

Zpravodaj

ČISTÁ DOPRAVA

6. VYDÁNÍ | SRPEN 2023



Ministerstvo dopravy



ČISTÁ
DOPRAVA



CENTRUM
DOPRAVNÍHO
VÝZKUMU



Technologický
monitoring zaměřený
na elektromobilitu
a syntetická paliva

zpracovalo Centrum dopravního výzkumu, v. v. i.

WWW.CISTADOPRAVA.CZ

Zpravodaj

ČISTÁ DOPRAVA

6. VYDÁNÍ | SRPEN 2023



Zpracovalo

Centrum dopravního výzkumu, v. v. i.

Název

Technologický monitoring zaměřený
na elektromobilitu a syntetická paliva

Obsah

1 Aktuality z CDV	5
1.1 Odběr novinek	5
1.2 Autorské zprávy.....	5
1.3 Statistiky.....	7
1.3.1 Vozydla	7
1.3.2 Stanice	7
1.4 Konference, semináře, workshopy.....	9
1.5 Mapy.....	10
1.6 Ostatní	11
2 Informace ze světa	12
2.1 Bateriová elektromobilita	13
2.1.1 LG Chem zahajuje hromadnou výrobu monokrystalických katod s vysokým obsahem niklu	13
2.1.2 ZF představuje koncepční vozidlo EVbeat s prototypem 800 V elektrického pohonu	13
2.1.3 Kde je ta slibovaná revoluce v oblasti baterií pro elektromobily? Možná někde tady	13
2.1.4 Německý provozovatel vodíkových vlaků se rozhodl pro bateriové vlaky	14
2.1.5 CATL uvádí na trh baterii, která za 10 minut nabije elektromobil na 400 km	14
2.1.6 Ford si nechal patentovat technologii nabíjení elektromobilů za jízdy	14
2.1.7 IVECO zahájí prodej elektrických tahačů, vodíkové jsou v závěsu	15

2.2 Vodíková elektromobilita s palivovými články 16

2.2.1 Společnost Airbus otestuje vodík pro pohon přídatných systémů letadla..... **16**

2.2.2 Drážkované elektrody zvyšují účinnost a životnost palivových článků..... **16**

2.2.3 Toyota zvedne dojezd u vodíkových elektromobilů..... **16**

2.2.4 Cummins a Tata postaví v Indii továrnu na vodíkové spalovací motory .. **16**

2.2.5 Po Bratislavě začaly jezdit vodíkové autobusy, dodal je Solaris..... **17**

2.2.6 Bílý vodík by mohly vystačit na stovky let..... **17**

2.2.7 Prototyp vodíkového autobusu má technickou závadu..... **17**

2.2.8 Hysata otevírá výrobní závod na vysoce účinné elektrolyzéry **17**

2.2.9 Elektrody z platinových nanodrátů zvyšují životnost palivových článků ... **17**

2.3 Syntetická paliva..... 18

2.3.1 V Brazílii otevřeli první vodíkovou stanici poháněnou zeleným etanolem. **18**

2.3.2 Palivové články na bázi etanolu **18**

2.3.3 Palivo vyrobené fotosyntézou za pomoci umělého listu..... **18**

3 Analýza k syntetickým palivům..... 19

3.1 Metanol 19

3.1.1 Technologie výroby **20**

3.1.2 Infrastruktura (zásobování, skladování a čerpání) **22**

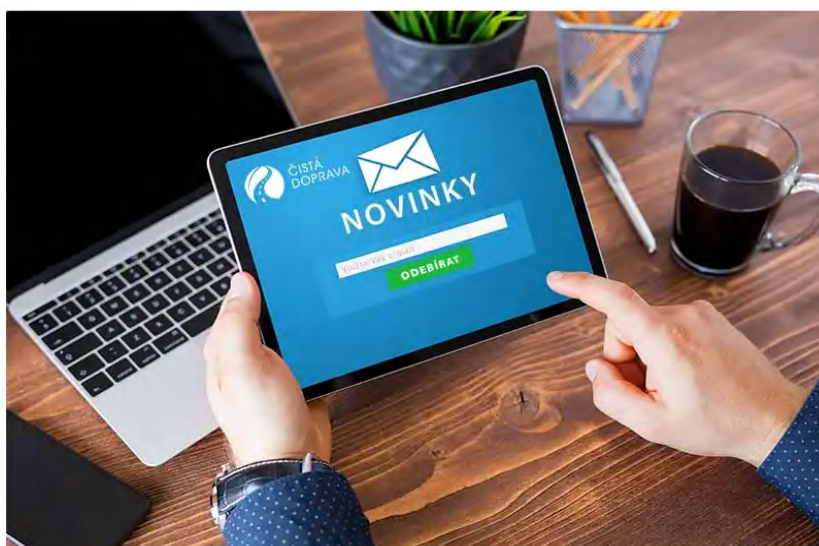
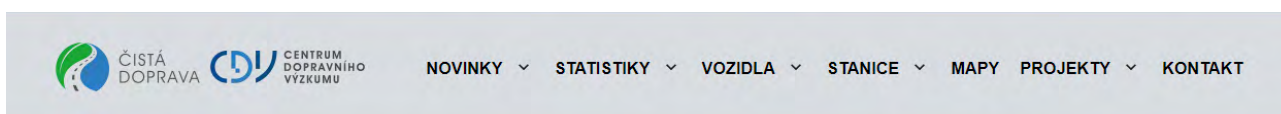
3.1.3 Aplikace v dopravě..... **24**

1. Aktuality z CDV

Projekty, kterým se CDV v oblasti čisté dopravy věnovalo a věnuje jsou veřejně k dispozici na webových stránkách Čistá doprava www.cistadoprava.cz/projekty.

1.1 Odběr novinek

Na webu www.cistadoprava.cz/odber-novinek/ se lze nově jednoduše přihlásit k odběru novinek v souladu se zásadami zpracování osobních údajů.



Přihlásit se k odběru novinek

Vložte Váš e-mail

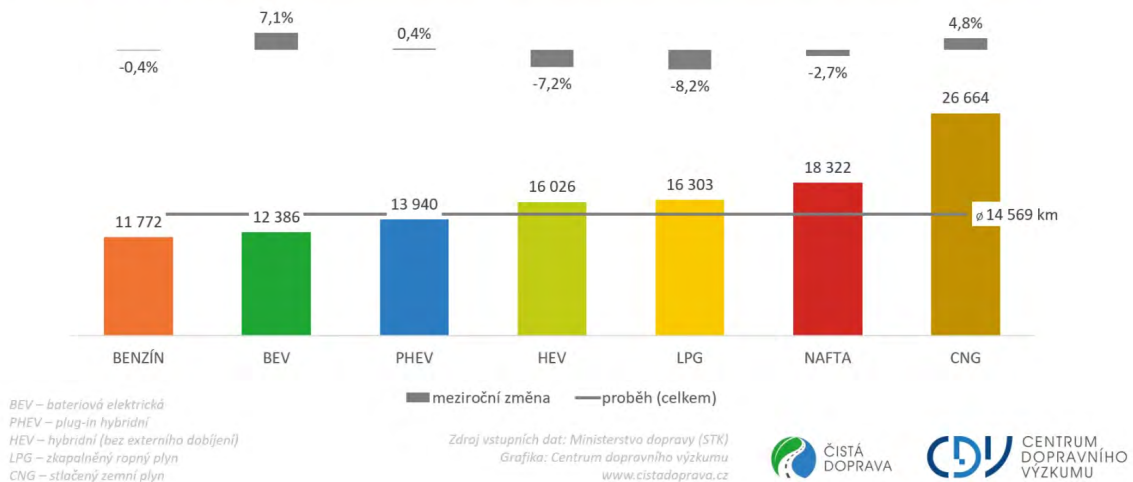
1.2 Autorské zprávy

V roce 2023 byly zveřejněny následující zprávy:

- [V Česku jezdí přes 18 tisíc osobních elektromobilů, v EU jsme stále předposlední \(26. 7. 2023\)](#)
- [Řidiči s elektromobily ujedou v Česku za rok přes 12 tisíc kilometrů – více než řidiči aut benzínových \(15. 6. 2023\)](#)

PRŮMĚRNÉ ROČNÍ PROBĚHY OSOBNÍCH VOZIDEL V ČR

V roce 2022 ujelo v ČR průměrné osobní vozidlo 14 569 km (splňující emisní normu Euro 6, n=1 791 450).



- V Česku jezdí 16 tisíc osobních elektromobilů, v průměru jsou 3 roky staré (28. 4. 2023)
- Q1 2023: V EU se meziročně prodalo o 43 % více elektromobilů, jak je na tom Česko? (19. 4. 2023)
- Podíl nových elektrobusů v EU vzrostl na 12,7 %, v Česku jich vloni přibylo 40 (16. 3. 2023)
- V EU se vloni prodalo o třetinu více elektrických nákladních vozidel, s 96,6 % dominují vznětové motory (9. 3. 2023)
- V EU se vloni prodalo 67 tisíc elektrických dodávek, meziročně o 20 tisíc víc, jak jsme na tom v ČR? (7. 3. 2023)
- V roce 2022 se bateriové elektromobily v EU podílely na prodejkách 12,1 %, jak jsme na tom v ČR? (2. 2. 2023)
- V Česku jezdí přes 8 tisíc elektromotocyklů, loni jich přibylo 1 943 (31. 1. 2023)
- V Česku jezdí 14 316 osobních elektromobilů, 77 % je registrováno na firmy (19. 1. 2023)
- Emise CO₂ 2022 v ČR: Progresivní Volvo, premiantem Renault – srovnání nejprodávanějších značek (11. 1. 2023)
- Alternativní paliva 2022: Více LPG vozidel a bateriových elektromobilů, zájem o CNG znovu klesl (9. 1. 2023)
- Tiskové zprávy jsou zveřejněny na webových stránkách Čistá doprava www.cistadoprava.cz/tiskove-zpravy/.

1.3 Statistiky

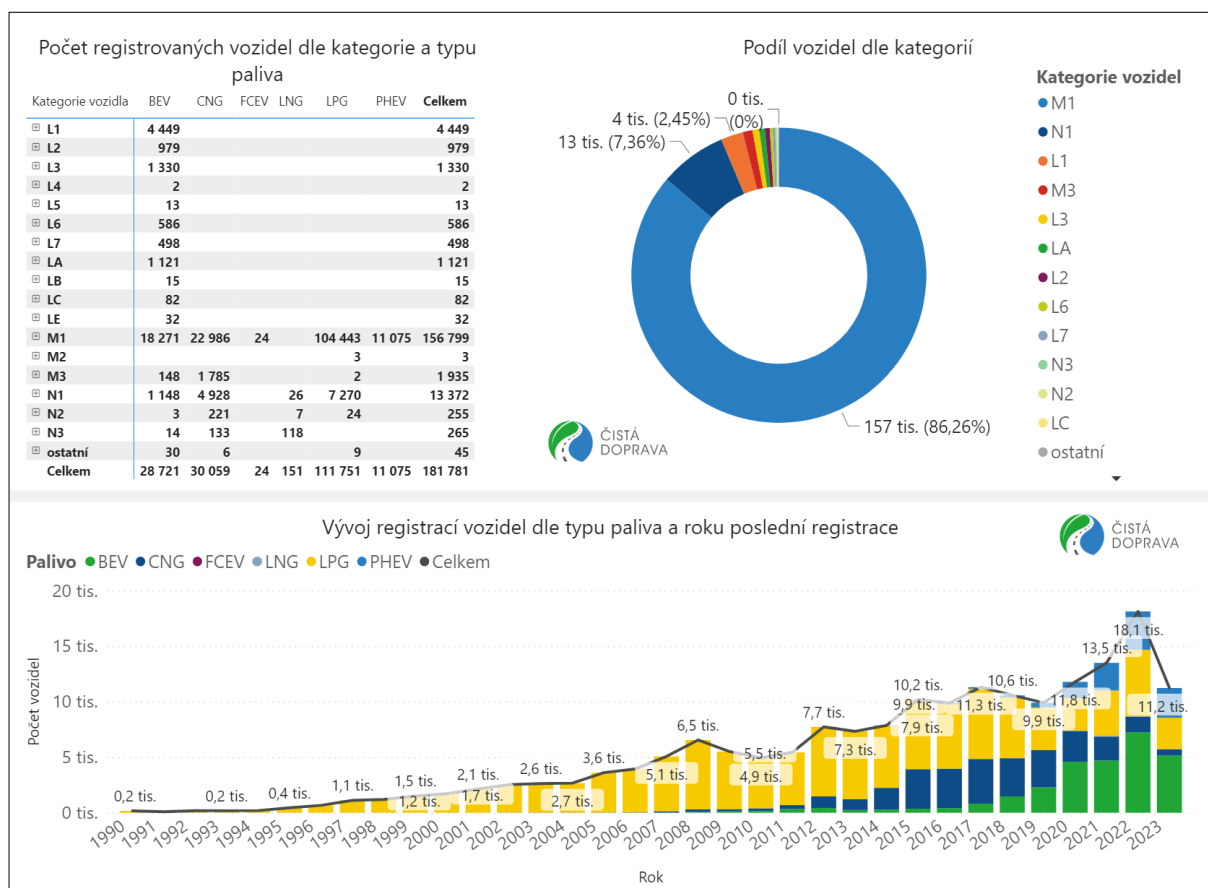
V roce 2023 byla v menu webu Čistá doprava vytvořena sekce „STATISTIKY“ www.cistadoprava.cz/statistiky/, která sdružuje 9 interaktivních sestav. Pravidelně aktualizovány následující interaktivní vizualizace dat:

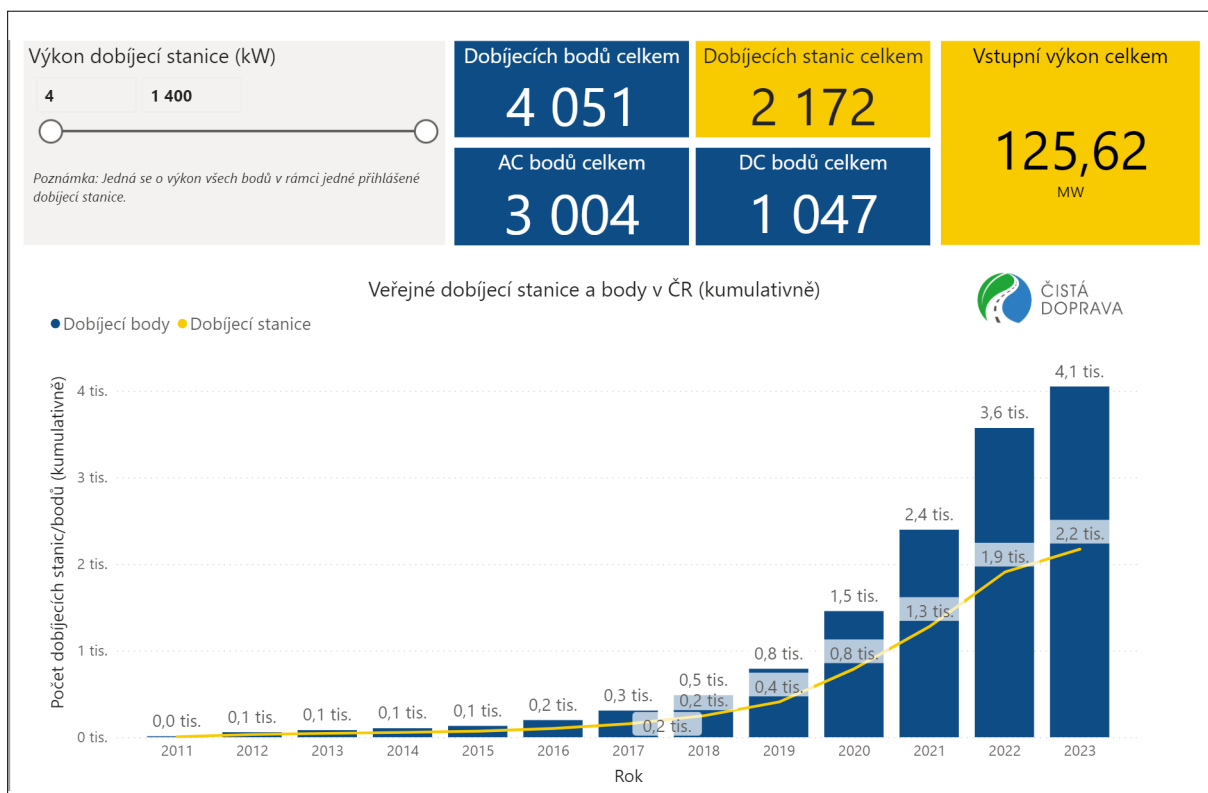
1.3.1 Vozidla

- [Registrace všech čistých vozidel v ČR dle NAP ČM \(CRV\)](#)
- [Registrace nových vozidel v ČR \(SDA\); pozn. OA, LUV, NA, BUS](#)
- [Výroba elektrických vozidel v ČR \(AutoSAP\)](#)
- [Registrace nových osobních vozidel v EU \(ACEA\)](#)
- [Registrace nových lehkých užitkových vozidel v EU \(ACEA\)](#)
- [Registrace nových nákladních vozidel v EU \(ACEA\)](#)
- [Registrace nových autobusů v EU \(ACEA\)](#)
- [Emise CO₂ nových vozidel v ČR \(SDA\)](#)

1.3.2 Stanice

- [Veřejné dobíjecí stanice v ČR \(MPO\)](#)



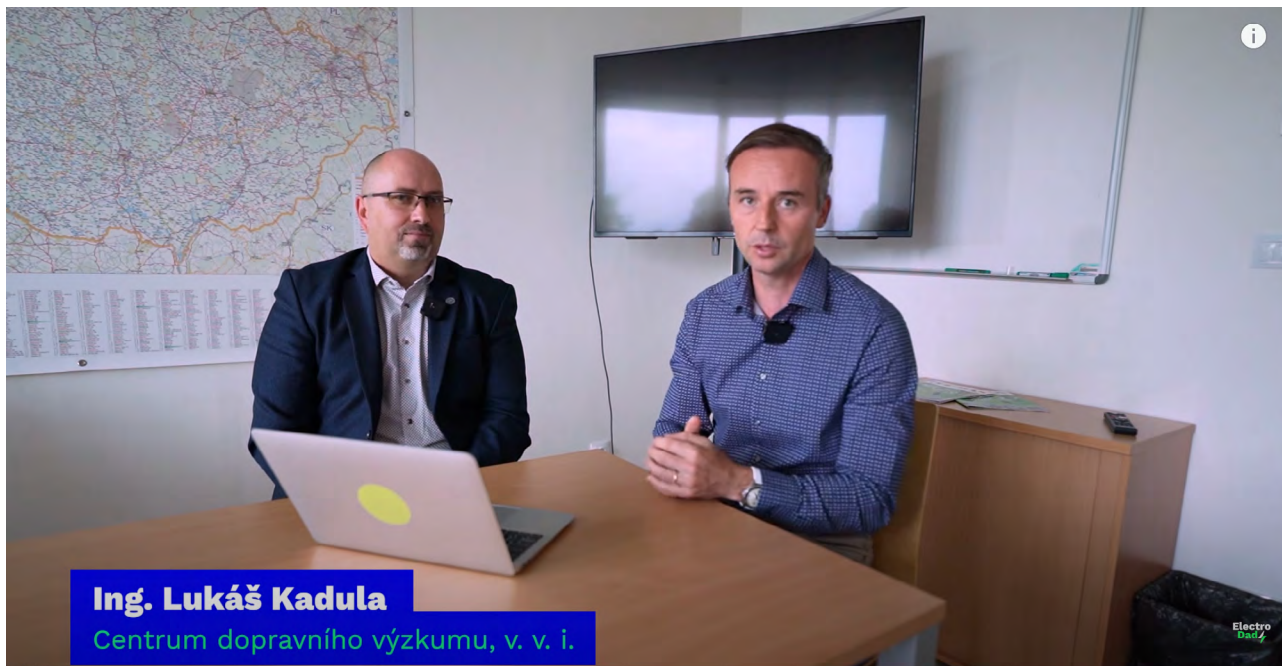


Všechny interaktivní vizualizace jsou přeloženy také do angličtiny, k dispozici jsou na podstránce <https://www.cistadoprava.cz/en>. Vizualizovaná, veřejně přístupná, data jsou využívána při přípravách strategických dokumentů, reportingu, studiích, projektech, prezentacích a také s nimi pracují v médiích.

1.4 Konference, semináře, workshopy

V roce 2023 se zástupci CDV aktivně účastnili následujících akcí:

- Rozhovor zástupce CDV s Janem Staňkem (Electrodad.cz – nejsledovanější YouTube kanál v ČR o elektromobilitě a čisté energii) o datech, projektech CDV v oblasti elektromobility a webu cistadoprava.cz, 9. 8. 2023 (publikováno 28. 8. 2023), Brno <https://www.electrodad.cz/zaostale-spinave-cesko-slovensko-adopce-nizkoemisni-mobility>



- Vystoupení CDV v pořadu BILANCE: Zákaz spalovacích motorů ve čtvrtek 1. 6. 2023 ve 21.05 na ČT1 www.ceskatelevize.cz/porady/14021364946-bilance/223452801250006/
- Vystoupení CDV na 9. ročníku konference čisté mobility v Senohrabech (18. 5. 2023) www.cistadoprava.cz/odborne-clanky-konference-rozhovory/vystoupeni-cdv-na-9-rocniku-konference-ciste-mobility-v-senohrabech/
- Vystoupení CDV v PSP ČR: Kulatý stůl „Energeticky úsporná a čistá doprava“ (20. 3. 2023) www.cistadoprava.cz/odborne-clanky-konference-rozhovory/vystoupeni-cdv-v-psp-cr-kulaty-stul-%E2%80%9Eenergeticky-usporna-a-cista-doprava/
- Elektromobilita na školení auditorů bezpečnosti pozemních komunikací v Jihlavě (22. 2. 2023) www.cistadoprava.cz/odborne-clanky-konference-rozhovory/elektromobilita-na-skoleni-auditoru-bezpecnosti-pozemnich-komunikaci-v-jihlave/
- Český rozhlas Plus, rozhovor s Bronislavem Vahalíkem (16. 2. 2023) <https://soundcloud.com/cdv-396252566/cesky-rozhlas-plus-rozhovor-s-bronislavem-vahalikem>

1.5 Mapy

V roce 2023 probíhá pravidelná:

- Aktualizace dat webové aplikace **Optimalizace veřejné dobíjecí infrastruktury v ČR**, která je veřejně dostupná na <https://www.cistadoprava.cz/mapy/ev/>
- Aktualizace webové aplikace **Vodíková mapa ČR**, která je veřejně dostupná na <https://www.cistadoprava.cz/mapy/h2/>



CENTRUM
DOPRAVNÍHO
VÝZKUMU

NOVINKY ▾

STATISTIKY ▾

VOZIDLA ▾

STANICE ▾

MAPY

PROJEKTY ▾

KONTAKT

Mapy

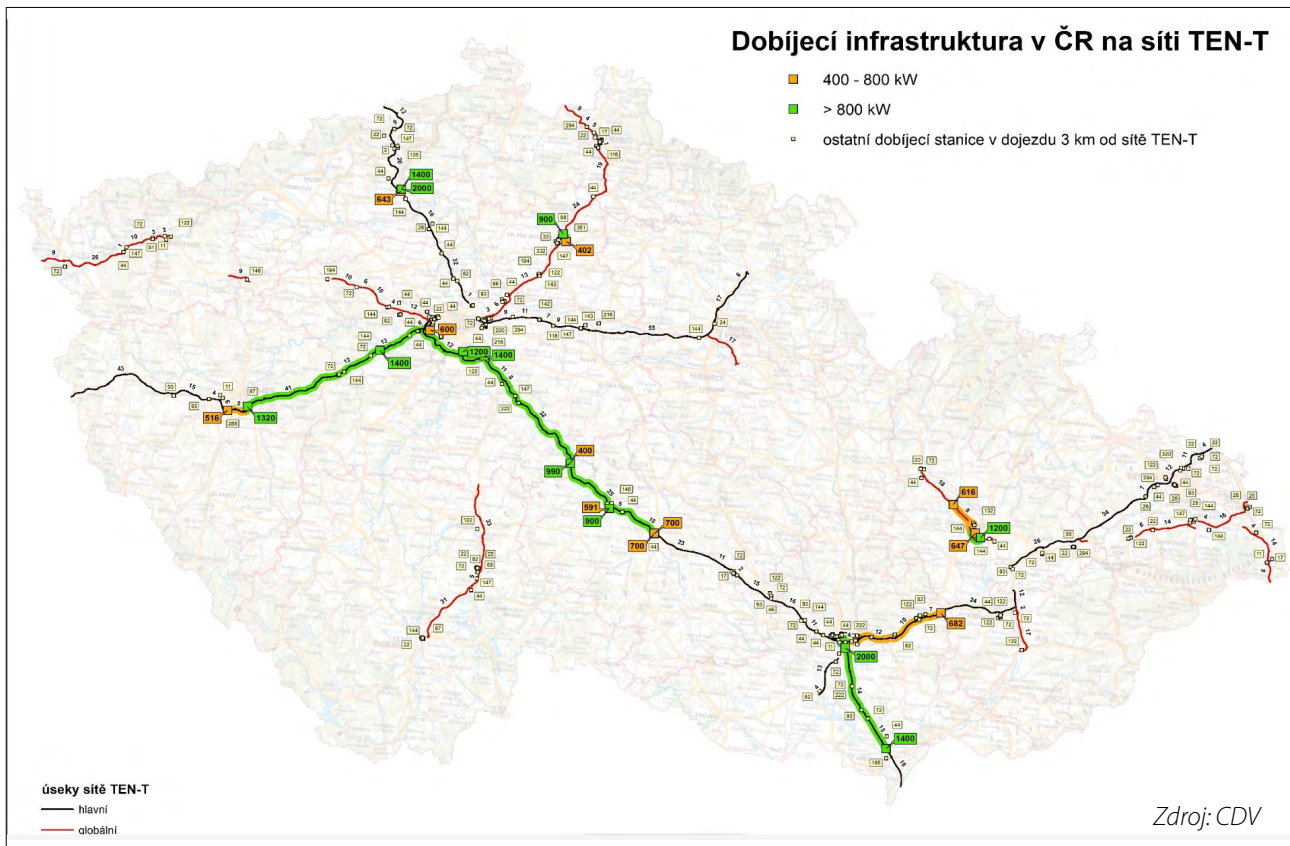
V rámci rozvoje dobíjecí a plnící infrastruktury pro elektrická vozidla jsou níže k dispozici mapové aplikace, které v rámci příslušných projektů vytvořilo Centrum dopravního výzkumu, v. v. i.



1.6 Ostatní

V roce 2023 jsme se podíleli např. na:

- Srovnání dat veřejné dobíjecí infrastruktury z MPO a EAFO s cílem validace/doplnění dat MPO
- Příprava podkladů pro MD do OPD – VDI na síti TEN-T s ohledem na požadavky AFIR



- CDV spolu s dalšími subjekty podalo projekt do TAČR SIGMA
- Elektromobilní platforma, jejíž je CDV členem, podala projekt do OP TAK, v přípravě další projekty
- Participace na aktualizaci Národního akčního plánu čisté mobility – tvorba úvodních kapitol, interpretace vývoje vozidlového parku ve vztahu k veřejné dobíjecí infrastruktuře
- Spolupráce s AutoSAP na předávání validních informací do ACEA
- Identifikace vhodných míst k dobíjecím hubům pro nákladní vozidla (MD + distribuce + CDV + ŘSD)
- Podán Jrec „Vodíková mobilita se zatím v zemích EU prosazuje jen velmi pozvolna“
- Správa a aktualizace webových stránek Čistá doprava

2 Informace ze světa

Základní přehled informací s odkazem na zdroj, další novinky ze světa čisté dopravy jsou k dispozici na webu Čistá doprava.

Legenda nadpisů

Pro zjednodušení orientace v jednotlivých novinkách s ohledem na jejich potenciál jsou barevně odlišeny následujícím způsobem:

Potenciál pro národní dopad

Potenciál pro nastavení globálního směru

Potenciál pro technologický posun

2.1 Bateriová elektromobilita

2.1.1 LG Chem zahajuje hromadnou výrobu monokrystalických katod s vysokým obsahem niklu

Společnost LG Chem oznámila, že zahájila hromadnou výrobu monokrystalických katod s vysokým obsahem niklu pro baterie nové generace ve svém katodovém závodě v Cheongju, 120 kilometrů jihozápadně od Soulu. První dodávky budou globálním klientům zasílány od července. Monokrystalické katody s vysokým obsahem niklu jsou vyrobeny z jednotlivých částic několika kovů, jako je nikl, kobalt a mangan, a očekává se, že budou hrát klíčovou roli při řešení klíčových problémů baterií nové generace, pokud jde o životnost a kapacitu. Může pomoci prodloužit životnost baterie o více než 30 % a zvýšit kapacitu o 10 % nebo více.

[web](#)

2.1.2 ZF představuje koncepční vozidlo EVbeat s prototypem 800 V elektrického pohonu

Elektrický koncept vozidla s názvem EVbeat byl navržený pro maximální kompaktnost, nízkou hmotnost a maximální efektivitu v reálném provozu. Všechny komponenty elektrického pohonu byly optimalizovány a zkombinovány do holistického systému a zahrnují 74 kg ultrakompaktní hnací soustavu s hustotou točivého momentu 70 Nm/kg, komplexní tepelný management a cloudově propojený software hnací soustavy.

[web](#)

2.1.3 Kde je ta slibovaná revoluce v oblasti baterií pro elektromobily? Možná někde tady

Článek přehledně shrnuje nové technologie výroby baterií, které mají potenciál k masovému rozšíření. Mezi diskutované technologie patří např. baterie se supravodiči, nové elektrody na bázi křemíku, nebo anody z niobu a wolframu.

[web](#)

2.1.4 Německý provozovatel vodíkových vlaků se rozhodl pro bateriové vlaky

„Provedli jsme průzkum alternativních pohonů. Uvažovali jsme zejména o vodíkových a bateriových jednotkách. Výsledkem je, že pořídíme bateriové, jsou levnější na provoz,“ uvedla firma v tiskové zprávě. Dolní Sasko není přitom první spolkovou zemí, která své nadšení z vodíku v dopravě ochladila. Už loni podle serveru Hydrogeninsight.com oznámila konec plánů na vodíkové vlaky spolková země Bádensko-Württembersko. Náklady na provoz vodíkových vlaků jsou podle studie o 80 procent vyšší než u elektrických vlaků.

web

2.1.5 CATL uvádí na trh baterii, která za 10 minut nabije elektromobil na 400 km

CATL, největší světový výrobce baterií pro elektromobily a významný dodavatel Tesly, uvedl na trh novou rychlonabíjecí lithium-železo fosfátovou (LFP) baterii. S baterií Shenxing společnost CATL tvrdí, že dosáhl superychlého nabíjení, vysoké hustoty energie a zároveň vysoké úrovně bezpečnosti. Očekává se, že nová rychlonabíjecí baterie LFP vstoupí do sériové výroby v Číně do konce roku. První modely elektromobilů vybavené bateriemi Shenxing budou uvedeny na trh v prvním čtvrtletí roku 2024. Baterie LFP jsou levnější než jiné lithium-iontové baterie a v mnoha případech odolnější. Obvykle však mají nižší hustotu energie a jejich výkon v chladu klesá. CATL říká, že tyto problémy jsou minulostí díky nové baterii s rychlým nabíjením, která „ztělesňuje dokonalou rovnováhu dlouhého dojezdu a snadného doplňování paliva“.

web

2.1.6 Ford si nechal patentovat technologii nabíjení elektromobilů za jízdy

Patentová přihláška nese název “Roadway Charging Coil Alignment and Monitoring” a zabývá se bezdrátovým indukčním nabíjením pro pohybující se vozidla – známým také jako dynamické bezdrátové nabíjení. Při běžném provozu dochází k nesouososti vozu a nabíjecích cívek na silnici, což podle Fordu snižuje účinnost nabíjení. Automobilkou navrhované řešení je vybavit vozidla radarem pronikajícím do země. Data z radaru by pak byla přiváděna do řídicího systému, který by automaticky přizpůsobil řízení tak, aby přesně vyrovnalo cívky na silnici s přijímačem vozidla.

web

2.1.7 IVECO zahájí prodej elektrických tahačů, vodíkové jsou v závěsu

IVECO začne v posledním čtvrtletí roku 2023 prodávat heavy-duty tahače BEV v konfiguraci 4x2. Vodíková verze bude FCEV bude ve stejnou dobu v provozu pod záštitou programu H2HAUL v státech D, FR, CH. Komerční prodej je plánován v příštích letech bez bližšího upřesnění.

[web](#)

2.2 Vodíková elektromobilita s palivovými články

2.2.1 Společnost Airbus otestuje vodík pro pohon přídatných systémů letadla

Společnost Airbus oznámila, že v roce 2025 provede let, při kterém bude pomocný generátor nahrazen palivovým článkem. Pomocné systémy jako osvětlení nebo klimatizace tedy budou poháněny pouze vodíkem. Na palubě bude 10 kg vodíku a let potrvá 1 hodinu ve výšce 25000 stop.

[web](#)

2.2.2 Drážkované elektrody zvyšují účinnost a životnost palivových článků

Vědci ze slavné laboratoře v Los Alamos využili iontového leptání a fotolitografie, aby vytvořili drážky v elektrodě palivového článku. Tato zdánlivě jednoduchá inovace zlepšuje proudění vodíku a kyslíku kolem elektrody a zvyšuje reakční plochu katalyzátoru. To vede ke zvýšení účinnosti až o 50 % oproti stejné elektrodě bez drážek.

[web](#)

[web](#)

2.2.3 Toyota zvedne dojezd u vodíkových elektromobilů

Toyota plánuje do roku 2026 zavést novou generaci palivových článků do vozů Toyota Mirai. Výsledkem bude o 20 % delší dojezd, tedy 780 km na jednu nádrž. Toyota také usiluje o standardizaci vodíkových nádrží používaných v nákladních automobilech v Evropě, USA a Japonsku, aby se tak urychlila jejich výroba a usnadnila jejich instalace do různých typů vozidel.

[web](#)

2.2.4 Cummins a Tata postaví v Indii továrnu na vodíkové spalovací motory

Projekt bude stát 425 mil. dolarů a bude vyrábět 4 tisíce motorů ročně. Předpokládá se, že budou využity v nákladních vozidlech. V továrně se budou vyrábět také bateriové systémy a tzv. "palivově agnostické motory", tedy motory schopné spalovat jakékoliv palivo.

[web](#)

2.2.5 Po Bratislavě začaly jezdit vodíkové autobusy, dodal je Solaris

Čtveřice vodíkových autobusů od polského výrobce zahájila od 1. srpna provoz na běžné lince. Dopravce má možnost nakoupit dle rámcové smlouvy až 40 vozů. Vodík pro provoz vyrábí firma Slovnaft.

[web](#)

2.2.6 Bílý vodík by mohly vystačit na stovky let

Americká geologická služba uvedla, že zásoby vodíku nacházející se v podzemních ložiscích by mohly pokrýt poptávku po vodíku na stovky let. Skutečný potenciál tzv. bílého (někdy také zlatého) vodíku určí výsledky prvních těžebních projektů.

[web](#)

2.2.7 Prototyp vodíkového autobusu má technickou závadu

Pražský dopravní podnik (DPP) musel vyřadit z pilotního provozu prototyp autobusu poháněného vodíkem, který jezdil od července na lince číslo 170. Důvodem je technická závada, kterou nyní řeší výrobce vozu. Autobus jezdící mezi Mostem a Litvínovem dále operuje bez závad.

[web](#)

2.2.8 Hysata otevírá výrobní závod na vysoce účinné elektrolyzéry

Australská společnost Hysata otevřela nový výrobní závod v Port Kembla. První komerční dodávky elektrolyzérů s účinností 95 % (41,5 kWh/kg H₂) budou dostupné v roce 2025 (výkon až 5 MW). Gigawattové škály by měla Hysata dosáhnout v roce 2026.

[web](#)

2.2.9 Elektrody z platinových nanodrátů zvyšují životnost palivových článků

Elektrody složené z pole koaxiálních nanodrátů mají vyšší životnost než uhlíkové elektrody používané v palivových článcích. Podle studie ztratí články po 5000 zátěžových cyklech jen 2 % výkonu (pro srovnání hodnota pro uhlíkové elektrody je až 87 %). Články s novými elektrodami by tedy mohly být vhodné pro použití v nákladních vozidlech.

[web](#)

2.3 Syntetická paliva

2.3.1 V Brazílii otevřeli první vodíkovou stanici poháněnou zeleným etanolem

Ve státě Sao Paulo byla otevřena první plnicí stanice, která na místě vyrábí vodík z obnovitelného etanolu. Brazílie produkuje většinu etanolu z cukrové třtiny, a to hlavně v Sao Paulu, takže jde pravděpodobně o bioetanol. Stanice má vestavěný reformér, který z etanolu vyrábí kolem 5 kg vodíku za hodinu.

[web](#)

2.3.2 Palivové články na bázi etanolu

Vědcům z University of Central Florida se podařilo zvýšit energetickou hustotu palivových článků využívajících etanol jako palivo. Jejich nový postup umožňuje vytvářet palivové články s 4-7,5krát menším objemem. Jejich články dokáží stabilně fungovat až 1000 hodin.

[web](#)

[web](#)

2.3.3 Palivo vyrobené fotosyntézou za pomoci umělého listu

Umělý list je zařízení, které pomocí fotosyntézy přeměňuje světlo, vodu a CO₂ na složitější etanol a propanol. List je složen z mědi, skla, stříbra a grafitu, funkci chlorofylu nahrazuje katalyzátor z mědi a palladia. Zařízení je zatím ve fázi laboratorního prototypu, ale časem by se mohlo stát součástí konstrukce vozidel a vytvářet tak palivo za jízdy.

[web](#)

[web](#)

3 Analýza k syntetickým palivům

Doplnění stejnojmenné kapitoly ze 4. vydání Zpravodaje z dubna letošního roku.

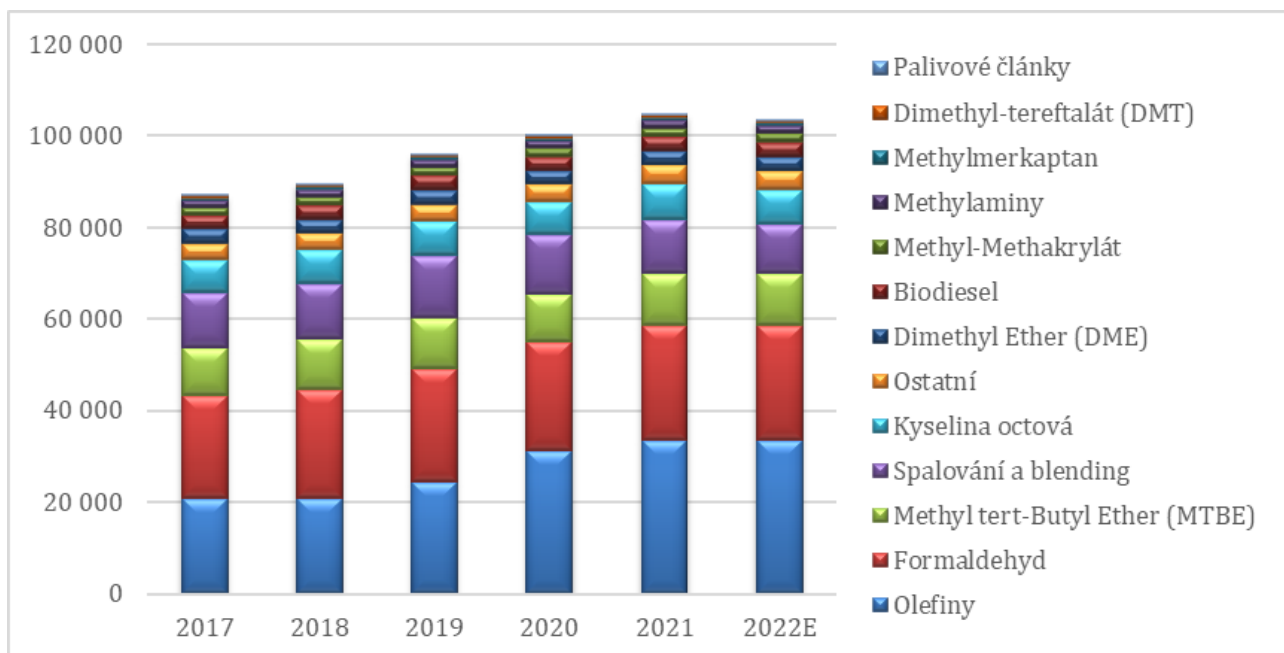
3.1 Metanol

Metanol patří mezi 10 celosvětově nejvíce vyráběných chemických surovin a jeho výroba má dlouhodobě rostoucí trend. Celosvětová produkce metanolu v roce 2022 dosáhla přibližně 111 milionů tun, což představuje téměř 4 % nárůst oproti předchozímu roku. Od roku 2017 vzrostla produkce metanolu zhruba o 22,6 milionů tun (Statista, 2023). Obnovitelný metanol je již komerčně dostupný, přičemž v současné době je celosvětově v provozu asi osm výroben a nejméně 20 dalších bude spuštěno v příštích 5–10 letech. Očekává se, že do roku 2050 dosáhne roční výrobní kapacita 385 milionů tun (Edlund & Lim, 2021). Obnovitelný metanol lze vyrábět z udržitelných surovin, jako jsou:

- Tuhý komunální odpad (TKO)
- Biomasa
- Bioplyn
- CO₂ zachycený z průmyslových procesů
- CO₂ zachytávané z ovzduší

Využití metanolu jako chemické suroviny je uvedeno na obrázku níže. Jeho využití v palivových článcích je v současné době vzhledem k ostatním, z metanolu vyráběným, produktům minoritní. Je však stále více uplatňován ve (Košťál, 2021; Advent Technologies Holding, 2023):

- stacionárních zařízeních (záložní napájecí agregáty, zařízení pro zálohování kritické infrastruktury, zařízení pro zálohování fotovoltaiky, vysílací a přijímací stanice umístěné mimo rozvodnou síť, zařízení pro sledování dopravy, měřicí stanice, signální zařízení apod.),
- přenosných zařízeních (napájení přenosných počítačů, satelitních telefonů, nabíječky baterií, osvětlovací systémy, výstražná světla apod.),
- mobilních zařízeních (zdroj el. Energie v karavanech, lodích, pro pohon invalidních vozíků, golfových vozíků dodávkových kol apod.).



Přehled světové spotřeby metanolu (kt) podle jeho využití (Zdroj: Methanol Institute, 2022)

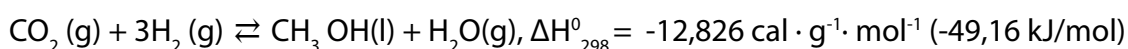
3.1.1 Technologie výroby

Tradiční způsob výroby metanolu využívá ve většině případů zemní plyn, nebo uhlí (převážně v Číně). Fosilní paliva reagují s vodní párou za vysokých teplot a tlaků, čímž vzniká syntézní plyn (směs H_2 , H_2O , CO , CO_2). Syntézní plyn je pak přiveden do reaktoru při tlaku 5-35 MPa a teploty 250-400 °C, kde reaguje za přítomnosti katalyzátoru na bázi směsi mědi, oxidu zinečnatého a oxidu hlinitého. Reakce jsou exotermní, reaktor se tedy musí v tomto kroku chladit. Následně se destilací oddělí voda od čistého metanolu (Jackson, 2006; National Energy Technology Laboratory, n.d.).

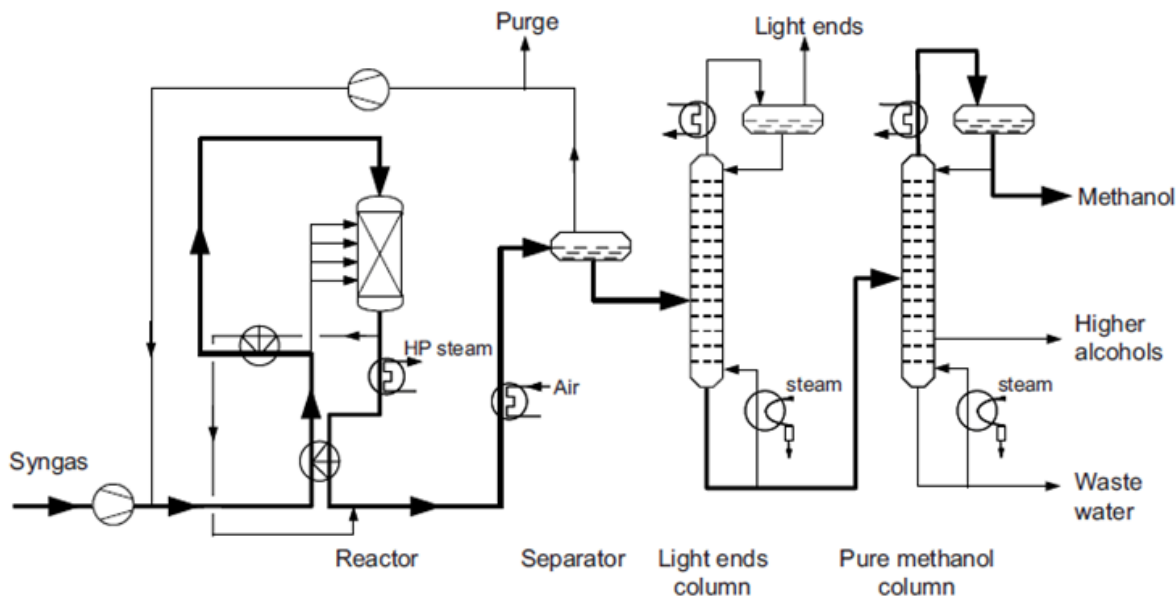
Emise výroby metanolu jsou zhruba rovnoměrně rozděleny mezi výrobu syntézního plynu (včetně těžby a přepravy plynu) a samotnou metanolovou reakci (vysoký tlak a úniky nezreagovaného CO_2). Emisní stopu metanolu lze snížit zachytáváním CO_2 uvolněného při výrobě nebo využitím nefosilních vstupů – biomasa, biometan.

Syntetickým metanolem se označuje metanol syntetizovaný ze zeleného vodíku vyrobeného elektrolýzou vody elektrinou z OZE. Vodík se sloučí s CO_2 , které bylo získáno z atmosféry, nebo zachyceno při jiné výrobě – přítomnost CO není nezbytně nutná. Princip výroby je jinak podobný jako pro fosilní metanol. Emisní stopa syntetického metanolu záleží hlavně na zdroji CO_2 (Methanol Institute, n.d.).

Výroba metanolu v katalytickém konvertoru může probíhat dvěma reakcemi. Nejpřímější je katalytická hydrogenační přeměna oxidu uhličitého.



Při reakci se používají účinné katalyzátory na bázi kovů a jejich oxidů, zejména kombinace mědi a oxidu zinečnatého (Olah et al., 2009). Druhá reakce je složena ze dvou kroků (Meyer et al., 1997).



ICI nízkotlaký reaktor (Matzen, 2015)

Na výrobu jedné tuny metanolu je potřeba 1,460 t CO₂ a 0,199 t H₂ (předpokládá se využití CO₂ zachyceného v jiném procesu). Jako vedlejší produkt vzniká také 0,569 t vody a 0,905 t výfukových plynů (CO₂, CO, H₂O, NO_x) (Pérez-Fortes et al., 2016).

3.1.2 Infrastruktura (zásobování, skladování a čerpání)

Obrovská výhoda metanolu spočívá, díky kapalnému skupenství při běžných teplotách prostředí, především v jednoduchosti jeho transportu i skladování. K přepravě lze bez jakýchkoliv úprav využít stávající prostředky pro přepravu pohonných hmot:

1. cisternové nákladní automobily,
2. cisternové přívěsy,
3. cisternové návěsy,
4. cisternové železniční vozy,
5. tankery.

Ke skladování a čerpání do vozidel je možné využít stávající hustou síť čerpacích stanic. Čerpání do vozidel probíhá stejnou rychlostí jako v případě konvenčních paliv. Infrastruktura při přechodu na metanol ve většině případů nepotřebuje žádnou úpravu. Přijatelnými materiály pro skladovací nádrže jsou nerezová ocel, uhlíková ocel, sklolaminát. Podzemní nádrže z uhlíkové oceli musí být chráněny proti korozi, obvykle povlakem ze sklolaminátu (EA Engineering, Science and Technology, 1999) Systémy odvětrávání a rekuperace par pro čerpací stanice metanolu jsou téměř totožné se systémy pro benzin a zahrnují rekuperaci par I. (uvolňovaných při plnění nádrže) i II. (emitovaných u výdejního stojanu) stupně. Pokud je v ojedinělých případech úprava zařízení nutná, jedná se především o výměnu součástek obsahujících hliník za součástky vyrobené z oceli,

nebo o provedení antikorozi ochrany hliníkových částí niklováním. Veškeré případné úpravy představují ve srovnání s budováním vodíkové infrastruktury zanedbatelné náklady. Studie EA Engineering, Science and Technology (1999) uvádí, že vyhrazení části kapacity čerpací stanice metanolu nebo rozšíření stanice o skladování a výdej metanolu představuje investici v řádu desítek tisíc dolarů.

Metanol je také výhodný pro zásobování vodíkových plnicích stanic, kde tak odpadá neefektivní a komplikovaný transport, přečerpávání a energeticky a prostorově náročné skladování vodíku.

Technologie společnosti Sinopec s hodinovou kapacitou 500 m³ (zařízení na výrobu vodíku z metanolu a vodíkové plnicí zařízení) zabírá 64 m², zatímco konvenční zařízení o stejné kapacitě by zabralo až 500 m² (7,8krát více) (BioAge, 2023). Díky vyšší energetické hustotě ve srovnání se stlačeným nebo zkapalněným vodíkem by měly finanční úspory z výroby, skladování a dopravy vodíku dosahovat u této pilotní plnicí stanice více než 20 % ve srovnání s tradiční vodíkovou plnicí stanicí (DN Media, 2023).

Silné stránky	Slabé stránky
Nulová energetická náročnost skladování metanolu	Koroze kovových materiálů
Snadný transport – kapalina	Toxicita
Bezpečná manipulace s palivem	
Malé prostorové nároky technologie	
Malé ztráty při dlouhodobém skladování	
Snadno biologicky odbouratelné v případě úniku	
Není klasifikován jako nebezpečný pro vodní prostředí	
Tankování v řádu nižších jednotek minut u OA	
Příležitosti	Hrozby
Využití stávající infrastruktury čerpacích stanic	Páry těžší než vzduch – při úniku se mohou dostat do kanalizace
Tankování vozidel se spalovacími motory	

Tabulka 1 poskytuje přehled o stávajícím způsobu využití metanolu v dopravních aplikacích a jeho budoucích perspektivách. Mimo koncepty uvedené v tabulce 1 se metanol M100 používá také v motorsportu jako palivo pro vysokovýkonné zážehové motory.

3.1.3 Aplikace v dopravě

Metanol může být využit přímo ve spalovacích motorech či turbínách, nebo pro pohon elektrických dopravních prostředků s palivovými články. Elektrické dopravní prostředky mohou být vybaveny přímým metanolovým palivovým článkem, kde dochází k rozkladu energetického nosiče na CO_2 a H_2O , nebo může být systém složen z reforméru, který rozkládá metanol na vodík a CO_2 . Vzniklý vodík s atmosférickým kyslíkem je přiváděn do palivového článku, kde dochází k výrobě elektrické energie a odpadem je vodní pára.

Tabulka 1 poskytuje přehled o stávajícím způsobu využití metanolu v dopravních aplikacích a jeho budoucích perspektivách. Mimo koncepty uvedené v tabulce 1 se metanol M100 používá také v motorsportu jako palivo pro vysokovýkonné zážehové motory.

Druh motoru	Koncept	Palivo	Sektor dopravy
Zážehový motor	Nepřímé vstřikování	M0–M85, GEM	Lehká silniční, těžká silniční
	Přímé vstřikování	M0–M85, GEM	Lehká silniční, těžká silniční
	Přímé vstřikování, chudá směs	M0–M85, GEM	Lehká silniční, těžká silniční
Vznětový motor	Duální	M0–M50	Těžká silniční, lodní
	Přímé vstřikování	M100, MD95	Těžká silniční, lodní
	Nové koncepty (HCCI, PPC)	M100	Těžká silniční, lodní
Palivový článek		M100	Lehká silniční, těžká silniční, lodní

Tab. 1 Využití metanolu v dopravních aplikacích (upraveno z: Schröder et al., 2020)

Pozn.

GEM = směs benzínu, etanolu a metanolu

HCCI = kompresní vznícení homogenní směsi

PPC = Částečně předmíchané spalování

Metanol jako palivo pro spalovací motory

Metanol je vhodným palivem pro zážehové motory, a to zejména díky uvedeným vlastnostem:

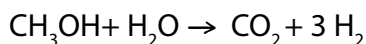
- vysoké výparné teplo,
- nízký stechiometrický poměr vzduchu a paliva,
- vysoký poměr měrné energie (energie na jednotku směsi paliva a vzduchu),
- vysoká rychlost šíření plamene,
- vysoký poměr molární expanze,
- nízká teplota spalování,
- vysoký poměr vodíku k uhlíku,
- kapalný při standardní teplotě a tlaku.

Umožňuje čisté hoření. Tím, že má jen jeden atom uhlíku, nemůže snadno tvořit uhlíkaté částice, jako je tomu u uhlovodíků s dlouhými řetězci. Zároveň jako palivo nemá variabilní vlastnosti, protože není tvořen směsí různých molekul.

Metanol jako nosič energie

Silné stránky	Slabé stránky
Palivo v kapalném formě	Obtížné startování motorů za nízkých teplot
Prostorové nároky nádrže (libovolný tvar)	Emise ze spalování uhlovodíkových paliv
Nízká hmotnost nádrže	
Příležitosti	Hrozby
Využití stávající infrastruktury čerpacích stanic	Páry těžší než vzduch – garážování vozidel
Snadný přechod na vozidla s palivovými články	

U systému nepřímých metanolových palivových článků (RMFC, Reformed Methanol Fuel Cell) je metanol z palivové nádrže přiváděn do reformátoru, kde se směs metanolu a vody převádí na plyn bohatý na vodík. Proces reformace popisuje rovnice:



Před vlastní reformací se metanol převádí do plynné formy za využití odpadního tepla z vysokoteplotního (HT) PEM palivového článku (pracuje při 160-180 °C). Není tak potřeba využívat k odpaření energii primárního paliva, což přispívá k vyšší celkové účinnosti. HT PEM palivový článek má vysokou odolnost vůči nečistotám, není tedy nutné systém doplňovat technologiemi pro čištění reformního plynu. Díky tomu je umožněn jednoduchý a cenově výhodný návrh pohonného systému (BioAge, 2020).

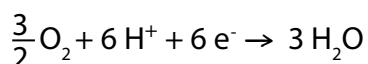
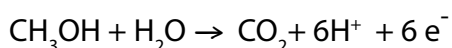
Typická konfigurace pro osobní PHEV by mohla zahrnovat 15-25 kW baterii, systém metanolových palivových článků o výkonu 10-20 kW a nádrž o objemu 50-80 l (Green Car Congress 2019).



Zdroj obrázku: <https://www.greencarcongress.com/2019/08/20190822-bw.html>

U RMFC systémů se kromě vysokoteplotních palivových článků v automobilovém průmyslu používají také nízkoteplotní palivové články (LT PEM), které naopak vyžadují vysoce čistý vodík. Z tohoto důvodu je reformovaný plyn nutné před použitím v palivovém článku čistit, a to za použití palladiových membrán (Siqens, 2023).

Druhou variantou jsou přímé metanolové palivové články (DMFC, Direct Methanol Fuel Cells), které přeměňují chemickou energii tekutého metanolu přímo na elektrickou energii. Metanol s vodou se na anodě rozkládá na CO₂, kationty vodíku, které procházejí membránou a elektrony procházející vnějším obvodem. Tyto elektrony se na katodě slučují s kationty vodíku a vzdušným kyslíkem za vzniku vody. Elektrochemické reakce na anodové a katodové straně článku jsou (Kulikovskyy, 2007):



Silné stránky	Slabé stránky
Nosič energie v kapalném formě	Zatím kratší životnost DMFC
Prostorové nároky nádrže (libovolný tvar)	DMFC vyžaduje vysokou čistotu metanolu
Nízká hmotnost nádrže	Vznik ledových krystalků při nízkých teplotách může poškodit membrány (DMFC)
Baterie s menší kapacitou a nižší hmotností	Nižší účinnost DMFC ve srovnání s RMFC
Dojezd	Požadavek na vyšší obsah platiny jako katalyzátoru (DMFC)
Rychlost tankování	Potřeba čištění reformovaného plynu u LT PEM
Jednoduchý a kompaktní systém (DMFC)	
Nižší požadavky na čistotu vodíku u HT PEM	
Příležitosti	Hrozby
Využití stávající infrastruktury čerpacích stanic	Páry těžší než vzduch – garážování vozidel
Palivový článek jako zdroj energie pro pohon příslušenství (užitková vozidla, stavební stroje...)	
Možnost balancování el. sítě podobně jako u BEV	
Úspora vzácných kovů potřebných na výrobu baterie	

Literatura

ADVENT TECHNOLOGIES, 2023. Critical Infrastructure Backup Power - Advent Technologies. [online]. 2023. Dostupné z: <https://serene.advent.energy/critical-infrastructure-backup-power/> [cit. 14. červen 2023].

COLLINS, Leigh, 2023. Chinese oil giant Sinopec rolling out cost-saving methanol-to-hydrogen filling stations in China. Hydrogeninsight [online]. 16. únor 2023. Dostupné z: <https://www.hydrogeninsight.com/transport/chinese-oil-giant-sinopec-rolling-out-cost-saving-methanol-to-hydrogen-filling-stations-in-china/2-1-1405505> [cit. 29. květen 2023].

EA ENGINEERING SCIENCE AND TECHNOLOGY, 1999. Methanol Refueling Station Costs. [online]. Dostupné z: <https://afdc.energy.gov/files/pdfs/methfr.pdf> [cit. 25. srpen 2023].

EDLUND, Dave a LIM, David, 2021. The Renewable Methanol Pathway to Green Hydrogen. [online]. Dostupné z: <https://www.methanol.org/wp-content/uploads/2020/04/Renewable-methanol-to-Green-Hydrogen-final-1.pdf> [cit. 25. srpen 2023].

GREEN CAR CONGRESS, 2019. Blue World Technologies takes 15% stake in Danish Power Systems; methanol fuel cell vehicles. [online]. 22. srpen 2019. Dostupné z: <https://www.greencarcongress.com/2019/08/20190822-bw.html> [cit. 29. květen 2023].

GREEN CAR CONGRESS, 2020. Blue World Technologies starting production of methanol fuel cells. [online]. 8. říjen 2020. Dostupné z: <https://www.greencarcongress.com/2020/10/20201008-blueworld.html> [cit. 29. květen 2023].

GREEN CAR CONGRESS, 2023. China's first integrated methanol-to-hydrogen and hydrogen refueling service station now in operation. Green Car Congress [online]. 25. únor 2023. Dostupné z: <https://www.greencarcongress.com/2023/02/20230225-sinopec.html> [cit. 29. květen 2023].

JACKSON, J., 2006. THE METHANOL PROCESS, A BASIC INTRODUCTION [online]. Dostupné z: <https://www.atlanticmethanol.com/public/downloads/UWQhC/ampcomethanolbasicprocess.pdf> [cit. 19. květen 2023].

KOŠŤÁL, Josef, 2021. Elektrické napájení z palivových článků. Elektro [online]. Vol. 31, číslo 12, s. 24–25. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/elektro/casopis/tema/elektricke-napajeni-z-palivovych-clanku--11189> [cit. 25. srpen 2023].

KULIKOVSKY, A. A., 2007. Analytical Models of a Direct Methanol Fuel Cell. Advances in Fuel Cells. Vol. 1, s. 337–417. DOI 10.1016/S1752-301X(07)80011-1.

MATZEN, Michael J, 2015. Sustainability Assessment for Energy Systems and Chemical Process Industries [online]. Dostupné z: <http://digitalcommons.unl.edu/chemengtheses/27>

METHANOL INSTITUTE, 2022. Methanol Price and Supply/Demand. [online]. 2022. Dostupné z: <https://www.methanol.org/methanol-price-supply-demand/> [cit. 19. květen 2023].

NATIONAL ENERGY TECHNOLOGY LABORATORY, nedatováno. Syngas Conversion to Methanol. [online]. Dostupné z: <https://netl.doe.gov/research/carbon-management/energy-systems/gasification/gasifipedia/methanol> [cit. 19. květen 2023].

OLAH, George A., GOEPPERT, Alain a PRAKASH, G. K.Surya, 2009. Chemical recycling of carbon dioxide to methanol and dimethyl ether: From greenhouse gas to renewable, environmentally carbon neutral fuels and synthetic hydrocarbons. *Journal of Organic Chemistry*. Vol. 74, číslo 2, s. 487–498. DOI 10.1021/JO801260F/ASSET/IMAGES/MEDIUM/JO-2008-01260F_0003.GIF.

OTT, Jörg et al., 2012. Methanol. *Ullman's Encyclopedia of Industrial Chemistry*. DOI Dostupné z: https://doi.org/10.1002/14356007.a16_465.pub3.

PÉREZ-FORTES, Mar et al., 2016. Methanol synthesis using captured CO₂ as raw material: Techno-economic and environmental assessment. *Applied Energy*. Vol. 161, s. 718–732. DOI 10.1016/J.APENERGY.2015.07.067.

RATTAN, Charley, 2022. Carbon footprint of methanol [online]. Dostupné z: <https://energycentral.com/c/og/carbon-footprint-methanol> [cit. 18. květen 2023].

SCHRÖDER, Jörg et al., 2020. Methanol as Motor Fuel. [online]. 2020. Dostupné z: https://www.iea-amf.org/content/fuel_information/methanol [cit. 29. květen 2023].

SIQENS GMBH, 2023. Methanol fuel cell: Working principle and different types. [online]. 27 leden 2023. Dostupné z: <https://siqens.de/en/methanol-fuel-cell/> [cit. 29. květen 2023].

STATISTA, 2023. Production of methanol worldwide from 2017 to 2022. Statista – The Statistics Portal for Market Data, Market Research and Market Studies [online]. 24 březen 2023. Dostupné z: <https://www.statista.com/statistics/1323406/methanol-production-worldwide/> [cit. 29. květen 2023].

STEINBERG, Meyer a DANG, Vi Duong, 1977. Production of synthetic methanol from air and water using controlled thermonuclear reactor power—I. technology and energy requirement. *Energy Conversion*. Vol. 17, číslo 2–3, s. 97–112. DOI 10.1016/0013-7480(77)90080-8.

TUNGLER, Antal, 2019. The methanol synthesis. [online]. Dostupné z: http://kkft.bme.hu/attachments/article/126/2019%20PC_9%20Methanol%20synthesis%202019_11_20.pdf [cit. 19. květen 2023].

WURZEL, Thomas, 2006. Lurgi MegaMethanol Technology. [online]. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/profile/Rick-Manner/post/Simulating Mol Sieve Adsorption In Aspen Plus/attachment/5b99abd03843b006753910db/AS%3A670192065605632%401536797648151/download/Lugi+methanol+Wurzel.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Rick-Manner/post/Simulating_Mol_Sieve_Adsorption_In_Aspen_Plus/attachment/5b99abd03843b006753910db/AS%3A670192065605632%401536797648151/download/Lugi+methanol+Wurzel.pdf) [cit. 19. květen 2023].

Kapitola 3.1 byla zpracována v rámci řešení projektu CK02000044 Progresivní rozvoj vodíkového hospodářství v dopravě ČR. Projekt je financován se státní podporou Technologické agentury ČR a Ministerstva dopravy v rámci Programu DOPRAVA 2020+.



Ministerstvo dopravy

WWW.MDCR.CZ



ČISTÁ
DOPRAVA

WWW.CISTADOPRAVA.CZ



CENTRUM
DOPRAVNÍHO
VÝZKUMU

WWW.CDV.CZ