T A
Č R

Program **Národní centra kompetence**

Tento projekt je spolufinancován se státní podporou Technologické agentury ČR v rámci Programu Národního centra kompetence

www.tacr.cz

DP009: Alternativní formy skladování a transportu vodíku

Celková doba řešení – 10/2024 – 06/2027

Seminář k prezentaci projektu a výsledků 5. 11. 2026

Dílčí projekt 009 – Alternativní formy skladování a transportu vodíku

Cílem dílčího projektu je dodat přehledné a komplexní shrnutí současného stavu, včetně prozkoumání a systematizaci alternativ a možností skladování a přepravy vodíku v různých formách. V návaznosti na široký potenciál uplatnění H2 bude uvažována celá škála rozsahů a možností ukládání, dopravy a skladování, od uložení na hodiny po sezónní a dlouhodobé skladování.

- Skladování a přeprava vodíku
  - Stlačení
  - Zkapalnění
  - **Chemické navázání do jiné látky**

- Celospolečenský přínos poznání a tvorba podkladů pro technickou implementaci cílů stanovených ve strategických dokumentech.
- Potenciál komerčního využití prostřednictvím licencování softwarových nástrojů a map.
- Průzkum a definice prakticky nasazených technologií a technologií ve fázi vývoje.
- Identifikace technologií s potenciálem zásadního zjednodušení, zlevnění a zefektivnění využití vodíku ve specifických podmínkách ČR.

Forma
Plynný vodík
Kapalný vodík
Kryogenní vodík *
Zemní plyn (směs)
Amoniak
Methanol
Metan
Ethanol
Hydridy kovů
Methylcyklohexan (toluen)

* Nízká TRL, výstupem je souhrn aktuálního stavu poznání

Harmonogram

	Q4/2024	Q1/2025	Q2/2025	Q3/2025	Q4/2025	Q1/2026	Q2/2026	Q3/2026	Q4/2026	Q1/2027	Q2/2027
WP1											
WP2											
WP3											
WP4											
WP5											
WP6											
WP7											

WP1 – Management dílčího projektu (*ČVUT*)

WP2 – Navázání na projekty H2Doprava, NCK a další, sjednocení terminologie, naplňování SVA (*CDV*)

WP3 – Identifikace a analýza možných forem ukládání vodíku, možností přepravy a skladování alternativních forem vodíku, analýza a foresight (*VŠB TUO*)

WP4 – Tvorba mapové vrstvy aktuálního a střednědobého stavu a výhledu, identifikace potenciálu alternativních způsobů dopravy H2 (*ČVUT*)

WP5 – Tvorba metodiky pro využití alternativních způsobů ukládání, přepravy a skladování H2 pro dopravní aplikace (CDV)

WP6 – Vytvoření doporučení a diseminace výsledků (*HYTEP*)

WP7 – Modulární simulační model řetězců alternativních forem vodíku (*ČVUT*)

Hlavní výstupy dílčího projektu

	Výstup	Termín dokončení	Stav
1	**Transport** alternativních forem vodíku – efektivita dané formy, technologická vyspělost řešení, potenciál nasazení, omezení	12/2025	✓
2	Možnosti **skladování** alternativních forem vodíku – efektivita dané formy, technologická vyspělost řešení, potenciál nasazení, omezení	12/2025	✓
3	**Metodika** pro užívání alternativně ukládaného vodíku v rámci ČR	12/2026	90%
4	**Odborný seminář** na téma alternativních forem transportu a skladování vodíku	10/2026	✓
5	Podklady pro **aktualizaci strategických dokumentů ČR**	12/2026	50%
6	Podklady pro **didaktické texty** pro úroveň středního školství	06/2026	
7	**Mapa potenciálu** transportu a skladování různých forem vodíku pro mobilitu v ČR	06/2027	80%
8	**Sada softwarových modulů** simulačního prostředí pro alternativní formy vodíku	06/2027	Start

V1 Transport

1	**Transport** alternativních forem vodíku – efektivita dané formy, technologická vyspělost řešení, potenciál nasazení, omezení	**12/2025**	✓

Jak Studie formy hodnotí

- 9 forem, jednotná osnova: vlastnosti · silnice · železnice · loď · potrubí · terminály · trasy
- Kritéria: bezpečnost · TRL · energetická a ekologická náročnost přepravy · legislativa (ADR/RID/ADN/IMDG) · potenciál v ČR
- Každá kapitola končí shrnutím a SWOT analýzou přepravy
- Rešeršní studie; zpracovatelé VŠB-TUO, CDV, HYTEP, ČVUT, ORLEN Unipetrol RPA
- Studie neuvádí celkové pořadí forem – srovnání v prezentaci je syntéza kapitol



Silnice

· DP009-V01, Obr. 3.1



Železnice

· DP009-V01, Obr. 4.2



Loď

· DP009-V01, Obr. 4.3



Potrubí

· DP009-V01, Obr. 4.4

9	kapitol – jedna forma vodíku na kapitolu
9	SWOT analýz přepravy

Přepravní segmenty: každá forma má své místo

Syntéza shrnutí kapitol 2–10 Studie

Segment	Formy podle Studie	Mód
Poslední míle, závoz HRS	Plynný H_2 (trailery); methanol, ethanol (cisterny); kapalný H_2 pro větší stanice	Silnice
Regionální distribuce	Metalhydridové moduly, LOHC, methanol, ethanol	Silnice, železnice
Meziregionální, průmyslové objemy	LOHC, amoniak, methanol, ethanol; kapalný a plynný H_2 v ISO kontejnerech	Železnice, intermodálně
Dálkový přenos a import	Amoniak, methanol, LOHC, LNG, kapalný H_2 do evropských přístavů	Loď → železnice, potrubí
Velké stabilní toky	Čistý H_2 (páteřní síť), SNG a směs ZP + H_2 v plynárenské síti; amoniak dlouhodobě	Potrubí

Fyzikální formy – plynný a kapalný vodík



Plynný H_2

trailer se svazky lahví · DP009-V01, Obr. 5.2



Kapalný H_2

kryogenní trailer až 4,5 t H_2 · DP009-V01, Obr. 6.1

Plynný H_2 vs. kapalný H_2

Parametr	Plynný H_2 (CGH_2)	Kapalný H_2 (LH_2)
Hustota H_2	14,9 kg/m³ (200 bar) – 31,6 kg/m³ (500 bar)	70,8 kg/m³ (−253 °C)
Náklad	trailer 300–1 400 kg H_2 (podle lahví a tlaku)	trailer 3 500–4 500 kg; ISO kontejner 40′ 3 040 kg
Energetika	souprava 40 t veze stovky kg H_2 – většinu hmotnosti tvoří lahve	zkapalnění 10–13 kWh/kg ≈ 30 % energie H_2
Ztráty	bez odparu; ztráty při nakládce a vykládce	odpar ~1 % za den (od druhého dne jízdy)
TRL	silnice 8–9 · železnice, loď, potrubí 5–7	trailer 9 · ISO kontejner 6–7 · loď 6
Role	poslední míle; do budoucna potrubí	větší objemy na střední vzdálenosti bez potrubí
ČR	silniční závoz běžný; páteřní síť – priorita západní a severní koridor	dnes kvůli malým objemům není nejvhodnější; doplňkové řešení

Chemické nosiče a přechodové formy



LOHC (MCH)

silniční cisterna · DP009-V01, Obr. 4.1



Amoniak

železniční cisterna · DP009-V01, Obr. 8.4



Methanol

silniční cisterna · DP009-V01, Obr. 9.1



Ethanol

vlak s ISO cisternami · DP009-V01, Obr. 10.7



Syntetický metan

kryogenní železniční cisterny · DP009-V01, Obr. 3.5



Směs ZP + H_2

plynovody a výrobny H_2 v ČR · DP009-V01, Obr. 7.1



Metalhydridy

kontejnerový trailer · DP009-V01, Obr. 2.2

LOHC (toluen–MCH): kapalina v běžných cisternách

- MCH: až 47 kg H_2/m^3; kapalina za běžných podmínek, bez tlaku, kryogeniky a odparu
- Silnice: autocisterny až 30 000 l; na 300 km ~3 kWh a ~0,18 € na kg H_2
- Železnice: swap-body až 100 m^3; 0,12–0,15 €/kg H_2 na 200–500 km; ztráty par < 0,03 % měsíčně
- Loď: chemické tankery 20 000–30 000 m^3 (SPERA Hydrogen); potrubí pro aromáty TRL 9
- CO_2 silniční přepravy ~100 g/kg H_2 na 300 km, železnice 3–5× méně
- ČR: ADR cisterny i železnice k dispozici; chybí průmyslová dehydrogenace (35–50 mil. EUR)



Zdroj: DP009-V01, Obr. 4.1

47 kg/m^3 H_2 vázaného v MCH

TRL 8–9 silniční a železniční přeprava

TRL 6–7 celý řetězec včetně dehydrogenace

Amoniak: nejvyšší hustota, zavedená logistika, toxicita

- 17,6 hm. % H_2; 106 kg H_2/m^3 v kapalném NH_3; zkapalnění tlakem nebo chlazením
- Silnice: max. 44 m^3 při tlaku do 29 bar – menší dodávky koncovým uživatelům
- Železnice: 50–110 m^3 na vůz; v ČR obvykle 85 m^3 při 14 bar
- Loď: 23 000–40 200 t NH_3, výjimečně 66 138 t; tankery typu A, B, C
- Potrubí: ~7 600 km ve světě; v ČR historicky Litvínov–Lovosice
- Toxicita: železnice prochází obydlenými oblastmi a odpovídá za většinu nehod s NH_3



Zdroj: DP009-V01, Obr. 8.4

106 kg/m³ — H_2 v kapalném amoniaku

TRL 9 — silnice · železnice · loď · potrubí

85 m³ — typický železniční vůz v ČR (14 bar)

Methanol a ethanol: kapalná palivová logistika

Parametr	Methanol (MeOH)	Ethanol (EtOH)
Obsah H_2	12,5 hm. %; ~99 kg H_2/m^3	13,1 hm. %
Stav	kapalina, var 64,7 °C, tání −98 °C	kapalina za běžných podmínek
Silnice	cisterny 20–45 m^3 (plnění 90–95 %)	standardní cisterny; TRL 9
Železnice	cisterny 50–115 m^3, do 6 bar; TRL 8–9	cisterny pro větší objemy; TRL 9
Loď, potrubí	tankery do 120 000 m^3, potrubí do ~475 km; TRL 8–9	chemické tankery, produktovody; TRL 9
Rizika	hořlavý a jedovatý; výbušné směsi 6–36,5 % obj.	hořlavá kapalina; vliv na kovy, polymery, těsnění
ČR podle Studie	využití existujících tras a cisteren	rozvoj evolučně, bez nové dopravní infrastruktury; chybí potrubí

Syntetický metan a směs ZP + H_2: přechodové formy

Parametr	Syntetický metan (SNG)	Směs ZP + H_2 (blending)
Princip	Sabatier: $CO_2 + 4\ H_2 \rightarrow CH_4 + 2\ H_2O$	přimíchání H_2 do sítě zemního plynu
Obsah H_2	25 hm. %; 40 kg/m³ (CNG ~250 bar) / 57 kg/m³ (LNG)	zředěný: 2–20 % obj.
Vhodné módy	potrubí na pevnině; LNG loď přes oceán; železnice kompromis; silnice lokálně	jen potrubí; silnice, železnice a loď nevýhodné
TRL	potrubí, silnice, železnice, LNG loď 9 · CNG loď 6–7	potrubí 7–8
Ztráty, rizika	odpar LNG 0,10–0,15 % za den; úniky CH_4 (GWP 28× CO_2)	netěsnosti potrubí; separace energeticky náročná
ČR podle Studie	plná kompatibilita se sítí ZP a zásobníky	do 2 % obj. v dohledné době, dlouhodobě až 20 %; pro mobilitu slepá ulička

Metalhydridy: bezpečnost za cenu hmotnosti

- Vodík pevně vázán v kovové mřížce; přeprava bez udržování tlaku a teploty, bez odparu
- Teplo uvolnění: 3–4 kWh/kg H_2 (intermetalické) až 8–10 kWh/kg H_2 (MgH_2, komplexní hydridy)
- Kapacita: silnice jednotky t, železnice desítky t, loď stovky t metalhydridu („on deck only“, IMDG)
- Moduly kompatibilní s ADR a RID; piloty v Německu, Rakousku a Švýcarsku
- Slabiny: vysoká hmotnost nosiče, tepelný management při výdeji, reaktivita s vodou
- Role: regionální a ostrovní logistika, doplněk distribuce; v ČR terminály Mělník, Lovosice



Zdroj: DP009-V01, Obr. 2.2

3–4 kWh/kg	teplo desorpce – intermetalické hydridy
TRL 5–7	silniční přeprava modulů
TRL 4–6	železniční přeprava modulů

3468 HYDROGEN IN A METAL HYDRIDE STORAGE SYSTEM or HYDROGEN IN A METAL HYDRIDE STORAGE SYSTEM CONTAINED IN EQUIPMENT or HYDROGEN IN A METAL HYDRIDE STORAGE SYSTEM PACKED WITH EQUIPMENT

2.1, (D)

Srovnávací matice: forma × mód × TRL

Forma	H_2 [kg/m³]	Silnice	Železnice	Loď	Potrubí	ČR podle Studie
Plynný H_2	14,9–31,6	8–9	5–7	—	5–7	poslední míle; páteřní síť
Kapalný H_2	70,8	9	6–7	6	—	doplněk; dnes malé objemy
LOHC (MCH)	47	8–9	8–9	7–8	9	chybí dehydrogenace
Amoniak	106	9	9	9	9	ORLEN; železnice 85 m³
Methanol	99	8–9	8–9	8–9	8–9	stávající cisterny a trasy
Ethanol	13,1 hm. %	9	9	9	9	evoluční rozvoj; chybí potrubí
SNG	40 / 57	9	9	9 (LNG)	9	kompatibilní se sítí ZP
Směs ZP + H_2	2–20 % obj.	—	—	—	7–8	do 2 % obj.; ne mobilita
Metalhydridy	pevná fáze	5–7	4–6	5–6	—	regionální doplněk

TRL přepravy podle módu dle Studie DP009-V01, kap. 2–10. „—“ = mód se nevyužívá nebo není vhodný. Syntéza kapitol, nikoli pořadí forem.

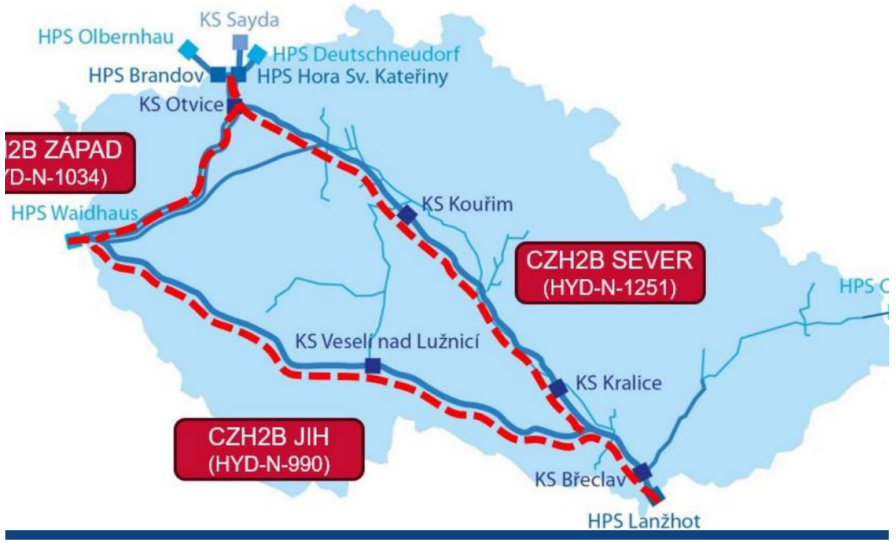
SWOT přepravy ve zkratce

Forma	Silné stránky a příležitosti	Slabé stránky a hrozby
Plynný H_2	jednoduchý řetězec; kompatibilita se stanicemi v ČR; široký rozsah tlaků	nízká hustota; vysoké tlaky 200–500 bar; zbytkový tlak v traileru
Kapalný H_2	70,8 kg/m³; rychlé přečerpání; kombinace silnice–železnice	odpar 1–3 % denně; kryogenní nádrže; vodíková křehkost
LOHC (MCH)	stávající nádrže a cisterny; bez vysokého tlaku a kryogeniky	hořlavost a toxicita toluenu; energie regenerace; hmotnost nákladu
Amoniak	TRL 9 všech módů; zavedené řetězce; rychlá nakládka	vysoce jedovatý; tlak do 17 bar nebo −50 °C; max. 530 kg/m³ v cisterně
Methanol	kapalina za okolních podmínek; TRL 8–9; snadná nakládka	hořlavý a jedovatý; TRL rozkladu 6–7
Ethanol	stávající logistika; flexibilita silnice; nízké energetické nároky	materiálová kompatibilita; ztráty odparem a úkapem; chybí potrubí v ČR
SNG	kompatibilní se sítí ZP; intermodální MEGC; export LNG	výroba (Sabatier, CO_2); úniky CH_4; investice do LNG infrastruktury
Směs ZP + H_2	stávající plynovody pro nízké koncentrace; TRL 7–8	nelze přímo pro mobilitu – nutná separace; netěsnosti
Metalhydridy	nejvyšší bezpečnost; minimum úniků; běžné ADR vozy	hmotnost nosiče; tepelný management; reaktivita s vodou

Zdroj: SWOT analýzy přepravy ve Studii DP009-V01, Obr. 2.8, 3.6, 4.5, 5.8, 6.3, 7.3, 8.14, 9.10, 10.9 (výběr). Plné SWOT analýzy ze Studie jsou v příloze (slidy 18–26).

Logistický kontext ČR podle Studie

- Silná silniční a železniční síť; intermodální terminály Mělník, Lovosice, Praha-Uhříněves
- Plynný H_2: poslední míle po silnici; páteřní vodíková síť – priorita západní a severní koridor
- LOHC: ADR cisterny k dispozici, chybí průmyslová dehydrogenace (Ústecký, Moravskoslezský kraj)
- NH_3: ORLEN Unipetrol, železnice 85 m^3 / 14 bar; amoniakovod jako dlouhodobý potenciál
- Námořní přeprava jen nepřímo – přes zahraniční přístavy a navazující železnici
- Směs ZP + H_2: do 2 % obj., dlouhodobě až 20 %; pro mobilitu slepá ulička



Přepravní síť NET4GAS · Zdroj: DP009-V01, Obr. 5.6

2 % obj. — H_2 v síti ZP v dohledné době

35–50 M€ — průmyslový dehydrogenační blok LOHC

85 m^3 — železniční vůz na NH_3 v ČR

V2 Skladování

2	Možnosti **skladování** alternativních forem vodíku – efektivita dané formy, technologická vyspělost řešení, potenciál nasazení, omezení	**12/2025**	✓

TRL: přehled skladování a zpětného získání H_2

Hodnocení podle studie DP009 (březen 2026). TRL se vztahuje ke konkrétní technologii, aplikaci a měřítku.

Metoda	Sklad / infrastruktura	Konverze nebo omezení podle studie
Plynný H_2	Běžné zásobníky: 9	Atypické / velmi vysoké tlaky: 7–8
Kapalný H_2	Stacionární sklad: 8–9	Pokročilé systémy bez odparu: 5–7
CcH_2	Hybridní kryotlakový systém: 3–4	Výzkum; složitá nádoba a tepelná izolace
Metalhydridy	Vybrané intermetalické moduly komerční	Výzkumné materiály / prototypy: 2–6
Metan	Plynové zásobníky: 9	Metanizace: 7–9; běžné reformování: 9
Směs $CH_4 + H_2$	Distribuční piloty: 5–6; podzemní: 6–7	Závisí na koncentraci, síti a separaci H_2
Toluen–MCH	Zavedená chemie a logistika: 8–9	Velkokapacitní integrovaný řetězec: 6–7
Amoniak	Tlakové / chlazené nádrže: 8–9	Rozklad na H_2: 5–7
Methanol	Nádrže a logistika: 9	Stacionární reformování: 6–8; mobilní: 3–5

Podklad: studie DP009, kap. 2–9 a 11; rozsahy nepředstavují jednotné TRL celé metody.

Závěr TRL: rozhoduje připravenost celého řetězce

Nejvyšší technická připravenost: TRL 9

TRL 9: běžné tlakové zásobníky H_2, zásobníky metanu a jeho konvenční parní reformování, nádrže a logistika methanolu.

Slabším článkem může být získání čistého H_2

Rozklad NH_3 (5–7), reformování methanolu (6–8) a velkokapacitní řetězec MCH (6–7) mají nižší TRL než jejich skladovací infrastruktura.

Rozdílná vyspělost v rámci jedné metody

U metalhydridů se liší komerční intermetalické moduly od výzkumných materiálů. U směsí CH_4 + H_2 záleží na síti, koncentraci a separaci; CcH_2 uvádí studie na TRL 3–4.

Důsledek pro výběr řešení

Posuzovat sklad, plnění, konverzi, čištění a výdej společně. Vysoké TRL nádrže samo nepotvrzuje připravenost celého systému; potřebné je ověření v požadovaném měřítku a provozu.

TRL: 1–3 výzkum a ověření principu; 4–6 ověřování technologie a prototypů; 7–9 demonstrace a provozní ověření.

Podklad: studie DP009, březen 2026 · kap. 2–9 a 11.

Přehled hlavních přínosů a omezení

Forma	Přínos	Hlavní omezení
Plynný / kapalný H_2	Přímé využití H_2	Objem a tlak / kryogenika a odpar
Metalhydridy MH_x	Vysoká objemová hustota v materiálu	Hmotnost zásobníku, teplo a kinetika
Metan CH_4	Zavedené skladování plynu	CO_2, metanové úniky a zpětný reformér
Směs $CH_4 + H_2$	Částečné využití stávající sítě	Limity příměsi a separace H_2
MCH C_7H_{14}	Kapalná forma, opakované použití	Teplo pro dehydrogenaci, návrat toluenu
Amoniak NH_3	Vysoký obsah H, zavedená komodita	Toxicita, rozklad a čištění
Methanol CH_3OH	Kapalná palivová logistika	Reformování, emise a bilance konverzí
CcH_2	Vyšší hustota díky chlazení a tlaku	Složitá nádoba, tepelné zisky, nízké TRL

Podklad: studie DP009, březen 2026 · kap. 2–9 a 11

Státní rezerva: zásoba H_2, nebo zásoba energie?

Forma rezervy	Požadovaný výstup	Nutná podmínka	Kde případně skladovat v ČR
Plynný H_2	Rychlá dodávka H_2	Vyhrazené tlakové zásobníky, zajištěný výdej	Litvínov/Záluží či Kralupy; u strategického odběratele
Syntetický CH_4	Velká zásoba energie	Kompatibilní plynový sklad; pro H_2 reformér a čištění	Zásobníky Gas Storage CZ; Uhřice, Dambořice
Směs ZP + H_2	Energie nebo H_2 po separaci	Ověřit podíl H_2, těsnost a změny složení	Dambořice, Uhřice a Gas Storage CZ (k ověření)
MCH / toluen	Dlouhé uložení v kapalině	Kompatibilní nádrže, dehydrogenace a návrat nosiče	Sklady ČEPRO; Litvínov/Záluží, Kralupy (k ověření)
Amoniak NH_3	H_2 po rozkladu	Tlak či chlazení; rozklad a dočištění H_2	Lovochemie, Lovosice (existující sklady NH_3)
Methanol	H_2 po reformování	Kompatibilní nádrže; voda, teplo a čištění	PREOL, Lovosice; DUKOL, Ostrava
Kapalný H_2	Dodávka kapalného H_2	Specializovaný kryogenní sklad; řešení odparu	Nový kryogenní sklad; konkrétní lokalita neurčena

Lokality jsou kandidátní. Sklad nosiče sám nezajišťuje státní rezervu ani dodávku čistého H_2.

Podklad: studie DP009, březen 2026 · kap. 2–10

Závěry pro výběr a nasazení v ČR

Časté cykly a přímý odběr H_2: výchozí variantou je tlakové skladování.

Dlouhé uložení: posuzovat metan a kapalné nosiče včetně ztrát konverzí.

Existující infrastruktura v ČR je výchozí základ. Každý sklad vyžaduje ověření kompatibility.

Volbu určuje společná bilance kapacity, výdejového výkonu, energie a bezpečnosti.



Plynárenská infrastruktura — ilustrační fotografie.
Zdroj: MND Gas Storage, www.mndgs.cz.

Podklad: studie DP009, březen 2026 · kap. 2–10

V3 Metodika

3	**Metodika** komplexně zpracovávající informace o alternativních formách uloženého H2, včetně ohledů na možnosti využití, dopravu, bezpečnost, efektivitu a další faktory	**12/2026**	**90%**

Metodika - stav

- Vytvořena struktura dokumentu
- Dokončena tvorba obsahové části řešiteli
  - Některé sekce jsou závislé na dokončení ostatních WP / DP
- Opřipomínkováno
- Probíhá finalizace dokumentu a formální úpravy

- To do – Odeslat ke schválení MPO - Q4/2026

Obsah

1 Úvod ... 8
2 Cíl metodiky ... 8
3 Základní pojmy a definice @HYTEP (až na závěr) ... 9
4 Metodická část ... 10
4.1 Potenciál a role vodíku v energetické bilanci ČR ... 10
4.2 Přehled alternativních forem ukládání vodíku ... 11
4.2.1 Přímé fyzikální skladování vodíku ... 11
4.2.2 Reverzibilní nosiče ... 11
4.2.3 Chemické nosiče ... 12
4.3 Metodologická analýza jednotlivých forem ... 13
4.3.1 Technologická analýza ... 13
4.3.2 Logistická a infrastrukturní analýza ... 16
4.3.3 Bezpečnost ... 17
4.3.4 Ekonomická analýza ... 19
4.4 Popis funkcionality modelu ... 21
4.4.1 Vstupní formulář ... 21
4.4.2 Reformace ... 22
4.4.3 Přeprava ... 23
4.4.4 Zpětná reformace ... 24
4.4.5 Report ... 24
4.4.6 Integrace metodiky, modelu a Vodíkové mapy ČR ... 25
4.4.7 Rozhodovací matice/diagram/strom/proces pro výběr vhodné formy pro zásobování spotřebitele na základě potřebného množství v čase ... 25
4.5 Příklady přepravy alternativních forem vodíku ... 26
4.5.1 Příklad 1: 50 t H_2/rok ... 26
4.5.2 Příklad 2: 365 t H_2/rok ... 27
4.5.3 Příklad 3: 1 000 t H_2/rok ... 29
4.5.4 Příklad 4: 10 000 t H_2/rok ... 31
4.5.5 Vliv vstupní ceny vodíku ... 33
4.5.6 Závěr z příkladů přepravy vodíku pomocí alternativních forem ... 33
5 Srovnání novosti postupů ... 35
6 Popis uplatnění metodiky ... 36
7 Ekonomické aspekty ... 37
8 Závěr ... 38
9 Seznam použité literatury ... 40
10 Seznam použitých zkratek ... 41
11 Seznam obrázků ... 42
12 Seznam tabulek ... 43
13 Přílohy ... 44

V4 Odborný seminář

4	**Odborný seminář** na téma alternativních forem transportu a skladování vodíku	10/2026	✓

Odborný seminář - souhrn

Obsah

Workshop představil klíčové výstupy projektu TAČR zaměřeného na alternativní formy přepravy a skladování vodíku. Účastníci se seznámili s hlavními závěry dvou rozsáhlých studií, s metodickým nástrojem (Excel model) pro výpočet nákladů na přepravu vodíku v různých formách a se vzdělávacími materiály určenými pro střední školy.

Komu byl seminář určen

Workshop je určen zástupcům veřejného sektoru, průmyslovým partnerům a dalším zájemcům o vodíkovou ekonomiku. Součástí workshopu bylo zahrnuto drobné občerstvení a přirozeně probíhal networking.

Organizační informace

Účast na workshopu byla bezplatná. Registrace byla nutná předem prostřednictvím odkazu. Akce proběhla v hybridní formě (prezenční i online).

Koordinovaný oběd vyrazíme na náklady účastníků. Studie, metodický nástroj (Excel model) a vzdělávací materiály byly účastníkům zpřístupněny ke stažení na webu CDV



Agenda semináře

Účast:

- 25 fyzicky
- 22 online

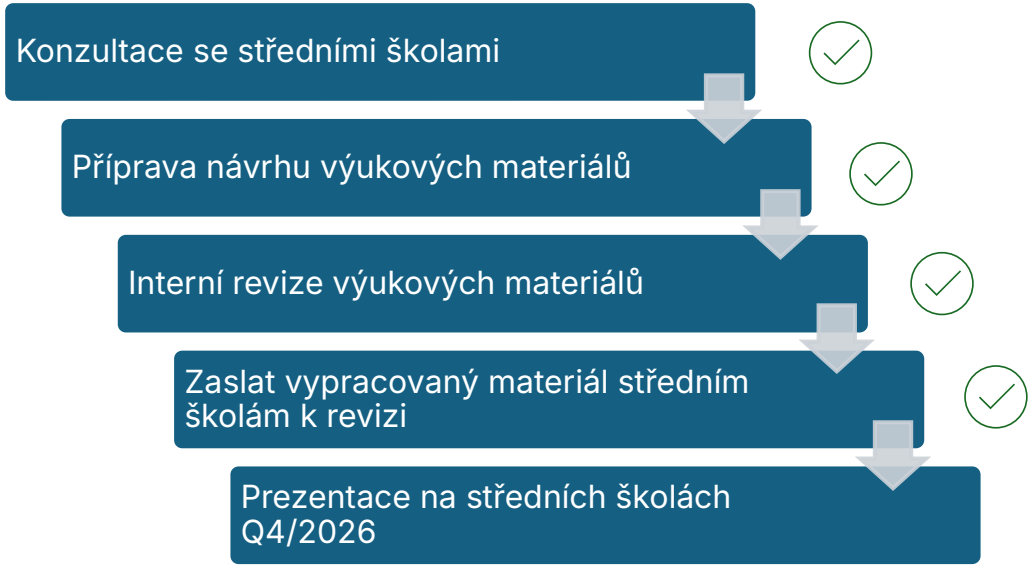
Čas	Blok	Délka	Obsah / popis
9:30	Registrace a káva	30 min	Prezence, ranní káva a networking
10:00	Úvod a kontext projektu	20 min	Představení projektu TAČR, konsorcia a cílů workshopu. Přehled výstupů: dvě studie, metodický nástroj a vzdělávací materiály.
10:20	Studie přepravy vodíku — hlavní závěry	20 min	Srovnání 9 nosičů vodíku: který nosič vyhrává na jaké vzdálenosti a v jakém měřítku? Nejdůležitější zjištění ze studie. Specifika České republiky
10:40	Studie skladování vodíku — hlavní závěry	20 min	Krátkodobé vs. sezónní skladování. Porovnání odparu, ztrát a nákladů. Podzemní zásobníky v ČR a jejich potenciál pro vodík. Energetická bilance jednotlivých nosičů.
11:00	Přestávka	15 min	Káva, občerstvení, neformální diskuse
11:15	Metodický nástroj — ukázka modelu na konkrétním scénáři	40 min	Hlavní bod programu. Projekce modelu a demonstrace na 2–3 scénářích. Diskuze, jak změna jednoho vstupu (cena elektřiny, vzdálenost, měřítko) změní výsledek. Prostor pro dotazy z publika.
11:55	Vzdělávací materiály pro střední školy	15 min	Proč je vodíková gramotnost důležitá. Představení struktury dokumentu, přirovnání z běžného života, srovnávací tabulky. Jak mohou učitelé materiály využít ve výuce.
12:10	Oběd	110 min	Oběd a networking
14:00	Kulatý stůl: Jaká doporučení si vzít z projektu?	40 min	Moderovaná diskuse se 3–4 panelisté. Témata: Které nosiče jsou pro ČR realistické v horizontu 5 let? Jaká infrastruktura chybí? Kam směřovat veřejné prostředky?
14:40	Otevřená diskuse s publikem a závěr	20 min	Prostor pro dotazy z publika. Sběr otázek ústně. Reflexe hlavních zjištění dne. 3–5 klíčových závěrů na jednom slajdu. Kde stáhnout studie a model. Kontaktní informace. Co přijde dál.
15:00	Prohlídka laboratoří CDV	30 min	Prohlídka laboratoří CDV

V6 Didaktické texty

6	**Podklady pro didaktické texty** pro úroveň středního školství	06/2026	✓

V06

Alternativní formy H2 – podklady pro didaktické texty; pro úroveň středního školství (výstup WP6) /TN02000007/009-V06: typ O *(06/2026)*



Na vybraných středních školách proběhne vystoupení řešitelů projektu, během kterých bude zábavnou formou představena problematika derivátů vodíku, klimatické změny a vodíkového hospodářství. Školy budou vytipovány ve spolupráci s Českou vodíkovou technologickou platformou (HYTEP).

Z existujících vzdělávacích materiálů byla připravena prezentace pro:

- prezentaci na workshopu 22.10.2026
- následné prezentace na středních školách
- jako podklad, který mohou školy dále samostatně využívat

Obsah

00 Proč vodík potřebuje nosiče
01 Metalhydridy
02 Metan
03 Blending
04 Stlačený plynný vodík
05 Kapalný vodík
06 Amoniak
07 Metanol
08 Srovnání a závěr

Proč vodíková gramotnost?

- Vodík je součástí Vodíkové strategie ČR i Národního akčního plánu čisté mobility - technologie ale potřebuje lidi, kteří jí rozumějí.
- Dnešní středoškoláci se za 5–10 let s vodíkem určitě setkají – mnozí budou vodíkové systémy navrhovat, obsluhovat, povolovat a financovat.
- Veřejná debata o vodíku kolísá mezi nadšením a odmítnutím - chybí věcné porozumění bez ideologie.

Cíl materiálů: pochopení, ne propagace vodíku

Co materiály obsahují

Struktura dokumentu

- Úvod s pojmy: zelený vs. čistý vodík, TRL
- **9 kapitol** – 1 nosič = 1 kapitola
  - metalhydridy · metan · blending · LOHC (toluen) · stlačený H_2 · kapalný H_2 · amoniak · methanol · ethanol
- Závěr: srovnání nosičů s fosilními palivy
- Formáty: didaktický text, prezentace a srovnávací grafy

Šablona každé kapitoly

1 Princip – jak nosič vodík váže

2 Přeprava a skladování

3 Situace v České republice

4 Kritický pohled – 5 hlavních limitů

5 „Věděl jsi, že…?“ – zajímavost

Na úvod jedna otázka

Plná nádrž osobního auta = 60 litrů nafty.
Jak velkou nádrž by potřebovala **stejná energie** ve formě vodíku stlačeného na 700 bar?

60 l
nafty

➡

≈ 17,5 kg
vodíku se stejnou energií

➡

≈ 435 l
nádrž na 700 bar

Plynný vodík zabere 7× více místa – a to je jádro celé výzvy přepravy a skladování vodíku.

Materiály

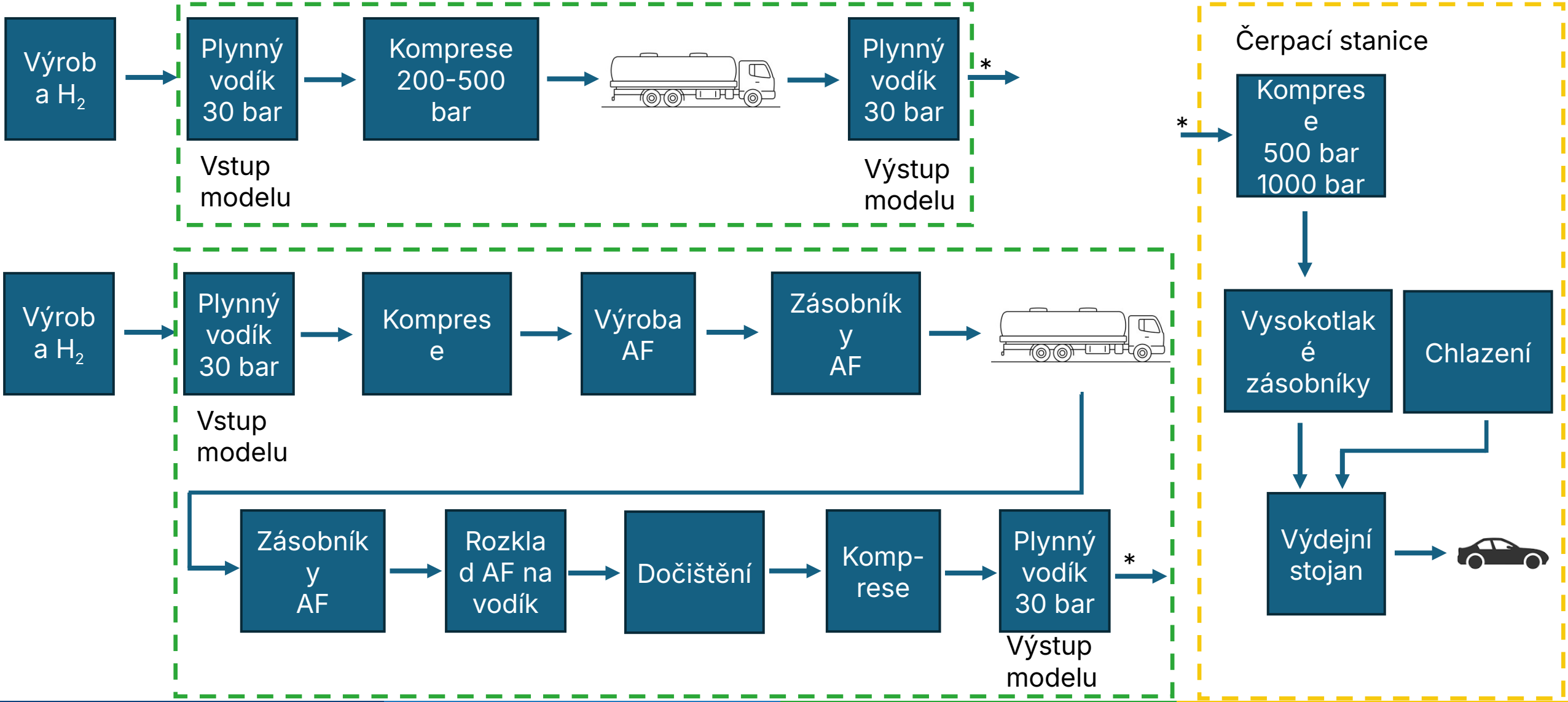
- **Modulární:** kapitoly lze použít samostatně, orientačně 1 kapitola = 1 vyučovací hodina
- **Předměty:** chemie, fyzika, základy společenských věd, odborné předměty průmyslových škol
- **Formáty:** didaktický text, prezentace, srovnávací grafy
- **Obsah**: 9 nosičů, jednotná struktura, přirovnání z běžného života a kritický pohled
- **Diseminace**: Materiály jsou volně ke stažení a otevřené zpětné vazbě od učitelů
- **Ke stažení:** www.cistadoprava.cz/nahyc-m/dp009

Materiály ke stažení

V7 Mapová vrstva – výpočetní modul

7	**Mapa potenciálu** transportu a skladování různých forem vodíku pro mobilitu v ČR	06/2027	80%

Vodíkový řetězec



Vstupy pro model

Uživatelské:

- Množství H_2 – v místě spotřeby
- Vzdálenost přepravy – v mapě bod A a B

Obecné:

- Cena vodíku 12 €/kg
- Cena elektřiny 80+12 €/MWh
- Rezervovaná kapacita 10 100 €/MW/měsíc
- Doba provozu 20 let
- Čas servisní odstávky 7 % (613 h)
- Osobní náklady řidiče 40 000 €/rok
- Osobní náklady technika 48 000 €/rok
- Cena pohonných hmot 1,4 €/l
- Cena tahače 150 000 €

Vstupy pro formy

- Cena cisterny
- Procento využití cisterny
- Hustota AF
- Objem cisterny
- Doba nakládky a vykládky
- Ztráty při přepravě, nakládce a vykládce
- Cena reaktantů
- Potřebný tlak pro výrobu AF
- Výstupní tlak vodíku z reformace AF
- Tři velikosti reaktorů – CAPEX, OPEX, příkon, spotřeba surovin a produkce produktů
- Dvě velikosti kompresoru – CAPEX a OPEX podle kompresního faktoru
- Dočištění na kvalitu ČSN EN 17124
- Tři velikosti zásobníků – optimum pro týdenní zásobu AF v místě A i B

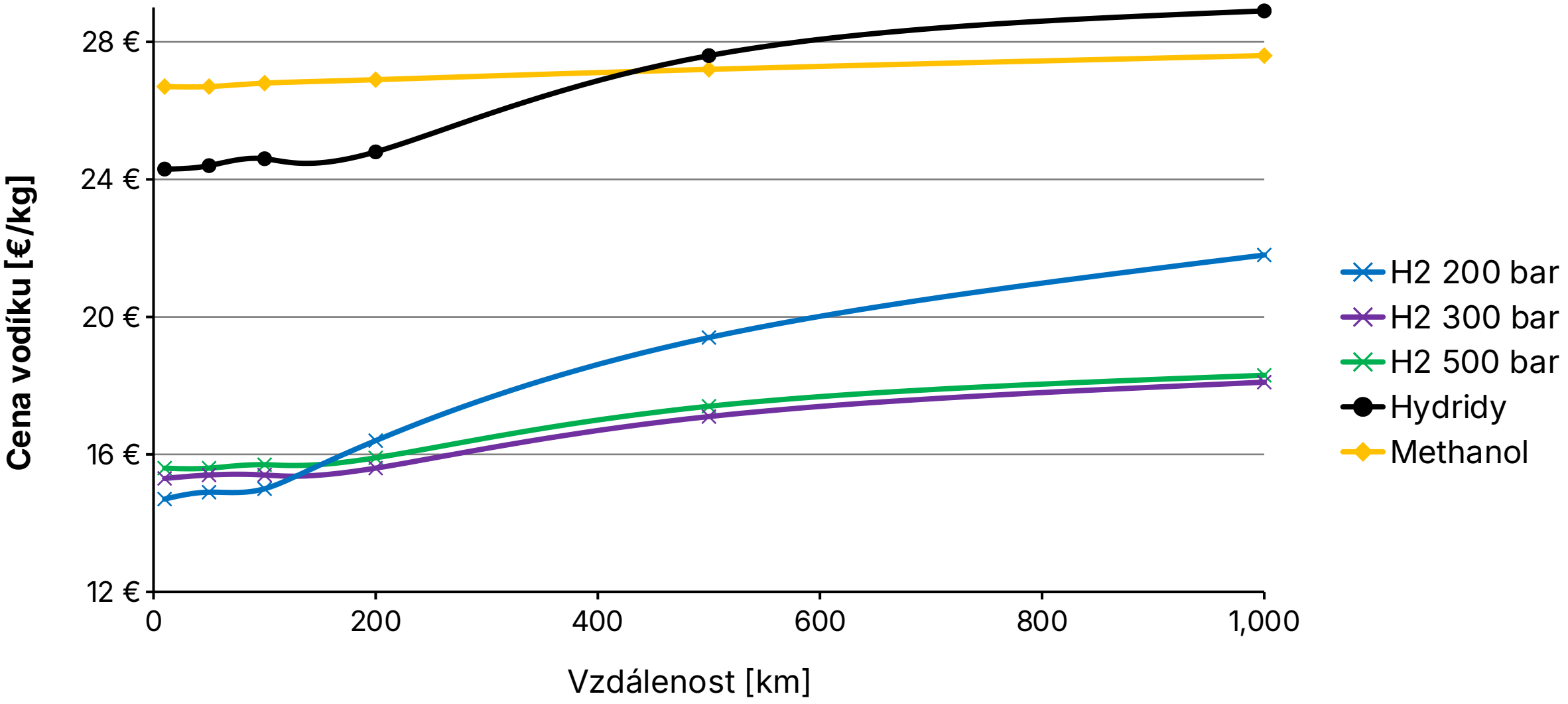
50 t H_2/rok (137 kg H_2/den)

- Osobní vozidla – 12 500 tankování (4 kg/vozidlo) – 500 vozidel (10 000 km/rok, 1 kg/100 km)
- Nákladní vozidla – 1 660 tankování (30 kg/vozidlo) – 6 vozidel (80 000 km/rok, 10 kg/100 km)

	Vzdálenost přepravy [km]				
	10	100	200	500	1 000
H_2 200 bar	14,7 €	15,0 €	16,4 €	19,4 €	21,8 €
H_2 300 bar	15,3 €	15,4 €	15,6 €	17,1 €	18,1 €
H_2 500 bar	15,6 €	15,7 €	15,9 €	17,4 €	18,3 €
Kapalný H_2	46,1 €	46,2 €	46,3 €	46,5 €	47,0 €
Metalhydridy	24,3 €	24,6 €	24,8 €	27,6 €	28,9 €
Methanol	26,7 €	26,8 €	26,9 €	27,2 €	27,6 €
Ethanol	29,5 €	29,6 €	29,7 €	30,0 €	30,4 €
Amoniak	52,3 €	52,3 €	52,4 €	52,7 €	53,2 €
CNG	41,5 €	41,6 €	41,6 €	41,9 €	42,4 €
LNG	41,7 €	41,8 €	41,9 €	42,1 €	42,6 €
Toluen/MCH	45,9 €	46,0 €	46,1 €	46,3 €	46,8 €

- Malé množství – nevhodné pro velké průmyslové výroby (amoniak, methan, toluen/MCH, methanol, ethanol, kapalný vodík)
- V modelu – i malý reaktor má velmi nízké využití

50 t H_2/rok (137 kg H_2/den)



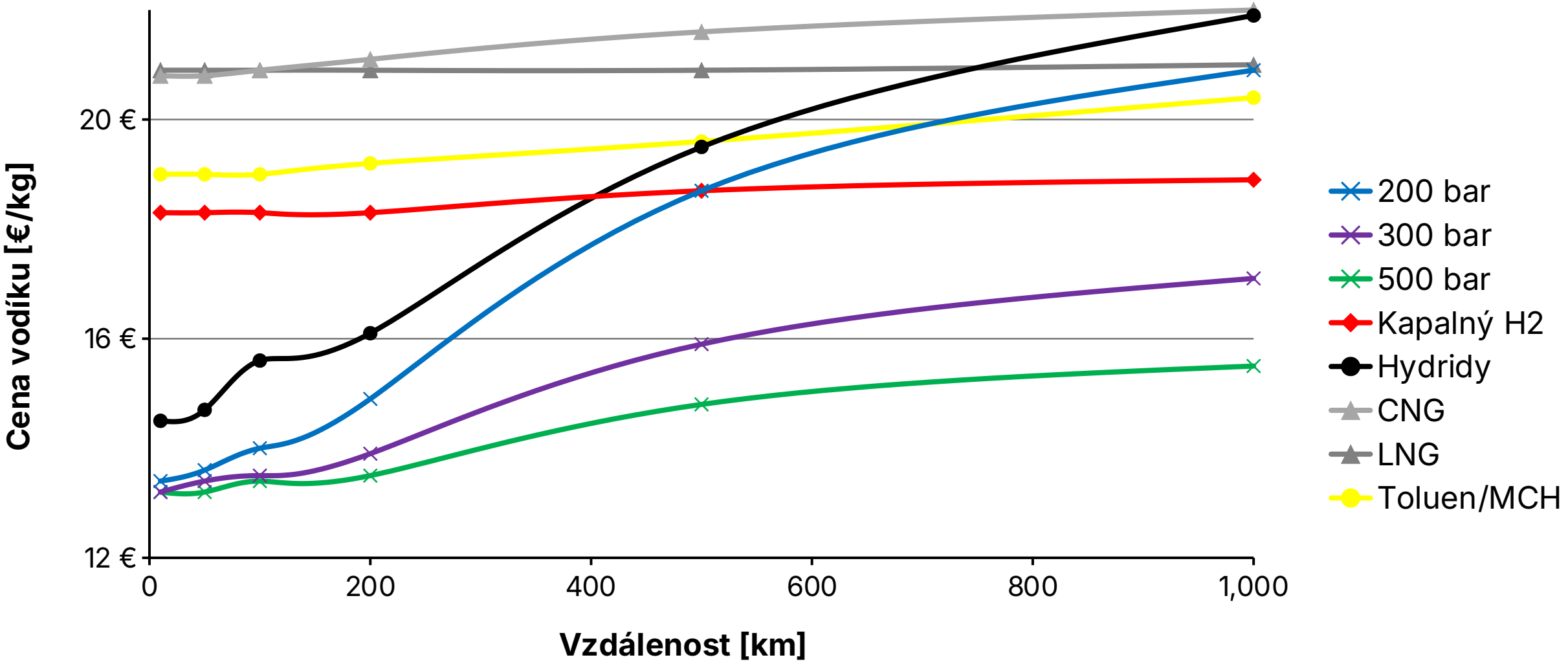
365 t H_2/rok (1 t H_2/den)

- Osobní vozidla – 91 250 tankování (4 kg/vozidlo) – 3 650 vozidel (10 000 km/rok, 1 kg/100 km)
- Nákladní vozidla – 12 160 tankování (30 kg/vozidlo) – 46 vozidel (80 000 km/rok, 10 kg/100 km)

	Vzdálenost přepravy [km]				
	10	100	200	500	1 000
H_2 200 bar	13,4 €	14,0 €	14,9 €	18,7 €	20,9 €
H_2 300 bar	13,2 €	13,5 €	13,9 €	15,9 €	17,1 €
H_2 500 bar	13,2 €	13,4 €	13,5 €	14,8 €	15,5 €
Kapalný H_2	18,3 €	18,3 €	18,3 €	18,7 €	18,9 €
Metalhydridy	14,5 €	15,6 €	16,1 €	19,5 €	21,9 €
Methanol	23,3 €	23,4 €	23,4 €	23,6 €	24,0 €
Ethanol	21,5 €	21,5 €	21,5 €	21,6 €	21,9 €
Amoniak	21,9 €	22,0 €	22,0 €	22,2 €	22,6 €
CNG	20,8 €	20,9 €	21,1 €	21,6 €	22,0 €
LNG	20,9 €	20,9 €	20,9 €	20,9 €	21,0 €
Toluen/MCH	19,0 €	19,0 €	19,2 €	19,6 €	20,4 €

- Methanol – velké ztráty vodíku při rozkladu
- Amoniak – malé množství pro velké průmyslové jednotky na výrobu i rozklad
- Ethanol – nízké TRL – velká nepřesnost hodnot

365 t H_2/rok (1 t H_2/den)



Další propočty

Množství

- 1000t H_2 / rok
- 10 000t H_2 / rok

Realistické scénáře:

- Změna ceny vstupního vodíku
- Změna ceny silové elektřiny
- Změna ceny pohonných hmot
- Změna životnosti zařízení

Zkrácení řetězce

- Vstup AF / výstup AF

DP009: Alternativní formy skladování a transportu vodíku

Prostor pro dotazy a diskusi.

Michal Malý

České vysoké učení technické v Praze