automobilů a dodávek*. [Online]. 2022/10/27. Dostupné z: <https://www.consilium.europa.eu/cs/press/press-releases/2022/10/27/first-fit-for-55-proposal-agreed-the-eu-strengthens-targets-for-co2-emissions-for-new-cars-and-vans/>. [cit. 2023-05-04].
- [10] EVROPSKÁ RADA-RADA EVROPSKÉ UNIE. *Zelená dohoda pro Evropu*. [Online]. 2019. Dostupné z: <https://www.consilium.europa.eu/cs/policies/green-deal/>. [cit. 2023-05-04].
- [11] EVROPSKÝ PARLAMENT. *Skleníkové plyny-emise podle zemí a odvětví*. [Online]. 2018. Dostupné z: <https://www.europarl.europa.eu/news/cs/headlines/society/20180301STO98928/sklenikove-plyny-emise-podle-zemi-a-odvetvi-infografika>. [cit. 2023-03-15].

- [12] KOKŠAL, Roman. *Budoucnost bude taková, jakou ji společně vytvoříme*. [Online]. 1.2021n. 1. Dostupné z: <https://zdopravy.cz/budoucnost-dopravy-bude-takova-jakou-spolecne-vytvorime-rika-generalni-reditel-siemens-mobility-72141/>. [cit. 2023-12-04].
- [13] MINISTERSTVO DOPRAVY ČESKÉ REPUBLIKY. *Bílá kniha-plán jednotného evropského dopravního prostoru*. [Online]. 2011. Dostupné z: <https://www.mdcr.cz/getattachment/Dokumenty/Evropska-unie/Zakladni-dokumenty/Bila-kniha-Plan-jednotneho-evropskeho-dopravniho-prostoru-%E2%80%93-vytvoreni-konkurenceschopneho-dopravniho-systemu-ucinne-vyuzivajiciho-zdroje.pdf.aspx>. [cit. 2023-11-10].
- [14] MINISTERSTVO DOPRAVY ČESKÉ REPUBLIKY. *Koncepce nákladní dopravy pro období 2017-2023 s výhledem do roku 2030*. [Online]. 2017. Dostupné z: [https://www.mdcr.cz/getattachment/Dokumenty/Strategie/Koncepce-nakladni-dopravy-pro-obdobi-2017-2023-s-v/MD\\_Koncepce\\_nakladni\\_dopravy\\_w.pdf.aspx](https://www.mdcr.cz/getattachment/Dokumenty/Strategie/Koncepce-nakladni-dopravy-pro-obdobi-2017-2023-s-v/MD_Koncepce_nakladni_dopravy_w.pdf.aspx). [cit. 2023-11-17].
- [15] MINISTERSTVO DOPRAVY ČESKÉ REPUBLIKY. *Transevropské dopravní síť*. [Online]. 2014. Dostupné z: [https://www.mdcr.cz/Dokumenty/Strategie/Transevropske-dopravni-site-\(TEN-T\)](https://www.mdcr.cz/Dokumenty/Strategie/Transevropske-dopravni-site-(TEN-T)). [cit. 2023-07-014].
- [16] MINISTERSTVO DOPRAVY STÁTNÍ FOND DOPRAV. INFRASTRUKTURY. *Operační program doprava*. [Online]. 2015. Dostupné z: <https://www.spravazeleznice.cz/stavby-zakazky/modernizace/sprava-zeleznice-a-fondy-eu/operacni-programy/operacni-program-doprava>. [cit. 2023-07-22].
- [17] NÁTR, Lubomír. *Země jako skleník. Proč se bát CO<sub>2</sub>?* 2006. Academia Praha, 2006. ISBN ISBN 80-200-1362-8.
- [18] NOWTRICITY. *Emise z výroby elektřiny v reálném čase podle zemí*. [Online].2024. Dostupné z: <https://www.nowtricity.com/>. [cit. 2024-06-10].
- [19] OENERGETICE ELEKTRIZACE ČR. *Elektrizace českých železnic*. [Online]. 9. listopad 2015, 18:45n. 1. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/technologie/elektrizace-ceskych-zeleznice>. [cit.2023-05-04].
- [20] OUR WORD IN DATA. *Greenhouse gas emissions* [Online]. 2024. Dostupné z: <https://ourworldindata.org/search?q=greenhouse%20gas%20emissions%29>. [cit.2024-06.10]
- [21] POHL, Jiří. *1. Česko – Slovenská železniční konference Bratislava*. [Online]. 11. 2022n. 1. Dostupné z: [https://ys-common.s3.eu-central-1.amazonaws.com/Siemens\\_ba9bc11525.pdf](https://ys-common.s3.eu-central-1.amazonaws.com/Siemens_ba9bc11525.pdf). [cit. 2023-12-15].
- [22] POHL, Jiří. *Bezemisní železniční vozidla a infrastruktura*. [Online]. 7/2022n. 1. Dostupné z: <https://www.spravazeleznice.cz/documents/50004227/153412746/Bezemisni%AD+%BEelezni%C4%8Dn%C3%AD+vozidla+a+infrastruktura+pro+jejich+provoz.pdf/091f95bf-ab21-4643-b793-951f65b68dc7?version=1.0>. [cit. 2023-12-16].

- [23] POHL, Jiří. *Dekarbonizace železniční dopravy*. [Online]. 2022. Dostupné z: [Siemens\\_ba9bc11525.pdf\(ys-common.s3.eu-central-1.amazonaws.com\)](https://www.siemens-ba9bc11525.pdf(ys-common.s3.eu-central-1.amazonaws.com)). [cit. 2023-12-22].
- [24] POHL, Jiří. *Konference čistá mobilita 2/2023*. [Online]. 2023. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/konference\\_cista\\_mobilita\\_2023/2\\_den/OPSZP-1\\_2\\_Jiri\\_Pohl\\_Siemens-20230519.pdf](https://www.mzp.cz/konference_cista_mobilita_2023/2_den/OPSZP-1_2_Jiri_Pohl_Siemens-20230519.pdf). [cit. 2024-03-15].
- [25] POHL, Jiří. *Role železnice v bezemisní udržitelné multimodální mobilitě*. [Online]. 05 2022n. 1. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/files/loucen22/3\\_1\\_Jiri\\_Pohl\\_Siemens\\_Mobility-20220525.pdf](https://www.mzp.cz/files/loucen22/3_1_Jiri_Pohl_Siemens_Mobility-20220525.pdf). [cit. 2023-12-20].
- [26] RAILMETEUROPE SÍŤ RFC. *Správa koridorů*. [Online]. 2018. Dostupné z: <http://rne.eu/corridor-management/rfc-network/>. [cit. 2023-05-04].
- [27] ŘEDITELSVÍ SILNIC A DÁLNIC. *Celostátní sčítání dopravy 2020*. [Online]. 2021. Dostupné z: <https://www.rsd.z/web/guest/silnice-a-dalnice/scitani-dopravy#zalozka-celostatni-scitani-dopravy-2020>. [cit. 2024-03-22].
- [28] SPRÁVA ŽELEZNIC A ČD CARGO. *Konzultace*. Online. 2024
- [29] SPRÁVA ŽELEZNIC PORTÁL PROVOZOVÁNÍ DRÁHY. *Evropské nákladní koridory (RFC)*. [Online]. 2010. Dostupné z: <https://provoz.spravazeleznic.cz/portal/ViewArticle.aspx?oid=1818344>. [cit. 2023-10-04].
- [30] SPRÁVA ŽELEZNIC. *Projekty proste elektrizace Konference*. [Online]. 03.2023n. 1. Dostupné z: [https://www.sudop.cz/admin-data/storage/get/364-8\\_pavel-paidar-projekty-proste-elektrizace.pdf](https://www.sudop.cz/admin-data/storage/get/364-8_pavel-paidar-projekty-proste-elektrizace.pdf). [cit. 2024-01-12].
- [31] SPRÁVA ŽELEZNIC. *Zpráva o udržitelnosti dokument 2020/2021*. [Online]. 2021. Dostupné z: <https://www.spravazeleznic.cz/documents/50004227/151870515/zpr-c3-a1va-o-udr-c5-beitelnosti-2020-2021/43f04d30-c923-4ede-9fc8-f5900e760800>. [cit. 2024-01-12].
- [32] SVĚTOVÁ ENERGETICKÁ DATA. *Trendy a dopady národních energetických systémů*. [Online]. 2024. Dostupné z: <https://www.worldenergydata.org/world-electricity-generation/>. [cit. 2024-06-14]
- [33] STEINER, Jan. *Studie proveditelnosti shrnutí prosinec*. [Online]. 2021. Dostupné z: <https://www.spravazeleznic.cz/documents/50004227/119299201/Bro%C5%BEura+ke+studii+proveditelnosti+VRT+Praha+%E2%80%93+Brno+%E2%80%93+B%C5%99eclav/352583c5-1ed7-4118-9e29-b5030e59124b>. [cit. 2024-04-04].
- [34] ŠIMEK, Miloslav. *Výzkumný program, rozmanitost života a zdraví ekosystémů*. [Online]. 2015. Dostupné z: <https://www.academia.cz/uploads/media/preview/0001/04/245d428abe01ecf96ef19656e8763b50caa481f2.pdf>. [cit. 2023-04-04].

- [35] ÚŘAD VLÁDY ČESKÉ REPUBLIKY. *Prezentace analytického vyhodnocení plnění národních cílů*. [Online]. 2020. Dostupné z: <https://www.vlada.cz/assets/evropske-zalezitosti/evropske-politiky/strategie-evropa-2020/CR/Analyticke-vyhodnoceni-plneni-narodnich-cilu-SE-2020.pdf>. [cit. 2023-10-04].
- [36] ZELENÁ ŽELEZNICE. *Jezdíme na zelenou-naše cesta*. [Online]. 2021. Dostupné z: <https://greenrail.cz/#nase-cesta>. [cit. 2023-11-24].
- [37] Škoda auto a.s. [Online]. 2023. Dostupné z: <https://www.skoda-auto.cz/modely/octavia/octavia>. [cit. 2024-3-24].
- [38] Bikes.cz. *Otevřený katalog motocyklů*. [Online]. 2012. Dostupné z: <https://www.bikes.cz/2002/yamaha-fzs-1000-fazer>. [cit. 2024-3-24].
- [39] SCANIA. [Online]. 2023. Dostupné z: <https://www.scania.com/cz/cs/home/products/trucks/r-series/r-series-specifications.html>. [cit. 2024-3-24].
- [40] Vlaky net. *Motorové jednotky na našich kolejích*. [Online]. 2008. Dostupné z: <https://www.vlaky.net/zeleznice/spravy/002643-Motorove-jednotky-na-nasich-kolejich-rada-814.asp>. [cit. 2024-4-11].
- [41] Škoda Transportation. [Online]. 2011. Dostupné z: <https://www.zelpage.cz/zpravy/8389?lang=sk>. [cit. 2024-4-11].
- [42] Siemens Mobility. [Online]. 2017. Dostupné z: [https://carsandtrains.com/ironroad/obb/obb\\_1116243.html](https://carsandtrains.com/ironroad/obb/obb_1116243.html). [cit. 2024-4-11].

## SEZNAM TABULEK

<b>Tabulka 1</b>	Parametry železničních tratí v ČR v roce 2022 .....	27
<b>Tabulka 2</b>	Porovnání železniční a silniční nákladní dopravy.....	28
<b>Tabulka 3</b>	Seznam projektů konverze trakční soustavy.....	42
<b>Tabulka 4</b>	Ukázkový příklad.....	47
<b>Tabulka 5</b>	Produkce CO <sub>2</sub> na trati 041 Turnov-Hradec Králové nákladní doprava.....	49
<b>Tabulka 6</b>	Parametry vlaků osobní dopravy na trati 041 .....	50
<b>Tabulka 7</b>	Produkce CO <sub>2</sub> na trati 041 - vlaky osobní dopravy.....	50
<b>Tabulka 8</b>	Osobní doprava přehled vozů na trati 041 osobní vlak .....	53
<b>Tabulka 9</b>	Produkce CO <sub>2</sub> na trati 041 Turnov – Hradec Králové osobní vlak .....	54
<b>Tabulka 10</b>	Osobní doprava přehled vozů na trati 041 rychlík.....	54
<b>Tabulka 11</b>	Produkce CO <sub>2</sub> na trati 041 Turnov – Hradec Králové rychlík.....	54
<b>Tabulka 12</b>	Roční produkce CO <sub>2</sub> pro osobní automobil trasa Turnov – Hradec Králové .....	55
<b>Tabulka 13</b>	Roční produkce CO <sub>2</sub> pro motocykl trasa Turnov – Hradec Králové .....	55
<b>Tabulka 14</b>	Roční produkce CO <sub>2</sub> pro nákladní automobil trasa Turnov – Hradec Králové...	56
<b>Tabulka 15</b>	Produkce CO <sub>2</sub> na trati 021 Týniště n/Orl– Častolovice – Solnice nákladní doprava .....	58
<b>Tabulka 16</b>	Parametry vlaků osobní dopravy na trati 021 .....	59
<b>Tabulka 17</b>	Produkce CO <sub>2</sub> na trati 021 Týniště n/Orl – Častolovice – Solnice vlaky osobní dopravy .....	59
<b>Tabulka 18</b>	Osobní doprava přehled vozů na trati 021 .....	60
<b>Tabulka 19</b>	Produkce CO <sub>2</sub> na trati 021 Týniště n/Orl. - Častolovice-Solnice .....	60
<b>Tabulka 20</b>	Nákladní doprava trať 021 doporučení.....	61
<b>Tabulka 21</b>	Roční produkce CO <sub>2</sub> pro osobní automobil trasa Týniště n/O.-Častolovice-Solnice .....	62
<b>Tabulka 22</b>	Roční produkce CO <sub>2</sub> pro motocykl trasa Týniště n/O.-Častolovice-Solnice .....	62
<b>Tabulka 23</b>	Roční produkce CO <sub>2</sub> pro nákladní automobil trasa Týniště n/O.-Častolovice-Solnice .....	63
<b>Tabulka 24</b>	Produkce CO <sub>2</sub> na trati Trať 093 Kladno – Kralupy n/Vlt. nákladní doprava .....	65
<b>Tabulka 25</b>	Parametry vlaků osobní dopravy na trati 093 .....	66
<b>Tabulka 26</b>	Produkce CO <sub>2</sub> na trati 093 Kladno – Kralupy n/Vlt-osobní doprava.....	66
<b>Tabulka 27</b>	Osobní doprava přehled vozů na trati 093.....	67

<b>Tabulka 28</b>	Produkce CO <sub>2</sub> na trati 093 Kladno – Kralupy nad Vltavou.....	67
<b>Tabulka 29</b>	Nákladní doprava na trati 093 doporučení.....	68
<b>Tabulka 30</b>	Roční produkce CO <sub>2</sub> pro osobní automobil trasa Kladno-Kralupy n/vl.....	69
<b>Tabulka 31</b>	Roční produkce CO <sub>2</sub> pro motocykl trasa Kladno-Kralupy n/vl.....	69
<b>Tabulka 32</b>	Roční produkce CO <sub>2</sub> pro nákladní automobil trasa Kladno-Kralupy n/vl.....	70
<b>Tabulka 33</b>	Parametry vlaků osobní dopravy na trati Praha-Brno .....	72
<b>Tabulka 34</b>	Cestovní časy z Prahy.....	74
<b>Tabulka 35</b>	Cestovní časy z Brna .....	74
<b>Tabulka 36</b>	Roční produkce CO <sub>2</sub> pro osobní automobil trasa D1 .....	76
<b>Tabulka 37</b>	Roční produkce CO <sub>2</sub> pro motocykl trasa D1 .....	76
<b>Tabulka 38</b>	Roční produkce CO <sub>2</sub> pro nákladní automobil trasa D1 .....	77
<b>Tabulka 39</b>	Modelový pokles emisí CO <sub>2</sub> při přesunu části silniční dopravy na železnici.....	80

## SEZNAM OBRÁZKŮ

<b>Obrázek 1</b>	Cíle udržitelného rozvoje OSN .....	18
<b>Obrázek 2</b>	Řádní a přidružení členové spolku .....	23
<b>Obrázek 3</b>	První elektrifikovaná trať Tábor-Bechyně.....	26
<b>Obrázek 4</b>	Energetická náročnost dopravy v ČR, převod ze silnice na koleje .....	33
<b>Obrázek 5</b>	Náklady nákladní automobilové dopravy-současnost.....	34
<b>Obrázek 6</b>	Náklady nákladní automobilové dopravy-logický stav .....	35
<b>Obrázek 7</b>	Vysokorychlostní tratě v ČR.....	41
<b>Obrázek 8</b>	Elektrizace železniční sítě do roku 2030 .....	43
<b>Obrázek 9</b>	Vectron Dual Mode-VDM.....	45
<b>Obrázek 10</b>	Škoda Octavia 2.0 TDI.....	48
<b>Obrázek 11</b>	Yamaha FAZER 1000 .....	48
<b>Obrázek 12</b>	SCANIA R 500 .....	48
<b>Obrázek 13</b>	Modelový úbytek osobních automobilů a emisí CO <sub>2</sub> .....	57
<b>Obrázek 14</b>	Modelový úbytek motocyklů a emisí CO <sub>2</sub> .....	57
<b>Obrázek 15</b>	Modelový úbytek nákladních automobilů a emisí CO <sub>2</sub> .....	57
<b>Obrázek 16</b>	Regionova řady 814.0 + 914.0 soustava dvoudílná .....	59
<b>Obrázek 17</b>	RegioPanter dvoudílná elektrická jednotka řady 650/651 .....	61
<b>Obrázek 18</b>	Modelový úbytek osobních automobilů a emisí CO <sub>2</sub> .....	64
<b>Obrázek 19</b>	Modelový úbytek motocyklů a emisí CO <sub>2</sub> .....	64
<b>Obrázek 20</b>	Modelový úbytek nákladních automobilů a emisí CO <sub>2</sub> .....	64
<b>Obrázek 21</b>	Motorová třídílná jednotka 814 Regionova.....	66
<b>Obrázek 22</b>	RegioPanter řady 640.2 .....	68
<b>Obrázek 23</b>	Modelový úbytek osobních automobilů a emisí CO <sub>2</sub> .....	71
<b>Obrázek 24</b>	Modelový úbytek motocyklů a emisí CO <sub>2</sub> .....	71
<b>Obrázek 25</b>	Modelový úbytek nákladních automobilů a emisí CO <sub>2</sub> .....	71
<b>Obrázek 26</b>	ÖBB Railjet-Taurus 1116.....	75
<b>Obrázek 27</b>	Modelový úbytek osobních automobilů a emisí CO <sub>2</sub> .....	78
<b>Obrázek 28</b>	Modelový úbytek motocyklů a emisí CO <sub>2</sub> .....	78
<b>Obrázek 29</b>	Modelový úbytek nákladních automobilů a emisí CO <sub>2</sub> .....	78

## SEZNAM ZKRATEK

AFIR	Alternative Fuels Infrastructure Regulation (pro alternativní paliva)
BEMU	Bateriová elektrická multifunkční jednotka
CBAM	Carbon Border Adjustment Mechanism (uhlíková daň)
CNG	Compressed Natural Gas (stlačený zemní plyn)
CO <sub>2</sub>	Oxid uhličitý
ČD	České dráhy, a.s.
ČR	Česká republika
DTMŽ	Digitální technická mapa železnic
EMU	Elektrická trakční jednotka
ETCS	European Train Control System (Evropský vlakový zabezpečovač)
EU	Evropská unie
EU ETS	Emissions Trading System (obchodování s emisemi)
HEMU	Vodíková vozidla
KAP	Klima Akční plán
LNG	Liquefied Natural Gas (zkapalněný zemní plyn)
ME	Měrná emisivita
OSN	Organizace spojených národů
RFC	Rail Freight Corridors (železniční nákladní koridory)
RS	Rychlá spojení
SDG	Sustainable Development Goals (Cíle udržitelného rozvoje)
TEN-T	Trans-European Transport Network (Transevropská dopravní síť)
USA	Spojené státy americké
VDM	Vectron Dual Mode
VRT	Vysokorychlostní trať

## **SEZNAM PŘÍLOH**

**Příloha A.** Dotazníkové šetření

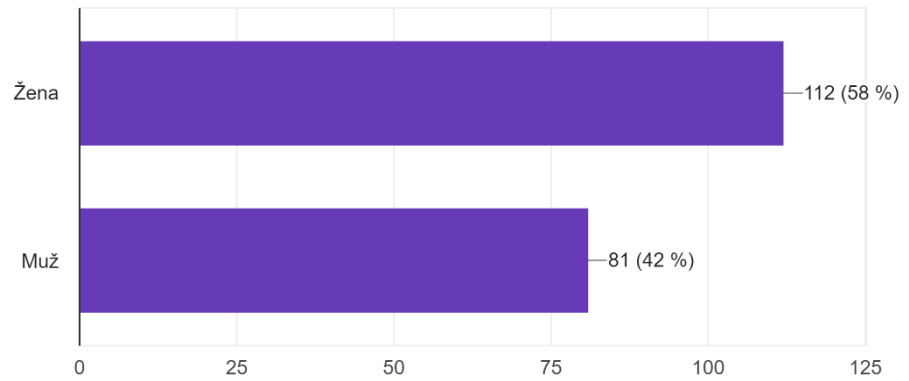
**Příloha B.** Určení měrné spotřeby elektrické energie



## Příloha A. Dotazníkové šetření

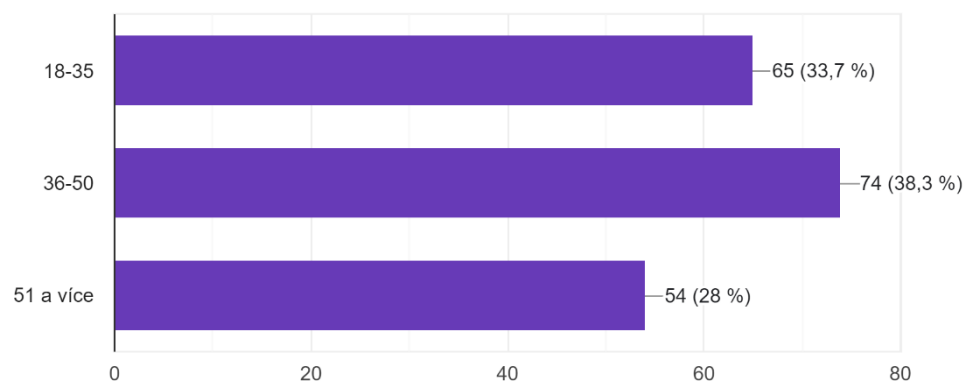
### 1. Pohlaví

193 odpovědí



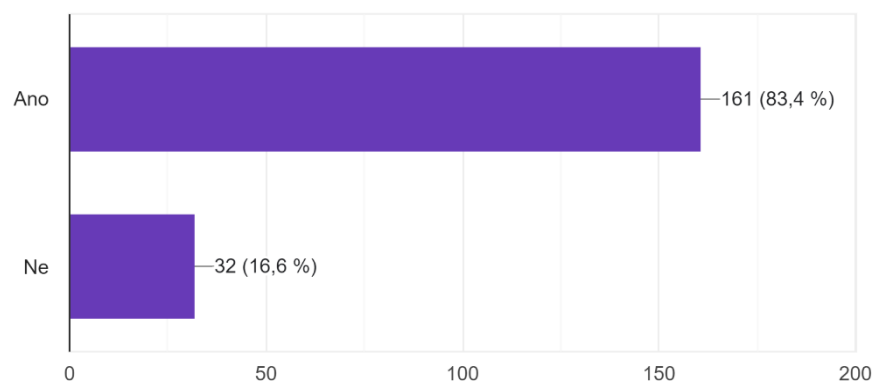
### 2. Kolik Vám je let?

193 odpovědí



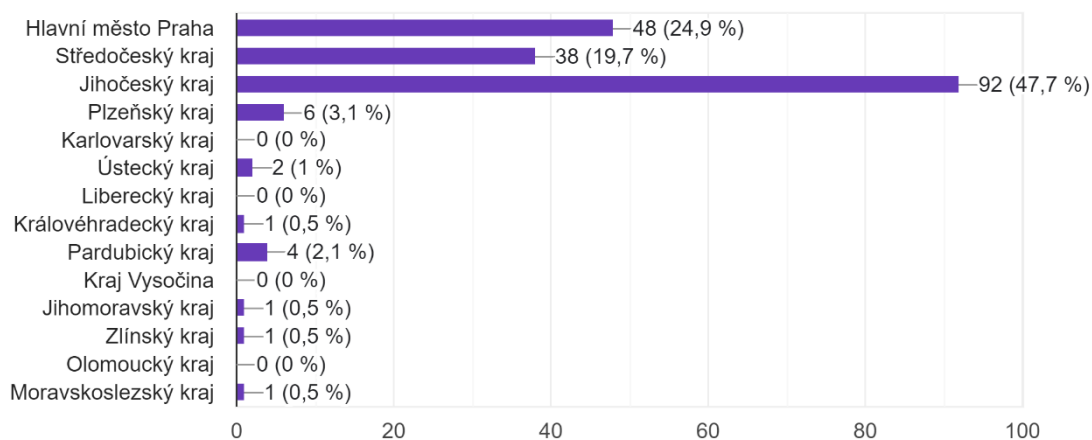
### 3. Vlastníte automobil?

193 odpovědí



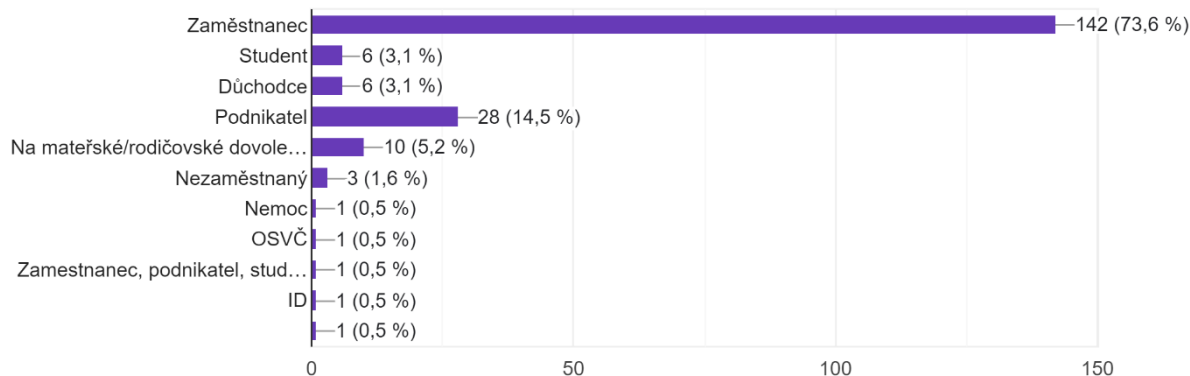
#### 4. Odkud jste?

193 odpovědí



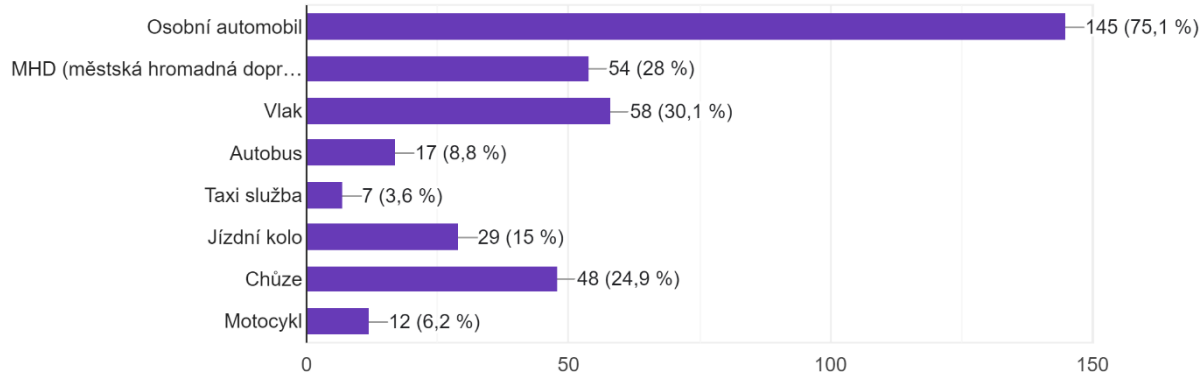
#### 5. Jaké je vaše ekonomické zařazení?

193 odpovědí



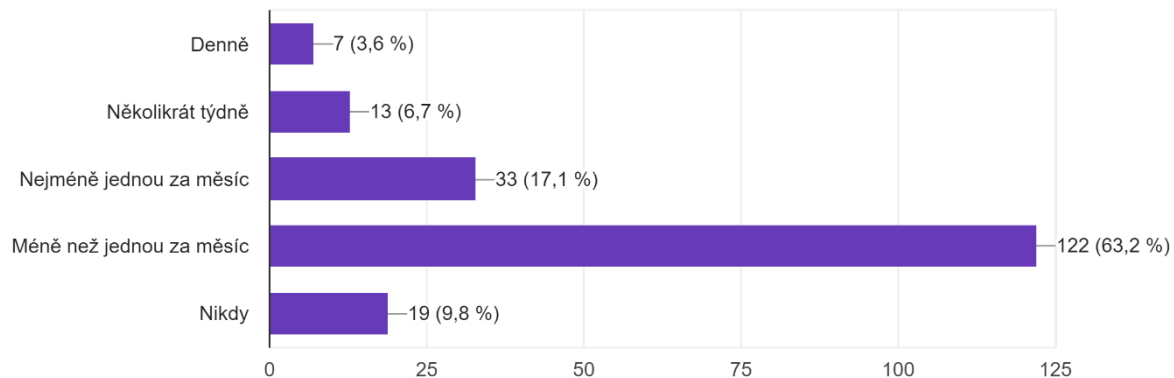
#### 6. Jaký druh dopravy preferujete?

193 odpovědí



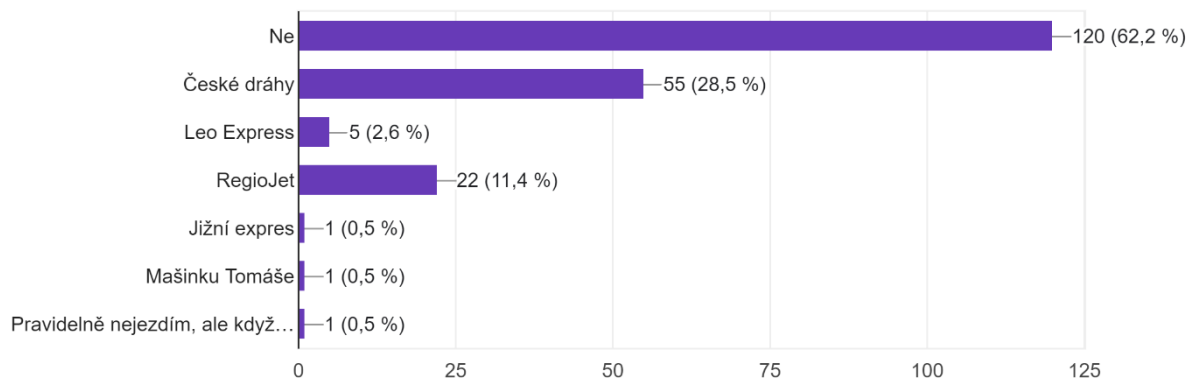
## 7. Jak často využíváte železniční dopravu?

193 odpovědí



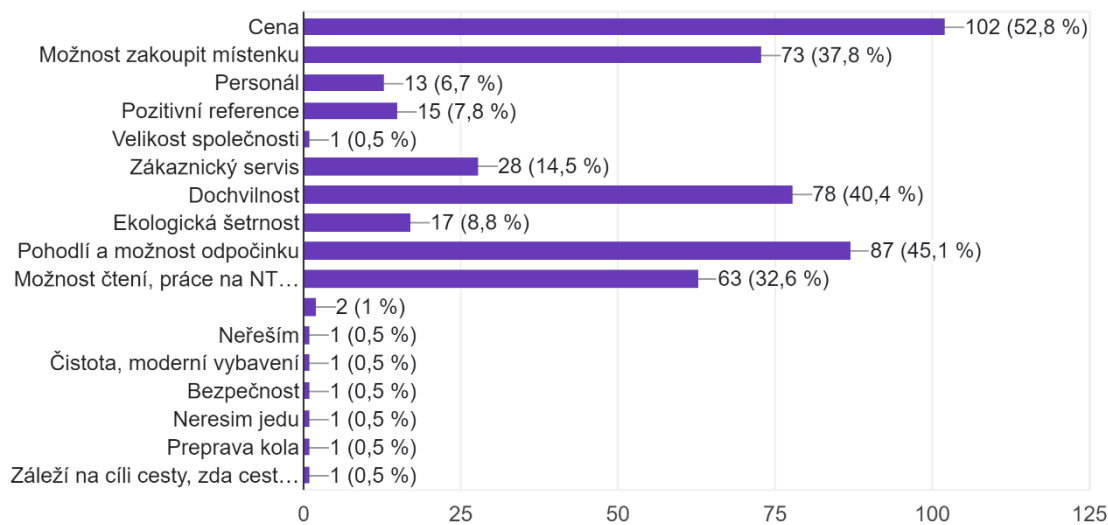
## 8. Pokud jezdíte pravidelně vlakem, preferujete nějakého konkrétního dopravce?

193 odpovědí



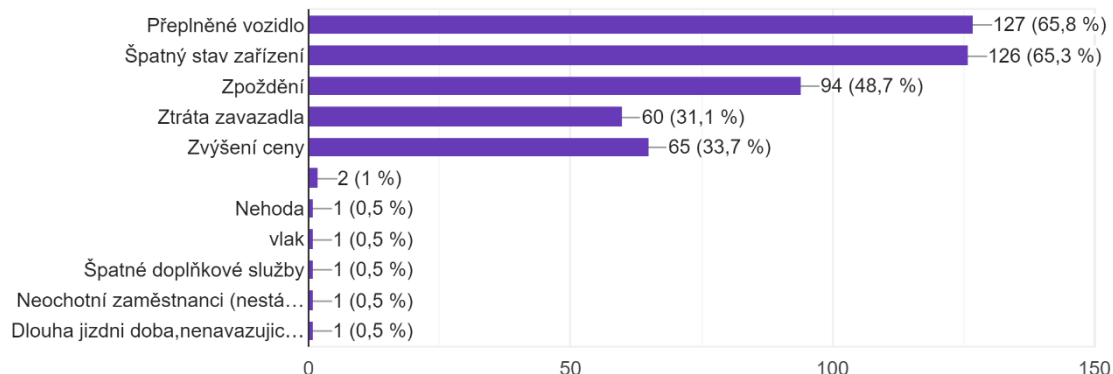
9. Které faktory jsou pro Vás při rozhodování pro výběr jízdy vlakem důležité? (možnost výběru více odpovědí)

193 odpovědí



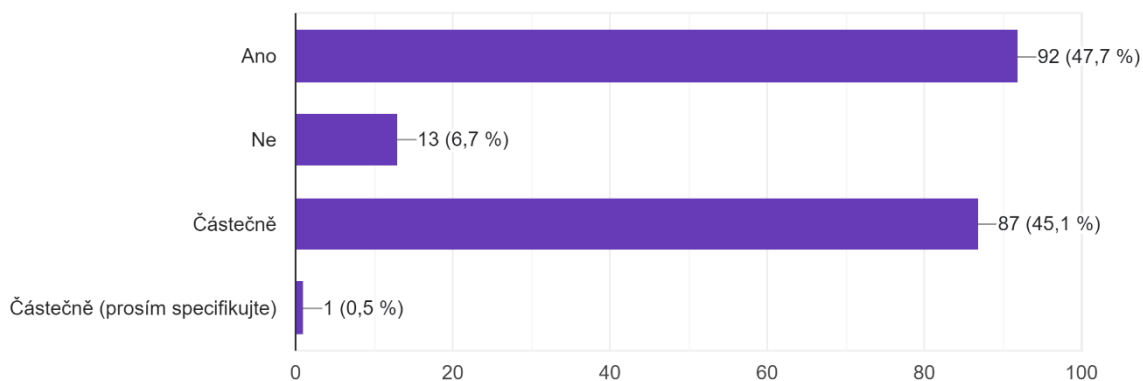
10. Co by Vás odradilo od dalšího využití železniční dopravy? (možnost výběru více odpovědí)

193 odpovědí



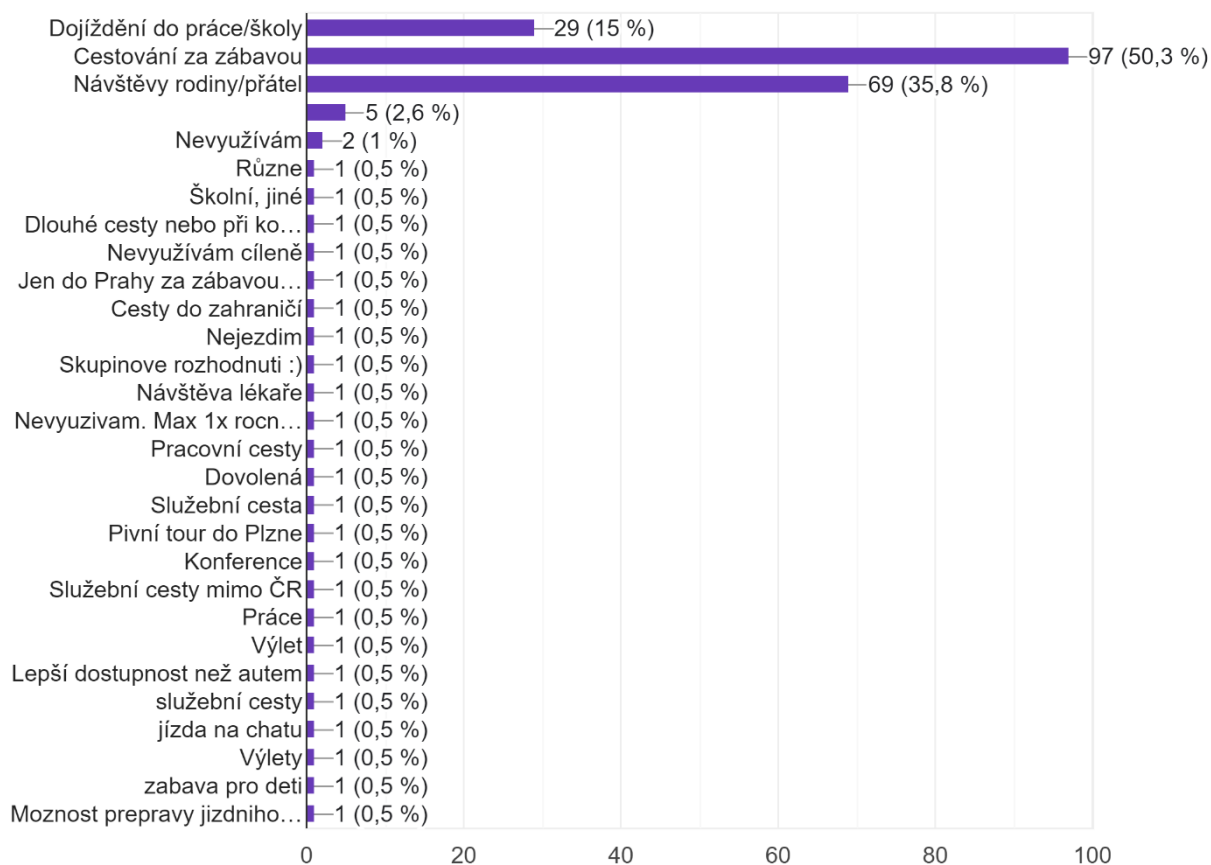
## 11. Jste spokojeni se službami vlakové přepravy?

193 odpovědí



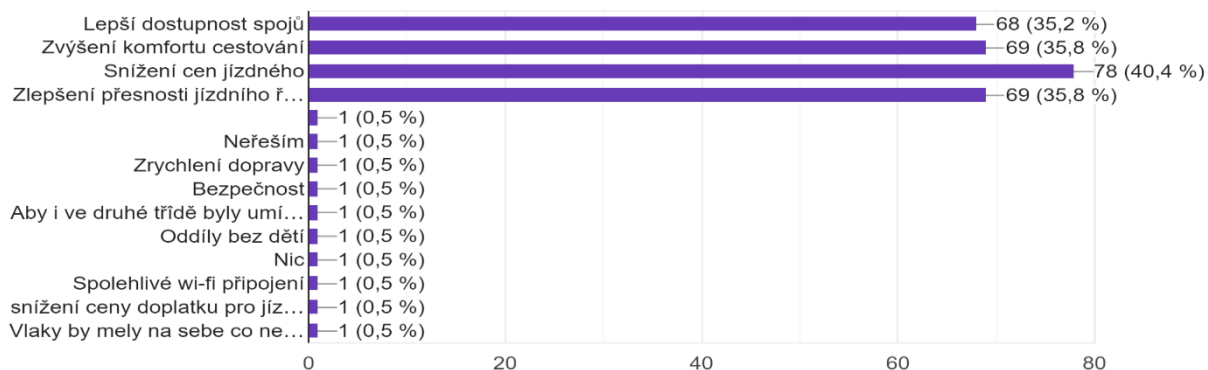
## 12. Jaký je hlavní důvod, proč využíváte železniční dopravu?

193 odpovědí



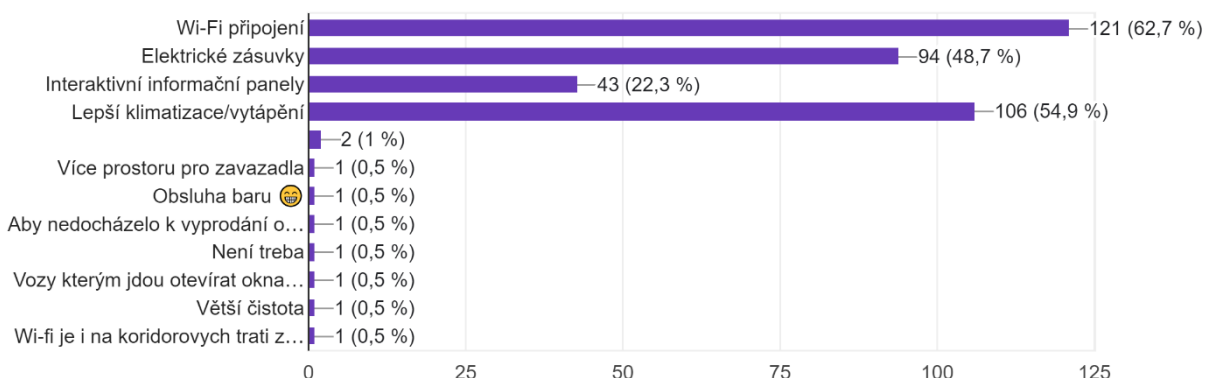
### 13. Jaké konkrétní zlepšení byste uvítali v železniční dopravě?

193 odpovědí



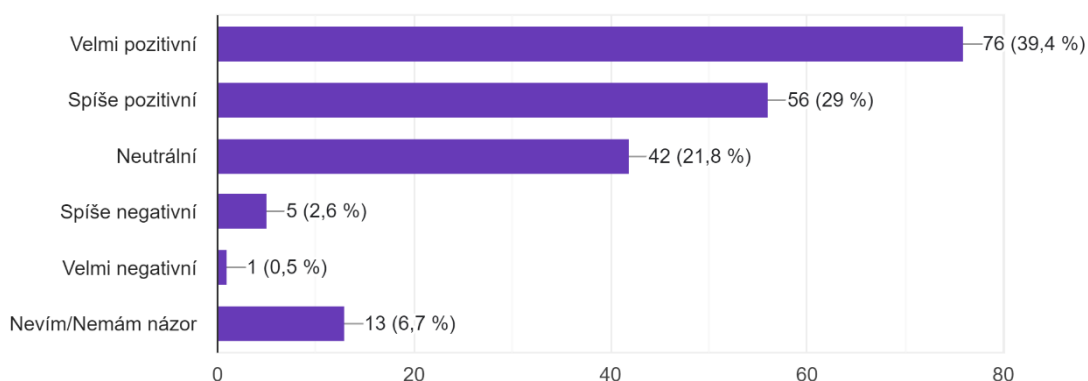
### 14. Jaké technologie byste uvítali ve vlacích?

193 odpovědí



### 15. Jaký je váš názor na zavedení vysokorychlostních tratí (VRT) v České republice?

193 odpovědí



Zdroj: autorka

## Příloha B. Určení měrné spotřeby elektrické energie

$MSk = MS \cdot kr \cdot kz \cdot kt$  (kWh/tis. hrtkm)

Vzorec se používá pro určení spotřeby, když vlak nemá svůj schválený elektroměr. [28]

Koeficienty ročního období  $kr$

Měsíce			
prosinec-únor	březen-květen	červen-srpen	září-listopad
1,15	1	1	1,05
1,15	1	1	1,05
1,03	1	1	1
1	1	1	1

Zdroj: [28], upraveno autorkou

Koeficient technologické spotřeby vlaku  $kt$

Typ vlaku	Hodnota
Vlaky Ex a R (SC, EC, IC, Ex, R, Sp, Sv)	1,11
Vlaky Os	1,11
Vlaky nákladní (Nex, Rn, Pn, Vn, Mn+Vleč)	1,08
ostatní vlaky lokomotivní	1

Zdroj: [28], upraveno autorkou

Měrné spotřeby (MS) střídavé trakční soustavy

Typ vlaku	Měrná spotřeba EE (kWh/tis. hrtkm)
Vlaky Ex a R	25,5
Vlaky Os	35,5
Vlaky nákladní	14,8
ostatní vlaky lokomotivní	29

Zdroj: [28], upraveno autorkou

koeficient technických ztrát  $kz$  1,14 – střídavá trakční soustava

### Hodnota emisního faktoru CO<sub>2</sub> z výroby elektřiny

Rok	t CO <sub>2</sub> /MWH
1990	0,731
2000	0,709
2010	0,554
2011	0,541
2012	0,506
2013	0,477
2014	0,48
2015	0,493
2016	0,499
2017	0,472
2018	0,466
2019	0,428
2020	0,384
2021	0,39
2022	0,413

Zdroj [2], upraveno autorkou

Rok 1990, 2000 je hodnota odhadovaná na základě průměrných kontroverzních faktorů, rok 2023 se teprve počítá. [2]