

Projekt dekarbonizace dopravy

Energ Summit, Praha, 23. 11. 2023

Jiří Pohl, Siemens Mobility

Karbonizace a dekarbonizace

Nejvýznamnější událostí v dějinách lidstva nebyla žádná válka, žádná revoluce, žádné politické hnutí, ale **karbonizace, objev a užití fosilních paliv**.

Fosilní paliva dala lidstvu energii, která mu umožnila nejen do té doby nevídaný rozvoj průmyslu, dopravy a bydlení, ale i vzdělanosti a vědění.

Avšak platí nejen **zákon zachování energie**, který lidstvo motivuje k těžbě, importu, nákupu a spalování fosilních paliv, ale i **zákon zachování hmoty**, který způsobil, že spalováním fosilních paliv již lidstvo zvýšilo množství oxidu uhličitého v zemském obalu o 1,4 bilionu tun s důsledkem nevratných klimatických změn, které zhoršují podmínky pro život lidstva na Zemi.

S vědomím těchto skutečností se reprezentanti téměř 200 zemí z celého světa (včetně ČR) na konferenci v Paříži v roce 2015 dohodli, že zastaví zvyšování teploty ovzduší na hodnotě 1,5 až 2 °C. Následně Mezinárodní energetická agentura IEA spočetla, že k naplnění tohoto cíle je potřeba **dekarbonizace, ukončit do roku 2050 spalování uhlí, ropy a zemního plynu**.

Z fyzikálního hlediska je odklon od používání fosilních paliv reálný. energii, kterou dává lidstvu spalování **uhlí, ropy a zemního plynu za rok přinášejí paprsky slunečního záření k Zemi každých 40 minut**. Ale je to potřeba udělat **chytře**, neboť udržitelný rozvoj má nejen **environmentální, ale i ekonomickou a sociální dimenzi**.

Realita změny klimatu v ČR

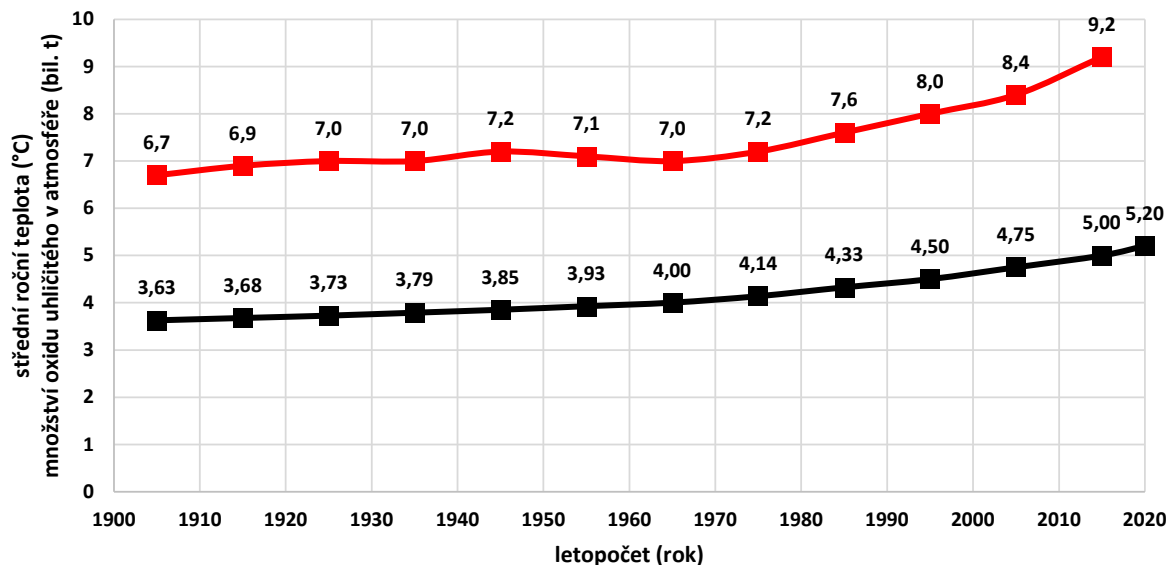
Nevratné klimatické změny, způsobené spalováním fosilních paliv s důsledkem růstu koncentrace oxidu uhličitého v zemském obalu jsou realitou. Závislost střední roční teploty ovzduší na množství oxidu uhličitého v zemském obalu je velmi zřejmá:

- ČR se na emisích významně podílí, produkuje 12 t CO₂ eqv./osobu/rok. Mezi roky 1905 a 2015 došlo spalováním uhlí, ropy a zemního plynu ke **zvýšení množství oxidu uhličitého v zemském obalu ze 3,63 bil. t na 5,00 bil. t, tedy o 1,37 bil. t.**
- střední roční teplota v ČR **vzrostla z hodnoty 6,7 °C v dekádě 1901 až 1910 na hodnotu 9,2 °C v dekádě 2011 až 2020, tedy o 2,5 °C za 110 let.** Z důvodu asymetrie tepelné kapacity Země roste teplota v ČR dvojnásobným tempem oproti celé Zemi.

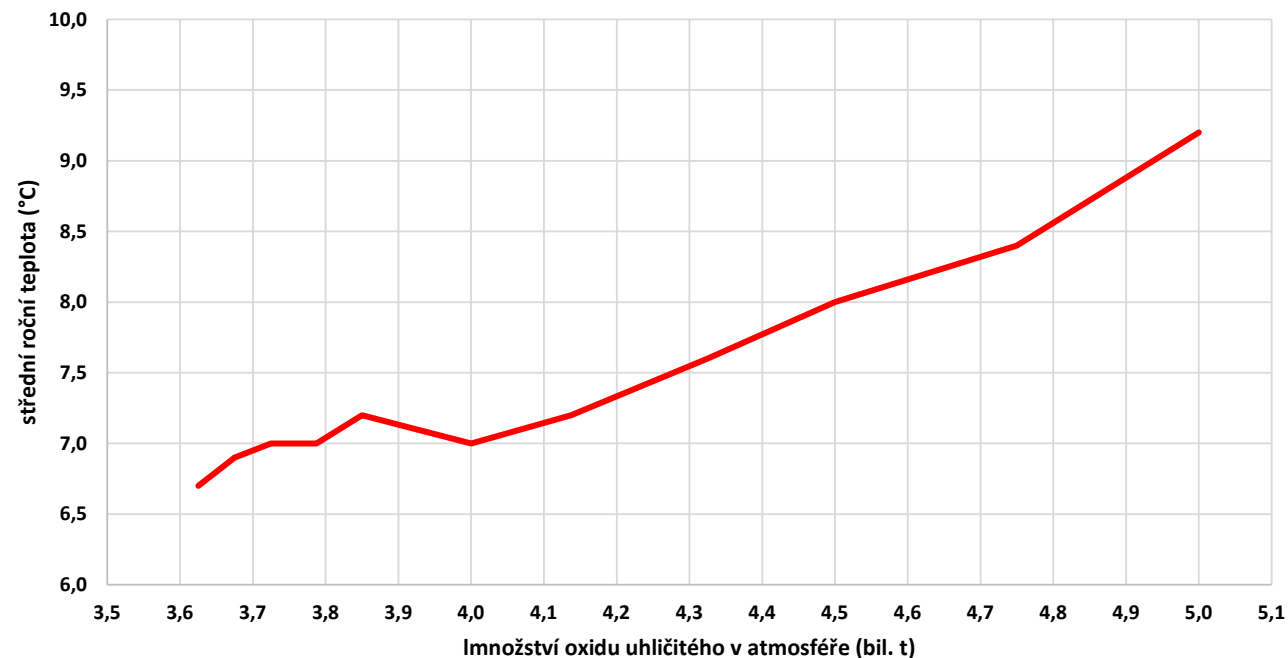
Příčina sucha, které ČR zažívá (**34 % území ČR je postiženo dlouhodobým suchem** a kontinuálním poklesem hadiny spodní vody), není nedostatek atmosférických srážek. V ČR ročně spadne i nyní v průměru zhruba **680 mm srážek ročně**, stejně jako na začátku minulého století. Jen jejich odpařování je vlivem zvýšené teploty více intenzivní a jejich odtok při náhlých deštích je četnější.

střední roční teplota ovzduší v ČR po dekádách
(roční srážky se držely v celém období na průměrné úrovni kolem 680 mm/rok)

—■— střední roční teplota —■— množství oxidu uhličitého



střední roční teplota ovzduší v ČR v závislosti na množství oxidu uhličitého v atmosféře



Projektové řízení dekarbonizace

Odklon od **života v rovnováze s přírodou k životu závislém a spalování fosilních palivech** 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 období pouhých 27 let (2023 až 2050) samovolně nenastane, dekarbonizace je řízeným procesem. Pokud má dekarbonizace proběhnout efektivně a zdárně, musí být **uchopena jako projekt**, tedy musí mít:

- **motiv,**
- **cíl,**
- **nástroje,**
- **zdroje,**
- **projektové řízení.**

Motiv je zřejmý (**zatavení změn klimatu**), cíl též (**zbavit se do roku 2050 závislosti na fosilních palivech**).

Také nástroje jsou k dispozici. A to jak technické (inovativní technologie), tak i ekonomické (například EU ETS).

Zdroje jsou k dispozici též, a to především lidské. **Lidská práce je obnovitelným zdrojem.**

Nic nebrání tomu **uchopit dekarbonizaci jako projekt a řídit ji jako projekt.**

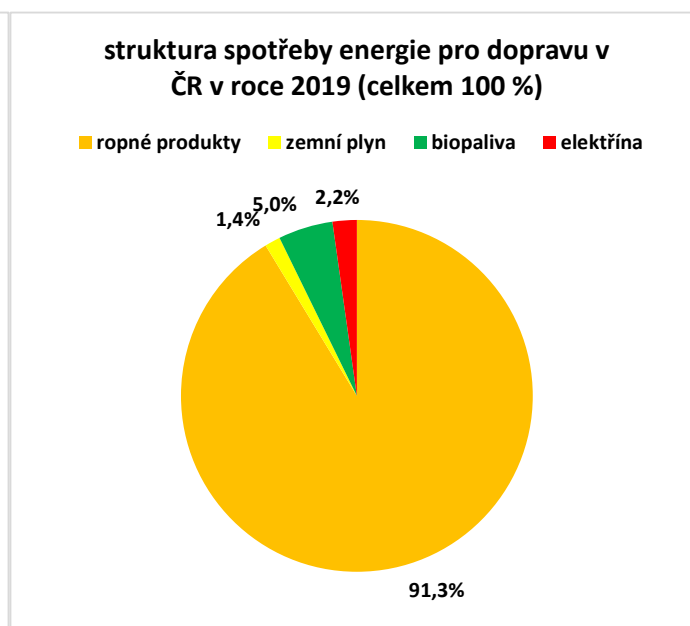
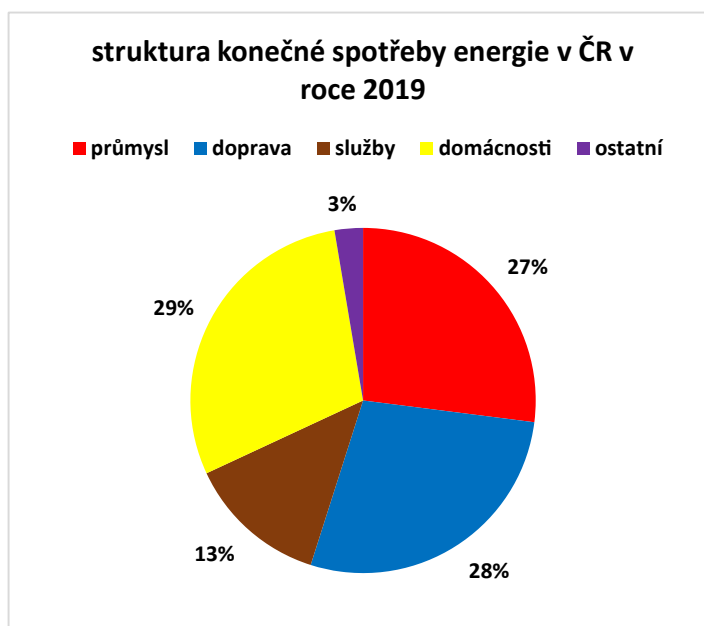
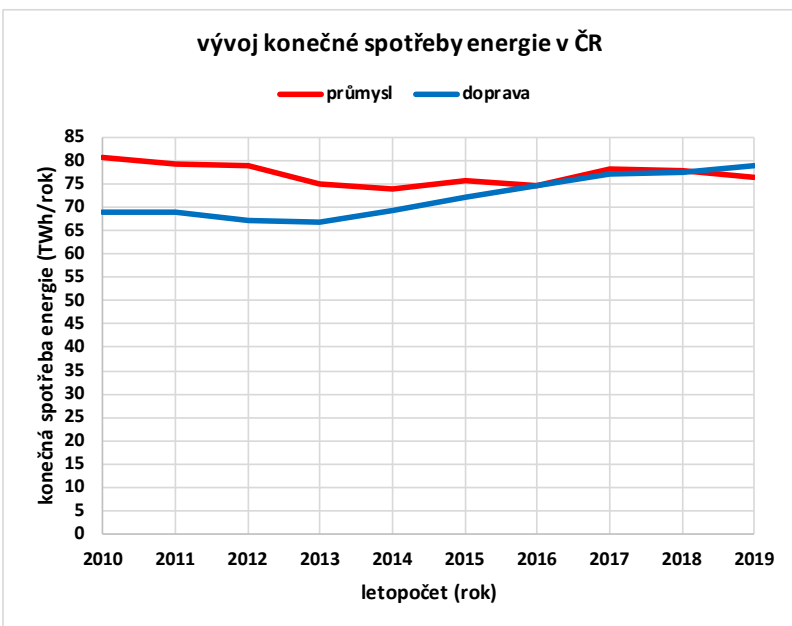
To platí i pro dekarbonizaci dopravy.

Energetická náročnost dopravy v ČR

Rada EU schválila v červenci 2023 novelizaci směrnice 2012/27/EU o zvyšování energetické účinnosti. ČR má zvýšit tempo nových úspor energie z dosavadních 0,8 %/rok na 1,3 %/rok od roku 2024, 1,5 %/rok od roku 2026 a 1,9 %/rok od roku 2028.

Na rozdíl od příznivého vývoje při snižování spotřeby energie v oblasti průmyslu a domácností se v období do roku 2020 doprava vyvíjela zcela opačně, spotřeba energie v dopravě vytrvale rostla o cca 3 % ročně. Extenzivní rozvoj dopravy způsobil, že spotřeba energie pro dopravu již v ČR překonala spotřebu energie v průmyslu. Přitom **93 % energie pro dopravu tvoří fosilní paliva**, 5 % biopaliva a 2 % elektrická energie.

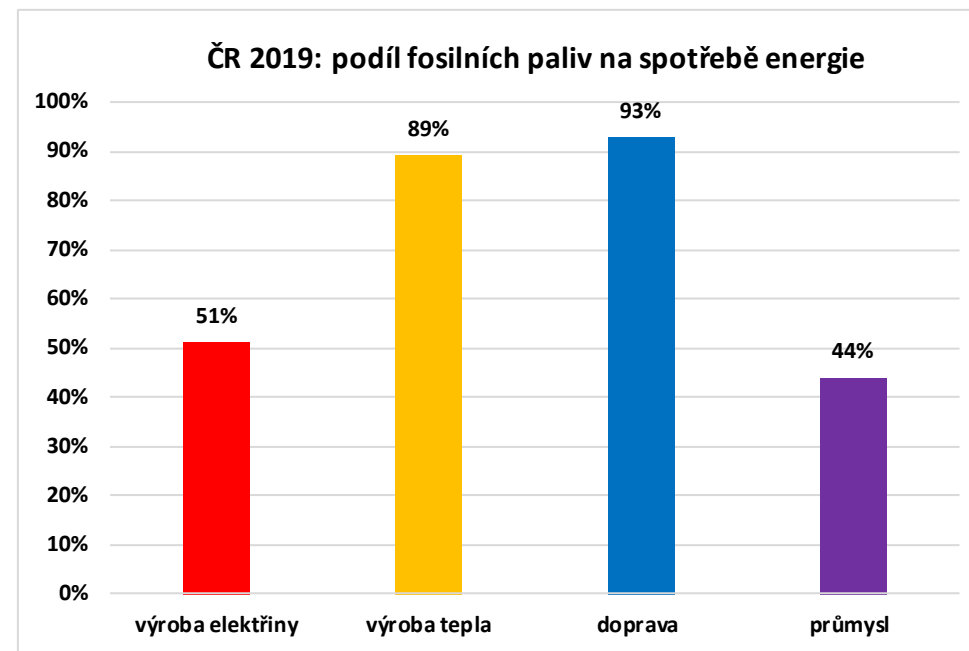
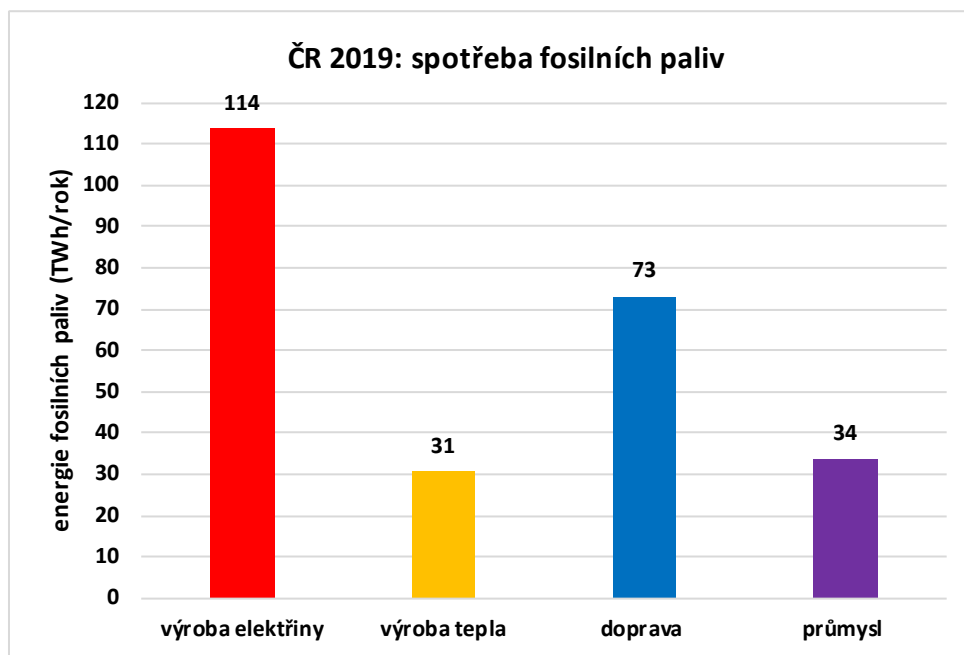
=> ke splnění cílů ČR v oblasti energetiky a klimatu je nutno v období 2021 až 2030 zapojit do systematického trendu a programů úspor energie kromě průmyslu a domácností plnohodnotně i dopravu.



Energetická bilance ČR 2019 (poslední rok před Covid 19): fosilních paliva

Emisní povolenky EU ETS dosud regulují jen zhruba polovinu tuzemské produkce oxidu uhličitého splováním fosilních paliv. Tato část spotřeby již významně pociťuje jejich dopad a proto intenzivně řeší dekarbonizaci (například: teplárenství).

Od roku 2027 dojde ke zpoplatnění produkce oxidu uhličitého i v oblastech dosud neregulovaných emisními povolenkami EU ETS (včetně dopravy).



- doprava je v ČR větším spotřebitelem fosilních paliv, než výroba tepla a průmysl dohromady,
- doprava je ze všech hospodářských odvětví ČR největším podílem závislá na fosilních palivech,
- doprava se brzy stane největším spotřebitelem fosilních paliv v ČR (klesající trend v energetice a rostoucí trend v dopravě).

Motivace k dekarbonizaci dopravy

1. Ochrana klimatu

V energetice a v průmyslu je v ČR inovativními investicemi systematicky snižováno používání fosilních paliv a spolu s tím i produkce oxidu uhličitého. **Je neúnosné, aby se i nadále vyvíjela doprava zcela opačně,**

2. Ochrana zdraví

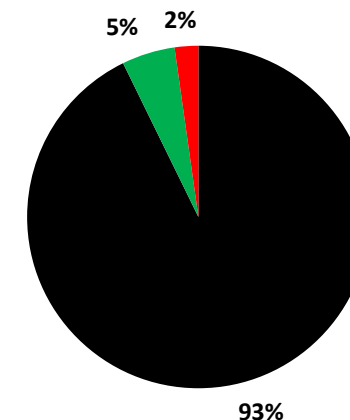
V ČR jsou systematicky snižovány emise zdraví škodlivých látek z lokálních topenišť a z průmyslové výroby. Doprava za tímto trendem zaostává. **Ve městech se doprava stala dominantním (až 90 %) znečišťovatelem ovzduší zdraví škodlivými látkami** (oxidy dusíku NO_x, polyaromatické uhlovodíky PAH, prchavé organické látky VOC a jemné prachové částice PM).

3. Ochrana míru

93 % spotřeby energie pro dopravu činí v ČR importovaná fosilní paliva. Země EU nemají vlastní zdroje ropy a dovážejí 99 % ropy, respektive ropná paliva, a to zpravidla z problematických zemí. To je činí **nesvobodnými a vydíratelnými**. Proti svému přesvědčená **financují nákupem ropy vyzbrojování agresivních armád,** které si nepokrytě kladou cíl je dobýt a získat.

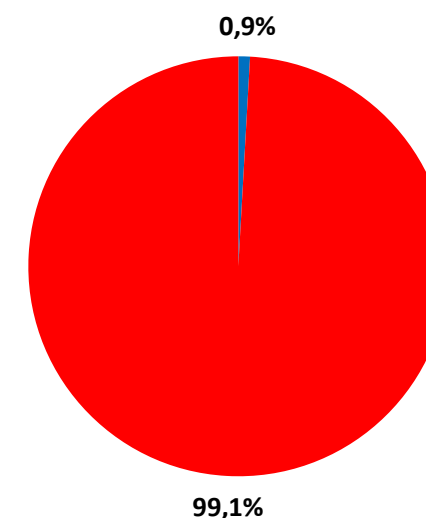
struktura spotřeby energie pro dopravu v ČR v roce 2019 (celkem 100 %)

■ importovaná fosilní paliva ■ biopaliva ■ elektřina



ropná bilance zemí EU

■ vlastní zdroje ■ dovoz



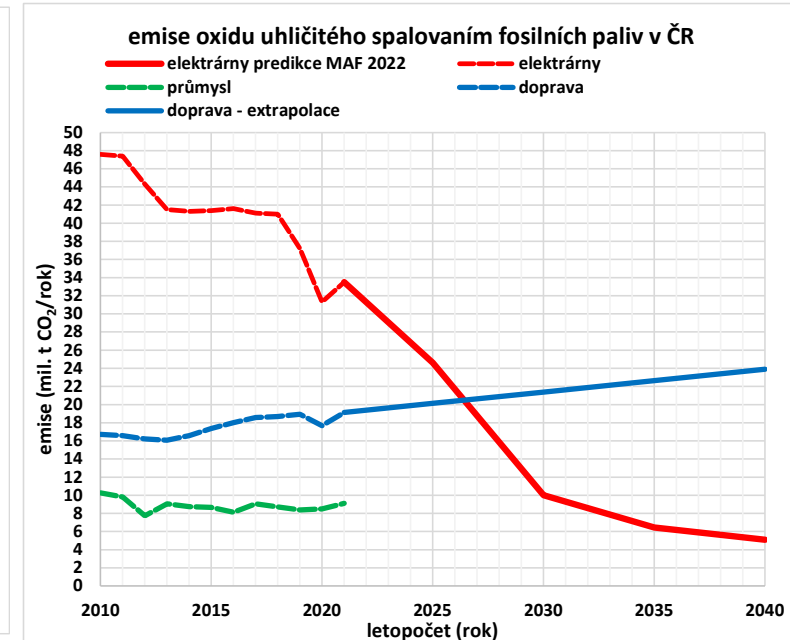
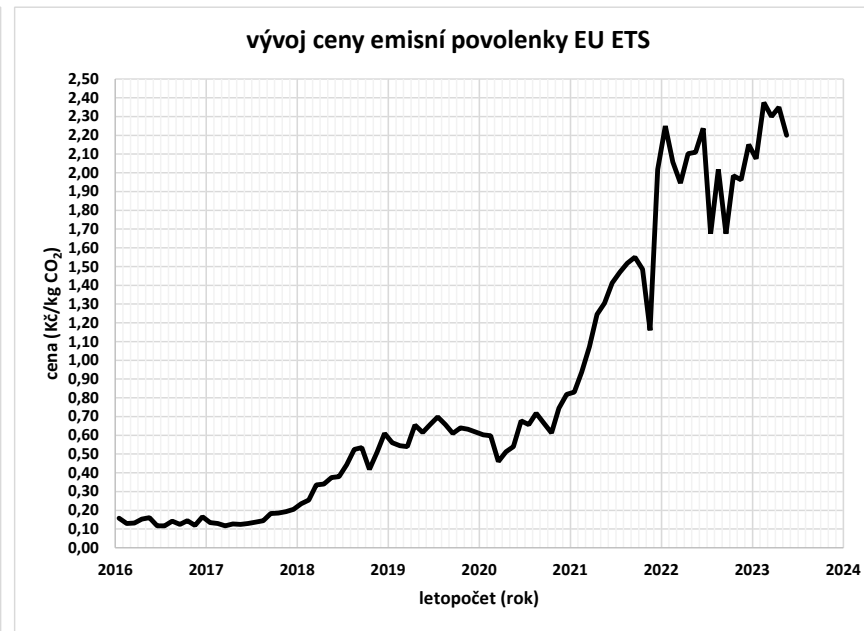
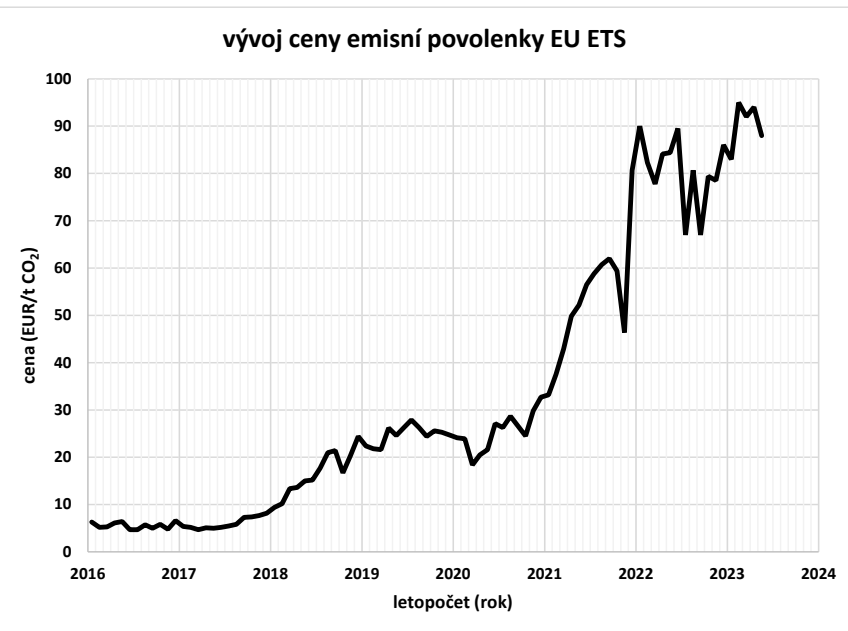
Dekarbonizace hospodářství ČR

Proces dekarbonizace (odklon od používání fosilních paliv) je v zemích EU řízen **systemem emisního obchodování EU ETS**. Množství na trhu obchodovatelných fosilních paliv je limitováno počtem ročně vydávaných emisních povolenek oxidu uhličitého, který je **postupně snižován**.

Dekarbonizaci energetiky výrazně akceleruje ekonomika: platby za emisní povolenky činí výrobu **elektrické energie v uhelných elektrárnách nekonkurenceschopnou** vůči bezemisním obnovitelným zdrojům.

Pokud by v dopravě nenastala radikální změna, a nadále by ve velkém rozsahu využívala fosilní paliva, stala by se zhruba v **roce 2027 doprava největším producentem oxidu uhličitého v ČR**. To by bylo pro jakékoliv podnikání v ČR a zejména pro strategické investování v ČR velmi nepříjemné. Podle zásad nefinančního účetnictví ESG se bude již od roku 2025 započítávat uhlíková **stopa dopravy do uhlíkové stopy organizace podle ISO 14 064 a do uhlíkové stopy produktu podle ISO 14 067**.

V prostředí s vysokou uhlíkovou stopou vstupů (elektrické energie a dopravy) nelokalizují investoři své strategické investice a opouštějí je.



Proces dekarbonizace dopravy

Dosavadní nesymetrie (průmysl a energetika platí emisní povolenky, doprava a domácnosti ne) bude odstraněna. Vytvořením **subsystému EU ETS 2** budou od roku 2027 zahrnuta do systému emisního obchodování i **fosilní paliva pro dopravu**.

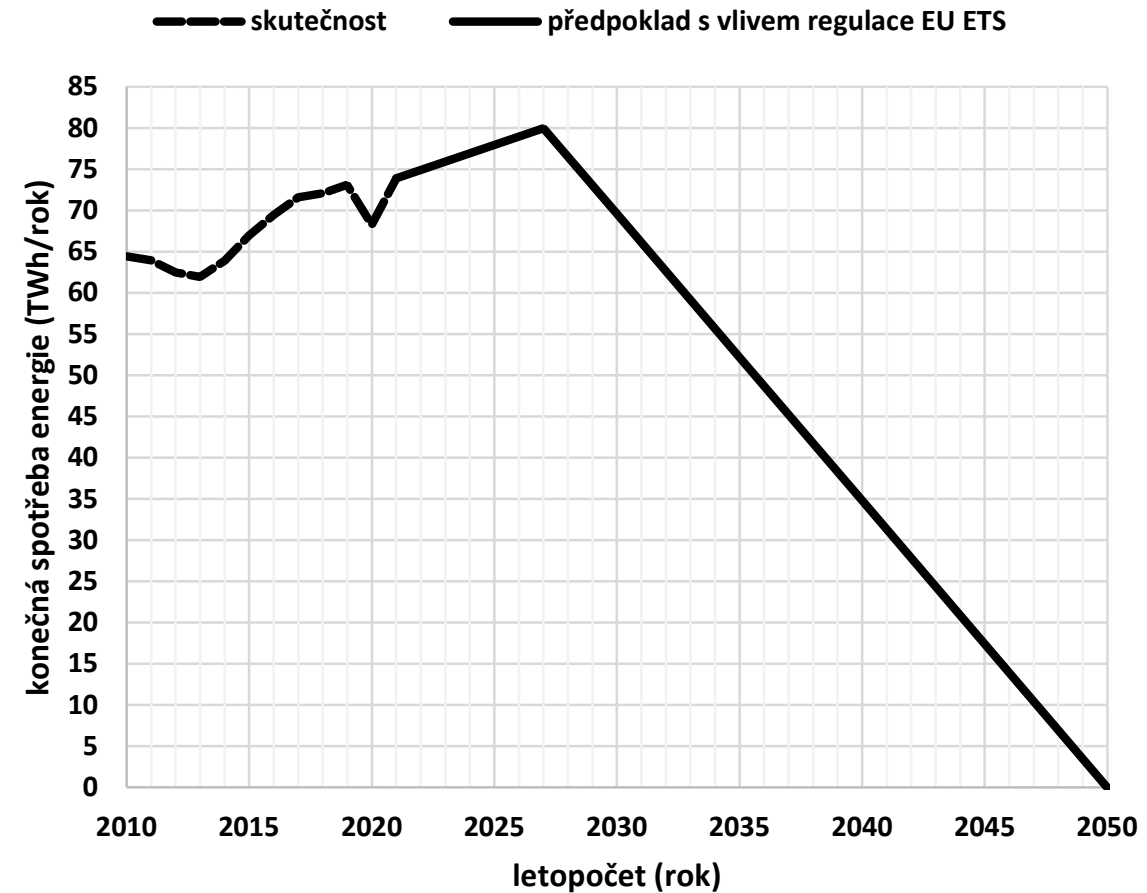
Trajektorie poklesu množství na trhu obchodovatelných fosilních paliv je řízena **lineárním redukčním faktorem**, který určuje tempo snižování množství ročně vydávaných emisních povolenek oxidu uhličitého. A to cíleně **k nule v roce 2050**.

Je v zájmu spotřebitelů fosilních paliv se této trajektorii přizpůsobit svými inovačními aktivitami, které vedou k poklesu spotřeby energie cestou zvyšování energetické účinnosti a odklonem od používání fosilních paliv.

V opačném případě by byla **tržní cena emisních povolenek** vysoká, aby restriktivně motivovala spotřebitele k úspornému chování.

Lineární trajektorie dekarbonizace je výhodná i z hlediska **rovnoměrnosti investičního cash-flow**.

konečná spotřeba energie fosilních paliv v dopravě v ČR



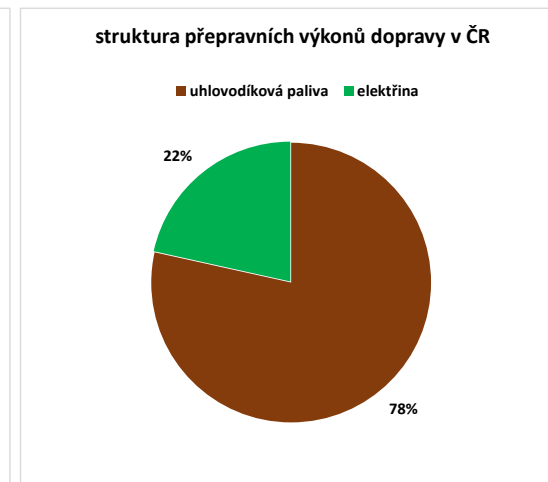
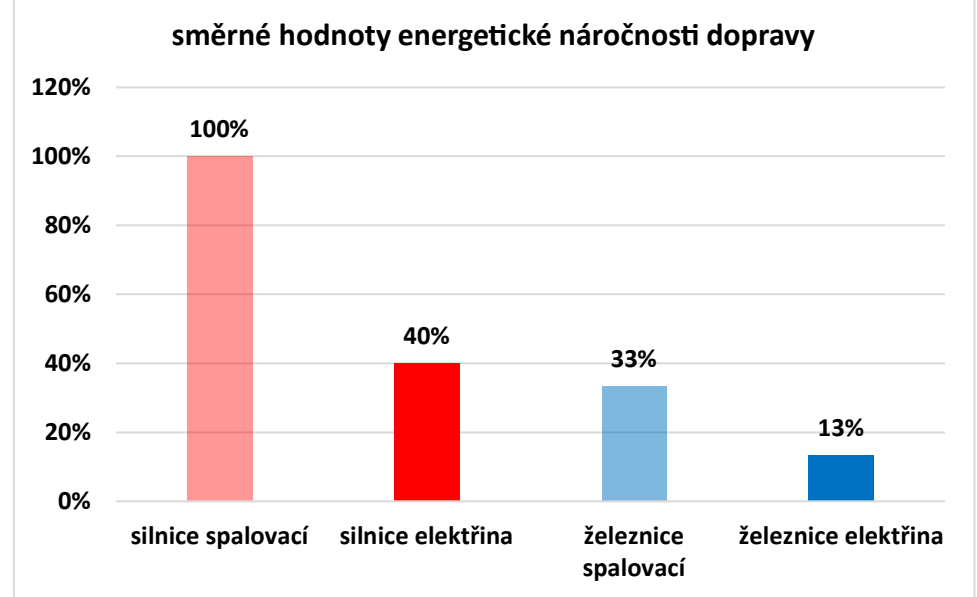
Nástroje k dekarbonizaci dopravy

Doprava v ČR nyní spotřebuje kolem **80 GWh/rok fosilních paliv**, zejména ropných. Zadání pro dopravu je jednoduché: **zajistit od roku 2050 dopravu osob a věcí udržitelným způsobem, tedy bez fosilních paliv.**

Není reálné do roku 2050 nahradit 80 GWh/rok fosilních paliv 80 GWh/rok biologických paliv. Ale je reálné zásadním způsobem snížit spotřebu energie pro dopravu a toto snížené množství energie pokrýt energií z obnovitelných zdrojů. K tomu má doprava dva nástroje:

- náhrada pohonu vozidel **spalovacími motory s účinností kolem 32 % elektrickým pohonem s účinností kolem 80 %, tedy s 2,5krát nižší energetickou náročností (intramodální úspory energie),**
- **převod silných a pravidelných přeprav** ze silniční automobilové dopravy (vysoký odpor valení pneumatik po vozovce, vysoký aerodynamický odpor samostatně jedoucích vozidel) na železnici (nízký odpor valení ocelových kol po ocelových kolejnicích, nízký aerodynamický odpor v zákrytu jedoucích vozidel tvořících vlak), **tedy s 3krát nižší energetickou náročností (extramodální úspory energie).**

Důležité železniční tratě jsou liniové elektrizovány, při převodu přeprav ze silnice na železnici se oba faktory násobí, **energetická náročnost klesá 7,5krát.** Náležité využití tohoto efektu je nutnou podmínkou dekarbonizace dopravy.



Díky dominantnímu rozšíření elektrické vozby v energeticky úsporné kolejevém dopravě **zajišťuje elektřina s pouhým 2 % podílem na spotřebě energií pro dopravu v ČR 22 % přepravních výkonů** veškeré dopravy.

Silnice a železnice

Na silniční a železniční dopravu je dosud nahlíženo jako na dva konkurenční druhy dopravy, zpravidla i tak jednají. Budoucnost dopravy není v soupeření silniční a železniční dopravy, ale ve **spolupráci silniční a železniční dopravy**.

silniční doprava

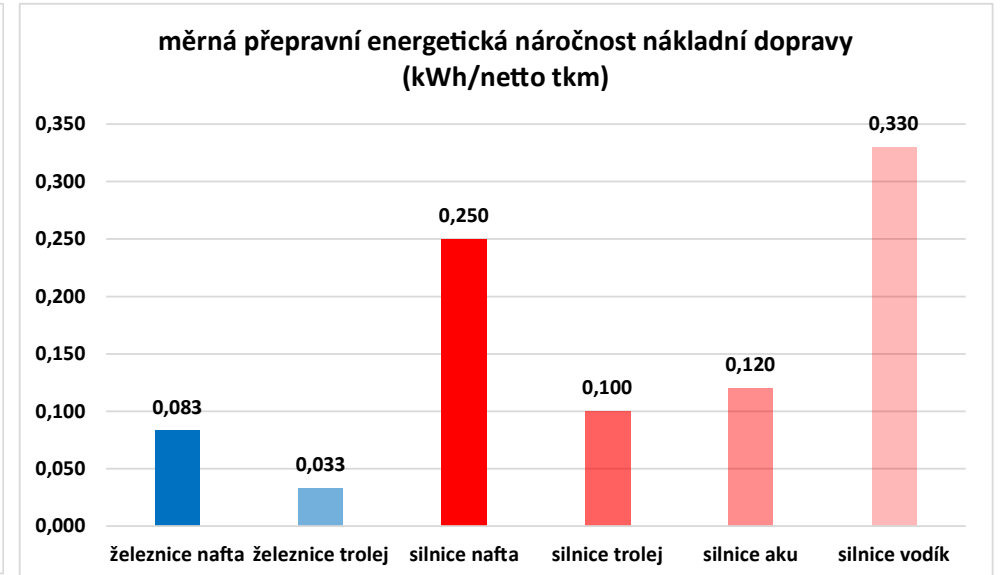
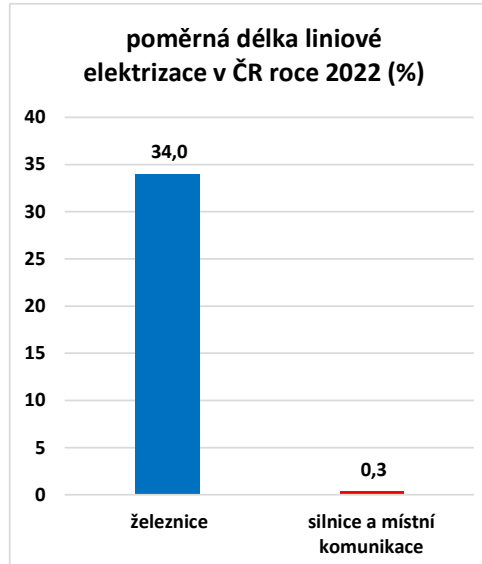
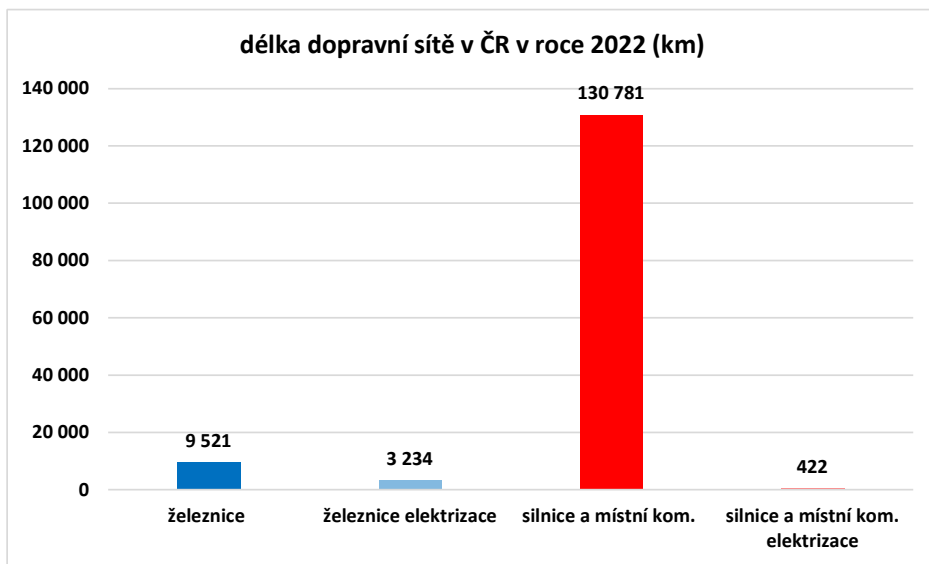
- předností je **rozsáhlá síť silnic a místních komunikací**, plošně pokrývající celou plochu území,
- slabinou je **vysoká energetický náročnost, vazba na fosilní paliva a chybějící (a nereálná) liniová elektrizace**. Nutností je používat zásobníky energie, které svou reálnou energetickou vydatností omezují dojezd vozidel

železniční doprava

- předností je **nízká energetický náročnost**, nezávislost na fosilních palivech a rozvinutá liniová elektrizace, neomezující dojezd vozidel,
- slabinou **řídka síť prakticky využitelných železnic**, nepokrývající celou plochu území.

Cílem je promyšleně **kombinovat železniční a silniční dopravu** tak, aby byly efektivně využívány jejich přednosti:

- železnice: nízká energetická náročnost, technicky vyřešená a široce zavedená liniová elektrizace, vysoká produktivita vozidel a personálu,
- silnice: schopnost plošné obsluhy území, flexibilita a operativnost



Dekarbonizace dopravy v ČR

Průběh dekarbonizace dopravy je v zásadě určen **pravidly emisního obchodování EU ETS**, respektive EU ETS 2:

- počínaje rokem 2027 počet ročně vydaných emisních povolenek bude lineárním redukčním faktorem každým rokem **postupně snižován** (černá čára),
- v roce **2050 nebude vydána žádná emisní povolenka**, doprava nebude mít k dispozici žádná fosilní paliva (fialová čára).

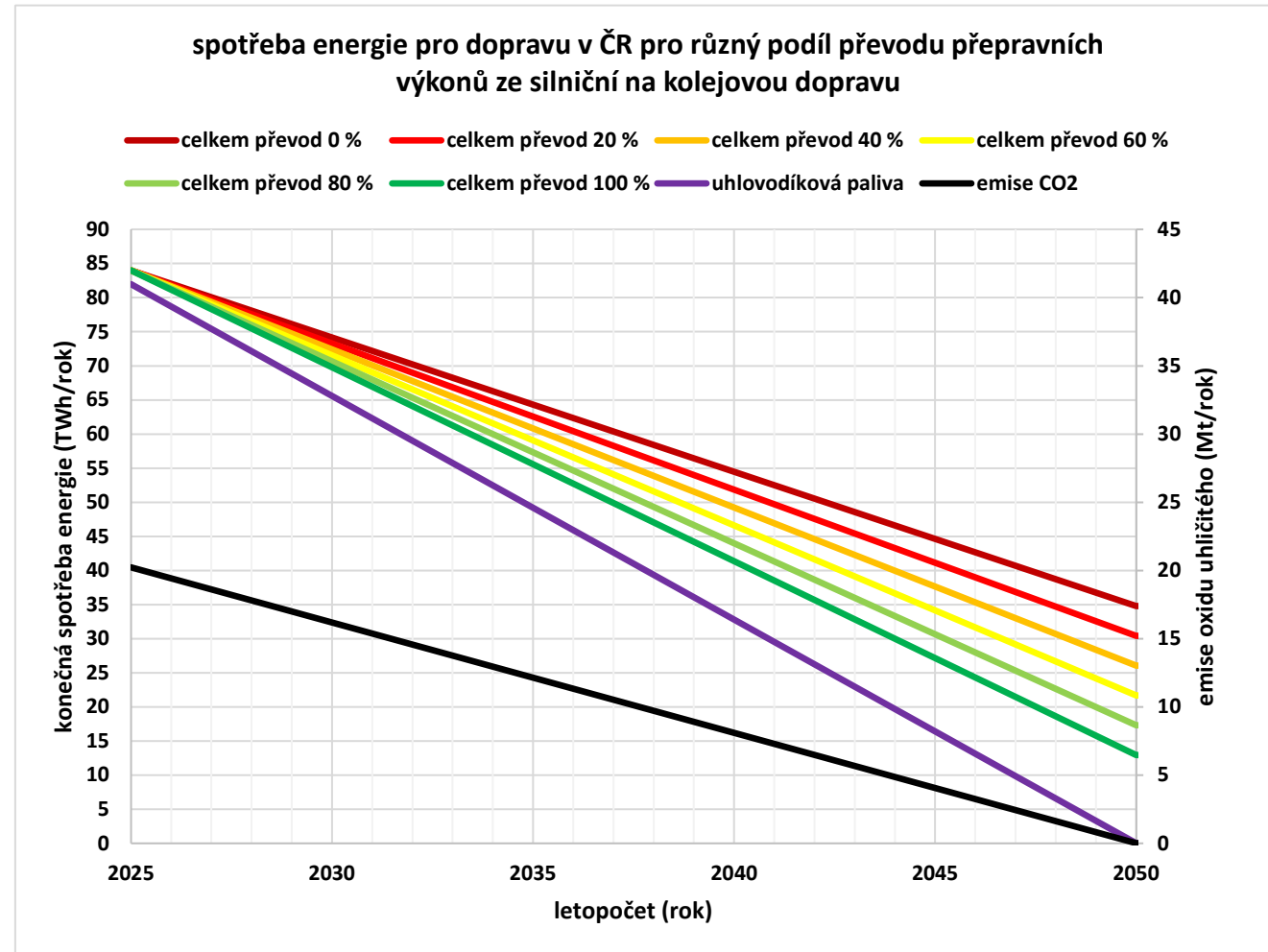
Cílem je **zajistit mobilitu osob a věcí i bez fosilních paliv**, tedy elektricky. A to **ve vysoké kvalitě a s optimální výší nákladů**.

Ve **výchozím stavu (rok 2025)** potřebuje doprava:

- cca 82 TWh/rok energie uhlovodíkových paliv,
- cca 2 TWh/rok elektrické energie (ta však díky vysoké efektivitě zajišťuje 22 % přepravních výkonů).

V **cílovém stavu (rok 2050)** bude potřebovat doprava:

- 0 TWh/rok energie uhlovodíkových paliv,
- cca 13 až 35 TWh/rok elektrické energie (v závislosti na míře **přesunu přepravních výkonů ze silniční dopravy na energeticky úspornější kolejovou dopravu**).



Pro srovnání:

- **tuzemská čistá spotřeba elektrické energie** v ČR v roce 2022: **63 TWh/rok**,
- předpokládaná produkce nové **JE Dukovany** o výkonu 1,2 GW: **8 TWh/rok**,
- **nárůst spotřeby elektrické energie pro dopravu** v ČR při náhradě uhlovodíkových paliv (v závislosti na míře převodu dopravy ze silnic na železnici: **11 až 33 TWh/rok**).

Dekarbonizace dopravy v ČR

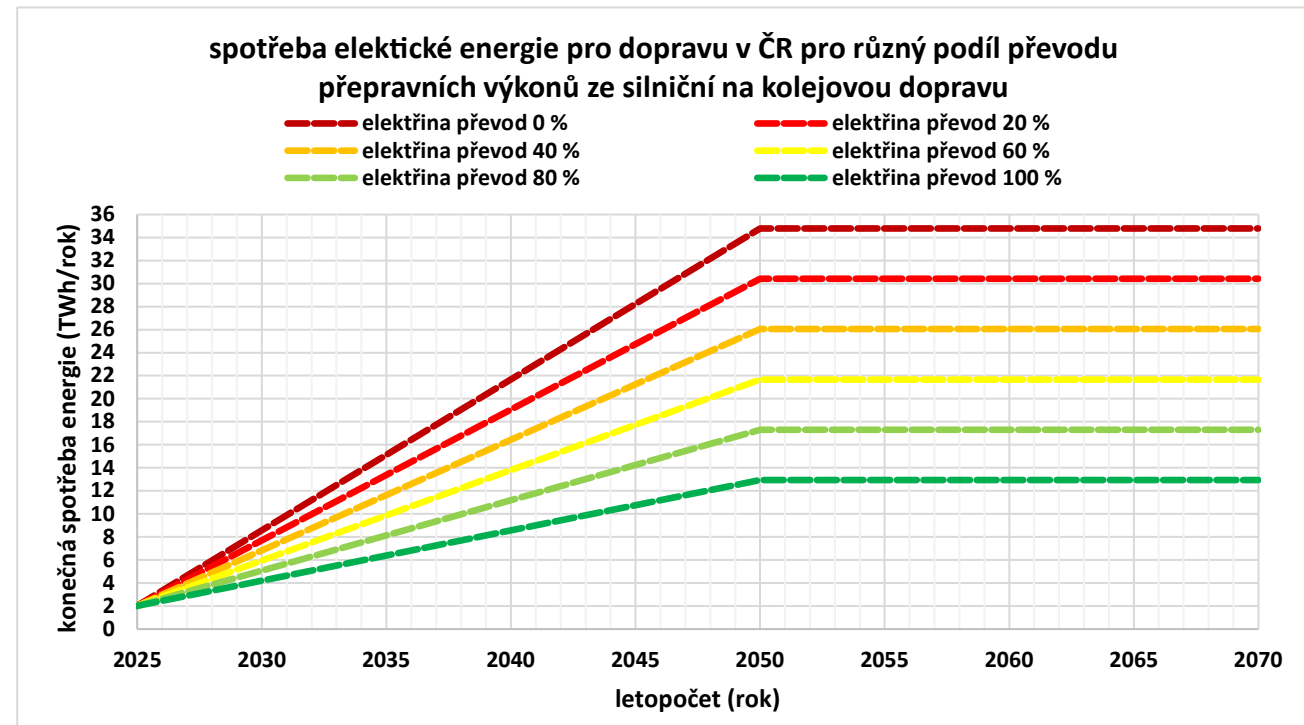
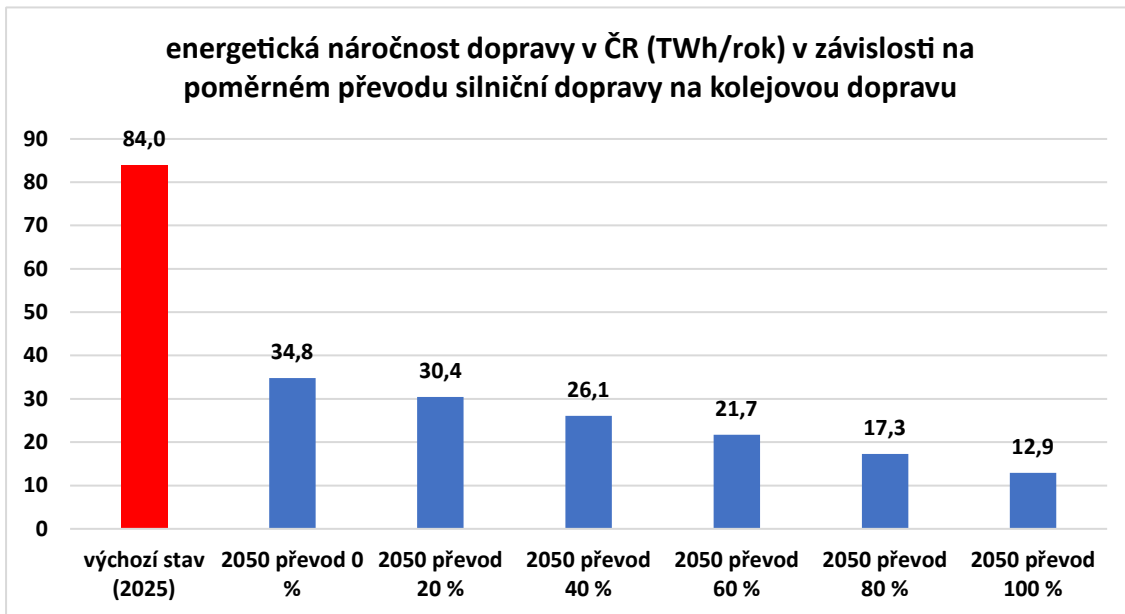
Odklon od používání uhlovodíkových paliv v dopravě má celou řadu pozitivních přínosů:

- příspěvek k **zastavení nevratných klimatických změn**, které již na ČR velmi těžce doléhají (chronické sucho z důvodu zvýšení střední roční teploty z 6,7 °C na 9,2 °C),
- zásadní **ozdravení životního prostředí** (snížení emisí NO_x, PM, PAH, VOC, ...),
- odstranění závislosti ČR na platbách za dovoz ropy a ropných paliv, využitelných k **vyzbrojování militantních zemí**,
- **zvýšení konkurenceschopnosti průmyslu** snížením uhlíkové stopy dopravy, která podle ISO zásadním způsobem vstupuje do uhlíkové stopy organizace i do uhlíkové stopy produktu.

Vede však k výraznému **nárůstu spotřeby elektrické energie pro dopravu**. Ten však lze **výrazně redukovat zhruba na jedna třetinu** u každé přepravy, kterou se podaří převést ze silnice na železnici.

Doprava a energetika tvoří základ kritické infrastruktury státu. Proto je nutností řešit jejich dekarbonizaci **společně a koordinovaně**.

V první řadě minimalizovat optimální strukturou dopravy požadavky na zdroje energie.



Energetická, ekonomická a environmentální udržitelnost mobility

Současná podoba mobility, založená na spalování uhlovodíkových paliv převážně fosilního původu, je z klimatických, environmentálních i geopolitických důvodů **neudržitelná**, je nutno nahradit ji udržitelnou mobilitou. Ta bude:

- bezemisní (produkce emisí se neslučuje s udržitelností),
- multimodální (není jediný univerzálně použitelný druh dopravy, kooperace a komplementárnost jsou racionální nutností).

Udržitelnost multimodální bezemisní mobility má tři dimenze:

- **environmentální** (bez fosilních paliv, bez klima poškozujících emisí CO₂, bez zdraví poškozujících emisí),
- **ekonomickou** (vyváženost nákladů a výnosů, efektivnost investic, energetická nenáročnost),
- **sociální** (dostupnost, kvalita).

Základní podmínkou udržitelnosti je **ekonomická udržitelnost**:

- bez ekonomické rovnováhy nelze splnit věčný cíl dekarbonizace, a tím zajistit environmentální udržitelnost mobility,
- bez ekonomické rovnováhy nelze zajistit mobilitu osob a věcí, a tím zajistit sociální udržitelnost mobility.

Dekarbonizace dopravy má dva základní kroky:

- **snížení energetické náročnosti** přepravy osob či věcí (kWh/os km, kWh/netto tkm) cestou zvýšení energetické účinnosti,
- **náhrada fosilních paliv** obnovitelnými zdroji energie.

Oba tyto kroky je potřebné vykonat **ekonomicky efektivně**.

Financování dekarbonizace

Celkové investiční náklady na proces úplné (0 kg CO₂/rok) dekarbonizace dopravy osob a věcí v ČR na straně dopravních prostředků a infrastrukturního energetického zázemí pro jejich provoz budou činit (velmi hrubě odhadnuto) **přes 10 bilionů Kč**.

Taková částka vyžaduje nejen příslušně dlouhé časové období (horizont roku 2050), ale i vícezdrojové financování:

- **občané** (typicky: nákup individuálních dopravních prostředků),
- **podnikatelé mimo oblast dopravy** (typicky: nákup služebních dopravních prostředků),
- **podnikatelé v oblasti dopravy** (typicky: nákup dopravních prostředků veřejné dopravy),
- **veřejné rozpočty** (typicky: 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.

Koordinace těchto aktivit a s nimi spojených finančních toků je důležitou součástí projektového řízení dekarbonizace dopravy.

Multimodální mobilita

Dosavadní pojetí dopravy, založené jak v oblasti dopravy osob, tak i v oblasti dopravy věcí, na dominantním podílu automobilové dopravy, zajišťované vozidly poháněné spalovacími motory, je již v horizontu nejbližších let neudržitelný:

- doprava patří spotřebou přes 80 TWh/rok největším konečným spotřebitelem energie v ČR,
- spotřeba energie v dopravě vydatně roste (zhruba o 3 % ročně),
- energie pro dopravu je z 93 % tvořena fosilními palivy, importovanými zejména z rizikových zemí,
- doprava produkuje spalováním fosilních paliv 20 mil. tun CO₂/rok, to je více než dvojnásobek oproti průmyslu,
- ztrátové teplo spalovacích motorů dopravních prostředků v úrovni cca 52 TWh/rok násobně převyšuje produkci tepla dodávaného teplárnami svým odběratelům.

Náhradu za současné pojetí dopravy je multimodální udržitelná mobilita. Je založena jak v oboru přepravy osob, tak i v oboru přepravy věcí na výhradním použití elektrických vozidel (prioritně s liniovým elektrickým napájením, doplňkově se zásobníky energie) a jejím základním principem jsou kooperativnost (schopnost spolupracovat) a komplementárnost (schopnost se doplňovat) jednotlivých druhů dopravy:

- v směru **silných a pravidelných přepravních proudů** veřejná hromadná doprava, zejména kolejová a zejména s liniovým elektrickým napájením, neboť se vyznačuje nízkou energetickou a plošnou náročností (avšak vyžaduje vybudování a provozování investičně náročného systému)
- v směru **slabých a nepravidelných přepravních proudů** individuální doprava, zajišťovaná zpravidla elektrickými vozidly se zásobníky energie, neboť ne vyžaduje vybudování a provozování investičně náročného systému (avšak za cenu vyšší energetické i plošné náročnosti).

Každý druh dopravy má logiku používat tam a jenom tam, kde převažují jeho výhody nad nevýhodami.

Role veřejné hromadné dopravy v multimodální mobilitě

Veřejná hromadná doprava, zejména kolejová s liniovým elektrickým napájením, se ve srovnání s individuální automobilovou dopravou vyznačuje řadou pozitivních vlastností:

- nižší energetická náročnost,
- nulové místní emise zdraví škodlivých látek,
- vyšší rentabilita investic do vozidel daná jejich vyšší produktivitou (denní doba využívání cca 14 až 20 hodin),
- vyšší rentabilita investic do vozidel daná jejich vyšším středním obsazením,
- nižší nároky na plochy komunikací pro jízdu,
- odpadá zábor veřejných ploch a exponovaných částech města pro parkování.

Proto má logiku **ve směrech přepravní poptávky zřizovat a provozovat veřejnou hromadnou dopravu**. Ve směrech silných a pravidelných přepravních proudů je veřejná hromadná doprava díky krátkým intervalům mezi spoji pro obyvatelstvo velmi atraktivní. A zároveň je **pro své vysoké zatížení ekonomicky vysoce efektivní**.

Pro společensky prospěšnou motivaci cestujících k preferenci veřejné hromadné dopravy před dopravou individuální **je nutno split dvě základní podmínky:**

- **kvalitativní:** veřejná hromadná doprava musí nabízet obyvatelstvu bezpečnost, spolehlivost, dochvilnost, rychlost a pohodlí a tím obyvatelstvo pozitivně motivovat k přirozené preferenci veřejné hromadné dopravy,
- **kvantitativní:** veřejná hromadná doprava musí disponovat dostatečnou přepravní kapacitou, aby dokázala přijmout přepravní poptávku při nesnížené úrovni kultury cestování (i kvantita je součástí kvality)

Fyzikální limity automobilu

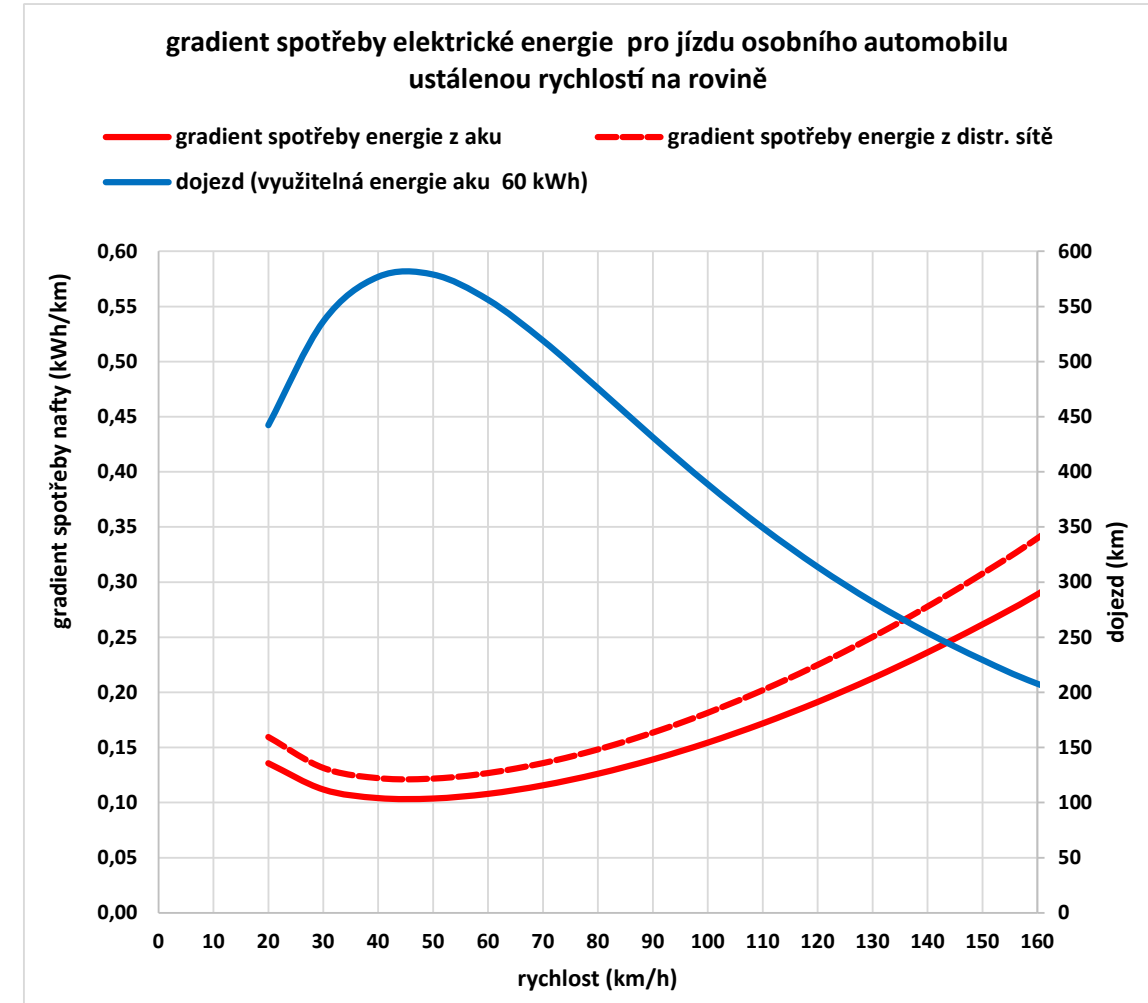
Náhrada spalovacích automobilů elektrickými přináší z hlediska energetiky tři benefity:

- zásadní (cca 2,5násobné) **zvýšení energetické účinnosti**,
- schopnost **doplňovat zásoby energie kdekoliv, a to i v průběhu parkování**,
- schopnost využívat kinetickou a potenciální energii **k rekuperačnímu zastavovacímu a spádovému brzdění**.

Rekupační brzdění zásadním způsobem **snižuje energetickou náročnost elektrického automobilu** v městském provozu, který je pro praktické použití automobilů typický (v ČR průměru ujede osobní denně 30 km). Běžném provozu osobního automobilu odpovídá **testovací cyklus WLTP se střední cestovní rychlostí 46 km/h**, který byl vytvořen na základě statistických analýz reálného provozu osobních automobilů.

Avšak dva základní systémové energetické nedostatky automobilu, kterými jsou vysoký **valivý odpor pneumatik po vozovce** a vysoký aerodynamický odpor samostatně jedoucích krátkých vozidel výměna pohonu neřeší.

Aerodynamický odpor roste s druhou mocninou rychlosti a spolu s ním roste spotřeba energie potřebná k jeho překonání. To se mimo jiné projevuje i **radikálním poklesem dojezdu při vyšších rychlostech**. Individuální doprava není fyzikálně vhodná pro rychlé cestování, vozidla pro malý počet osob jsou **příliš krátká a málo štíhlá**, k tomu, aby mohla s rozumnou spotřebou energie jezdit rychle.



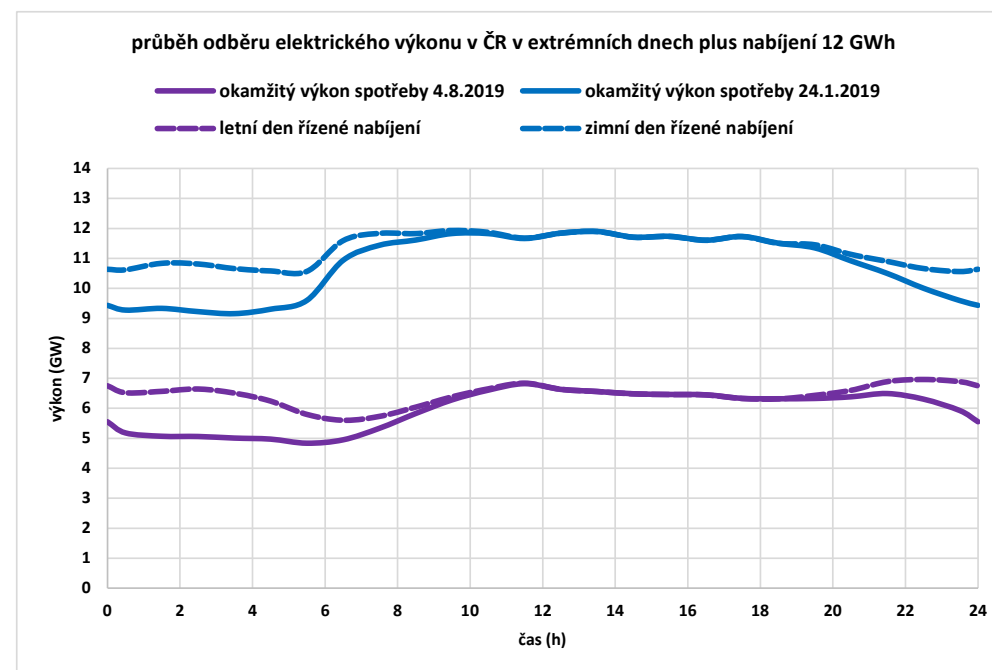
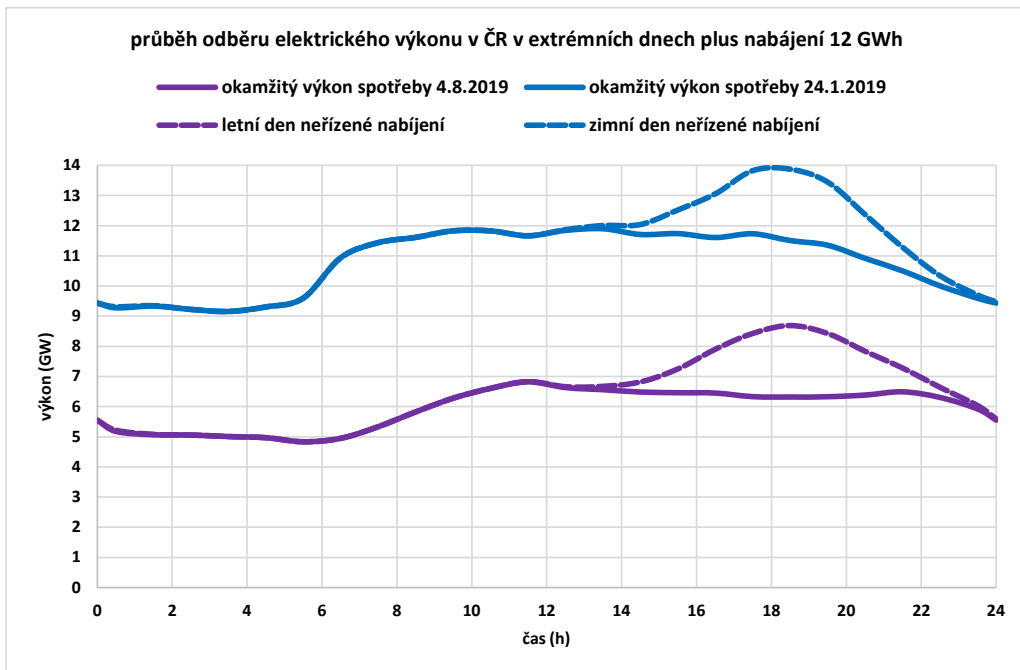
Nabíjení osobních automobilů

Z pohledu minimalizace ztráty času, životnosti akumulátorové baterie, výše platby a hospodárného zatěžování elektrizační soustavy (zdrojů i přenosové a distribuční sítě) je **nejvýhodnější pomalé AC nabíjení při parkování, proto je celosvětově nejvíce používáno (80 až 90 %).**

V ČR registrovaný osobní spalovací automobil je denně využíván 39 minut a ujede 30 km. V témže režimu bude elektrický automobil v průměru denně potřebovat z distribuční elektrické sítě cca 6 kWh a má k tomu při parkování čas 23 hodin a 21 minut.

Základem spolupráce automobilu s elektrizační soustavou (centralizovanou či decentralizovanou) je použití internetu věcí k řízení spolupráce automobilů s elektrizační soustavou (smart grids). Vhodným přesunutím začátku nabíjení z období denní špičky do období nočního sedla lze zásadním způsobem snížit požadavek na výkonnost zdrojů.

Níže uvedené obrázky znázorňují řízené a řízené nabíjení 2 000 000 osobních automobilů (12 GWh/den) v ČR. Základním principem je řízení okamžiku připojení nabíjených jednotlivých automobilů k distribuční síti.

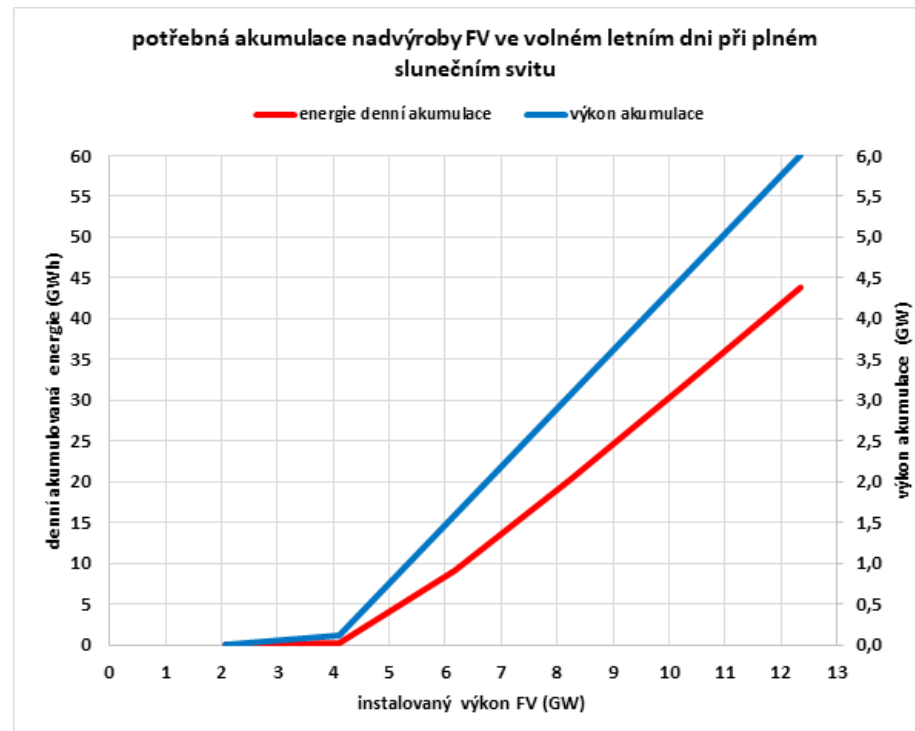
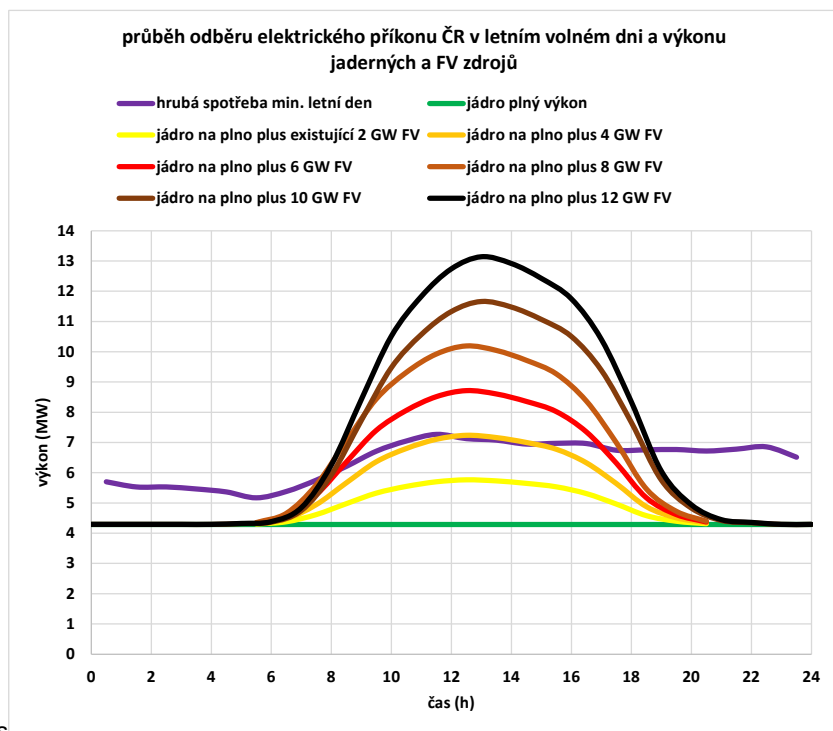


Součinnost elektrických automobilů a FV elektráren

V letních volných dnech činí v ČR výkon odebíraný spotřebiteli z distribuční elektrické sítě cca 7 GW, z toho 4,3 GW pokrývají jaderné elektrárny Dukovany a Temelín, které trvale pracují plným výkonem. Na ostatní zdroje elektřiny zůstávají necelé 3 GW. Zhruba polovinu tohoto výkonu dodávají za slunného počasí fotovoltaické elektrárny.

Po prodlevě 12 let, způsobené chybným zákonem, opět v ČR nastává období intenzivního budování fotovoltaických elektráren. Po zdvojnásobení jejich instalovaného výkonu přesáhne v elektrizační soustavě ČR výkon zdrojů příkon spotřeby, přebytečnou energii bude nutno akumulovat. V roce 2030 v ČR předpokládaný výkon FV zdrojů 10 GW bude v letním období vyžadovat akumulaci s příkonem 4,3 GW a s denní energií 30 GWh. Pro srovnání: PVE Dlouhé Straně má výkon 0,6 GW a energii 3,2 GWh.

Jednou z účinných možností akumulace je nabíjení akumulátorových baterií parkujících vozidel. Nabíjení elektrických automobilů v době činnosti FV elektráren výrazně odlehčuje distribuční elektrickou síť.

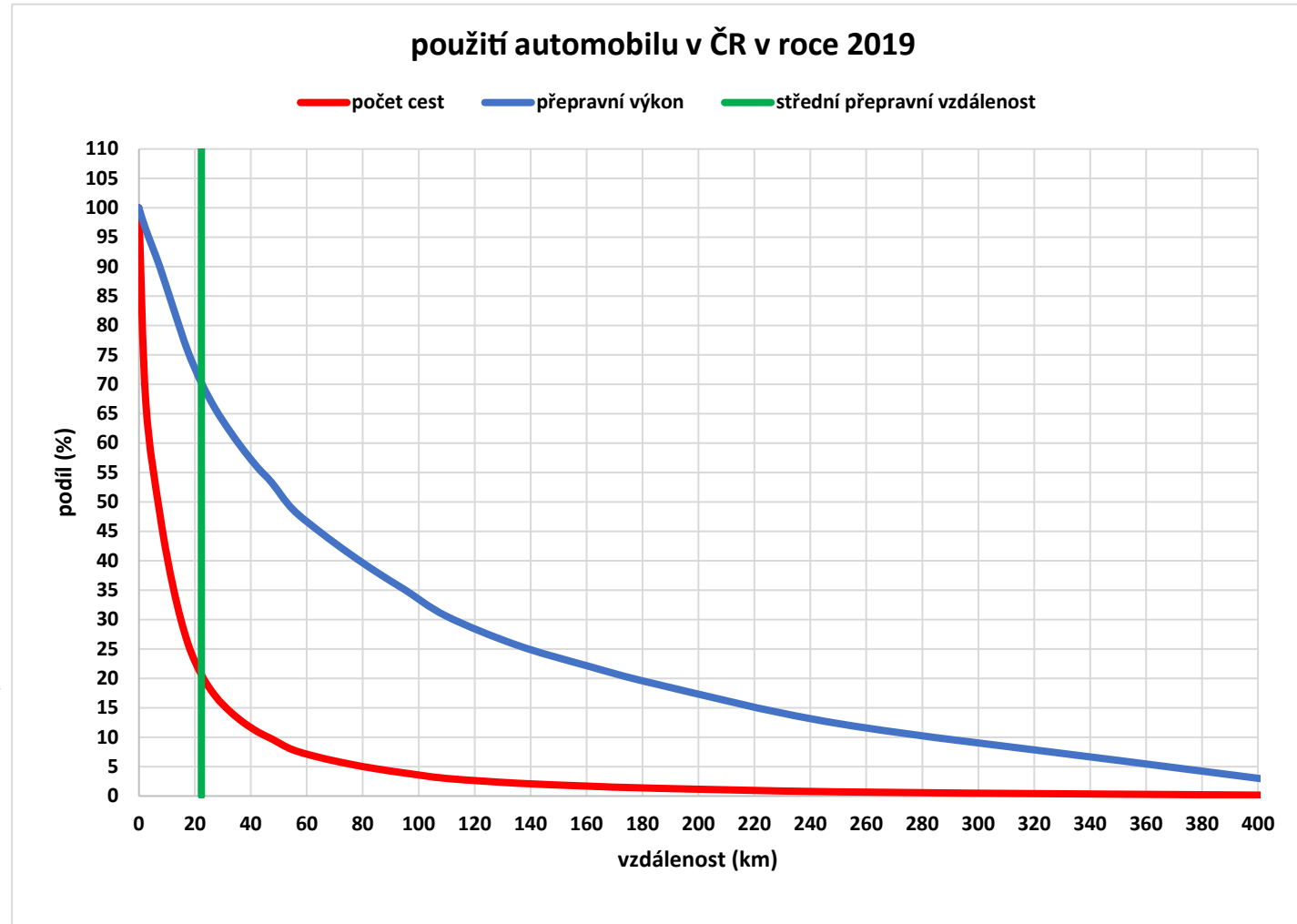


Typické použití osobního automobilu v ČR

Výsledky dopravního průzkumu CDV Brno pro MD ČR (2019) „Česko v pohybu“:

- střední délka cesty automobilem: 22 km
- **podíl cest na vzdálenosti přes 100 km na celkovém počtu cest automobilem: 3,9 %**
- **podíl cest na vzdálenosti přes 200 km na celkovém počtu cest automobilem: 1,3 %**
- podíl cest na vzdálenosti přes 100 km na celkovém přepravním výkonu automobilů (os. km): 35 %
- podíl cest na vzdálenosti přes 200 km na celkovém přepravním výkonu automobilů (os. km): 19 %

Ekonomicky efektivní je přizpůsobit elektrické automobily jejich typickému, nikoli jejich výjimečnému použití.



Nástroje k extramodálním úsporám energie a emisí v osobní dopravě: rychlost a pohodlí

Převod osobní dopravy ze silnic na elektrizované železnice:

- nižší spotřeba energie,
- zásadní snížení exhalací oxidu uhličitého, způsobujících klimatické změny,
- úplné odstranění exhalací poškozujících zdraví obyvatelstva,
- aktivní využití času stráveného cestováním (train office)

Podmínka: rychlost a kvalita => **rychlostí a pohodlím k úsporám energie**

Příklad:

Firma posílá **jednu týdně jednoho pracovníka z Prahy do Brna** automobilem. Na jednu služební cestu tam a zpět spotřebuje 24 litrů paliva, tedy **240 kWh** energie, a vytvoří **64 kg CO₂**.

Tatáž cesta moderním vlakem reprezentuje při 50 % obsazení spotřebu elektrické energie **25 kWh**, což je ekvivalent spotřeby 2,5 litru nafty, a produkci **11 kg CO₂**.

Roční úspora (48 cest):

- $48 \times (240 - 25) = \mathbf{10\ 300\ kWh}$ energie
- $48 \times (64 - 11) = \mathbf{2\ 500\ kg\ CO_2}$

K vytvoření stejné úspory 2,5 t CO₂/rok by firma musela za svého pracovníka vysázet 0,37 ha nového lesa.



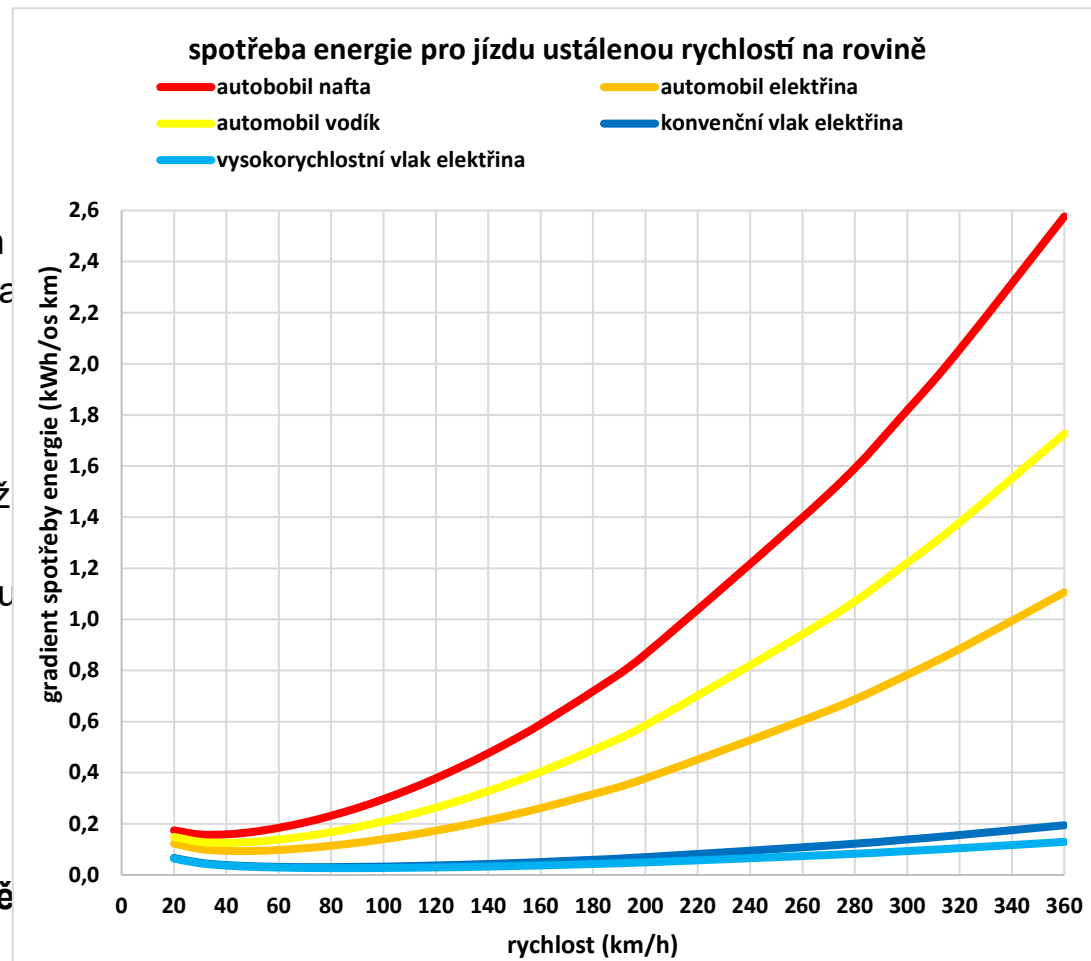
Vlakem rychle na větší vzdálenosti, automobilem první a poslední míli

Pro cestování mezi městy vzdálenými ve stovkách kilometrů je **automobil příliš pomalý, jízda rychlostí nejvýše 120 až 150 km/h vede k velmi dlouhé a únavné době cesty**. A to bez produktivního využití času, neboť při běžném obsazení automobilu 1,3 osobami je 77 % cestujících zaměstnáno řízením.

K vytvoření funkční polycentrické struktury osídlení je potřeba, aby při jednodenních pracovních či volnočasových návštěvách měst vzdálených 300 km až 600 km nebyla doba strávená jízdou tam a zpět delší, než vlastní pobyt v navštíveném městě. K tomu **je nutná rychlost jízdy alespoň 200 až 300 km/h**.

Jak z bezpečnostních důvodů (automobily jsou řízeny manuálně a většinou neprofesními řidiči), tak z energetických důvodů je automobil k jízdě rychlostí 200 až 300 km/h v praxi nepoužitelný. Automobil je málo štíhlý a je příliš krátký, jeho aerodynamický odpor (úměrný druhé mocnině rychlosti jízdy) je ve vztahu k nízkému počtu přepravovaných osob neakceptovatelně vysoký, spotřeba energie by byla extrémně vysoká.

Díky dlouhým aerodynamickým výhodným tvarům železničních vozidel jedoucím v těsném zákrytu (tvořících vlak), vysoké účinnosti elektrického trakčního pohonu a vyššímu střednímu obsazení a malému odporu valení dosahují vysokorychlostní železniční elektrické trakční jednotky **při jízdě rychlostmi kolem 300 km/h výrazně nižší spotřebu energie na přepravenou osobu než osobní automobily** jedoucí rychlostí jen 120 až 150 km/h.

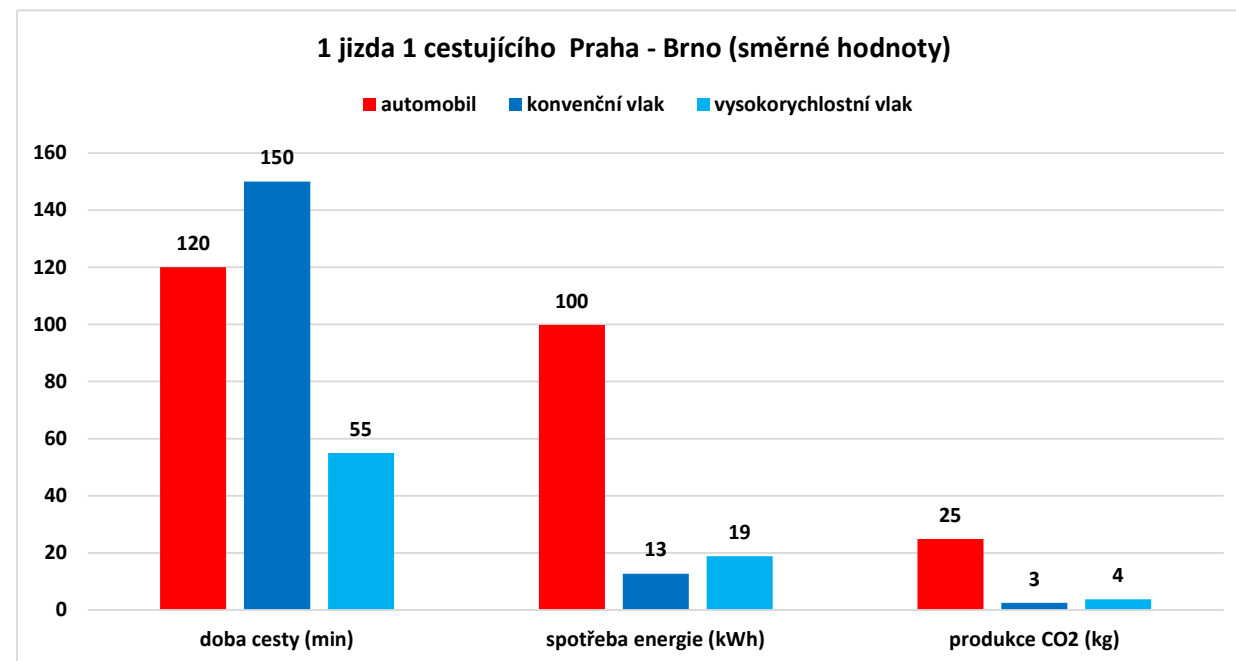


Vysokorychlostní železnice Praha – Brno (- Wien / Bratislava – Budapest)

Není důvod ztrácet čas (2 hodiny) a energii (**100 kWh** při produkci **25 kg CO₂** na osobu při středním obsazení 1,3 osoby na vůz) jízdou automobilem s rychlostí 130 km/h z Prahy do Brna.

Vysokorychlostní vlak to zvládne s rychlostí 300 km/h za **55 minut (centrum – centrum)**, respektive za **45 minut** (terminál P + CH + R Nehvizdy – terminál P + CH + R Vídeňská) **k práci využitelného času (train office)**.

Při 50 % obsazení spotřebuje na osobu jen **19 kWh** energie s produkcí **4 kg CO₂** (perspektivně z OZE: 0 kg CO₂).



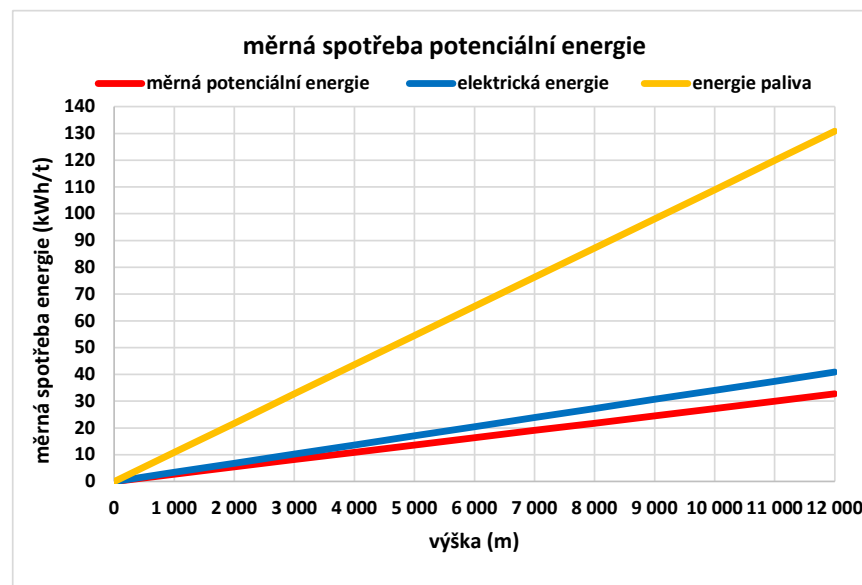
Energetická náročnost letecké dopravy

K docílení výhodných aerodynamických podmínek letu je potřeba po startu zvednout letadlo do výšky cca 12 km, kde je měrná hmotnost a tedy i odpor vzduchu čtyřikrát nižší než nad povrchem Země ($0,3 \text{ kg/m}^3$ proti $1,2 \text{ kg/m}^3$). To však vyžaduje **vytvořit potenciální energii** 33 kWh na 1 t hmotnosti letadla, tepelný letecký motor při tom spotřebuje cca 130 kWh energie paliva na 1 t.

Nízká měrná hmotnost vzduchu se sebou nese kromě žádoucího poklesu odporu vzduchu na jednu čtvrtinu i nechtěný pokles vztlakové síly působící na křídla letadla. Pro udržení letadla v této výšce proto musí letadlo letět dostatečně rychle, zhruba rychlostí 900 km/h. Po startu je proto nutno letadlo urychlit na rychlost cca 900 km/h, což vyžaduje **vytvořit kinetickou energii** 9 kWh na 1 t hmotnosti letadla. Tepelný letecký motor při tom spotřebuje cca 35 kWh energie paliva na 1 t hmotnosti letadla.

V součtu je k vytvoření podmínek letu potřebná spotřeba energie $35 + 130 = 165 \text{ kWh}$ energie paliva na 1 t hmotnosti letadla.

Energie 165 kWh/t stačí **vysokorychlostnímu vlaku jedoucího rychlostí 300 km/h k dopravě na vzdálenost cca 3 600 km.**



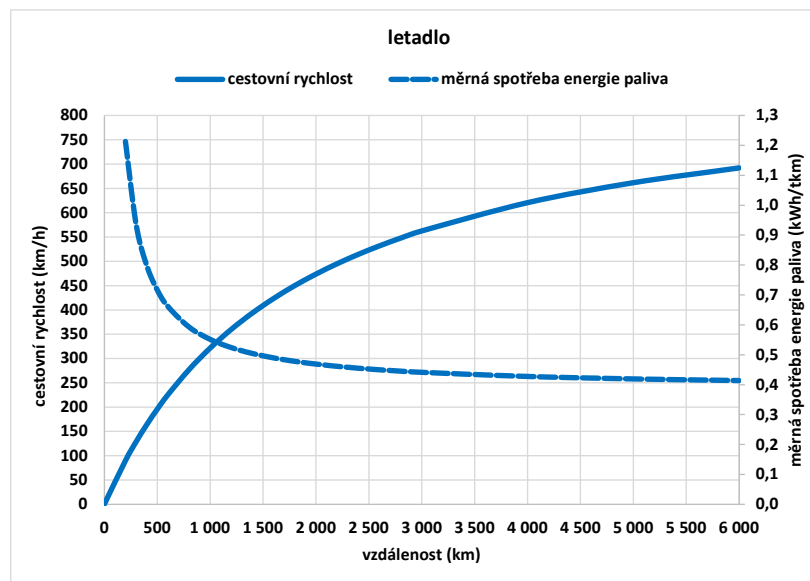
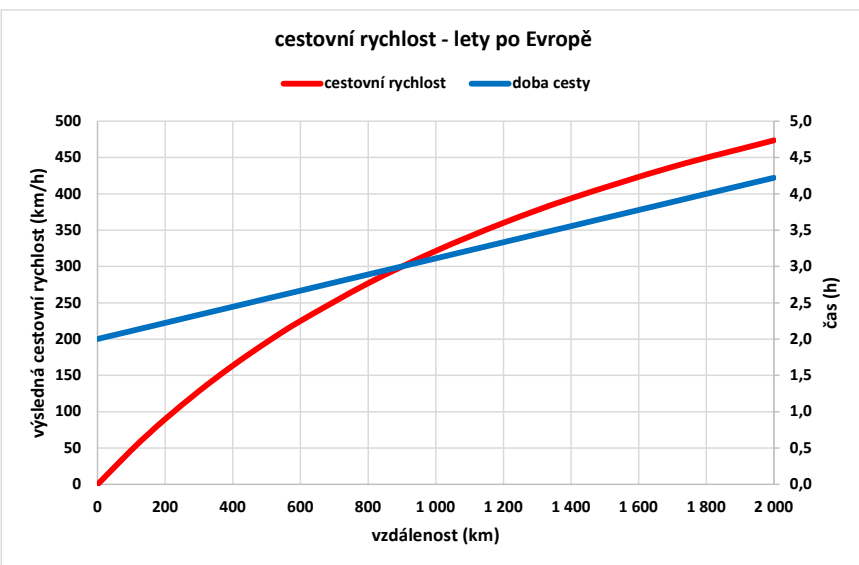
Letadlem na tisíce kilometrů, vlakem na stovky kilometrů

Cestování letadlem je spojeno se **základní ztrátou času** (cesta na letiště, procesy před odletem, procesy po přeletu, cesta z letiště).

Při **dálkových (zaoceánských) letech** na vzdálenosti několika tisících km se základní ztráta času podílí na celkové spotřebě času jen nevýrazně, převládá dlouhá doba letu. Proto je i výsledná cestovní rychlost letecké přepravy vysoká, blízká rychlosti letu 900 km/h.

Při **krátkých letech nad pevninou** (po Evropě) na vzdálenosti několika set km se základní ztráta času podílí na celkové spotřebě času **velmi výrazně, převyšují vlastní dobu letu**. Proto je i **výsledná cestovní rychlost letecké přepravy dost nízká (kolem 300 km/h)**, je jen zlomkem rychlosti letu 900 km/h.

Jak hlediska spotřeby energie, tak i z hlediska spotřeby času se **letadlo jeví vhodné na dálkové (zaoceánské) lety** na vzdálenosti několika tisíc km, to je oblast optimální aplikace letecké dopravy. Letadlo není nevhodné pro krátké lety nad pevninou, na vzdálenosti několika set km, to je oblast optimální aplikace rychlé železniční dopravy.



Kooperativnost a komplementárnost v multimodální nákladní dopravě

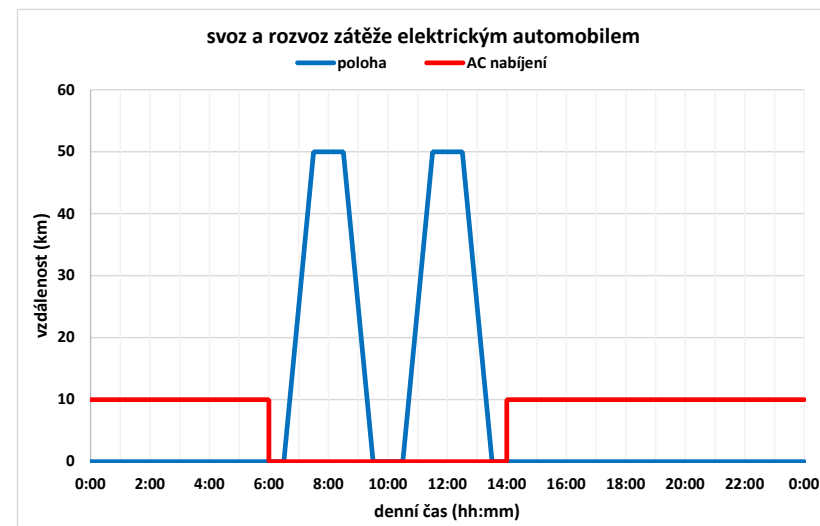
Smysluplným řešením dálkové nákladní dopravy je **kombinovaná doprava**, a to i v oblasti nejtěžších vozidel:

- první míle **elektrický nákladní automobil**,
- dálková **přeprava liniově elektrizovanou železnicí** (s **10krát nižší spotřebou elektrické energie** než vodíkový automobil),
- poslední míle **elektrický nákladní automobil**.

Pojmem míle je rozuměna vzdálenost do cca 50 km, neboť při té zvládne za osmihodinovou pracovní směnu obsloužit jeden řidič se svým automobilem **dva hvězdicovité svozy**, respektive rozvozy, v okolí multimodálního terminálu. Dojezd 200 km je technicky řešitelný i pro nejtěžší elektrické kamiony s akumulátorovými bateriemi (hrubá kombinovaná hmotnost GCV 44 t) bez toho, aby byla jejich ložná hmotnost neúměrně snižována instalací mohutné těžké akumulátorové baterie.

Zbývající část dne a noc postačují k tomu, aby byla jejich akumulátorová baterie **levně pomalu nabita přímo v multimodálním terminálu** z obyčejné zásuvky 3 x 400 V/63 A s velmi příznivým využitím sjednaného elektrického příkonu a bez potřeby zřizovat či využívat investičně a provozně drahé rychlonabíjecí stanice či další nabíjecí body.

Tento pracovní režim (200 km denně) optimálně naplňuje všechny tři limity životnosti akumulátorových baterií současných elektrických nákladních automobilů a vytváří podmínky pro ekonomicky efektivní využití 3 AC levné nabíjecí infrastruktury: 10 let, 800 000 km, 3 000 cyklů.



Energetická, ekonomická a environmentální udržitelnost mobility

Udržitelnost multimodální bezemisní mobility má tři dimenze:

- **environmentální** (bez fosilních paliv, bez klima poškozujících emisí CO₂, bez zdraví poškozujících emisí),
- **ekonomickou** (vyváženost nákladů a výnosů, efektivnost investic, energetická nenáročnost),
- **sociální** (dostupnost, kvalita).

Nutná výzkumná fáze přechodu z fosilní na bezemisní mobilitu již proběhla (vývoj pochopitelně pokračuje dál). **Přechod z fosilní mobility na bezemisní mobilitu je technicky připraven jak na straně bezemisních vozidel, tak na straně infrastrukturního energetického zázemí pro jejich.** Již probíhá realizační fáze přechodu z fosilní na bezemisní mobilitu.

Pro rychlé a efektivní uskutečnění přechodu z fosilní na bezemisní mobilitu je **rozhodující správné a koordinované investování do bezemisních vozidel a infrastrukturního energetického zázemí pro jejich provoz.** Nutností je koordinace investic fyzických osob, podnikatelských subjektů a veřejné správy, a to v technické, teritoriím a časovém souladu.

Velice podstatné je, že ze čtyř dosud hodnocených **externalit dopravy** (emise oxidu uhličitého, emise zdraví škodlivých látek, hluk a nehody) první dvě (emise oxidu uhličitého a emise zdraví škodlivých látek) v procesu dekarbonizace dopravy zanikají a nahrazuje je **nová externalita: energetická náročnost dopravy**, kterou je nutno cíleně minimalizovat.

Závěr

Dekarbonizace dopravy je důležitou, nikoliv však jedinou, součástí přechodu od extenzivně rozvíjené dopravy minulosti, poškozující klima i životní prostředí, k **environmentálně, ekonomicky i sociálně udržitelné dopravě osob i věcí**.

Jde o proces, který je potřeba **projektově uchopit a projektově řídit**.

Děkuji Vám za Vaši pozornost!



Jiří Pohl
Senior Engineer

Siemens Mobility, s.r.o.

Siemensova 1

155 00 Praha

Česká republika

Mobil: +420 724 014 931

jiri.pohl@siemens.com