

Specifické aspekty mezistátní dopravy

Ekologické aspekty mezistátní dopravy

Přednáška

doc. Ing. Jaroslav Matuška, Ph.D.



Ekologické aspekty mezistátní dopravy

XASAM, LS 2024-2025

doc. Ing. Jaroslav Matuška, Ph.D.

Mezinárodní smluvní dokumenty v oblasti klimatu

- 1979 **Klimatická konference** v Ženevě – světová, vznik Panelu pro změny klimatu
- 1987 **Montrealský protokol** o látkách, které poškozují ozonovou vrstvu
- 1992 **Konference o životním prostředí a rozvoji** – pořadatel: OSN, Rámcová úmluva o změně klimatu (RÚZK)
- 1997 **Kjótský protokol k RÚZK** – snížení emisí GHG o 5%, EU15 o 8%
- 2005 **Systém obchodování s emisemi** (EU) = prostředek naplnění KP
- 2015 **Pařížská dohoda** (nahr. KP, oteplení max. o 2°C)
- 2021 **Evropský klimatický zákon** – EU, klimatická neutralita 2050

Pozn.: více o historii skleníkového efektu [zde](#).

Mezinárodní smluvní dokumenty v oblasti klimatu

Kjótský protokol (1997 / 2005, podpis: 198, ratifikace 132 států)

- ČR podpis: 1998, ratifikace: 2001
- GHG: oxid uhličitý (CO₂), metan (CH₄), oxid dusný (N₂O), částečně fluorované uhlovodíky (HFC), zcela fluorované uhlovodíky (PFC), fluorid sírový (SF₆)
- omezení a snížení emisí skleníkových plynů (*GHG – green house gases*) mj. v letecké, námořní dopravě (ICAO, IMO)
- uvažuje i „absorpci“ – změny (úbytky) vyvolané ve využívání krajiny (zalesňování, péče o lesní porosty, resp. odlesňování)
- obecně: EU28: do 2020 snížení GHG o 20% proti 1990
- konkrétní množství redukce GHG: např. ČR 8%, ES 8%

Mezinárodní smluvní dokumenty v oblasti klimatu

Pařížská dohoda (smluvní strany KP, 2015, podpis: 189, rat./přij./příst.: 189)

- 2020 nahradila KP
- pro ČR: 2017
- udržet nárůstu průměrné globální teploty výrazně pod 2°C (vůči období před průmyslovou revolucí), nárůst teploty nepřekročit o 1,5°C
- EU: 2030 emise GHG min. o 40% (vůči 1990)
- prostředky k dosažení cíle: finanční podpory, sdílení informací a poznatků, podpora rozvojových zemí, výzkum, ...
- Konference smluvních stran – nejvyšší orgán úmluvy (RÚZK), zasedání smluvních stran dohody, hodnotí provádění dohody (poprvé 2023, 5 let)

Aktivita EU – doprava

Zelená dohoda pro Evropu

- forma: [Sdělení Komise COM\(2019\) 640](#)
- **doprava:** podpora KD, „skutečně“ jednotné evropské nebe, automatizovaná a propojená multimodální mobilita, ETS i pro silniční a námořní d., omezení povolenek zdarma pro LD, revize osvobození od daně LD, ND, zavádění alternativních paliv, dobíjecích stanic (*do 2025 cca 1 mil. dobíjecích stanic – viz [projekty OPD](#)*)
- 2050: 75% přepravy SD → KD (Ž+V)
- další odvětví: zemědělství, potravinový průmysl, krajina
- financování ekologické transformace: zásadní role soukromého sektoru
- věda, výzkum, inovace, vzdělávání, zapojení a angažovanost veřejnosti
- ekologické motto: „neškodit“, ekologizace rozpočtů, ESG
- rizika: obecně - významné znásobení hrozeb, zdroje nestabilit

Aktivita EU – doprava

Strategie pro chytrou a čistou mobilitu

- forma: [Sdělení Komise COM\(2020\) 789](#): text + příloha

2030:

- nejméně 30 milionů vozidel s nulovými emisemi
- 100 evropských měst klimaticky neutrálních
- vysokorychlostní železniční doprava dvojnásobné výkony
- VHD na vzdálenosti -500 km by měla být uhlíkově neutrální
- automatizovaná mobilita – rozšířena ve velkém měřítku
- připraveny lodě s nulovými emisemi

Aktivita EU – doprava

Emisní povolenky

- od 2005 pro EU + NO, ISL, FL
- Evropský systém obchodování s emisemi (EU ETS); 2021: Čína ETS; NZ, AUS

Princip:

- 1 povolenka = oprávnění k vypuštění 1 t CO₂, příp. ekv. množství N₂O nebo PFCs
- vydává EU, množství povolenek každý rok rovnoměrně klesá
- cena povolenky (eur / t CO₂): trh, poptávka, nabídka povolenek (cca 20-100 eur/ks)
- elektrárny, rafinérie, koksovny, železárny, cementárny, ...
- bezplatné povolenky – např. pro udržení výroby
- dražby povolenek: výnosy mohou čl. států, užití pouze pro opatření na ochranu klimatu
- od 2027: systém obchodování s povolenkami pro SD a budovy

Více ke zpoplatnění emisí ve světě [zde](#)

Global Warming Potencial

- zaveden pro srovnání dopadů různých plynů na globální oteplování
- množství energie, které pohltí 1 tunu daného plynu za dané časové období (100 let) v poměru k emisím 1 tuny oxidu uhličitého (CO₂)
- umožňuje sčítat dopady emisí různých plynů
- umožňuje porovnávat opatření / příležitosti ke snížení emisí napříč sektory
- **čím větší GWP, tím více daný plyn ohřívá Zemi v porovnání s CO₂** (za dané časové období)

Více ke GWP z pohledu zahraničí např. [US Environmental Protection Agency](#) nebo závěry z [Sustainable Transport Conference 2021, Beijing](#)

Skleníkové plyny

- **CO₂** – spalování, kompostování; využití v potravinářství (E290), chladivo, kafilerie, ... (GWP = 1)
- **N₂O – oxid dusný**: poškozují ozonovou vrstvu (2/3 přirozeně z půdy, zbytek z průmyslových hnojiv); GWP* ≈ 298 (298 x větší účinek na skleníkový efekt než CO₂, 1 t ≈ 298 t CO₂)
- **CH₄ – metan**: obsažen např. v zemním plynu, rozpuštěný v ropě; složka bioplynu, uvolňuje se např. z rýžovišť; obsažen v CNG; účinek cca 10x menší než CO₂, tj. **GWP = 0,1**
- **SF₆ – fluorid sírový**: užití v elektrotechnice (izolátor, polovodiče), netoxický; úniky při výrobě, poškození; extrémně vysoký **GWP cca 22 000**
- **PFC – perfluoruhlovodíky**: při výrobě Al; hnací plyny, chladiva, špatná odbouratelnost v atmosféře (**GWP: 6500-9200**); poškozují ozonovou vrstvu a lidské zdraví
- **HFC – fluorované uhlovodíky**; zdraví škodlivý pouze při zvýšené koncentraci; neškodné pro ozonovou vrstvu, ale **GWP až 3000**

* *Global warming potencial – více např. [zde](#); další info, statistiky apod. – viz [Evropská agentura životního prostředí](#)*

Energetická náročnost dopravních módů

ovlivněna mj.:

- **účinností** trakčního motoru: elektromotor $\approx 80 \%$, spalovací motor $\approx 32 \%$
- **trakční náročností (odpory)**: $\text{ŽD} : \text{SD} = 1 : 3 \rightarrow \text{ŽD: cca } 7,5\text{x nižší než SD}$
- uvádí se na *oskm*, resp. *netto tkm*

Měrná energetická náročnost:

- pro SD typicky: spalovací motor
- pro ŽD typicky: elektrická trakce
- **SD: OD** (nafta, benzin) $\approx 0,5 \text{ kWh/oskm}$; **ND** (diesel) $\approx 0,25 \text{ kWh/tkm}$
- **ŽD: OD** $\approx 0,06 \text{ kWh/oskm}$; **ND** $\approx 0,03 \text{ kWh/tkm}$

Fosilní paliva a konečná spotřeba energie v ČR

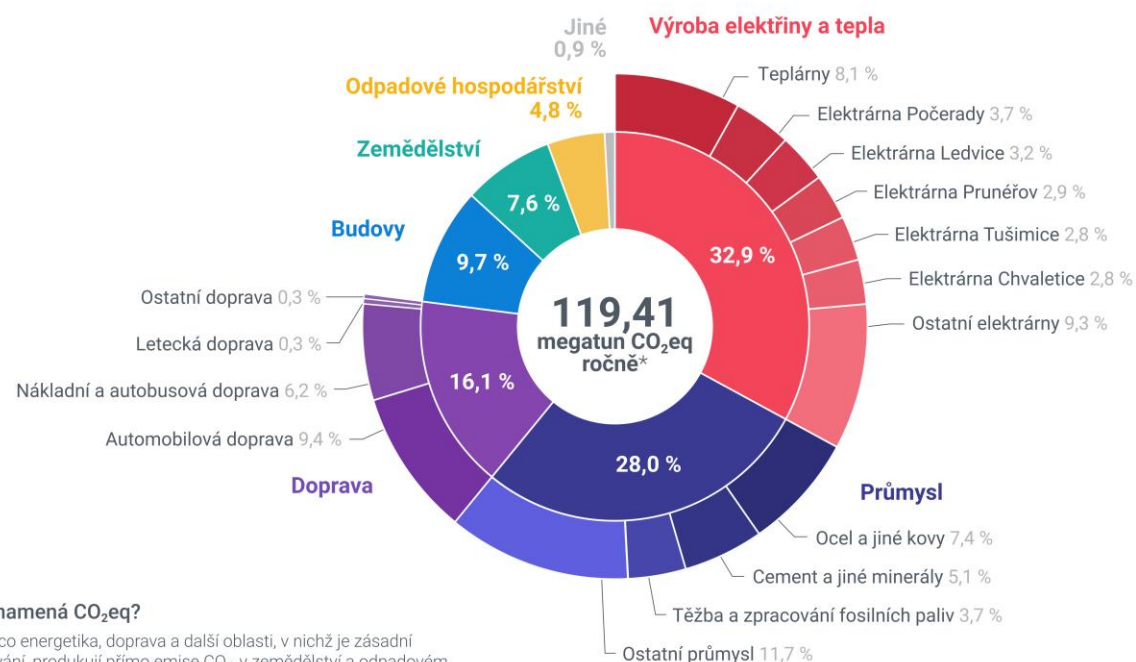
- průmysl: 44 %
- elektrárenství: 51 %
- teplárenství: 89 %
- domácnosti: 37 %
- doprava: 93 %

Měrná emisivita paliv:

- poměr **hmotnosti emisí CO₂** produkovaných při spalování uhlovodíkových paliv a **získané výhřevnosti (kg CO₂/kWh)**
- uhlí: **0,36**
- motorová nafta: **0,265 (benzín: 0,245)**
- zemní plyn (metan): **0,205**

EMISE SKLENÍKOVÝCH PLYNŮ V ČR PODLE SEKTORŮ

Celkové emise České republiky za rok 2021.



Co znamená CO₂eq?

Zatímco energetika, doprava a další oblasti, v nichž je zásadní spalování, produkují přímo emise CO₂, v zemědělství a odpadovém hospodářství jde především o emise metanu (CH₄) a oxidu dusného (N₂O). Ty se přepočítávají na množství oxidu uhličitého, které by mělo stejný oteplovací efekt (ekvivalent CO₂).

VERZE 2023-10-03 LICENCE CC BY 4.0
více info na faktaoklimatu.cz/emise-cr

* Sektor **lesnictví a využití půdy** (tzv. LULUCF) nezobrazujeme, tento sektor by **zvyšil** celkové emise o **8,36 Mt CO₂eq** (7 % ze zobrazených 119,41 Mt)
zdroj dat: Evropská agentura pro životní prostředí

Energetický mix

- podíl zdrojů (jednotlivých druhů elektráren) výroby elektrické energie, tj. v různých státech různý (různá hodnota);
- **uhelná elektrárna: účinnost cca 36 %, měrná emisivita uhlí: cca 0,36 kg CO₂/Wh
→ uhlíková stopa energie vyrobené v uhelných elektrárnách ČR: $S_u = 1$ kg CO₂/kWh**
- **spotřební elektrická energie v síti: dle energ. mixu = $k \cdot S_u$**
- **k_{CZ} pro ČR: 2021: cca 0,4 (2019: 0,428)**

Více k energetice ČR [zde](#)

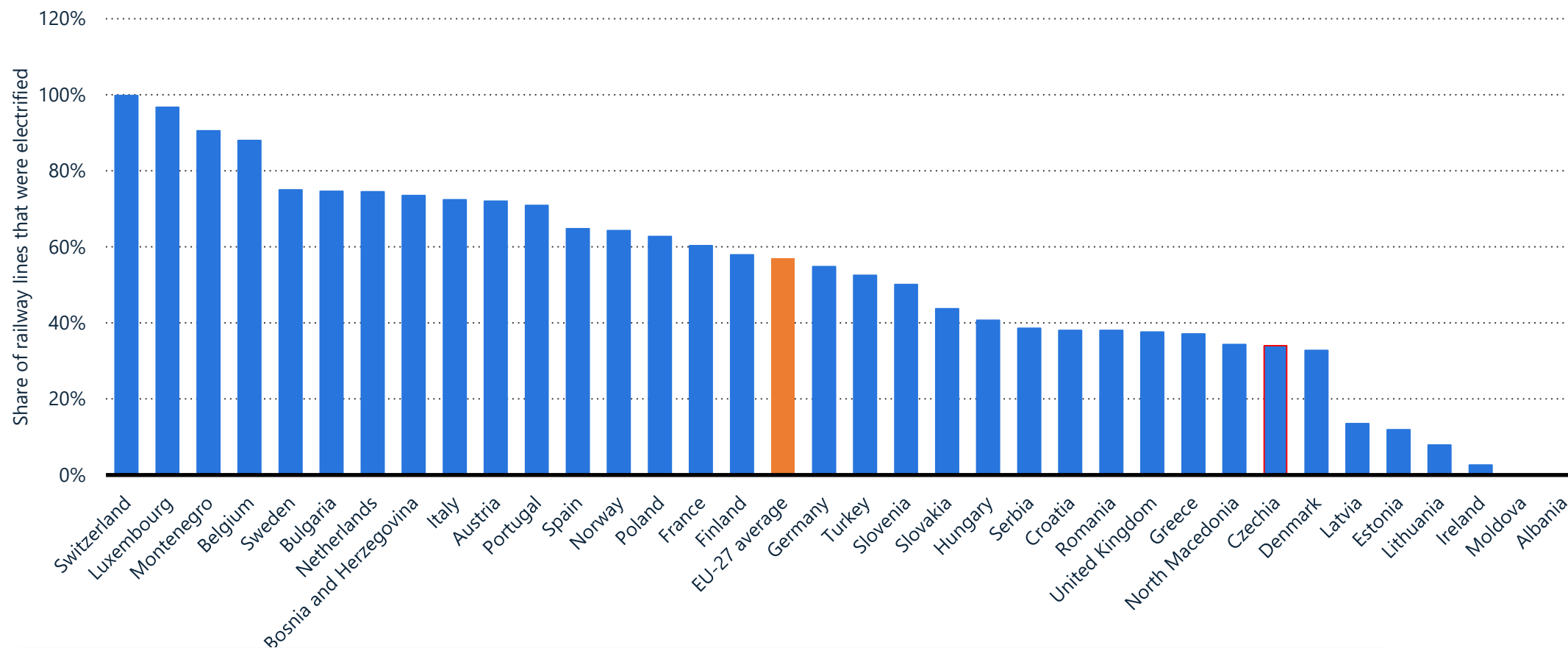
Měrné emise v dopravě

- hodnoty emisivity paliv a měrné energetické náročnosti - viz výše (s. 10, 11)
- **SD – osobní:** $0,5 \text{ kWh/oskm} \cdot 0,265 \text{ kg CO}_2/\text{kWh} = 0,13 \text{ kg CO}_2/\text{oskm}$
- **SD – nákladní:** $0,25 \text{ kWh/tkm} \cdot 0,265 \text{ kg CO}_2/\text{kWh} = 0,066 \text{ kg CO}_2/\text{tkm}$
- **ŽD (el.)* – osobní:** $0,06 \text{ kWh/oskm} \cdot 0,4 \text{ kg CO}_2/\text{kWh} = 0,024 \text{ kg CO}_2/\text{oskm}$
- **ŽD (el.)* – nákladní:** $0,03 \text{ kWh/tkm} \cdot 0,4 \text{ kg CO}_2/\text{kWh} = 0,012 \text{ kg CO}_2/\text{tkm}$

** Emise z provozu elektrické trakce závisí na energetickém mixu každé země a konkrétním roce; emise z fosilních paliv jsou téměř neměnné v čase a místě.*

Elektrifikace tratí v Evropě (2022)

zdroj: European Commission; ID 451522



Švýcarsko (99,8%), Lucembursko (96,7%)

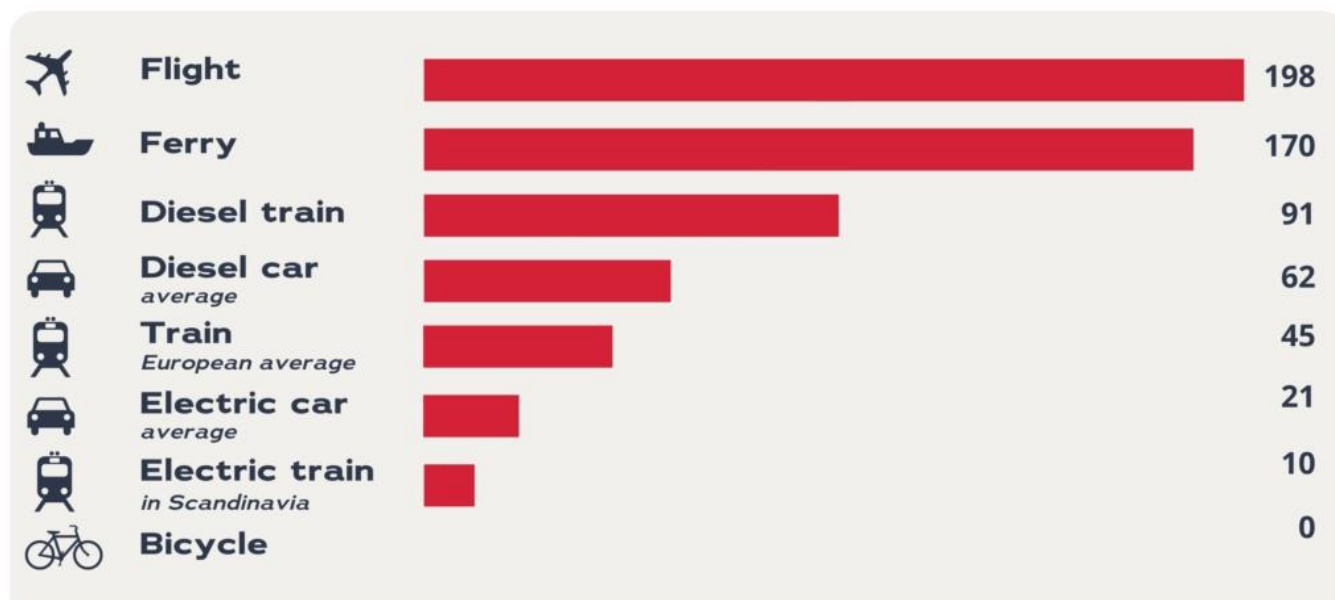
Průměr EU27 (2022): 56,9%. Celková délka EU: 202 131 km.

Investice do Ž infrastruktury: Lucembursko: 512 eur/obyv., Německo: 115 eur/obyv. (2023)

Role železnice při snižování emisí



Skandinávie – produkce CO₂/oskm (dle <https://www.sj.no/en/environment/>):



Vlaky el. trakce ve Skandinávii, zejm. v Norsku: 100 % trakční energie pokryto z hydroelektráren

Role železnice při snižování emisí



Opatření dopravců a manažerů infrastruktury k ochraně ŽP (2022):

- napájení stanic elektřinou z obnovitelných zdrojů, např. fotovoltaika, hydro-, větrné elektrárny apod. (AT, DK, IN)
- hnací vozidla s alternativními zdroji pohonu (AT, DE, DK, IT), např. ETR 1000 – zelený certifikát (92% recyklovatelných materiálů), [fotopanely na pražcích](#) (IT, DE)
- ochrana proti hluku – PHS
- čištění, využívání odpadních vod, fekálií z vlaků (DE: 60 tis. tun ročně)
- bio-WC ve vlacích (IN)
- náhrada plastů – bambus, papír, dřevo, „bezpapírové“ kanceláře (DK)
- zeleň + včelstva podél tratí – produkce medu
- sleva z cena za užití ŽDC – intermodální přepravy

Zdroj: Autor, Průzkum mezi dopravci a IM (2022) v rámci projektu VERDEN (8)

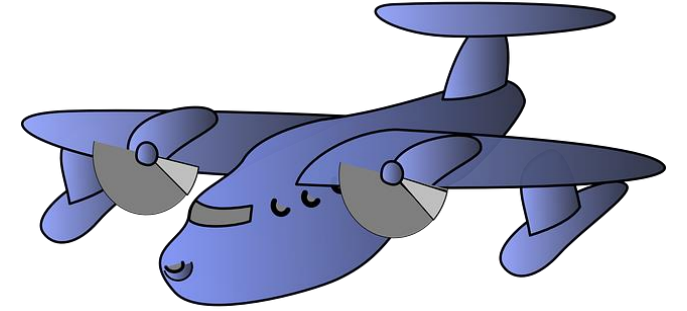


Další možnosti snižování GHG

Opatření železničních dopravců

- lokální potraviny ve vlacích
- sezónní nabídka potravin
- balení z recyklovaných materiálů
- desinfekční / čisticí prostředky pro úklid vlaků ekologicky certifikované, odbouratelné
- třídění odpadů ve vlacích, žst
- DAC
- [CNG na železnici...](#)

Snižování emisí – LD

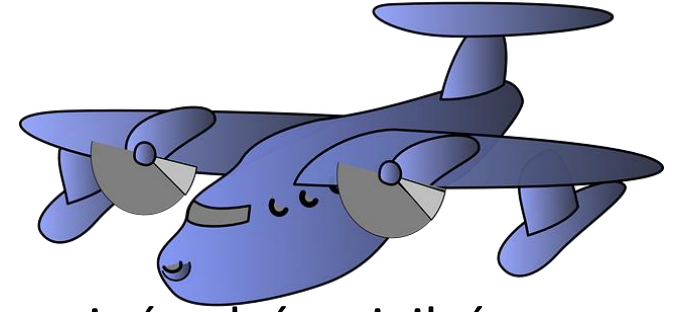


Projekt ReFuelEU Aviation

- součást balíčku Fit for 55
- [nařízení](#) o zajištění rovných podmínek pro udržitelnou leteckou dopravu
- udržitelná paliva z obnovitelných zdrojů (biopaliva, e-paliva) – SAF (*Sustainable Aviation Fuel*)
- udržitelné palivo: syntetické let. palivo, biopalivo, recyklované let. palivo, vodík z obnovitelných zdrojů, syntetická nízkouhlíková let. paliva
- well-to-wing (těžba-spotřeba): snížení emisí až od 60% (2050), náklady 90-100 mrd. EUR, zvýšení ceny letenek: 8%
 - dodatečné náklady (odhad):
 - dopravci: na logistiku, reporting (0,5 mrd EUR)
 - výrobci: na investice (11 mrd. EUR)
 - správní orgány: na kontrolu, prosazování (cca 270 mil. EUR)
- podpůrné mechanismy pro výrobce paliv, dopravce

[Udržitelná letecká paliva – ReFuelEU Aviation](#)

Snižování emisí – LD



Corsia* – program kompenzace a snižování emisí oxidu uhličitého v mezinárodním civilním letectví

- ICAO, 2016
- provozovatel letadla registr. v EU max. vzletová hmotnost > 5700 kg, s produkcí >10 000 t CO₂ letouny: monitoring a reporting emisí i z mezinárod. letů mimo EHS
- monitoring
- bezplatné povolenky (do 2025) - dle ověřených emisí předchozího období; od 2026 pouze pro podporu syntetických leteckých paliv
 - 2024: 27,5 mil. povolenek
- lety **bez vlivu na množství povolenek**: humanitární, LZS, vojenské, protipožární, pro státní účely

ČR: ÚCL

Více např. video [zde](#)

* *Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation*

Snižování emisí – ND



FuelEU Maritime

- nařízení EU o používání obnovitelných paliv, čisté energie pro lodě s hrubou prostorností > 5000 t

Pozn.: námořní doprava: 75% objemu zahraničního obchodu EU (31% vnitřní obchod), 400+ mil. cestujících / rok

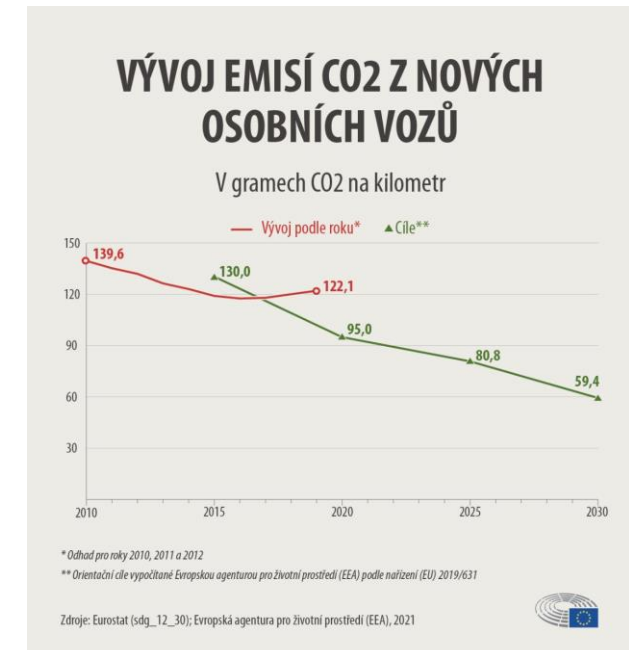
- limity pro roční intenzitu GHG z energie spotřebované pro pohon a provoz lodí vplouvajícími do přístavů EU bez ohledu na jejich vlajku
- postupné snižování emisí CO₂, CH₄, N₂O: 2% (2025) - 80% (2050) „well-to-wake“ („vrt-brázda za lodí“) – [infografika](#)
- 2035: osobní a kontejnerové lodě v přístavech – povinnost odběru elektřiny z pevniny / alternativní technologie s nulovými emisemi
- monitoring: množství každého druhu paliva spotřebovaného na moři a v přístavu, množství elektřiny dodané z pevniny, množství energie z náhradního zdroje

ČR: Státní palební správa

Snižování emisí – SD



- silniční vozidla – elektrický pohon, LNG
 - rozvážkové služby, městská logistika
 - nákladní vozidla (kat. N)
- podpůrná infrastruktura – dobíjecí / plnicí stanice
- další možnosti snižování emisí ve firmě: [Zero emission transport for goods | Colruyt Group](#)
- [gigaliner](#) (?)



Emise v mezistátní osobní dopravě – IAD porovnání a možnosti snížení emisí

- modelové případy, kalkulace dle [ecopassenger](#)
- krátká cesta cca 350 km, dlouhá cesta cca 700 km
- počet spolucestujících
- referenční vůz: střední třída, výkon cca 95 kW, objem do 2,5 l, motor EURO4, naftový

Tab. 1: CO₂ (kg) podle počtu cestujících

Počet spolucestujících	1	2	3	4
Praha – Berlín	59	29	20	15
Vídeň – Varšava	109	55	37	27

Emise v mezistátní osobní dopravě – IAD porovnání a možností snížení emisí

Tab. 2: CO₂ (kg) podle počtu spolucestujících a EURO

	EURO 1	EURO 2	EURO 3	EURO 4	EURO 5	EURO 6
Praha – Berlín						
2 cestující	34,4	29,8	29,2	29,4	27,5	27,0
3 cestující	23,0	19,9	19,5	19,6	18,4	18,0
Vídeň – Varšava						
2 cestující	63,9	55,3	54,1	54,6	51,1	50
3 cestující	42,6	36,8	36,1	36,4	34,1	33,3

- malý efekt EURO 5 a EURO 6 pro úsporu CO₂ narozdíl od EURO 1 a EURO 2 nebo EURO 2 a EURO 3 (motory EURO 4 mají větší efekt pro redukci PM a NO_x),
- úspora CO₂ roste se zvyšujícím se počtem cestujících: 2 → 3 úspora cca 33 % (pro všechny EURO normy).

Emise v mezistátní osobní dopravě – IAD porovnání a možností snížení emisí

Tab. 3: CO₂ (kg) pro různé pohony

	LPG	Elektro	Nafta	Δ (%) elektro / LPG	Δ (%) elektro / nafta	Δ (%) LPG / nafta
Praha – Berlín	40,1	31,9	29,7	20	-7	-35
Vídeň – Varšava	74	53,4	54,6	28	2	-36

- největší úspora: elektro místo LPG na dlouhé trasy
- neexistuje přesná závislost mezi délkou cesty a úsporou emisí jednotlivých pohonů – pro elektromobily je na dvojnásobně delší trase úspora cca 1,75x, mezi LPG a naftou cca 1,8x
- úspora emisí při užití elektromobilu závisí na energetickém mixu každé země a k danému roku (např. 2025: pro cestu Vídeň – Paříž, cca 1230 km, jsou emise CO₂ jen 20,2 kg)

Děkuji za pozornost.

Zdroje informací

1. Kjótský protokol. [Kjótský protokol - EUR-Lex](#).
2. Pařížská dohoda. Dostupné informace zde: [Pařížská dohoda - Ministerstvo životního prostředí](#).
3. ČSN EN 16258 (762013:2013) Metodika pro výpočet a deklaraci spotřeby energie a emisí skleníkových plynů v přepravních službách (přeprava zboží a osob) – dostupná v AJ.
4. ISO 14083:2023 Greenhouse gases — Quantification and reporting of greenhouse gas emissions arising from transport chain Operations.
5. Směrnice Evropského Parlamentu a Rady 2003/87/ES ze dne 13. října 2003 o vytvoření systému pro obchodování s povolenkami na emise skleníkových plynů ve Společenství v platném znění.
6. Nařízení EP a Rady (EU) 2019/631 ze dne 17. dubna 2019, kterým se stanoví výkonnostní normy pro emise CO₂ pro nové osobní automobily a pro nová lehká užitková vozidla v platném znění.
7. Nařízení EP a Rady (EU) 2023/1805 ze dne 13. září 2023 o [využívání obnovitelných a nízkouhlíkových paliv v námořní dopravě](#).
8. Daŕripova evoluo kaj transporto. Broŝuro de la projekto Verden. 2021-2023. Projekt Erasmus+ (Udržitelný rozvoj a doprava). AJ verze: Sustainability and Transportation. Results of project. 2024.
9. [Německo začalo jako první na světě vyrábět "zelené" letecké palivo](#). Oenergetice.cz. 11.10.2021.

Vytvořeno v rámci projektu **Green Deal UPCE**, reg. č. NPO_UPCE_MSMT-2142/2024-4.

Toto dílo podléhá licenci Creative Commons BY-SA 4.0. Pro zobrazení licenčních podmínek navštivte <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>.

