

# Vodíková strategie České republiky



MINISTERSTVO  
PRŮMYSLU A OBCHODU



Česká  
republika  
Země pro  
budoucnost

Připravilo Ministerstvo průmyslu a obchodu České republiky v roce 2021

Schváleno vládou České republiky dne 26. 7. 2021

## Obsah

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 1     | ÚVOD – SHRNUTÍ A HLAVNÍ CÍLE.....                             | 11 |
| 1.1   | Celkové shrnutí.....  | 11 |
| 1.2   | Kontext vzniku a existence strategie .....                    | 12 |
| 1.3   | Uživatelé strategie.....                                      | 12 |
| 1.4   | Účel strategie.....   | 13 |
| 1.5   | Základní používané pojmy – klasifikace vodíku.....            | 15 |
| 1.5.1 | Klasifikace podle produkce CO <sub>2</sub> během výroby ..... | 15 |
| 1.5.2 | Klasifikace podle čistoty .....                               | 16 |
| 1.6   | Pokrytí vodíkovou strategií.....                              | 17 |
| 1.7   | Výchozí stav roku 2020.....                                   | 17 |
| 2     | ANALYTICKÁ ČÁST.....  | 21 |
| 2.1   | Preferované oblasti rozvoje .....                             | 21 |
| 2.1.1 | Výroba vodíku.....  | 21 |
| 2.1.2 | Doprava a skladování vodíku.....                              | 22 |
| 2.1.3 | Využití vodíku .....  | 24 |
| 2.1.4 | Vodíkové technologie .....                                    | 25 |
| 2.2   | Kolik vodíku potřebujeme – scénář využití.....                | 25 |
| 2.2.1 | Doprava .....   | 26 |
| 2.2.2 | Chemický průmysl .....  | 26 |
| 2.2.3 | Hutnictví železa .....  | 26 |
| 2.2.4 | Průmysl (bez hutnictví železa a chemického průmyslu).....     | 27 |
| 2.2.5 | Domácnosti.....   | 27 |
| 2.3   | Scénář spotřeby vodíku po odvětvích .....                     | 27 |
| 2.4   | Současné bariéry rozvoje vodíkových technologií v ČR.....     | 32 |
| 2.4.1 | Legislativně-regulační bariéry .....                          | 32 |
| 2.4.2 | Technicko-ekonomické bariéry .....                            | 33 |
| 3     | STRATEGICKÁ ČÁST.....   | 37 |
| 3.1   | Strategické cíle .....  | 37 |
| 3.1.1 | Snižování emisí skleníkových plynů.....                       | 37 |
| 3.1.2 | Podpora ekonomického růstu .....                              | 37 |
| 3.2   | Specifické cíle .....   | 38 |
| 3.2.1 | Specifický cíl 1: Objem spotřeby nízkouhlíkového vodíku.....  | 39 |

|        |  |    |
|--------|--|----|
| 3.2.2  | Specifický cíl 2: Objem výroby nízkouhlíkového vodíku .....                        | 39 |
| 3.2.3  | Specifický cíl 3: Připravenost infrastruktury na dopravu a skladování vodíku ..... | 40 |
| 3.2.4  | Specifický cíl 4: Rozvoj výzkumu, vývoje a výroby vodíkových technologií.....      | 41 |
| 3.3.   | Průřezové oblasti.....   | 41 |
| 3.3.1. | Vzdělávání a osvěta .....  | 42 |
| 3.3.2. | Regulační rámec .....  | 43 |
| 3.3.3. | Bezpečnost při nakládání s vodíkem .....   | 43 |
| 3.4.   | Jak zajistit dosažení cílů vodíkové strategie .....                                | 43 |
| 4      | IMPLEMENTAČNÍ ČÁST.....  | 47 |
| 4.1    | Postupné kroky podle oblastí využití vodíku .....                                  | 47 |
| 4.1.1  | Sektor dopravy (mobility).....   | 47 |
| 4.1.2  | Sektor chemického průmyslu .....   | 48 |
| 4.1.3  | Sektor hutnictví železa .....  | 49 |
| 4.1.4  | Výroba elektřiny a tepla .....   | 49 |
| 4.1.5  | Sektor průmyslu (bez chemického průmyslu a hutnictví železa) .....                 | 49 |
| 4.1.6  | Domácnosti a ostatní odběratelé .....  | 50 |
| 4.2    | Postupné kroky podle časových etap .....   | 51 |
| 4.2.1  | Etapa 1: 2021–2025.....  | 51 |
| 4.2.2  | Etapa 2: 2026–2030.....  | 52 |
| 4.2.3  | Etapa 3: 2031–2050.....  | 53 |
| 4.3    | Řídící struktury.....  | 53 |
| 5      | POSTUP TVORBY STRATEGIE .....  | 57 |
|        | PŘÍLOHY:.....  | 59 |
| 1      | VÝROBA VODÍKU.....   | 61 |
| 1.1.   | Výroba elektrolýzou .....  | 63 |
| 1.1.1  | Elektřina z obnovitelných zdrojů .....   | 64 |
| 1.1.2. | Výroba v místě spotřeby elektrickou energií.....                                   | 65 |
| 1.2.   | Výroba za využití jaderných zdrojů.....  | 65 |
| 1.2.1. | Elektrolýza .....  | 65 |
| 1.2.2. | Vysokoteplotní rozklad vody – High Temperature Splitting.....                      | 67 |
| 1.3.   | Výroba ze zemního plynu .....  | 68 |
| 1.3.1. | Termální gasifikace – využití bioplynu/biometanu .....                             | 68 |
| 1.3.2. | Využití zemního plynu bez CCS/CCU .....  | 68 |

|        |  |    |
|--------|--|----|
| 1.3.3. | Využití zemního plynu s CCS.....   | 69 |
| 1.3.4. | Využití zemního plynu s CCU .....  | 69 |
| 1.4.   | Výroba vodíku pomocí pyrolýzy nebo plazmového zplyňování odpadů .....                                    | 70 |
| 1.5.   | Využití fotochemické nebo foto-elektrochemické technologie (aktivace slunečním světlem).....             | 70 |
| 1.6.   | Pyrolýzní výroba vodíku ze zemního plynu .....   | 71 |
| 1.7.   | Výroba vodíku parciální oxidací ropných zbytků (POX).....  | 72 |
| 1.8.   | Výroba vodíku parciální oxidací ropných zbytků (POX) s užitím CCU.....                                   | 72 |
| 1.9.   | Výroba vodíku reformingem benzínu.....   | 72 |
| 1.10.  | Elektrolýza solanky .....  | 73 |
| 2.     | DOPRAVA A SKLADOVÁNÍ VODÍKU.....   | 75 |
| 2.1.   | Doprava vodíku.....  | 75 |
| 2.1.1  | Doprava stlačeného vodíku v nádobách po silnici či železnici .....                                       | 76 |
| 2.1.2  | Přeprava kapalného vodíku v nádobách po silnici či železnici .....                                       | 77 |
| 2.1.3  | Doprava vodíku plynovody ve směsi se zemním plynem .....   | 77 |
| 2.1.4  | Oddělení vodíku od směsi se zemním plynem s využitím membránové separace .....                           | 78 |
| 2.1.5  | Doprava čistého vodíku existujícím plynovodem předělaným na čistý vodík.....                             | 79 |
| 2.1.6  | Doprava čistého vodíku nově postaveným plynovodem .....  | 79 |
| 2.1.7  | LOHC.....  | 80 |
| 2.2    | Skladování vodíku.....   | 80 |
| 2.2.1  | Skladování stlačeného vodíku .....   | 81 |
| 2.2.2  | Skladování kapalného vodíku .....  | 82 |
| 2.2.3  | Skladování vodíku v podzemních zásobnících ve směsi s metanem .....                                      | 82 |
| 2.2.4  | Skladování čistého vodíku ve vytěžených ropo-plynových strukturách.....                                  | 83 |
| 2.2.5  | Hydridy vodíku.....  | 83 |
| 2.2.6  | Power to Gas – viz příloha Využití vodíku .....  | 84 |
| 3.     | VYUŽITÍ VODÍKU .....   | 87 |
| 3.1    | Mobilita .....   | 88 |
| 3.1.1  | Osobní automobily .....  | 89 |
| 3.1.2  | Silniční nákladní doprava.....   | 90 |
| 3.1.3  | Městská autobusová doprava .....   | 91 |
| 3.1.4  | Linková a dálková autobusová doprava .....   | 92 |
| 3.1.5  | Vnitropodniková doprava (vysokozdvížné vozíky a manipulátory, komunální technika a pracovní stroje)..... | 92 |

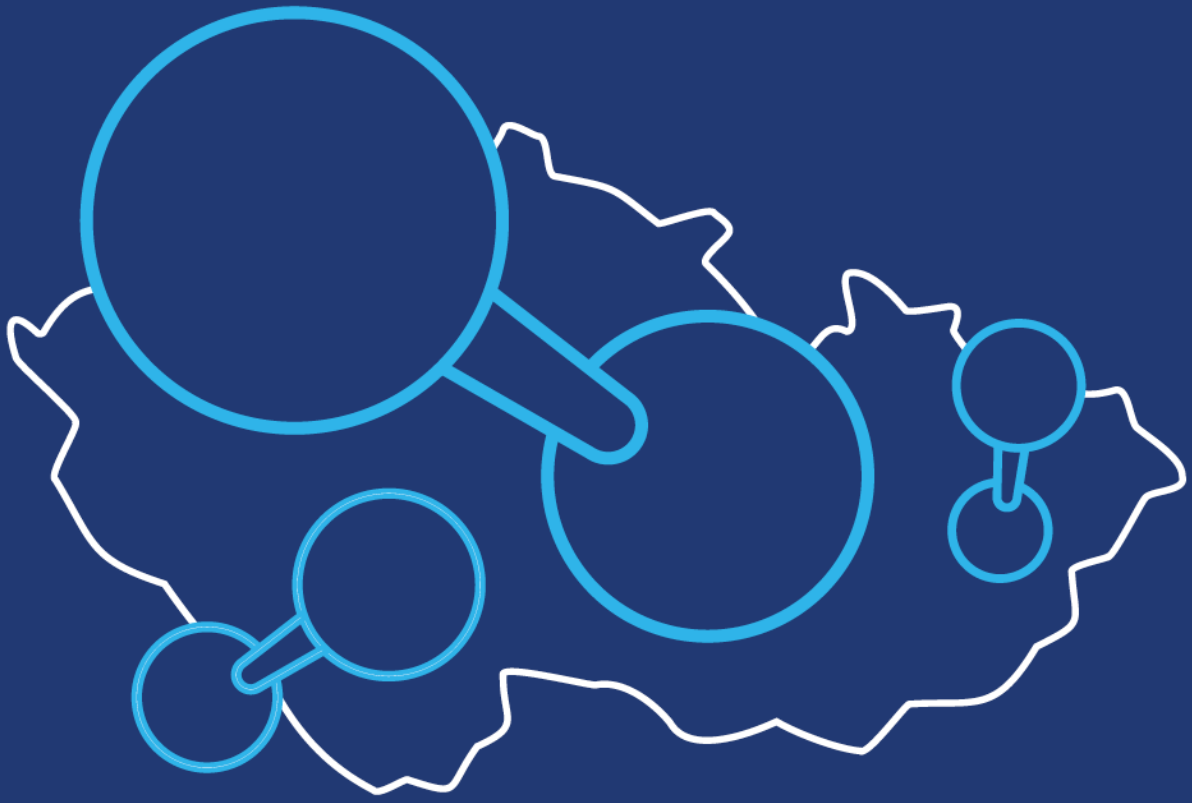
|        |  |     |
|--------|--|-----|
| 3.1.6  | Železniční doprava.....  | 93  |
| 3.1.7  | Sportovní letadla .....  | 94  |
| 3.1.8  | Dopravní letadla .....   | 94  |
| 3.1.9  | Lodní říční doprava .....  | 95  |
| 3.1.10 | Spalování vodíku ve spalovacích motorech.....  | 95  |
| 3.2    | Chemický průmysl .....   | 96  |
| 3.2.1  | Výroba čpavku .....  | 96  |
| 3.2.2  | Rafinace ropy.....   | 97  |
| 3.2.3  | Výroba metanolu.....   | 98  |
| 3.2.4  | Výroba syntetického metanu .....   | 98  |
| 3.2.5  | Výroba kapalných syntetických paliv.....   | 99  |
| 3.3    | Průmysl.....   | 99  |
| 3.3.1  | Hutní výroba .....   | 100 |
| 3.3.2  | Využití vodíku k výrobě tepla (vodíkové hořáky v pecích) .....                         | 101 |
| 3.4    | Energetika.....  | 101 |
| 3.4.1  | Power to Gas (P2G) .....   | 102 |
| 3.4.2  | Využití vodíku ve spalovacích motorech a turbínách pro výrobu elektřiny a tepla .....  | 103 |
| 3.4.3  | Využití vodíku ve stacionárních palivových člancích pro výrobu elektřiny a tepla ..... | 103 |
| 4      | VODÍKOVÉ TECHNOLOGIE .....   | 107 |
| 4.1    | Základní komponenty.....   | 108 |
| 4.1.1  | Elektrolyzéry .....  | 108 |
| 4.1.2  | Palivové články .....  | 109 |
| 4.1.3  | Vodíkové turbíny .....   | 110 |
| 4.1.4  | Elektromotory a pohony.....  | 110 |
| 4.1.5  | Baterie .....  | 110 |
| 4.1.6  | Ventily a pomocná zařízení.....  | 111 |
| 4.1.7  | Tlakové nádoby .....   | 111 |
| 4.1.8  | Kryogenní nádrže.....  | 112 |
| 4.1.9  | Měřicí zařízení .....  | 112 |
| 4.1.10 | Řídicí systémy .....   | 112 |
| 4.1.11 | Požární a zabezpečovací systémy.....   | 113 |
| 4.2    | Integrovaná zařízení .....   | 113 |
| 4.2.1  | Plnicí stanice .....   | 114 |

|       |  |     |
|-------|--|-----|
| 4.2.2 | Vysokotlaká úložišťe .....   | 114 |
| 4.2.3 | Zařícení na pyrolýzu a plazmové zplyňování odpadu .....  | 115 |
| 4.3   | Dopravní zařízení .....  | 115 |
| 4.3.1 | Osobní automobily .....  | 116 |
| 4.3.2 | Nákladní automobily .....  | 117 |
| 4.3.3 | Autobusy.....  | 117 |
| 4.3.4 | Manipulační technika (vysokozdvížné vozíky atd.), komunální technika a pracovní stroje<br>118                |     |
| 4.3.5 | Vodíková železniční vozidla .....  | 118 |
| 4.3.6 | Sportovní a malá letadla.....  | 119 |
| 5     | MOŽNOSTI PODPORY .....   | 121 |
| 5.1   | Programy TA ČR .....   | 122 |
| 5.1.1 | Doprava 2020+ .....  | 122 |
| 5.1.2 | Théta.....   | 123 |
| 5.1.3 | Trend .....  | 126 |
| 5.1.4 | Prostředí pro život.....   | 127 |
| 5.1.5 | Delta 2 .....  | 129 |
| 5.2   | Programy Ministerstva životního prostředí a SFŽP .....   | 130 |
| 5.2.1 | Modernizační fond .....  | 130 |
| 5.2.2 | Inovační fond .....  | 131 |
| 5.2.3 | Operační program Spravedlivá transformace .....  | 132 |
| 5.3   | Programy Ministerstva průmyslu a obchodu .....   | 133 |
| 5.3.1 | The Country for the Future.....  | 133 |
| 5.3.2 | IPCEI (Important Project of Common European Interest) Významné projekty společného<br>evropského zájmu ..... | 134 |
| 5.3.3 | OP TAK (Operační program Technologie a aplikace pro konkurenceschopnost).....                                | 136 |
| 5.4   | Program Ministerstva pro místní rozvoj – Integrovaný regionální operační program (IROP)                      | 138 |
| 5.5   | Program Ministerstva dopravy – OP Doprava.....   | 139 |
| 6     | SOUVISEJÍCÍ STRATEGIE A PLÁNY .....  | 143 |
| 6.1   | Sdělení EK COM (2020) 301: Vodíková strategie pro klimaticky neutrální Evropu .....                          | 143 |
| 6.2   | Národní akční plán čisté mobility (Aktualizace 2020) .....   | 143 |
| 6.3   | Státní energetická koncepce ČR (2015).....   | 143 |
| 6.4   | Vnitrostátní plán ČR v oblasti energetiky a klimatu (2020).....  | 144 |

|      |  |     |
|------|--|-----|
| 6.5  | RIS3 strategie.....  | 144 |
| 6.6  | Dopravní politika .....  | 144 |
| 6.7  | Státní politika životního prostředí 2030 s výhledem do roku 2050 .....                                     | 144 |
| 6.8  | Národní akční plán pro chytré sítě .....   | 145 |
| 6.9  | Národní akční plán rozvoje jaderné energetiky v České republice .....                                      | 145 |
| 6.10 | Politika ochrany klimatu v ČR .....  | 145 |
| 6.11 | Re:Start, strategie hospodářské restrukturalizace Ústeckého, Moravskoslezského a Karlovarského kraje ..... | 145 |
| 6.12 | Inovační strategie České republiky 2019–2030.....  | 145 |
| 6.13 | Koncepce SMART Cities – odolnost prostřednictvím SMART řešení pro obce, města a regiony<br>146             |     |
| 7    | Konstanty a vzorce použité ve výpočtech .....  | 149 |
| 8    | Karty úkolů .....  | 150 |







**H<sub>2</sub>**

# 1 ÚVOD – SHRNUÍ A HLAVNÍ CÍLE

## 1.1 Celkové shrnutí

Vodíková strategie České republiky vzniká v kontextu Vodíkové strategie pro klimaticky neutrální Evropu, která odráží cíl Zelené dohody pro Evropu – dosažení klimatické neutrality do roku 2050. Cílem strategie je tedy redukovat emise skleníkových plynů takovým způsobem, aby současně došlo k hladké konverzi hospodářství směrem k nízkouhlíkovým technologiím. S tím jsou spojeny **dva strategické cíle**:

- redukce emisí skleníkových plynů,
- podpora hospodářského růstu.

K jejich dosažení jsou stanoveny **čtyři specifické cíle**:

- objem výroby nízkouhlíkového vodíku,
- objem spotřeby nízkouhlíkového vodíku,
- připravenost infrastruktury na dopravu a skladování vodíku,
- rozvoj výzkumu, vývoje a výroby vodíkových technologií.

Vodíková strategie stojí na **čtyřech pilířích**:

- výroba nízkouhlíkového vodíku,
- využití nízkouhlíkového vodíku
- doprava a skladování vodíku,
- vodíkové technologie.

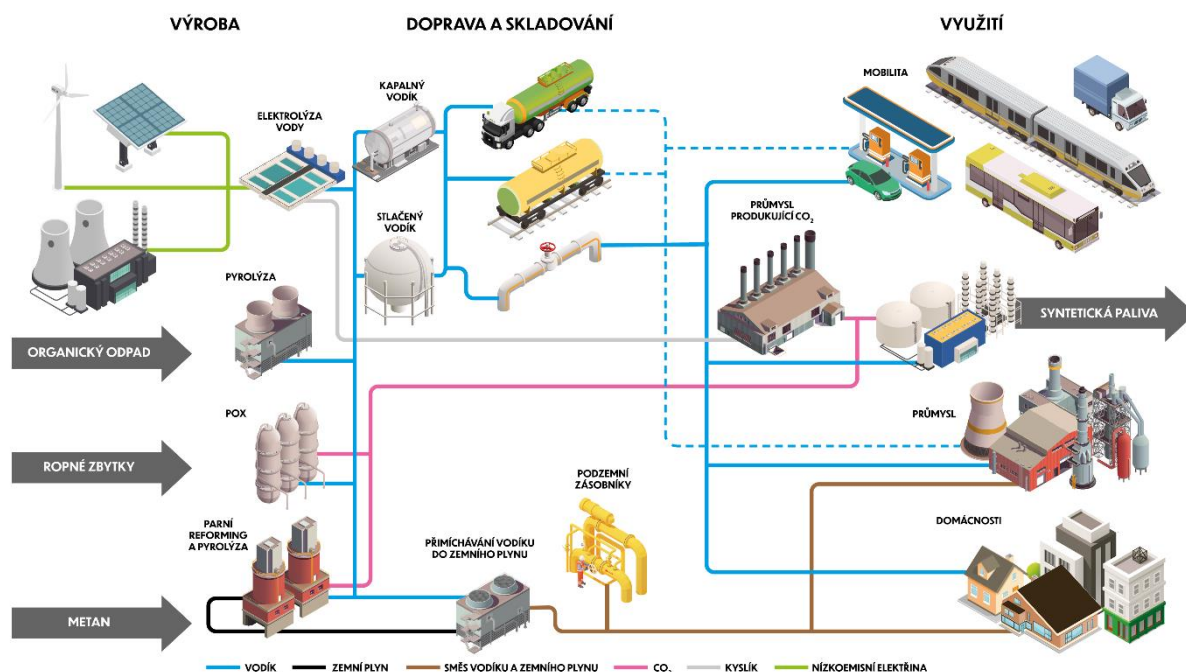
Tyto pilíře jsou vzájemně provázány – výroba a spotřeba musí být v rovnováze, aby se dosáhlo ekonomického využití příslušných technologií, v opačném případě bude nerovnováhu kompenzovat import ze zahraničí. Ke každému z pilířů přísluší právě jeden strategický cíl.

Strategie popisuje výchozí stav a odhaduje vývoj v časovém horizontu do roku 2050, který souvisí se strategickým horizontem Zelené dohody pro Evropu. Analyzuje jednotlivé pilíře pomocí SWOT analýz. Každá analýza ústí v identifikaci prioritních oblastí, které je třeba rozvíjet, a naopak těch, jejichž rozvoj spíše nelze doporučit. Výsledky analýz prezentuje **analytická část (Kapitola 2)**, která navíc pojmenovává průřezové oblasti, které jsou zásadní pro všechny čtyři pilíře, a také identifikuje bariéry rozvoje vodíkového hospodářství, které bude potřeba postupně odstraňovat.

**Strategická část (Kapitola 3)** podrobněji stanovuje, jak dosáhnout splnění specifických cílů a odhaduje, jak bude vypadat výroba a spotřeba vodíku v následujících letech. Na ni navazuje **implementační část (Kapitola 4)**, která popisuje fáze vývoje vodíkového hospodářství v ČR v horizontu do roku 2050. Je zřejmé, že v podmínkách ČR nebudou vznikat velké přebytky energie z obnovitelných zdrojů energie, pro něž by bylo třeba hledat využití. Lze předpokládat zvyšující se poptávku po vodíku jako důsledek postupného vnějšího tlaku na snižování emisí skleníkových plynů. Ta bude zpočátku uspokojována lokálními zdroji a později různými formami dovozu. Implementační část dále určuje nástroje, které budou použity k naplnění jednotlivých cílů strategie. Těmito **nástroji** jsou:

- Programy podpory (příloha 5),
- Karty úkolů (příloha 8).

V přílohách 1–4 jsou uvedeny analýzy všech čtyřech pilířů. V oblasti výroby jsou identifikovány nejperspektivnější způsoby, jak vodík vyrábět. V pilíři dopravy a skladování jsou vyjádřeny silné a slabé stránky různých forem přepravy (v tlakových nádobách nebo plynovody). Analýza pilíře využití vodíku zvažuje nasazení vodíku především v dopravě, která bude zřejmě první oblastí, kde se vodík stane konkurenceschopnou náhradou fosilních paliv. Dále je rozpracováno nasazení v průmyslu a skladování přebytků energie. Samostatná analýza má za cíl určit technologie, v jejichž rozvoji by se ČR mohla stát úspěšnou. ČR je zemí se silnou průmyslovou tradicí a vodíkové technologie představují příležitost pro transformaci průmyslu a zapojení se do nově vznikajících výrobních procesů.



## 1.2 Kontext vzniku a existence strategie

Hlavním důvodem, proč byla tato vodíková strategie připravena, je snižování emisí skleníkových plynů a dekarbonizace dopravy, průmyslu, služeb, domácností a zemědělství. V tomto úsilí ČR koordinuje náš postup nejen v rámci Evropské unie, ale i ve spolupráci s ostatními zeměmi, které již své vodíkové strategie naplňují nebo je teprve připravují.

Cílovým stavem, ke kterému tato strategie přispívá, je dosažení klimatické neutrality EU. Té musíme dosáhnout postupnou transformací průmyslu a změnou technologií, tak abychom neohrozili zaměstnanost, konkurenceschopnost a celkovou životní úroveň v ČR. Vodíkové technologie přinesou i celou řadu růstových stimulů a nových rozvojových příležitostí a podpoří tak růst ekonomiky.

## 1.3 Uživatelé strategie

Tato strategie se hlavně týká:

- dopravy,
- chemického průmyslu,

- energetiky,
- energeticky náročných průmyslových odvětví,
- výrobců vodíkových technologií a dopravních zařízení,
- přepravy, distribuce a skladování vodíku,
- občanů, kteří budou využívat vodíkové technologie a žít ve zdravějším prostředí.

Gestorem vodíkové strategie je Ministerstvo průmyslu a obchodu.

## 1.4 Účel strategie

V návaznosti na Evropskou vodíkovou strategii a cíle Zelené dohody pro Evropu se tato strategie zaměřuje na období 2021–2050, na jehož konci bychom měli dosáhnout klimatické neutrality.

Vodíkové technologie přinášejí jedinečnou možnost využívat čistou energii, protože spalováním vodíku nebo jeho využitím v palivových článcích nevznikají žádné jiné skleníkové plyny než vodní pára. Ta v atmosféře sice představuje základní příspěvek ke skleníkovému efektu, avšak na rozdíl od jiných skleníkových plynů vykazuje v atmosféře konstantní průměrný obsah, který nemůže být změněn v důsledku přidavku dodatečné vodní páry, neboť její reálný obsah v atmosféře je pouze funkcí teploty oceánu, teploty atmosféry a atmosférického tlaku. Tento stav, rovnováha mezi množstvím vody v oceánu a množstvím vodní páry v atmosféře, souvisí se vztahy, které popisuje fyzikální chemie (Clausius-Clapeyronova rovnice).

Zatímco přeměna vodíku na čistou energii je relativně přímočará a bez neřešitelných problémů (avšak i tak je problematická), výroba, skladování a transport vodíku přináší celou řadu úskalí. Vodík je nosičem energie, nikoliv primárním energetickým zdrojem, protože ho musíme ve všech případech získávat z jiných energetických zdrojů postupy s různou účinností a s různou uhlíkovou stopou. Tu je nutno analyzovat v rámci celého životního cyklu od primárního zdroje energie až ke konečnému využití. Některé budoucí technologie ještě čekají na své objevení a jiné se musí vyvinout do stavu, kdy je bude možné efektivně a rutinně využívat. Vzhledem k tomu, že dnes není možné přesně odhadnout, jaké technologie budou ty správné, je tato vodíková strategie pojata jako rámec, který umožní vyhodnocovat řadu variant a na základě průběžných výsledků volit v daném čase optimální cestu dalšího rozvoje. S výjimkou strategických cílů: snižování emisí skleníkových plynů a podpory hospodářského růstu, stanovuje tato strategie pouze průběžné milníky a definuje systémy podpory. Strategie se bude pravidelně, minimálně ve tříletém cyklu, aktualizovat.

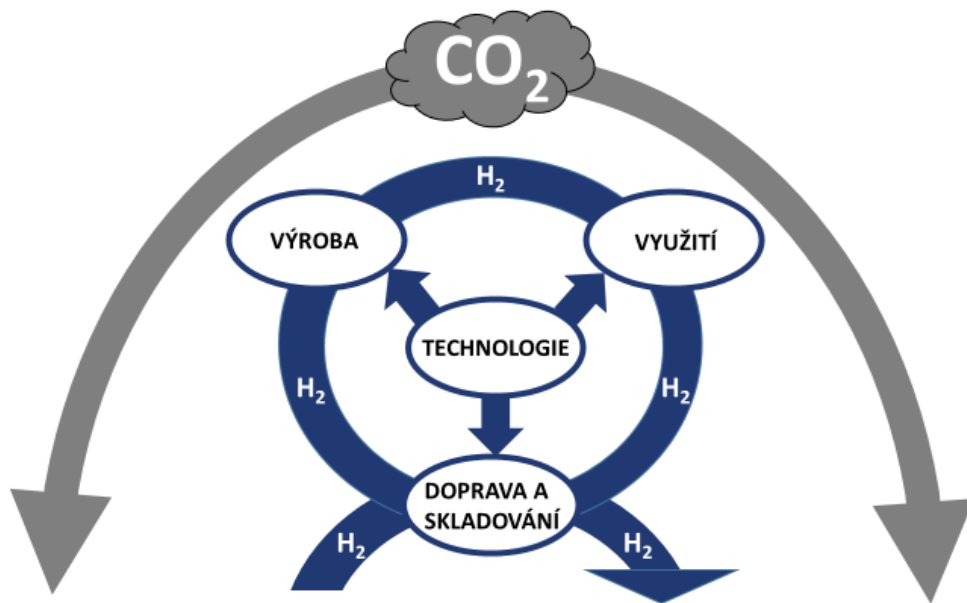
Tato vodíková strategie vychází z Evropské vodíkové strategie tak, jak je popsána ve sdělení Evropské komise [Vodíková strategie pro klimaticky neutrální Evropu COM\(2020\) 301](#).

Cílem strategie je urychlení procesu implementace vodíkových technologií při minimalizaci s tím spojených nákladů. Pro efektivní nasazení je nutné v každém kroku citlivě vyvažovat požadavky na spotřebu a výrobu vodíku a zajistit tak maximální využití investičně náročné infrastruktury jako jsou elektrolyzéry, plnicí stanice, skladovací nádrže, přepravníky a další zařízení. Vodíková strategie je založena na čtyřech vzájemně provázaných pilířích:

- **VÝROBA NÍZKOUHLÍKOVÉHO VODÍKU** – různé způsoby výroby vodíku

- **VYUŽITÍ NÍZKOUHLÍKOVÉHO VODÍKU** – využití vodíku v nejrůznějších odvětvích ve funkci paliva, chemické suroviny a média k ukládání energie
- **DOPRAVA A SKLADOVÁNÍ VODÍKU** – různé způsoby dopravy, skladování a distribuce vodíku, tak aby místa výroby a využití byla efektivně propojena. Zahrnuje i dovoz a přepravu vodíku přes ČR
- **VODÍKOVÉ TECHNOLOGIE** – podpora výzkumu, vývoje a výroby technologií pro výrobu a využití vodíku

Strategickým cílem vodíkové strategie je snížit celkové množství skleníkových plynů vypouštěných do atmosféry v ČR při zachování výkonnosti a exportního potenciálu českého průmyslu.



Mnoho futuristických vizí kolem vodíkových technologií je hnáno představou, že na začátku jsou obnovitelné zdroje sluneční a větrné energie, které jsou zdánlivě zadarmo, a na konci je energie uskladněná ve vodíku, s možností ji využívat kdykoliv a kdekoliv. Je nutné si ale uvědomit, že cena, kterou platíme za tuto energii vázanou ve vodíku, je dána hlavně odpisy zařízení, která jsou v současnosti velmi drahá. Pro jejich zlevnění je nezbytně nutné, abychom v prvních fázích podporovali integrované projekty, kde výroba a spotřeba vodíku jsou velmi úzce provázány. Jen tak dosáhneme maximální utilizace výrobních, skladovacích, distribučních a spotřebních zařízení a tím snížení ceny vodíku pro koncového spotřebitele.

V dalších fázích, kdy pravděpodobně dojde k převisu spotřeby nad výrobou, bude nezbytné zajistit ekonomicky efektivní dovoz nízkouhlíkového vodíku ze zemí s příhodnými výrobními podmínkami.

V současné době není možné nízkouhlíkový vodík (viz 1.5.1) vyrábět a spotřebovávat za ekonomických podmínek srovnatelných s ostatními fosilními palivy. Ta jsou levnější, protože v nich není zahrnuta cena emisí skleníkových plynů. V oblasti vodíku se musíme rychle dostat do fáze, kdy díky úsporám z rozsahu

bude nízkouhlíkový vodík cenově srovnatelný se stávajícími fosilními palivy. Tato strategie má za cíl ukázat, které oblasti jsou v daném čase z různých pohledů nejvhodnější pro nasazení vodíku. Očekáváme, že růst využití vodíku v jedné oblasti sníží výrobní, skladovací, dopravní a distribuční náklady a tím umožní nasazení vodíku i v dalších oblastech, kde ekonomické podmínky vyžadují nižší cenu vodíku.

Pro vytvoření udržitelného vodíkového ekosystému je nezbytné, aby výrobní cena nízkouhlíkového vodíku pro konečného spotřebitele byla srovnatelná se součtem ceny fosilních paliv a CO<sub>2</sub> povolenky a v budoucnu přinášela i ekonomickou výhodu. Při výběru prioritních směrů rozvoje je tedy nezbytné se věnovat ekonomice dané vodíkové technologie.

## 1.5 Základní používané pojmy – klasifikace vodíku

Vodík, který je využit v koncových zařízeních, je vždy tvořen stejnou molekulou H<sub>2</sub>. Vzhledem k různým způsobům výroby a koncového využití můžeme rozlišovat několik druhů vodíku:

- podle produkce CO<sub>2</sub> během výroby,
- podle čistoty.

### 1.5.1 Klasifikace podle produkce CO<sub>2</sub> během výroby

Pro účely vodíkové strategie používáme klasifikaci v závislosti na způsobu výroby vodíku. V současnosti neexistuje v rámci EU jednoznačná kategorizace druhů vodíku. Dá se však očekávat, že v následujícím období dojde s nárůstem předpisů k harmonizaci názvosloví v rámci EU.

#### 1.5.1.1 Nízkouhlíkový vodík

Nízkouhlíkovým vodíkem rozumíme vodík, při jehož výrobě vznikne maximálně 36,4 g CO<sub>2</sub>/MJ<sup>1</sup>. Jde například o vodík vyrobený elektrolýzou elektřinou z obnovitelných zdrojů nebo z jaderných zdrojů, vodík vyrobený z bioplynu a vodík vyrobený ze zemního plynu nebo odpadu se zachytáváním CO<sub>2</sub>. **Tato vodíková strategie se primárně věnuje nízkouhlíkovému vodíku, protože jeho využití přispívá ke snižování emisí CO<sub>2</sub>.** Pro tento typ vodíku se používá označení „**modrý vodík**“. Někdy je vhodné definovat i podmnožiny nízkouhlíkového vodíku v závislosti na způsobu jeho výroby:

##### ➤ Obnovitelný vodík

Jde o vodík, který byl vyroben elektrolýzou z elektrické energie vzniklé z obnovitelných zdrojů, hlavně v solárních, větrných a vodních elektrárnách. Vodík z obnovitelných zdrojů lze rovněž vyrábět reformováním bioplynu/biometanu (namísto zemního plynu) nebo biochemickou či termochemickou přeměnou biomasy, pokud jsou v souladu s požadavky na udržitelnost.

---

<sup>1</sup> Hodnota vychází z metodologie CertifHy, kde 36,4 g CO<sub>2</sub>/MJ je 40 % emisní stopy při výrobě vodíku ze zemního plynu bez CCSU, viz [https://www.fch.europa.eu/sites/default/files/documents/280120\\_Final\\_Report\\_CertifHy\\_publishing%20approved\\_publishing%20%28ID%207924419%29%20%28ID%207929219%29.pdf](https://www.fch.europa.eu/sites/default/files/documents/280120_Final_Report_CertifHy_publishing%20approved_publishing%20%28ID%207924419%29%20%28ID%207929219%29.pdf)

Probíhá diskuse i o jiných hodnotách obsahu uhlíku. Niže uvedené hodnoty ale nebyly odsouhlaseny:

- návrh “Delegated Act of the Taxonomy regulation” prosazuje 2,256 tCO<sub>2</sub>eq/tH<sub>2</sub>
- návrh “Renewable Energy Directive GHG methodology” předpokládá pro vodík používaný v dopravě hodnotu 3,38 tCO<sub>2</sub>eq/tH<sub>2</sub>

Obvyklým cílem vodíkových strategií v jednotlivých regionech světa je maximalizovat využití obnovitelných zdrojů pro výrobu vodíku. Pokud je započten celý hodnotový řetězec, včetně výroby a likvidace solárních panelů nebo větrných elektráren, je i vodík z obnovitelných zdrojů zatížen určitou uhlíkovou stopou, jako jakékoliv jiné zdroje energie. V ČR se snažíme maximalizovat výrobu vodíku z obnovitelných zdrojů, ty jsou ale vzhledem k naší zeměpisné poloze omezené, protože máme méně slunečního svitu a větru než země ležící u moře nebo blíže k rovníku. Tento vodík se někdy nazývá „**zelený vodík**“.

➤ **Vodík vyrobený pomocí jaderných zdrojů**

Pokud použijeme k elektrolýze vody elektrický proud vyrobený z jaderných zdrojů nebo využijeme vysokých teplot k přímému rozkladu vody, získáme vodík s minimální uhlíkovou stopou.

➤ **Vodík vyrobený pyrolýzním rozkladem zemního plynu**

Dalším způsobem výroby nízkouhlíkového vodíku je pyrolýzní rozklad zemního plynu bez přístupu vzduchu, kdy je vodík oddělen od uhlíku, který pak může být zpracován nebo uložen bez toho, aby vznikl CO<sub>2</sub>, který by mohl uniknout do atmosféry. Tento vodík se někdy nazývá „**tyrkysový vodík**“.

➤ **Vodík vyrobený pyrolýzním rozkladem, případně plazmovým zplyňováním odpadu**

Pyrolýzním rozkladem, nebo přímo plazmovým zplyňováním organického odpadu bez přístupu vzduchu můžeme vyrobit vodík s minimální uhlíkovou stopou.

### **1.5.1.2 Ostatní vodík**

Existuje celá řada dalších možností výroby vodíku, jako například z ropných zbytků, uhlí a ze zemního plynu bez zachycování CO<sub>2</sub>. Ty jsou ale zatíženy velkou uhlíkovou stopou, proto nám takovýto vodík nemůže z dlouhodobého hlediska pomoci se snižováním množství skleníkových plynů vypouštěných do atmosféry. Využití takového vodíku může být pouze přechodným řešením na určitou omezenou dobu. Do této kategorie spadá i vodík vyráběný elektrolýzou ze sítě, kde výroba elektřiny je zatížena odpovídající uhlíkovou stopou danou národním energetickým mixem<sup>2</sup>. Veškerý vodík, který není nízkouhlíkový, je někdy označován jako „**šedý vodík**“.

## **1.5.2 Klasifikace podle čistoty**

Nezávisle na způsobu výroby musíme vodík rozlišovat podle jeho čistoty. Požadovaná čistota vodíku jako paliva pro palivové články s protonvýměnnou membránou (PEM), ale i pro jiná použití, je dána normou ČSN ISO 14687. Jde nám hlavně o dvě kategorie:

### **1.5.2.1 Vodík pro palivové články PEM**

Vodík pro palivové články PEM, které se hlavně využívají v dopravě, vyžaduje nejvyšší chemickou čistotu, aby bylo zajištěno, že ani při dlouhodobém provozu nedojde k degradaci a poškození palivových článků. Tento vodík se převážně vyrábí elektrolýzou vody.

---

<sup>2</sup> Barevné značení jednotlivých druhů vodíku je široce používané odbornou i laickou veřejností, nicméně samo nemá oporu v žádném předpise. Kompletní dělení vodíku podle barev viz [https://en.wikipedia.org/wiki/Hydrogen\\_economy](https://en.wikipedia.org/wiki/Hydrogen_economy)



### **1.5.2.2 Vodík pro ostatní použití**

Při ostatním využití nejsou na čistotu vodíku kladeny tak vysoké nároky. Vodík se v tomto případě využívá převážně jako vstupní surovina chemické reakce, případně pro výrobu tepla spalováním. Požadavky na čistotu proto mohou být definovány konkrétním použitím, které může být citlivé na příměsi specifických látek. Příměsi a nečistoty je nutné posuzovat z pohledu konkrétní chemické reakce.

## **1.6 Pokrytí vodíkovou strategií**

Vzhledem k tomu, že vodíkové technologie jsou velmi mladé a překotně se rozvíjejí v nejrůznějších směrech, nemá být tato strategie omezena pouze na samotný vodík. Měla by pokrývat i jeho sloučeniny, jako jsou metan (biometan a syntetický metan), metanol, čpavek, kapalná syntetická paliva, hydridy a další vodíkové deriváty nebo směsi vodíku s metanem.

Vzhledem k tomu, že veškerý potřebný vodík nebude možné vyrobit pouze elektrolýzou vody pomocí obnovitelných zdrojů energie, musíme se v této strategii zabývat i možnostmi ukládání a využití uhlíku a jeho sloučenin při výrobě vodíku z metanu nebo jiných organických sloučenin.

## **1.7 Výchozí stav roku 2020**

ČR je zemí s rozvinutým chemickým průmyslem, který je v našich podmínkách prakticky jediným producentem i konzumentem vodíku. Doposud převládajícími výrobními metodami jsou parciální oxidace těžkých ropných frakcí (Partial Oxidation – POX), parní reforming zemního plynu (Steam Methane Reforming – SMR) a elektrolýza. Pokud použijeme k elektrolýze elektrickou energii ze sítě, má pro ČR takto vzniklý vodík uhlíkovou stopu 176 g CO<sub>2</sub> / MJ, což je výrazně více než při výrobě pomocí parního reformingu zemního plynu a takovýto vodík není možné považovat za nízkouhlíkový. Průměrná emisní stopa vodíku vyrobeného v ČR je v současné době 116 g CO<sub>2</sub>/MJ.

Ve Státní energetické koncepci z roku 2015 je vodík uveden jen okrajově. Ve Vnitrostátním plánu ČR v oblasti energetiky a klimatu je již možnost využití vodíku nastíněna podrobněji. Jedná se jak o vodík nízkouhlíkový, a to jak vyrobený z OZE, tak vyrobený v kombinaci s technologiemi zachytu a následného využití nebo uskladnění CO<sub>2</sub> (tzv. Carbon Capture and Use – CCU, nebo Carbon Capture and Storage – CCS). Další uváděnou rolí vodíku je stabilizace elektrické přenosové soustavy, při níž by vodík mohl nalézt uplatnění.

Existuje nastavení podpory aplikovaného výzkumu (program Horizon 2020, programy TA ČR, Operační programy). Pozornost je zatím obecně zaměřena dvěma směry – čistá mobilita a skladování energie. Orientovaný a aplikovaný výzkum v oblasti vodíku a vodíkových technologií je částečně tematicky obsažen v Národní RIS3 strategii.

ČR se v uplynulých letech úspěšně podílela na výzkumných aktivitách v oblasti vodíkových technologií a vychovala si celou řadu odborníků v této oblasti.

Plánuje se zapojení do mezinárodní spolupráce v oblasti vodíku v takzvaných Významných projektech společného evropského zájmu (IPCEI).

ČR je zakládajícím členem European Clean Hydrogen Alliance, která vznikla počátkem roku 2020 s cílem připravit země na výstavbu kapacit pro výrobu obnovitelného vodíku a usnadnit tak dekarbonizaci hospodářství. Cílem Aliance je propojit dohromady soukromou sféru a státní správu při koordinaci vodíkových aktivit. Její činnost je organizována kolem kulatých stolů věnovaných různým specifikům využívání vodíku. Aliance je otevřena všem organizacím aktivně působícím v oblasti vodíku.

Vodík je v české legislativě formálně ukotvený pouze jako palivo pro dopravu. V tuto chvíli nepatří mezi plyny definované v rámci energetického zákona. Tento stav by však měl být velmi brzy změněn.





## 2 ANALYTICKÁ ČÁST

Analytická část se zaměřuje na hledání nákladově efektivního postupu, jak využít vodíkových technologií ke snížení emisí skleníkových plynů a podpoře ekonomického růstu.

Celková úspora CO<sub>2</sub> je velmi obtížně měřitelná. Veškerý spotřebovaný nízkouhlíkový vodík nahrazuje fosilní paliva nebo uhlík jako redukční činidlo. Podle oblasti, kde je vodík využíván, je možné vypočítat úsporu emisí skleníkových plynů – ta bude odlišná v oblasti dopravy, kde vodík bude postupně nahrazovat naftu (benzín), v průmyslu, kde bude nahrazovat uhlí, zemní plyn, ropné frakce a další paliva, nebo v hutnictví, kde poslouží jako náhrada koksu coby redukčního činidla při výrobě železa. Ve všech případech platí, že čím více nízkouhlíkového vodíku použijeme, tím větší úspory emisí skleníkových plynů dosáhneme. Množství vyrobeného a spotřebovaného nízkouhlíkového vodíku je zásadním ukazatelem naplňování strategického cíle – snížení emisí skleníkových plynů. Maximalizace spotřeby a výroby nízkouhlíkového vodíku je tedy hlavním indikátorem naplňování Vodíkové strategie ČR.

Zavádění progresivních vodíkových technologií a transformace výzkumu, vývoje a výroby na tyto technologie pak bude důležitým stimulem hospodářského růstu a podporuje splnění druhého strategického cíle.

Jednotlivé dále popsané kroky spočívají v určování nákladově efektivního postupu, jak dosáhnout maximalizace výroby a spotřeby vodíku, tak aby cesta k tomuto cíli byla dlouhodobě ekonomicky udržitelná a byly vynakládány pouze společensky přijatelné náklady. V rámci této strategie budou posuzovány různé postupy nebo technologie a rychlost jednotlivých kroků tak, abychom vždy optimálně využívali dostupné ekonomické a technické prostředky.

### 2.1 Preferované oblasti rozvoje

Naší snahou je hledat oblasti, kde s nasazováním vodíkových technologií můžeme dosáhnout co nejdříve ekonomické návratnosti. Měly by být nalezeny oblasti, kde počáteční podpora odstartuje další spontánní rozvoj. Podrobná analýza technologií v jednotlivých pilířích je uvedena v příloze. Pro každou technologii je vytvořena SWOT tabulka a její výsledky jsou zaneseny do bublinových grafů pro skupiny podobných technologií. Tyto bublinové grafy umožňují jednotlivé technologie mezi sebou porovnat. Výsledky této analýzy jsou shrnuty v prioritách uvedených v následujícím textu.

Očekáváme, že níže uvedené prioritní oblasti se mohou v budoucnu měnit v závislosti na vývoji technologií, cen a energetických požadavků. Podle toho bude při pravidelné aktualizaci doplňován text v této strategii, SWOT analýzy a bublinové grafy.

Tato strategie se snaží při aplikování vodíkových technologií zachovávat technologickou neutralitu.

#### 2.1.1 Výroba vodíku

Většina zahraničních úvah o rozvoji vodíkových technologií je spojena s výrobou vodíku z energie ze solárních a větrných elektráren. ČR je umístěna v samém středu Evropy, kde máme ve srovnání s přímořskými a jižními státy menší počet hodin slunečního svitu a menší intenzitu větru.

V příloze 1 (Výroba vodíku) byly analyzovány současně používané a současně známé možnosti výroby vodíku. Nejčastější způsoby výroby vodíku jsou sice technicky dokonale zvládnuté, ale postupně nároky

na snižování jejich emisní stopy z nich v průběhu času pravděpodobně učiní nevyhovující či velmi nákladné technologie. Řada technologií směřujících k nízkouhlíkovému vodíku, jako je pyrolýza organického odpadu či zemního plynu, se jeví jako ekonomicky životaschopná. Tato řešení jsou ale prozatím technicky nezralá. Jako perspektivní se speciálně v podmínkách ČR jeví výroba s využitím jaderné energie, avšak ani budoucí volná kapacita jaderných zařízení nemusí pro výrobu vodíku postačovat. Nejdále na obou osách, tedy technologické připravenosti a ekonomické životaschopnosti, se v analýze dostala výroba z obnovitelných zdrojů (zejména fotovoltaika), ovšem podmínky v ČR nebudou patrně nikdy poskytovat dostatečně velký potenciál.

V počáteční fázi je výroba nízkouhlíkového vodíku pomocí elektrolyzérů připojených k obnovitelným zdrojům elektrické energie jedinou cestou. Plánuje se pokračovat ve výstavbě solárních a větrných elektráren a jejich využití pro výrobu vodíku, využití obnovitelných zdrojů je jednou z priorit této strategie. Přínos obnovitelných zdrojů k výrobě vodíku a efektivita výroby nikdy nemohou být, kvůli našim přírodním podmínkám, na stejné úrovni jako v přímořských zemích nebo v zemích, které leží blíže rovníku. Mimo využití sluneční a větrné energie proto hledáme i oblasti, kde nebudeme limitováni přírodními podmínkami. Chceme se proto nejprve soustředit na následující způsoby výroby nízkouhlíkového vodíku:

- z obnovitelných zdrojů,
- ze zemního plynu s CCS/U,
- v jaderných elektrárnách,
- pyrolýzním rozkladem (popřípadě plazmovým zplyňováním) různých typů organického odpadu nebo zemního plynu.

To, která z těchto variant bude nejvíce využívána v daném čase, bude záviset na nastavení technickoekonomických podmínek a technologickém pokroku v dané oblasti.

V počátečních etapách se očekává výroba vodíku pomocí stávajících technologií (šedý vodík) s postupným nárůstem využívání výroby vodíku z obnovitelných zdrojů a následné zavádění ostatních výše uvedených technologií. K dosažení úspěchu vodíkové strategie je nutné využívat ty postupy, které umožňují minimalizovat cenu nízkouhlíkového vodíku.

V průběhu času se také bude měnit poměr mezi vodíkem, který budeme lokálně vyrábět a dovážet. Možnosti výroby vodíku v ČR mají při využití stávajících technologií (OZE, biometan, současné jaderné elektrárny, chemické výroby a rozklad organického odpadu) své limity, které nebude možné překonat. Bude proto nutné zahájit dovoz nízkouhlíkového vodíku plynovody ze zahraničí. Potencionální technologie, které by mohly vyrobit dostatečné množství nízkouhlíkového vodíku přímo v ČR, jsou jaderné elektrárny nebo pyrolýzní rozklad zemního plynu se zpracováním/ukládáním vznikajícího uhlíku.

### **2.1.2 Doprava a skladování vodíku**

Místa výroby a spotřeby vodíku nemusí být stejná, proto bude nezbytné současně s rozvojem výroby a spotřeby vodíku zajistit i dopravu z míst výroby do míst spotřeby. V počátečních fázích bude nutné volit takové systémy dopravy, které budou efektivní i při menších přepravovaných množstvích. S postupným nárůstem spotřeby vodíku bude nutné začít využívat plynovody na vodík, aby bylo možné efektivně přepravit velké množství vodíku do ČR i v rámci ČR. Přitom je nutné vzít v úvahu, že plánování nových

a úprava stávajících plynovodů je poměrně dlouhý proces, proto se příslušné plány musí připravovat v předstihu. Příprava plynárenských sítí na dopravu vodíku je nezbytná k udržení a rozšíření pozice ČR jako tranzitní země.

Jak bylo uvedeno, ČR pravděpodobně nikdy nebude kvůli své geografické poloze exportérem vodíku, bude proto nezbytné se v budoucnu připojit k transevropskému systému vodíkových plynovodů. Využíváním vodíku ze zahraničí se nijak nezmění míra naší závislosti na dovozu, protože i v současnosti dovážíme převážnou část ropy a zemního plynu. Země, ze kterých bychom dováželi vodík, budou pravděpodobně jiné, než ze kterých dovážíme ropu a zemní plyn. Lze předpokládat, že v případě čistého vodíku by se mělo jednat o země s vysokým potenciálem OZE (ze zemí EU zejména z oblasti Středomoří a z regionů ležících u Severního a Baltského moře; ze zemí mimo EU například Ukrajina, země Severní Afriky, Rusko nebo Blízký východ), odkud by byl vodík dovážen plynovody, lodní či železniční dopravou. Vodík ve směsi se zemním plynem bude pravděpodobně dopravován plynovody ze zemí, které leží na existujících zásobovacích koridorech zemního plynu pro ČR (např. Německo, Slovensko, Polsko, Rusko).

ČR má na domácí i evropské úrovni dobře propojenou a spolehlivou plynárenskou infrastrukturu. Vodík není pro odvětví plynárenství novým tématem. Plynárenské společnosti zahájily před více než 100 lety provoz potrubních systémů pro přepravu a distribuci koksárenského plynu /svítiplynu obsahujícího 50–60 % vodíku. S vodíkem se plynárenský sektor vrací zpět ke svým vlastním kořenům, ale v kombinaci s moderními technologiemi.

Současný plynárenský sektor je přirozeným partnerem na straně infrastruktury pro usnadnění postupného přechodu na vodíkové hospodářství. Pro přepravu, skladování a distribuci vodíku bude nutné vytvoření stabilního a jasného legislativního a regulačního rámce, podobně jako pro ostatní oblasti zavádění vodíkových technologií i finanční a institucionální podpory.

Provozovatelé plynárenské infrastruktury mohou stavět na několika desetiletích zkušeností s rozvojem plynárenské sítě a mají technické i komerční znalosti pro budoucí dopravu/skladování vodíku a jeho směsí včetně zpřístupnění dostatečných kapacit pro domácí i přeshraniční potřeby.

Technické modifikace plynárenské soustavy pro přepravu vodíku lze zvládnout. Bude sice nutné provést určité úpravy sítě, ale požadavky na investice do tzv. repurposingu (úprava infrastruktury na čistý vodík) a retrofittingu (úprava infrastruktury na směs vodíku se zemním plynem) jsou ve srovnání s nově budovanou vodíkovou infrastrukturou významně nižší. Efektivitu nákladů lze dále zvýšit díky „přirozené“ obměně systémových komponent v průběhu času a po uplynutí životnosti jednotlivých prvků soustavy. K nastartování rozvoje vodíkového hospodářství a současnému snížení emisí CO<sub>2</sub> se očekává přeprava/distribuce směsí vodíku s metanem jako nejjednodušší a nejlevnější řešení, zatímco v pozdějších fázích bude pravděpodobně nejlepší volbou doprava čistého vodíku.

Provozovatel přepravní soustavy v ČR, NET4GAS, provozuje zhruba 4 000 km plynovodů skládajících se ze tří hlavních větví plynovodů, které pokrývají domácí poptávku po plynu a zároveň slouží k mezinárodnímu tranzitu plynu – propojují Německo, Slovensko a Polsko. Očekává se, že v budoucnu bude přepravovat vodík a další obnovitelné nebo dekarbonizované plyny. NET4GAS se podílí na plánování budoucí evropské infrastruktury v projektu European Hydrogen Backbone. Vzhledem

ke své geografické poloze ve středu Evropy ČR zůstane důležitým tranzitním státem přepravní soustavy, protože může přepravovat vodík z východního směru (např. z Ukrajiny přes Slovensko), z jižního směru (např. ze severní Afriky přes Itálii a Rakousko) i ze severozápadního směru (např. z Německa).

Analýza dopravy a skladování vodíku (Příloha 2) dospěla k závěru, že při nižších objemech produkce bude nutno řešit především rozhodování mezi dopravou stlačeného vodíku v plynném skupenství a dopravou zkapalněného vodíku. Při vyšších objemech již bude do úvah nutné zahrnout plynovody – ty bude potřeba konvertovat ze stávajících nebo nově budovat. Vodík stlačený v nádobách je způsobem technologicky zralým a životaschopným. Oproti tomu úprava (repurposing) existující infrastruktury na vodík a výstavba nových čistých vodíkovodů může ve své plánovací fázi narážet na řadu bariér, avšak do budoucna je tento proces nevyhnutelný. Strategická rozhodnutí v tomto směru je nutné činit již velmi brzy, protože úprava a výstavba infrastruktury trvá, včetně přípravných procesů, relativně dlouho. Dlouhodobé podzemní skladování vodíku je při velkých objemech možné ve směsi se zemním plynem, což představuje vyzkoušenou technologii. Výhodnější, avšak zatím technicky nezralé, je podzemní skladování čistého vodíku. Analýza ukazuje, že existují i zatím málo vyzkoušené alternativy – přeprava či uskladnění vodíku ve formě hydridů či jiných sloučenin.

### **2.1.3 Využití vodíku**

Nízkouhlíkový vodík je v současnosti kvůli výrobním nákladům drahé palivo, proto musíme hledat takové oblasti spotřeby, kde je možné dosáhnout co nejdříve vyrovnanosti v provozních a investičních nákladech ve srovnání s fosilními palivy.

V příloze 3 (Využití vodíku) byly analyzovány nejprve možnosti využití vodíku v dopravě. Také zde byla sledována technologická připravenost a ekonomická životaschopnost jednotlivých způsobů a současně zhodnocena jejich možná kapacita. Technicky nejpokročilejší a současně ekonomicky životaschopné jsou osobní automobily, přičemž potenciál tohoto trhu je velmi vysoký. Velmi dobře se na obou osách, tedy technologické připravenosti i ekonomické životaschopnosti, umístila městská autobusová a nákladní silniční doprava. Přejídným řešením s poměrně velkou kapacitou mohou být také spalovací motory na vodík.

Chemický průmysl již dnes vodík produkuje a spotřebovává. Jedná se tedy v podstatě o náhradu jednoho typu vodíku za jiný. Za stávajících podmínek představuje nejrozšířenější využití vodíku rafinace ropy a výroba čpavku, přičemž se předpokládá, že přes určité změny budou tyto dvě oblasti obdobně fungovat i v budoucnu. Obdobně byly analyzovány možnosti využití vodíku v hutní výrobě, v hořácích velkých pecí a v energetice.

Z výše uvedených důvodů se ukazuje jako výhodné začít nasazovat vodík v oblasti dopravy. Fosilní paliva jsou zatížena spotřební daní a různé formy této zátěže budou narůstat. Tam jsme schopni vyrovnat provozní náklady mezi naftou a vodíkem při mnohem vyšší ceně vodíku, než jaká by byla nutná pro náhradu zemního plynu vodíkem při výrobě tepla. Z hlediska plánování a celkové spotřeby je nejefektivnější nasazovat vodík v městské autobusové dopravě, železniční, nákladní dopravě a individuální dopravě. Nevýhodou jsou zatím vysoké pořizovací ceny vodíkových vozidel. Další oblastí, kde by se s nasazením nízkouhlíkového vodíku mohlo začít, je jeho využití v chemické výrobě. Jako perspektivní oblasti pro počáteční nasazení vodíku proto vidíme:



- městskou autobusovou dopravu,
- nákladní a osobní silniční dopravu,
- železniční dopravu,
- využití vodíku v chemické výrobě.

#### **2.1.4 Vodíkové technologie**

Zapojení se do výroby komponent a finálních výrobků v oblasti vodíkových technologií může být významný stimul k posílení inovačního potenciálu českých firem. Vodíkové technologie přinášejí celou řadu příležitosti v oblasti Hi-Tech výrob s vysokou přidanou hodnotou. Podpora vodíkových technologií v jednotlivých členských zemích EU vyvolá masovou poptávku po tomto typu výrobků. Je ale nutné si uvědomit, že okno ke vstupu na tento trh bude otevřeno jen po relativně krátkou dobu. Vodíkové technologie mohou také představovat vhodný stimul pro transformaci českého automobilového průmyslu, který je nyní silně svázán s využíváním fosilních paliv.

V rámci analýzy vodíkových technologií (Příloha 4) byly srovnány jednotlivé základní technologické komponenty potřebné k provozu vodíkových technologií. Ve srovnání zde vítězí takové komponenty, kde má ČR již určitou tradici a současně je využití dostatečně široké (univerzální). Příkladem takové komponenty je třeba baterie. Řada komponent je již velmi technologicky zralých, ale problém lze spatřovat v masivní konkurenci obdobných levných komponent vyráběných mimo Evropu.

Analýza brala v úvahu predikci vývoje jednotlivých technologií, pro něž budou komponenty potřeba. Zatímco u některých komponent není jisté, nakolik využitelné v dlouhodobém horizontu budou, jako třeba vodíkové turbíny, u jiných je jejich potřeba takřka jistá (tlakové nádoby). Mezi jednotlivými komponentami nejsou ohledně technické připravenosti příliš velké rozdíly.

Firmy v ČR pravděpodobně nebudou dodavatelem velkých integrovaných technických celků. Rozumnou perspektivu lze spatřovat v dodávání plnicích stanic nebo vysokotlakých úložišť, kde lze předpokládat dílčí zkušenosti českých firem s jednotlivými komponentami. Potenciál pro české firmy nabízí segment nákladních automobilů, autobusů a manipulační techniky, které analýza vyhodnocuje jako technologicky zralé, s dostatečně velkou kapacitou trhu a současně ekonomicky životaschopné.

Vzhledem k prioritám v oblasti výroby a spotřeby vodíku lze spatřovat největší potenciál výzkumu, vývoje a výroby v následujících oblastech:

- komponenty pro vodíková vozidla a dopravní infrastrukturu,
- vodíková vozidla (autobusy, nákladní a osobní vozidla),
- zařízení pro výrobu vodíku (elektrolýza a pyrolýza).

## **2.2 Kolik vodíku potřebujeme – scénář využití**

Jak již bylo dříve zmíněno, přesný odhad množství vodíku až do roku 2050 je velmi obtížný. Odhady byly rozděleny do stejných sektorů, jaké jsou použity v předcházející kapitole.

### 2.2.1 Doprava

Při odhadech množství budoucí spotřeby strategie vychází z Národního akčního plánu čisté mobility (NAP ČM) pro autobusy a osobní automobily. Požadavky na nákladní automobily byly nastaveny na základě diskutovaných projektů.

Oblast železniční dopravy bude muset být ještě upřesněna a s leteckou a lodní dopravou zatím v odhadech vůbec nebylo počítáno.

### 2.2.2 Chemický průmysl

Chemický průmysl bude využívat vodík dvěma způsoby:

- **Jako surovinu:** v tomto případě strategie pracuje s množstvím vodíku, které se zpracovává nyní, s tím, že v budoucnu toto množství asi poklesne kvůli snížení výroby benzínu a nafty v rafineriích a snížení výroby čpavku pro umělá hnojiva, které bude vyvoláno plněním cílů Zelené dohody pro Evropu. Snížení produkce čpavku nicméně může být eliminováno rostoucími požadavky na výrobu syntetických paliv. U tohoto množství bylo odhadnuto, kolik procent šedého vodíku bude postupně nahrazováno nízkouhlíkovým vodíkem.
- **Jako zdroj tepla – náhradu za zemní plyn a uhlí:** údaj o množství zemního plynu, který se využívá na výrobu tepla, byl získán z materiálu [Souhrnná energetická bilance států v metodice Eurostatu za léta 2010–2019](#). Procentuálním poměrem lze odhadnout, kolik tohoto zemního plynu bude nahrazeno vodíkem. Neočekává se, že by tak byla nahrazena veškerá současná energetická spotřeba zemního plynu. Ten bude nahrazován i biometanem a elektrickou energií.

### 2.2.3 Hutnictví železa

Při snaze dekarbonizovat odvětví hutnictví železa spoléhá EU primárně na vodíkové technologie, kdy principem bude redukce železné rudy vodíkem místo dodnes používaného uhlí či koksu, jež je hlavním původcem sektorových emisí CO<sub>2</sub>. Tyto technologie však zatím nejsou na trhu dostupné – teprve se vyvíjí či testují. V dnes používaných vysokých pecích nelze uvažovat o plné náhradě koksu vodíkem, testuje se alespoň částečná náhrada. Pro plné nahrazení budou třeba zcela nové výrobní agregáty.

V revolučním švédském projektu HYBRIT, který by měl za pomoci vodíku vyráběného z OZE zajistit do několika let produkci první zcela bezemisní oceli, se počítá s tím, že na jednotku oceli bude potřeba přibližně 3,5 MWh elektřiny. Studie Klimaneutrale Industrie uvádí potřebu 3,3 kWh/t oceli. Současně většina dostupných zdrojů odhaduje, že na jednu tunu oceli bude třeba odhadem 70–90 kg vodíku. Současná (2018) výroba 4 milionů tun železa a 5 milionů tun oceli v ČR ročně skrze přímou redukci vodíkem by tedy znamenala spotřebu až 360 tis. t vodíku, na jehož výrobu bude potřeba přibližně 20 TWh elektřiny (pro srovnání činila v roce 2019 spotřeba elektřiny v ocelářství přibližně 2 TWh; celková spotřeba elektřiny v ČR byla 73,9 TWh). Kromě spotřeby elektřiny na výrobu vodíku v elektrolyzátoru vzniká dodatečná potřeba velkých objemů elektřiny na roztavení železa pro další zpracování v ocelárně. Výsledkem redukce vodíkem totiž (na rozdíl od primárního procesu výroby ve vysoké peci s použitím koksu) není kov v tekutém stavu.

Množství vodíku potřebné pro hutnictví železa v ČR, závisí nejen na budoucím objemu výroby železa a oceli, ale především na fyzické a cenové dostupnosti vodíku a vodíkové technologie, která není doposud na trhu dostupná. I podle toho bude možné lépe odpovědět na otázku, kolik oceli se nakonec

bude vyrábět tavbou ze železného šrotu v elektrických pecích, která se dá uskutečnit i bez pomoci vodíku, a nakolik se bude využívat vodík při redukcí z rud. Výsledný technologický mix bude pravděpodobně kompromisem mezi oběma technologiemi. Každopádně je třeba počítat s tím, že při výrobě oceli ze šrotu i při natavování železné houby (vzniklé redukcí vodíkem) pomocí elektrických obloukových pecí, se emituje jisté množství CO<sub>2</sub>.

#### **2.2.4 Průmysl (bez hutnictví železa a chemického průmyslu)**

V průmyslu se vodík bude používat převážně jako náhrada zemního plynu pro výrobu tepla. Množství zemního plynu bylo získáno z materiálu [Souhrnná energetická bilance státu v metodice Eurostatu za léta 2010–2019](#). Procentuálním poměrem bylo odhadnuto, kolik tohoto zemního plynu bude nahrazeno vodíkem. Neočekává se, že veškerá současná energetická spotřeba zemního plynu bude nahrazena vodíkem. Zemní plyn bude nahrazován i biometanem a nízkouhlíkovou elektrickou energií.

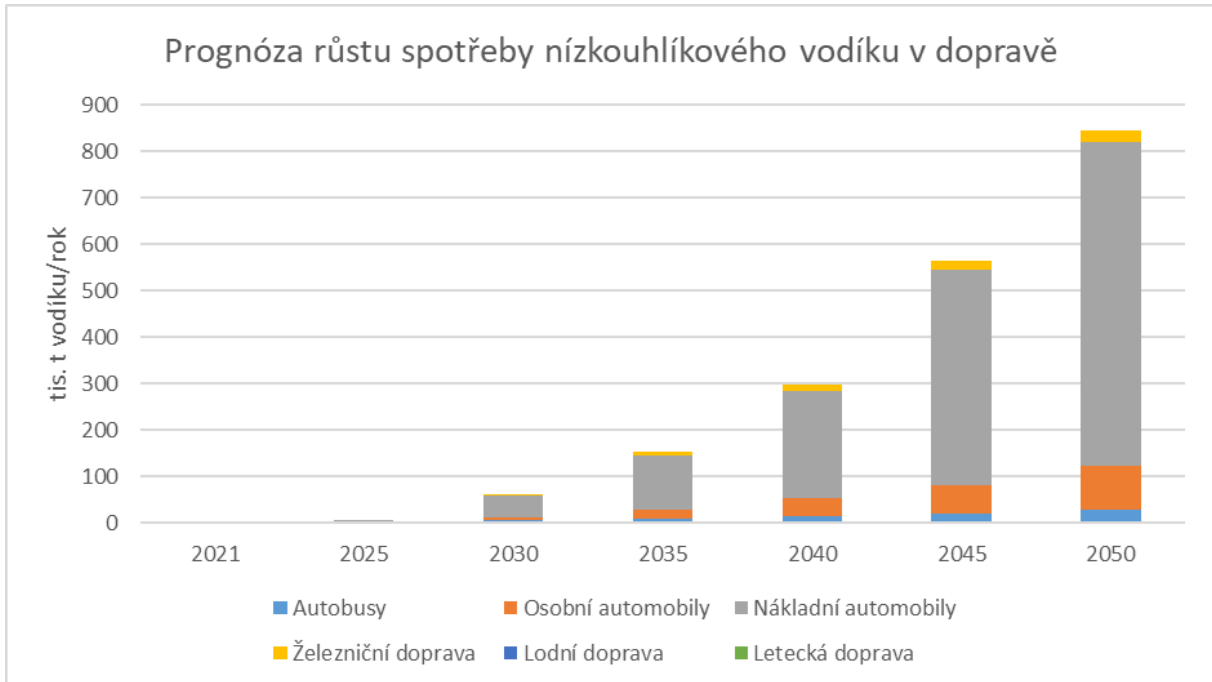
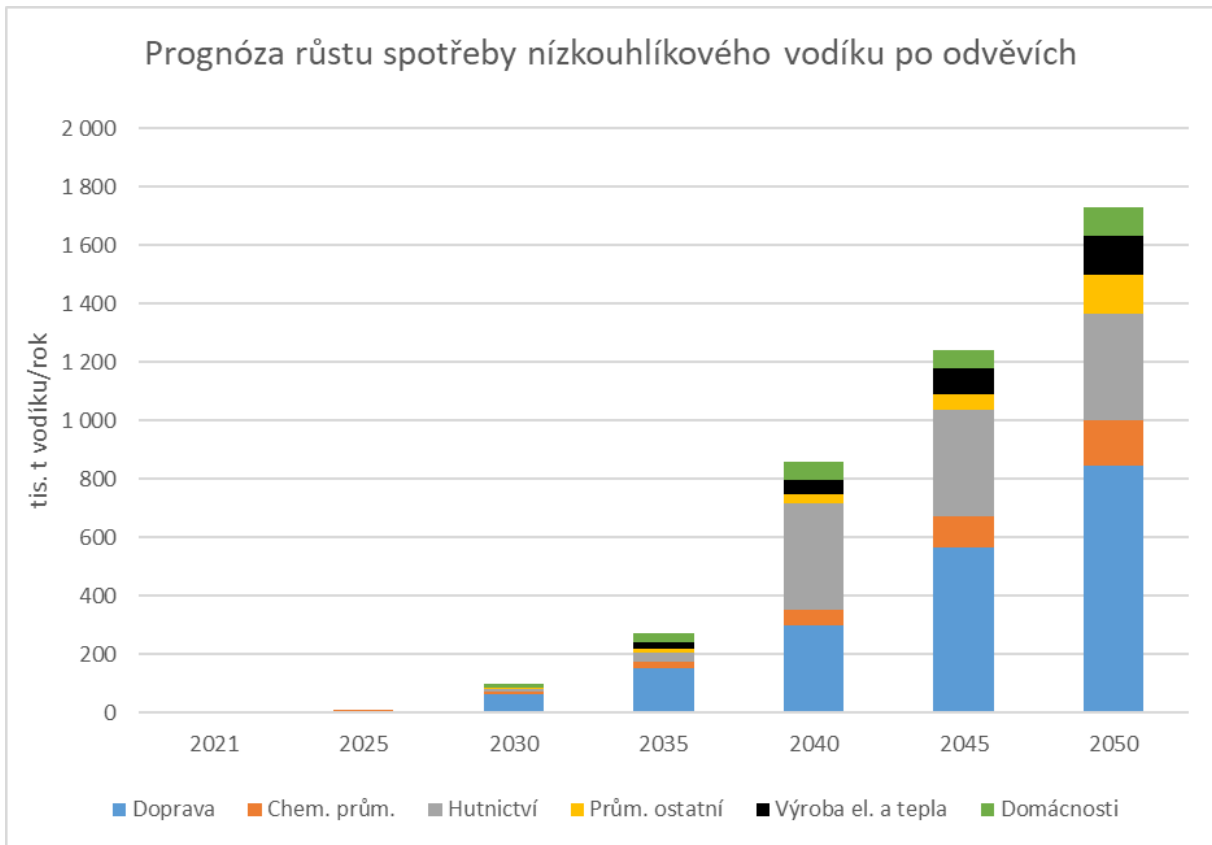
#### **2.2.5 Domácnosti**

V domácnostech se vodík může využít, pouze pokud bude přimícháván do zemního plynu. Množství zemního plynu bylo získáno z materiálu [Souhrnná energetická bilance státu v metodice Eurostatu za léta 2010–2019](#). Neočekává se, že veškerá současná energetická spotřeba zemního plynu domácností bude nahrazena vodíkem. Zemní plyn bude nahrazován i biometanem, elektrickou energií, biomasou, částečně fototermikou. případně dojde k rozvoji hybridních tepelných čerpadel. Současně se předpokládá pokračování trendu energetických úspor domácností (zateplování, nízkoenergetické domy a další formy). Pro přimíchávání vodíku do zemního plynu zatím se počítá pouze s malým množstvím do 2 %. Toto přimíchávání může začít i ve fázi 1 a 2, jelikož vyžaduje minimální technologické změny.

### **2.3 Scénář spotřeby vodíku po odvětvích**

Na základě odhadů bychom měli v roce 2050 dosáhnout spotřeby **1 728 tis. t nízkouhlíkového vodíku ročně**. K výrobě tohoto množství vodíku pomocí elektrolýzy bychom potřebovali 95 TWh elektrické energie. Pokud by toto množství mělo být vyrobeno elektrolýzou, byl by potřeba přibližně 3,2násobek roční výroby jaderných elektráren Temelín a Dukovany dohromady (30,2 TWh/rok v roce 2020). Další možností je dovézt toto množství vodíku pomocí plynárenské soustavy ze zahraničí.

Podle současné prognózy je doprava, a hlavně nákladní doprava, největším uživatelem nízkouhlíkového vodíku.



|         | Typ spotřeby  | 2021 | 2025  | 2030   | 2035    | 2040    | 2045    | 2050    | Poznámka   |
|---------|---|------|-------|--------|---------|---------|---------|---------|--|
| Doprava | Vodíkové autobusy počet podle NAP CM                                    | 1    | 100   | 900    |         |         |         |         | NAP CM (2019)  |
|         | Vodíkové autobusy počet   |      |       |        | 1 700   | 2 500   | 3 500   | 4 600   | odhad extrapolací NAP CM v roce 2019 celkem 21 484 autobusů a mikrobusů,                         |
|         | Nově registrované vodíkové autobusy (% z registrací v roce 2019)        | 0 %  | 2 %   | 13 %   | 13 %    | 13 %    | 16 %    | 18 %    | v roce 2019 nově registrováno 1 220 autobusů   |
|         | Vodíkové autobusy celkem  | 1    | 100   | 900    | 1 700   | 2 500   | 3 500   | 4 600   |  |
|         | Vodíkové autobusy spotřeba (tis t /rok)                                 | 0    | 1     | 5      | 10      | 15      | 21      | 28      | nájezd autobusu 60 000 km/rok<br>spotřeba autobusu 10 kg H <sub>2</sub> /100 km                  |
|         | Osobní vodíkové automobily počet podle NAP CM                           | 2    | 5 000 | 45 000 |         |         |         |         | NAP CM (2019)  |
|         | Osobní vodíkové automobily  |      |       |        | 120 000 | 240 000 | 380 000 | 600 000 | odhad extrapolací NAP CM v roce 2019 celkem 5 924 995 osobních automobilů,                       |
|         | Nově registrované osobní automobily za rok (% z registrací v roce 2019) | 0 %  | 0,4 % | 3,2 %  | 6,0 %   | 9,6 %   | 11,2 %  | 17,6 %  | v roce 2019 nově registrováno 249 915 osobních automobilů  |
|         | Osobní vodíkové automobily celkem                                       | 2    | 5 000 | 45 000 | 120 000 | 240 000 | 380 000 | 600 000 |  |
|         | Osobní vodíkové automobily spotřeba (tis t /rok)                        | 0    | 1     | 7      | 19      | 38      | 61      | 96      | nájezd osob. automobilu 20 000 km/rok<br>spotřeba osob. automobilu 0,8 kg H <sub>2</sub> /100 km |
|         | Nákladní vodíkové automobily počet                                      | 0    | 300   | 4 000  | 10 000  | 20 000  | 40 000  | 60 000  | v roce 2019 celkem 723 678 nákladních automobilů a tahačů  |
|         | Nově registrované nákladní automobily (% z registrací v roce 2019)      | 0 %  | 0,2 % | 2,4 %  | 4,0 %   | 6,6 %   | 13,2 %  | 13,2 %  | v roce 2019 nově registrováno 30 288 nákladních a lehkých užitkových vozidel                     |

|   |  |          |           |           |            |            |            |            |  |
|---|--|----------|-----------|-----------|------------|------------|------------|------------|--|
|   | Vodíkové nákladní automobily počet (tis. t /rok)   | 0        | 3         | 46        | 116        | 232        | 464        | 696        | nájezd nákl. automobilu 116 000 km/rok<br>spotřeba nákl. automobilu 10 kg H <sub>2</sub> /100 km   |
|   | Vodíková železniční doprava spotřeba (tis. t /rok)   | 0        | 0         | 3         | 7          | 12         | 18         | 25         | místní osobní doprava a posunovací lokomotivy  |
|   | Lodní doprava (tis. t /rok)  | 0        | 0         | 0         | 0          | 0          | 0          | 0          |  |
|   | Letecká doprava (tis. t /rok)  | 0        | 0         | 0         | 0          | 0          | 0          | 0          |  |
|   | <b>Doprava spotřeba celkem (tis. t /rok)</b>   | <b>0</b> | <b>5</b>  | <b>62</b> | <b>152</b> | <b>297</b> | <b>564</b> | <b>845</b> |  |
| Chemický průmysl                                      | Současné kapacity výroby vodíku, které jsou spotřebovány v následných chemických výrobních (tis. t /rok) | 96       | 96        | 96        | 96         | 96         | 91         | 86         | po roce 2040 bude pravděpodobně docházet k útlumu rafinace ropy k zajištění splnění cílů Zelené dohody pro Evropu, výroba čpavku zůstane pravděpodobnosti na stejné úrovni, protože stávající výroba nepokrývá domácí spotřebu |
|   | % náhrady šedého vodíku nízkouemisním  | 0 %      | 1 %       | 5 %       | 10 %       | 30 %       | 60 %       | 100 %      | odhad  |
|   | Spotřeba vodíku k chemické výrobě  | 0        | 1         | 5         | 10         | 29         | 55         | 86         |  |
|   | Vysokoteplotní teplo (tis. t /rok)   | 2,5      | 2,5       | 2,5       | 2,5        | 2,5        | 2,5        | 2,5        |  |
|   | % náhrady šedého vodíku nízkouemisním  | 0 %      | 10 %      | 20 %      | 40 %       | 60 %       | 80 %       | 100 %      | odhad  |
|   | Spotřeba vodíku k výrobě vysokoteplotního tepla  | 0,0      | 0,3       | 0,5       | 1,0        | 1,5        | 2,0        | 2,5        |  |
|   | Energetická spotřeba zemního plynu v chemickém průmyslu (TJ/rok)   | 10 228   | 10 228    | 10 228    | 10 228     | 10 228     | 10 228     | 10 228     | data podle Souhrnné energetické bilance za rok 2019  |
|   | % náhrada zemního plynu nízkouhlíkovým vodíkem   | 0 %      | 1 %       | 5 %       | 15 %       | 30 %       | 60 %       | 80 %       | odhad  |
|   | Spotřeba vodíku k výrobě tepla (tis. t /rok)   | 0        | 0,9       | 4,3       | 12,8       | 25,6       | 51,1       | 68,2       | tepelná energie ve vodíku 120 MJ/kg  |
| <b>Chemický průmysl spotřeba celkem (tis. t /rok)</b> | <b>0</b>   | <b>2</b> | <b>10</b> | <b>23</b> | <b>56</b>  | <b>108</b> | <b>157</b> |            |  |

|  |  |          |            |            |             |             |              |              |  |
|--|--|----------|------------|------------|-------------|-------------|--------------|--------------|--|
| Hutnictví železa                         | Celková energie potřebná k výrobě železa a oceli (TW/rok)                                    | 2        | 2          | 5          | 10          | 25          | 25           | 25           | Plánovaná spotřeba elektrické energie pro dekarbonizaci výroby železa a oceli je kolem 25–30 TWh/rok |
|  | % energie použité pro výrobu vodíku  | 0 %      | 0 %        | 5 %        | 15 %        | 80 %        | 80 %         | 80 %         |  |
|  | <b>odpovídající množství vodíku (tis. t /rok)</b>  | <b>0</b> | <b>0</b>   | <b>4,5</b> | <b>27</b>   | <b>364</b>  | <b>364</b>   | <b>364</b>   |  |
| Průmysl (bez hutnictví a chem. průmyslu) | Energetická spotřeba zemního plynu v průmyslu (bez hutnictví a chemického průmyslu) (TJ/rok) | 64 498   | 64 498     | 64 498     | 64 498      | 64 498      | 64 498       | 64 498       | data podle Souhrnné energetické bilance za rok 2019  |
|  | % náhrada zemního plynu nízkouhlíkovým vodíkem   | 0 %      | 0 %        | 1 %        | 3 %         | 6 %         | 10 %         | 25 %         | odhad, zemní plyn bude nahrazován nejen vodíkem, ale i bioplymem a elektřinou                        |
|  | <b>Průmysl (bez chemického průmyslu a hutnictví) spotřeba celkem (tis. t /rok)</b>           | <b>0</b> | <b>0,0</b> | <b>5,4</b> | <b>16,1</b> | <b>32,2</b> | <b>53,7</b>  | <b>134,4</b> | tepelná energie ve vodíku 120 MJ/kg  |
| Výroba elektřiny a tepla                 | Celková výroba elektrické energie v ČR (TJ/rok)  | 429 701  | 429 701    | 429 701    | 429 701     | 429 701     | 429 701      | 429 701      | data podle Souhrnné energetické bilance za rok 2019  |
|  | % vyrobené elektřiny a tepla pomocí vodíku   | 0,0 %    | 0,0 %      | 0,0 %      | 0,5 %       | 1 %         | 2 %          | 3 %          | kvalifikovaný odhad  |
|  | <b>odpovídající množství vodíku (tis. t /rok)</b>  | <b>0</b> | <b>0</b>   | <b>0</b>   | <b>22</b>   | <b>45</b>   | <b>90</b>    | <b>134</b>   | energetický obsah vodíku 120 GJ/t<br>účinnost kogeneračních jednotek 80 %                            |
| Domácnosti                               | Energetická spotřeba plynu v domácnostech (TJ/rok)   | 75 169   | 75 169     | 75 169     | 75 169      | 75 169      | 75 169       | 75 169       | data podle Souhrnné energetické bilance za rok 2019  |
|  | % náhrada plynu nízkouhlíkovým vodíkem   | 0 %      | 0 %        | 2 %        | 5 %         | 10 %        | 10 %         | 15 %         | jedná se o podíl vodíku ve směsi s metanem (např. zemní plyn, biometan)                              |
|  | <b>Domácnosti spotřeba celkem (tis. t /rok)</b>  | <b>0</b> | <b>0</b>   | <b>13</b>  | <b>31</b>   | <b>63</b>   | <b>63</b>    | <b>94</b>    | výhřevnost vodíku 120 MJ/kg  |
|  | <b>Spotřeba nízkouhlíkového vodíku celkem (tis. t /rok)</b>                                  | <b>0</b> | <b>7</b>   | <b>95</b>  | <b>273</b>  | <b>857</b>  | <b>1 241</b> | <b>1 728</b> |  |

## **2.4 Současné bariéry rozvoje vodíkových technologií v ČR**

V této kapitole je uveden přehled bariér, které v současnosti brzdí rozvoj vodíkových technologií. Cílem strategie není jen tyto bariéry identifikovat, ale i navrhnout možná řešení k jejich odstranění. Jedním z hlavních mechanismů odstraňování bariér jsou navrhované Karty úkolů (příloha 8). Obecně předpokládáme, že výroby, přepravy, skladování a užití vodíku se dotýká několik zákonů, např. Zákon č. 458/2000 Sb. Zákon o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů (energetický zákon), Zákon č. 311/2006 Sb., o pohonných hmotách a čerpacích stanicích pohonných hmot a o změně některých souvisejících zákonů (zákon o pohonných hmotách), Zákon č. 183/2006 Sb. Zákon o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon), Zákon č. 56/2001 Sb. o podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích, Zákon č. 541/2020 Sb. Zákon o odpadech, Zákon č. 263/2016 Sb. Atomový zákon, nebo Zákon č. 165/2012 Sb. Zákon o podporovaných zdrojích energie. Jde pouze o ilustrativní, a ne kompletní výčet. V tuto chvíli ovšem není zřejmé, zda bude uvedené zákony nutné měnit na základě národních požadavků, nebo zda se budou tyto zákony novelizovat na základě nově přijatých evropských předpisů, nebo zůstanou beze změny, nebo budou vytvořeny nové předpisy speciálně pro vodík. Analýza odpovídajících zákonů a návrh případných změn je náplní prací souvisejících s příslušnými kartami úkolů.

### **2.4.1 Legislativně-regulační bariéry**

#### **2.4.1.1 Státní energetická koncepce ČR**

*Státní energetická koncepce ČR (SEK)* z roku 2015 prakticky s vodíkem nepracuje, což odpovídá datu její přípravy a podílu obnovitelných zdrojů, který SEK navrhuje. Jedním z hlavních bodů, které bude nutno do SEK doplnit, je podíl vodíku na celkovém energetickém mixu ČR, dále například akumulace energie ve formě vodíku. Nedá se ale očekávat, že by se tato technologie v ČR využívala ve větším měřítku v příštích 10 letech.

#### **2.4.1.2 Vodík není statisticky sledovaná komodita**

Vodík nepatří mezi komodity sledované Českým statistickým úřadem a Energetickým regulačním úřadem (ERÚ).

#### **2.4.1.3 Chybějící certifikace a nástroje pro obchodování s nízkouhlíkovým vodíkem**

Chybějící certifikační nástroj záruky původu nízkouhlíkového vodíku ev. jiná certifikační autorita vycházející ze směrnic EU. Návrh jednotného přístupu bude předložen Evropskou komisí v roce 2021.

#### **2.4.1.4 Není legislativně ukotveno vtláčení vodíku do plynárenské soustavy ani v omezeném množství.**

#### **2.4.1.5 Chybějící legislativa, normy a bezpečnostní předpisy pro vtláčení, přepravu, distribuci a využívání vodíku.**

- Energetický zákon, jehož novelizace se nyní připravuje, definuje pojem plyn. Dle nynější definice uvedené v novelizovaném zákoně č. 458/2000 Sb., § 2 odst. 2 písm. b) bod 9 se plynem rozumí zemní plyn, koksárenský plyn čistý, degazační a generátorový plyn, biometan, propan, butan a jejich směsi, pokud nejsou používány pro pohon motorových



vozidel. Vodík pod energetický zákon nespadá, není ani zahrnut v bilancích ERÚ, které je zpracovává na základě zmocnění v energetickém zákoně, ani v klíčových vyhláškách<sup>3</sup>.

- Současně bude třeba určit odpovědné orgány státní správy pro všechny oblasti použití vodíku (palivo, chemická surovina, energetický vektor – nosič energie).
- Absence předpisů a norem pro přepravu a distribuci a samostatné využívání vodíku i pro běžné spotřebitele – analogicky k současnému stavu zemního plynu.
- Chybějící systém záruk a certifikace původu nízkouhlíkového vodíku (viz legislativně-regulatorní bariéry)
- Absence bezpečnostních předpisů pro instalaci vodíkových technologií ve veřejném sektoru.
- Absence bezpečnostních předpisů pro instalaci vodíkových technologií v areálu jaderného zařízení.

#### **2.4.1.6 Nedostatek měřících a laboratorních kapacit pro experimentální činnosti s vodíkem**

#### **2.4.1.7 Legislativní omezení přepravovaného vodíku v tlakových lahvích po silnici**

#### **2.4.1.8 Nedostatečné vzdělávání v oblasti vodíkových technologií**

Nedostatečné vzdělávání a osvěta v oblasti vodíkových technologií (nezbytná podmínka pro přijetí vodíku širší veřejností a nárůst počtu kvalifikovaných pracovníků pro implementaci a provoz vodíkových technologií).

#### **2.4.1.9 Návaznost na normy a legislativu v sousedních zemích**

Sousední země (např. Německo) jsou již dále v definování a zavádění norem, legislativních aktů a doporučení<sup>4</sup> v oblasti výroby, skladování a přepravy vodíku. Pokud naše normy a legislativní akty nebudou harmonizovány a včas zavedeny do praxe, může to omezit přeshraniční spolupráci.

### **2.4.2 Technicko-ekonomické bariéry**

#### **2.4.2.1 Zeměpisně-klimatické podmínky pro výrobu nízkouhlíkového vodíku**

Nepříznivé klimatické podmínky pro výrobu vodíku z OZE vedoucí k nižším výkonům při srovnatelných investičních nákladech.

---

<sup>3</sup>

Vyhláška č. 108/2011 Sb., o měření plynu a o způsobu stanovení náhrady škody při neoprávněném odběru, neoprávněné dodávce, neoprávněném uskladňování, neoprávněné přepravě nebo neoprávněné distribuci plynu, ve znění pozdějších předpisů.

Vyhláška č. 349/2015 Sb., o Pravidlech trhu s plynem, ve znění pozdějších předpisů. Vyhláška č. 545/2006 Sb., o kvalitě dodávek plynu a souvisejících služeb v plynárenství, ve znění pozdějších předpisů.

Vyhláška č. 70/2016 Sb., o vyúčtování dodávek a souvisejících služeb v energetických odvětvích – účinná do 31. 12. 2021.

Vyhláška č. 207/2021 Sb., o vyúčtování dodávek a souvisejících služeb v energetických odvětvích – účinná od 1. 1. 2022.

<sup>4</sup>

[https://acer.europa.eu/Official\\_documents/Position\\_Papers/Position%20papers/ACER\\_CEER\\_WhitePaper\\_on\\_the\\_regulation\\_of\\_hydrogen\\_networks\\_2020-02-09\\_FINAL.pdf](https://acer.europa.eu/Official_documents/Position_Papers/Position%20papers/ACER_CEER_WhitePaper_on_the_regulation_of_hydrogen_networks_2020-02-09_FINAL.pdf)

- 2.4.2.2** *Aktuální omezená připravenost plynárenské infrastruktury pro přepravu, distribuci a skladování vyšších procent směsí vodíku s metanem, aktuální nekompatibilita soustavy na přepravu, distribuci a skladování čistého vodíku.*
- 2.4.2.3** *U technicky možných řešení (přimíchávání vodíku do 2 % směsi s metanem) chybí legislativní úprava*
- 2.4.2.4** *Nedostatečná kapacita zdrojů pro výrobu nízkouhlíkového vodíku – velmi omezená kapacita OZE a limity jaderných elektráren*
- 2.4.2.5** *Absence pilotních projektů pro získání technologického know-how*





## 3 STRATEGICKÁ ČÁST

### 3.1 Strategické cíle

Hlavními strategickými cíli a důvody pro přípravu Vodíkové strategie ČR jsou:

- **Snižování emisí skleníkových plynů**
- **Podpora ekonomického růstu**

#### 3.1.1. Snížování emisí skleníkových plynů

Snižování emisí skleníkových plynů je jasně definovaným cílem jak z hlediska Zelené dohody pro Evropu, tak z pohledu Evropské vodíkové strategie. V rámci politik EU je vodík definován jako jeden z důležitých nástrojů pro dosažení klimatické neutrality a pro zajištění dekarbonizace v odvětvích, kde jiné způsoby redukce emisí skleníkových plynů není možné nasadit.

Nejsme schopni z přímého měření znečištění ovzduší určit podíl vodíku na snižování emisí. K tomu musíme použít jiné metody. Existuje přímá úměra mezi snížením emisí skleníkových plynů a využíváním nízkouhlíkového vodíku. Čím více nízkouhlíkového vodíku budeme používat, tím více se sníží obsah skleníkových plynů v atmosféře.

K vyhodnocování plnění tohoto strategického cíle proto použijeme specifické cíle jako je množství spotřebovaného nízkouhlíkového vodíku.

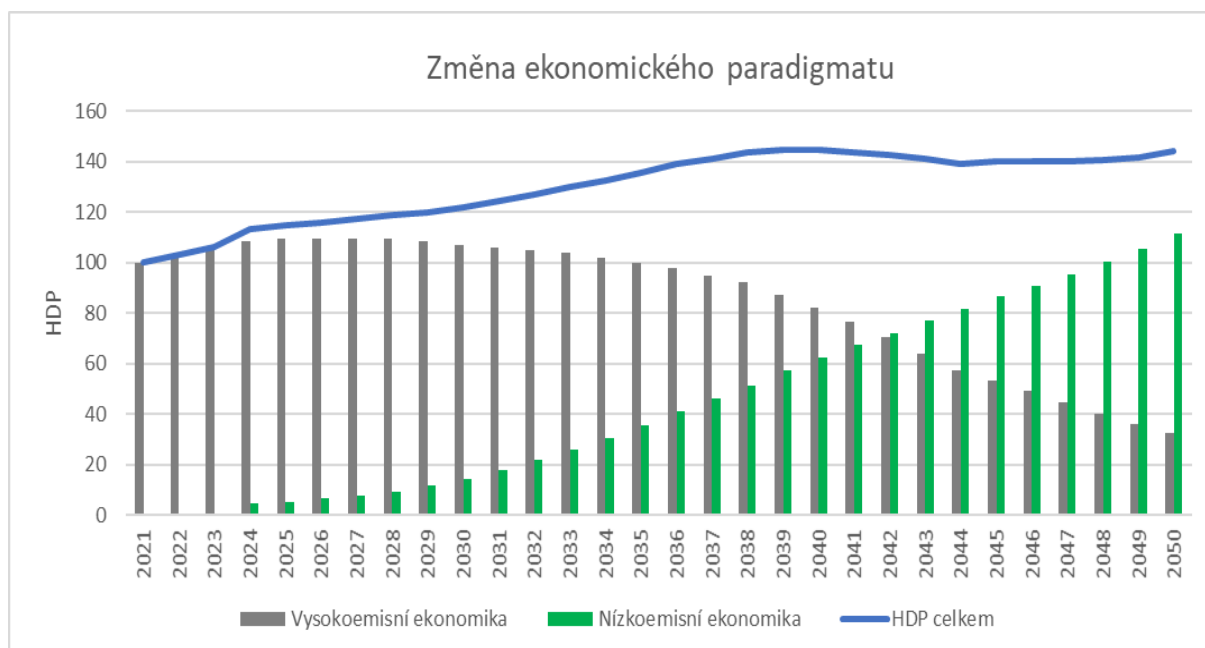
#### 3.1.2. Podpora ekonomického růstu

Vodíkové technologie, jejichž využití je nutné ke snižování emisí skleníkových plynů, jsou velmi nové technologie, které vyžadují vysokou úroveň výzkumu, vzdělávání a průmyslové výroby. Budou vyžadovat mnoho nových specialistů a odborníků. Proto klademe v naší strategii důraz nejen na využívání vodíku, ale i na vzdělávání, výzkum, vývoj, výrobu, nasazování a provozní podporu těchto technologií. Dá se očekávat, že vodíkové technologie mohou přinést mnoho nových pracovních míst, která nahradí zanikající místa v sektorech, které jsou silně závislé na využití fosilních paliv.

Současně nastavené cíle snižování emisí skleníkových plynů povedou k útlumu technologií silně závislých na fosilních palivech. Strategickým cílem této strategie je nastartovat rozvoj takových technologií a průmyslových odvětví, která nahradí utlumovaná odvětví.

Cílem je, aby národní hospodářství, reprezentované hrubým domácím produktem (HDP), rostlo nebo bylo jen ovlivněno obvyklými hospodářskými cykly. Takový vývoj je ve zjednodušené podobě ilustrován na následujícím grafu. HDP, znázorněné modrou čarou, je součtem dvou ekonomik. První je založená na emisně náročných technologiích a je v grafu znázorněná šedě. Ta se vlivem omezení daných Zelenou dohodou pro Evropu bude postupně zmenšovat, což bude dáno hlavně rostoucí cenou emisních povolenek a horšími podmínkami pro financování. Druhá ekonomika, založená na moderních nízkoemisních technologiích a označená zeleně, se bude naopak dále rozvíjet. To bude dáno cíleným výzkumem a podpůrnými programy. Chceme vytvořit prostředí pro rozvoj moderních nízkoemisních technologií tak, aby celkový vývoj HDP byl stále rostoucí, nebo jen s minimálními cyklickými poklesy, jak je znázorněno níže. Důležité je zahájit rozjezd nízkoemisní ekonomiky co nejdříve, aby její postupný nárůst byl schopen překrýt pokles ekonomiky založené na technologiích s vysokou emisní stopou. Pro

zjednodušení v ilustrativním schématu nejsou zahrnuty obory, jejichž rozvoj není svázán s emisemi skleníkových plynů v pozitivním nebo negativním smyslu.



Celkový ekonomický růst je dobře měřitelný (HDP), nelze ale snadno určit, jakým způsobem se na tomto růstu podílí aktivity definované v této strategii. Je možné říct, že na podporu ekonomického růstu budou jednoznačně pozitivně působit následující faktory:

- množství vodíku vyrobeného v ČR (výrazné importy vodíku by však HDP naopak snižovaly),
- množství vodíku spotřebovaného v rámci konečné spotřeby,
- budování (výstavba) infrastruktury na dopravu a skladování vodíku,
- rozvoj výzkumu, vývoje a výroby vodíkových technologií.

S ohledem na již existující aktivity a zásadní význam zelené tranzice (dekarbonizace) pro tradiční průmyslové regiony ČR, lze předpokládat významný dopad Strategie právě na oblasti Ústeckého, Karlovarského a Moravskoslezského kraje, případně dalších regionů.

Tyto faktory jsou již měřitelné a následující kapitola definuje, jak jsou strategické cíle provázány se specifickými cíli, u kterých můžeme definovat konkrétní cílové hodnoty a navázat je konkrétně na **Karty úkolů**.

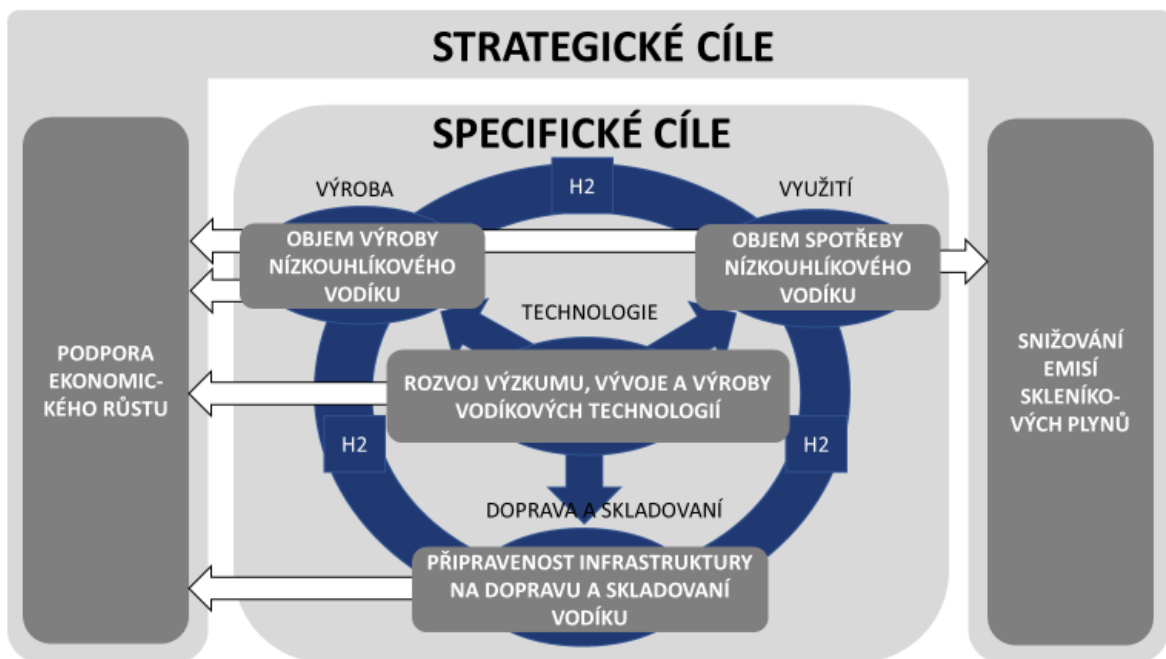
### 3.2 Specifické cíle

Plnění **obou strategických cílů** je obtížné přímo měřit, proto k vyhodnocení úspěšnosti jejich plnění použijeme následující **specifické cíle**:

1. **Objem spotřeby nízkouhlíkového vodíku**, která může nahradit fosilní paliva v dopravě, chemické výrobě, hutnictví, v průmyslu, výrobě tepla a výrobě elektřiny.
2. **Objem výroby nízkouhlíkového vodíku**. Výroba nízkouhlíkového vodíku je nutným předpokladem pro jeho využití, protože v počátečním období nebude možné nízkouhlíkový vodík levně dovézt. Veškeré požadavky budou proto muset být pokryty domácí výrobou.

3. **Připravenost infrastruktury na dopravu a skladování vodíku**, abychom mohli propojit místa výroby s místy spotřeby a dovézt nízkouhlíkový vodík ze zahraničí.
4. **Rozvoj výzkumu, vývoje a výroby vodíkových technologií** jako poslední specifický cíl souvisí s tím, že abychom mohli vyrábět, dopravovat, skladovat, distribuovat a spotřebovávat vodík, musíme mít příslušné technologie.

Jednotlivé specifické cíle vycházejí ze čtyř pilířů vodíkové strategie a podporují oba strategické cíle, jak je znázorněno na následujícím schématu.



### 3.2.1 Specifický cíl 1: Objem spotřeby nízkouhlíkového vodíku

Jak bylo uvedeno, celkové množství spotřebovaného vodíku je ukazatelem, který dobře popisuje úsporu CO<sub>2</sub>. Strategie předpokládá, že mezi strategickým cílem (snižování emisí skleníkových plynů) a spotřebovaným množstvím nízkouhlíkového vodíku je přímá úměrnost, proto měření spotřeby nízkouhlíkového vodíku může nahradit měření snižování emisí skleníkových plynů. Při vyhodnocování je nutné odlišovat nízkouhlíkový vodík od ostatních druhů vodíku, čehož by mělo být dosaženo na základě certifikátů původu. Tato strategie je založena na odhadu potřeby nízkouhlíkového vodíku (viz Scénář spotřeby). Prognóza spotřeby byla sestavena na základě různých odhadů vycházejících ze stávajících objemů využívaného vodíku a předpokládané náhrady fosilních paliv. V přechodovém období bude možné využít i jiný než nízkouhlíkový vodík, aby se podpořila alespoň strana spotřeby. Proto jsou zde vyhodnocovány prognóza spotřeby a výroby odděleně. Pokud se bude vodíková mobilita rozvíjet podle prognózy, ale výroba nízkouhlíkového vodíku nebude dostatečná, půjde o splnění cíle v oblasti spotřeby a nesplnění cíle v oblasti výroby.

### 3.2.2 Specifický cíl 2: Objem výroby nízkouhlíkového vodíku

V oblasti výroby je zapotřebí zachovat technologickou neutralitu při výrobě nízkouhlíkového vodíku, proto v prognóze tato strategie nepředepisuje cílové množství pro jednotlivé technologie výroby

nízkouhlíkového vodíku. Lze očekávat, že hlavní technologií, alespoň v počátku, bude výroba vodíku elektrolýzou pomocí elektrické energie z obnovitelných zdrojů. Tato technologie bude převládat, dokud nedojde k rozsáhlejšímu nasazení ostatních nízkoemisních technologií v závislosti na jejich technologické připravenosti, popřípadě nebude možné dovézt levný nízkouhlíkový vodík ze zahraničí.

Neplánuje se, že by ČR byla zemí vyvážející nízkouhlíkový vodík. Objem výroby je proto odvozen od zpracovávaného objemu nízkouhlíkového vodíku. Předpokládá se, že objem výroby nízkouhlíkového vodíku v ČR má svůj limit, který bude záviset na efektivnosti technologií výroby a dostupnosti obnovitelných zdrojů elektrické energie a bioplynu. Veškeré další požadavky budou muset být uspokojeny dovozem nízkouhlíkového vodíku ze zahraničí. Do roku 2035 nebude pravděpodobně možné, díky platným kontraktům, využít stávající potrubní infrastrukturu k dovozu vodíku. Ostatní způsoby dopravy vodíku na velké vzdálenosti nejsou zatím příliš efektivní, proto hlavním zdrojem nízkouhlíkového vodíku bude do roku 2035 lokální výroba a cílová čísla odpovídají prognóze spotřeby. Prognóza výroby pro další období bude aktualizována v závislosti na připravenosti přepravní infrastruktury a dostupnosti nízkouhlíkového vodíku v zahraničí.

| (tis t vodíku/rok) | 2021 | 2025 | 2030 | 2035 | 2040 | 2045 | 2050 |
|--------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| <b>Výroba ČR</b>   | 0    | 7    | 101  | 284  | tbd  | tbd  | tbd  |

### 3.2.3 Specifický cíl 3: Připravenost infrastruktury na dopravu a skladování vodíku

Hlavním zaměřením tohoto cíle je mít připravenou infrastrukturu na dopravu (v plynárenském sektoru přepravu/distribuci) a skladování vodíku ve formě čistého vodíku nebo směsí vodíku s metanem a to jak po stránce technické, tak i po stránce legislativně-regulatorní, tj. vytvoření stabilního a jasného legislativního a regulačního rámce (včetně institucionální podpory) pro tzv. repurposing (úpravu infrastruktury na čistý vodík) a retrofitting (úpravu infrastruktury na směs vodíku se zemním plynem).

Plynárenská soustava a dopravní infrastruktura bude hrát velmi důležitou roli při dopravě vodíku. V počátečních fázích půjde hlavně o transport vodíku různými způsoby silniční/železniční dopravy v rámci republiky, aby bylo možné vodík využívat i na jiných místech, než se vyrábí. Při této přepravě bude možné použít různých způsobů: stlačený vodík, kapalný vodík nebo vodík vázaný v chemických sloučeninách.

S rostoucím objemem transportovaného vodíku bude nutné využívat přepravu pomocí plynovodů, a to nejen v rámci republiky, ale i při tranzitní přepravě nízkouhlíkového vodíku přes naše území. Pro tranzitní přepravu bude nutné úzce koordinovat rozvojové plány se všemi sousedními zeměmi, se kterými má ČR přeshraniční plynovody. Plynárenská soustava se bude muset technicky připravit na efektivní přepravu nízkouhlíkového vodíku mezi místy spotřeby a výroby, zároveň i na částech mezi jednotlivými hraničními předávacími body pro účely importu vodíku do ČR. Dovoz nízkouhlíkového vodíku bude muset pokrýt rozdíl mezi výrobní kapacitou tuzemské výroby a požadavky na spotřebu nízkouhlíkového vodíku. Požadavky na dovoz vodíku budou záviset na ceně a dostupnosti nízkouhlíkového vodíku vyrobeného v zemích s dostatkem obnovitelných zdrojů elektrické energie (sluneční svit, vítr a voda) nebo zemí, kde může docházet k výrobě nízkouhlíkového vodíku ze zemního plynu. V současné době nejsme schopni přesně definovat přepravní cíle pro vodík v nejbližších letech v rámci ČR ani požadavky na tranzit vodíku, protože budoucí tranzitovaná množství se budou odvíjet



od rozvoje výroby vodíku v EU nebo třetích zemích (Ukrajina, severní Afrika a další). Konkrétní měřitelné cíle budou nastaveny, jakmile to bude možné.

Množství přepravovaného vodíku je možné rozdělit do tří samostatných kategorií: vnitrostátní přeprava, import nízkouhlíkového vodíku do ČR a tranzitní přeprava nízkouhlíkového vodíku přes ČR. Očekává se, že vzhledem k omezeným možnostem výroby nízkouhlíkového vodíku v ČR bude nutné jistou část spotřeby dovézt. Co se týká směsí vodíku se zemním plynem, bude množství importovaného vodíku záviset na rozvoji a množství vtláčeného vodíku v zemích, ze kterých je do ČR fyzický tok plynu, což je v současné době Německo, konkrétněji jeho severo-východní region.

Provozovatel přepravní soustavy NET4GAS má uzavřeno několik dlouhodobých smluv na přepravu plynu přes ČR. Dvě významné smlouvy na rezervaci kapacity budou ukončeny na začátku roku 2035 a v roce 2039. Přeprava čistého vodíku existující plynárenskou infrastrukturou NET4GAS mezi Slovenskem a Německem by tak po nutné technické úpravě jednotlivých částí sítě mohla být realizována již v roce 2035. Tato možnost by za určitých okolností, které je však ještě třeba analyzovat, umožnila dovoz vodíku například z Ukrajiny a severní Afriky, a to propojením očekávaným zdrojů vodíku z regionů mimo EU s regiony s očekávanou poptávkou po vodíku v EU. Kromě toho by plynovod Gazela mohl poskytnout významné tranzitní propojení pro přepravu vodíku mezi severní a jižní částí Německa.

Jednotlivé dopředu naplánované konkrétní cíle připravenosti přepravní infrastruktury jsou uvedeny v Kartách **úkolů**.

### **3.2.4 Specifický cíl 4: Rozvoj výzkumu, vývoje a výroby vodíkových technologií**

Výroba, využití, doprava a skladování vodíku vyžadují využití nových technologií. Ačkoliv základní technologie pro výrobu a využití vodíku jsou známé, jde o technologie, které jsou relativně drahé a teprve jejich masové nasazování přinese výrazné snížení jejich ceny. Očekává se také, že investice vložené do dalšího vývoje a výzkumu přinesou snížení ceny těchto technologií.

Pokud má být naplněn strategický cíl **podpora ekonomického růstu**, musíme zajistit, aby výroba těchto technologií probíhala i v ČR a aby nahradila výroby spojené s využitím fosilních paliv, jejichž přínos k ekonomice se bude postupně zmenšovat. Výroba pokročilých vodíkových technologií vyžaduje i rozsáhlý související výzkum a vývoj a zapojení českých firem a organizací do mezinárodní spolupráce.

U toho specifického cíle jde především o vytvoření vhodného prostředí, které bude podporovat vznik nových a transformaci stávajících firem, tak aby se z nich mohli stát význační hráči v oblasti vodíkových technologií. Jak již bylo řečeno, ČR se asi nestane zemí, která bude vyvážet nízkouhlíkový vodík, měla by se ale stát zemí, která bude vyvážet vodíkové technologie. To je také důvod, proč je v této strategii kladen takový důraz právě na oblast vodíkových technologií.

V rámci tohoto cíle nestanovujeme pro jednotlivé roky konkrétní cílové počty organizací v oblasti výzkumu, vývoje, výroby a podpory vodíkových technologií. Dílčí cíle jsou stanoveny v Kartách úkolů. Zde se předpokládá zapojení výzkumných týmů jednotlivých univerzit.

### **3.3. Průřezové oblasti**

Mimo čtyři hlavní pilíře, na kterých stojí vodíková strategie je nutné zdůraznit i další průřezové oblasti, které jsou důležité pro podporu strategie. Tyto průřezové oblasti zasahují do všech pilířů a vytvářejí

prostředí pro realizaci strategie. Úspěšnost naplňování strategie bude záviset na tom, zda budeme mít dostatek odborníků na vodíkovou problematiku, zda celkové regulační prostředí umožní rozvoj těchto nových technologií a zda vodíkové technologie budou vnímány širokou veřejností jako bezpečné.

Konkrétní úkoly pro průřezové oblasti jsou stanoveny v **Kartách úkolů**.



### 3.3.1. Vzdělávání a osvěta

Vodíkové technologie jsou moderní a rychle se vyvíjející oblastí, která bude vyžadovat mnoho odborníků a pracovníků na nejrůznějších úrovních se zcela novými dovednostmi. Je nutné zahájit přípravu těchto odborníků a specialistů. Nová vodíková zařízení je nutné nejen navrhnout a vyrobit, ale také zajistit jejich servis a údržbu. Je nezbytné mít odborníky pro každou etapu životního cyklu vodíkových technologií, jinak může dojít k situaci, že budeme mít vodíková vozidla, ale nebude zde nikdo, kdo by byl schopen je opravit. V tomto ohledu je třeba zajistit i odpovídající školení pro aktéry, kteří s vodíkovými technologiemi budou do styku přicházet zprostředkovaně (integrováný záchranný systém).

Je nutné zavést akreditované studijní obory na vodíkové technologie a certifikační zkoušky pro vodíkové techniky. Vodíkové technologie se musí dostat do výuky i v jiných oborech, které s vodíkem souvisí jen okrajově.

Současně je také nutné zajistit informovanost široké veřejnosti o vodíkových technologiích. Je nutné otevřeně informovat o všech aspektech nové technologie a vysvětlit proč je vodík vhodnou alternativou náhrady fosilních paliv a jaké výhody přináší.

### 3.3.2. Regulatorní rámec

Regulatorní rámec vytváří základní pravidla pro prostředí, ve kterém jednotlivé organizace vyrábějí, plánují, nebo vyvíjejí produkty či poskytují služby. Správné nastavení tohoto rámce může podpořit rozvoj efektivních technologií a fungování celého sektoru. Regulatorní rámec by měl být technologicky neutrální a měl by umožnit rozvoj technologií na základě jejich efektivity. Některá regulatorní pravidla musí vycházet z cílů, které jsou stanoveny na základě nařízení a rozhodnutí Evropské komise. Zvláště významné pro uplatnění nízkouhlíkového vodíku bude zavedení certifikace původu včetně funkčních nástrojů kontroly. Mezinárodní uznávání certifikátů původu je nezbytné pro dovoz i vývoz vodíku. Regulatorní rámec musí vytvářet stabilní předvídatelné prostředí.

Podstatná část regulatorního rámce je nastavena legislativními opatřeními, která budou připravována a přijímána na základě **Karet úkolů** definovaných v této strategii.

### 3.3.3. Bezpečnost při nakládání s vodíkem

Výroba a využití vodíku nepředstavuje oproti jiným chemickým výrobám a používání fosilních paliv významné zvýšení nebezpečí pro uživatele. Jeho použití přináší i značné výhody, neboť zplodiny spalování i samotné palivo je v případě čistého vodíku zcela netoxické. Ačkoliv jsou zkušenosti s využitím vodíku ve směsích plynů (syntézní plyn a svítiplyn), při využití čistého vodíku jde o novou a v některých ohledech odlišnou technologii, která je vždy populací velmi citlivě posuzována z hlediska možného nebezpečí. Proto je nutné od samého začátku velmi přísně dbát na dodržování všech bezpečnostních pravidel, případně vytvářet nová a pravidelně vyhodnocovat, zda v souvislosti s používáním vodíkových technologií nedochází k nějakým problémům nebo nehodám. Je také nutné veřejnost otevřeně informovat o všech aspektech rozvoje vodíkových technologií.

Je nutné preventivně vyškolen zaměstnance, policii, hasiče a zdravotní personál, jak postupovat v případě nehod spojených s vodíkovými technologiemi. Tyto technologie se musí stát integrální součástí školení o bezpečnosti práce.

Uvedení bezpečnosti jako samostatné průřezové oblasti vodíkové strategie je indikátorem toho, jak velká důležitost je bezpečnosti a prevenci nehod přikládána. Tato část ale bude podrobněji rozpracována až v budoucnu a bude se věnovat statistice případných nehod, požárů a zranění v přímé souvislosti s provozem vodíkových zařízení. Součástí bude také indikace růstu preventivní připravenosti bezpečnostních a zdravotních složek úspěšně zasahovat při vzniku takovýchto nehod nebo nebezpečných situací.

## 3.4. Jak zajistit dosažení cílů vodíkové strategie

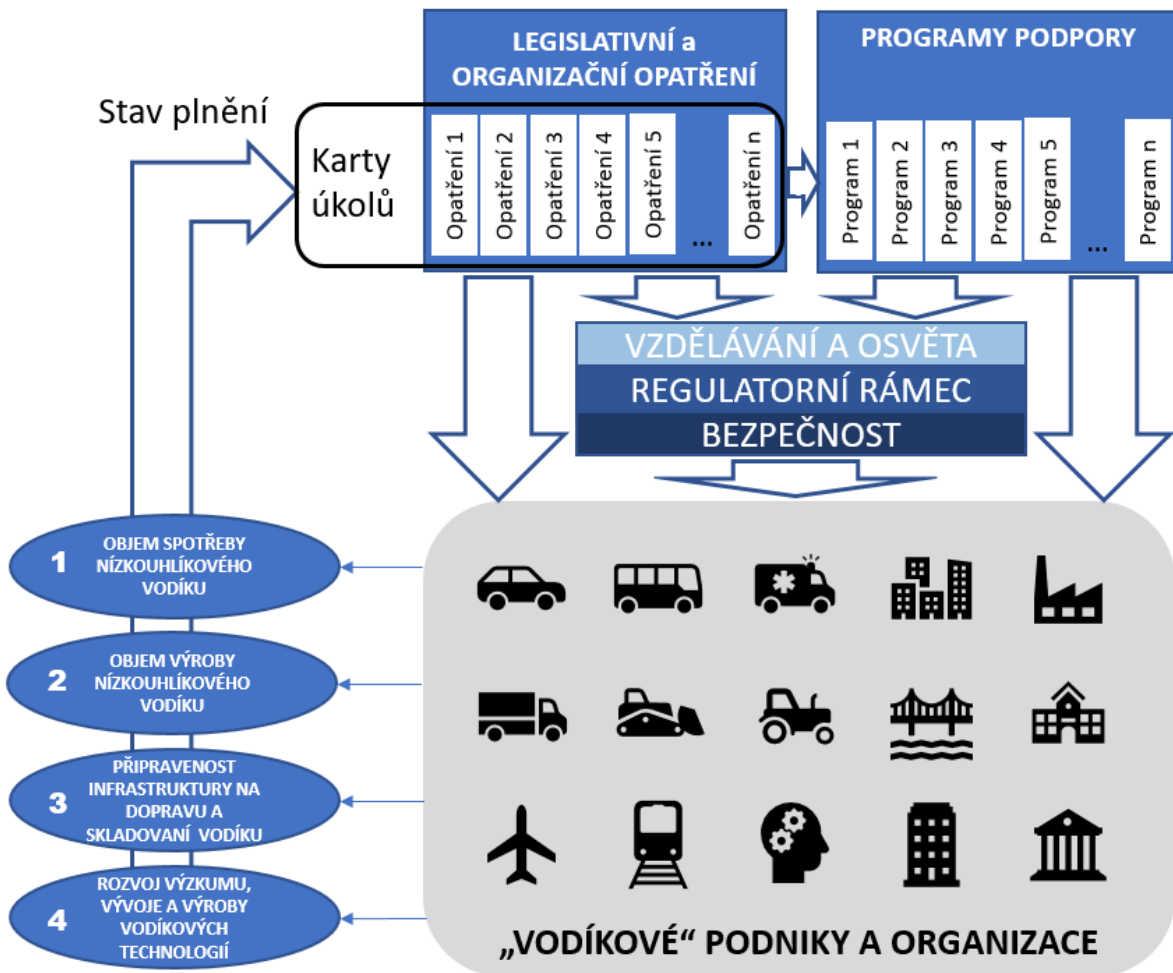
Pro prosazování cílů vodíkové strategie máme v podstatě pouze dva druhy nástrojů, kterými můžeme působit na podniky, organizace a domácnosti:

- **Legislativní a organizační opatření**, která definují rámec, ve kterém se jednotlivé podniky a organizace budou pohybovat. Takto nastavené prostředí musí podniky a organizace stimulovat k tomu, aby samy přispívaly k naplňování definovaných cílů. Pro podporu cílů vodíkové strategie budeme využívat koordinaci mezi touto strategií a souvisejícími strategiemi (viz příloha 6), přípravu vyhlášek a zákonů, které odstraňují bloky při naplňování strategie (viz

kapitola 2.3). Na úrovni EU je cílem ČR prosazovat, aby co nejdříve došlo k potřebným legislativním úpravám v unijní legislativě přispívajícím k rozvoji všech vodíkových technologií v souladu s touto strategií a vytvoření jednotného vodíkového trhu. Konkrétní úkoly k zajištění legislativních a organizačních opatření budou průběžně formulovány v Kartách úkolů. Karty úkolů budou po schválení Vodíkové strategie ČR vládou dále zpřesněny a budou pro ně definovány specifické úkoly, včetně časového harmonogramu. Práce na jejich naplňování budou zahájeny co nejdříve. O postupu plnění těchto úkolů bude minimálně jednou ročně vypracována zpráva, která bude předložena ministrovi průmyslu a obchodu.

- **Programy podpory**, jsou definované programy, které zajišťují nasměrování peněz ze státního a unijního rozpočtu do prioritních oblastí rozvoje. Programy podpory jsou a nadále musí být nediskriminační a umožnit otevřený a rovný přístup podnikům a organizacím podle jasných pravidel tak, aby byla zajištěna soutěž mezi jednotlivými účastníky a aby určené finanční prostředky byly použity s maximální efektivitou. Přehled jednotlivých programů podpory vhodných pro vodíkové technologie je uveden v příloze 5. V součinnosti se správci jednotlivých národních programů budou pro tyto programy v případě potřeby navrženy úpravy, aby v rámci pravidel daného programu, mohly být efektivně využity pro podporu vodíkových technologií.

Podniky a organizace jsou samostatnými subjekty, které se rozhodují na základě svých vlastních obchodních strategií. Pomocí legislativních a organizačních opatření a programů podpory jim musíme vytvořit takové prostředí, aby pro ně z hlediska jejich obchodních cílů bylo výhodné naplňovat cíle vodíkové strategie.



Jednotlivá opatření navržená k dosahování cílů definovaných ve vodíkové strategii jsou popsána v Kartách úkolů, které jsou přílohou 8.



Hydrogen

1

H<sub>2</sub>

Hydrogen

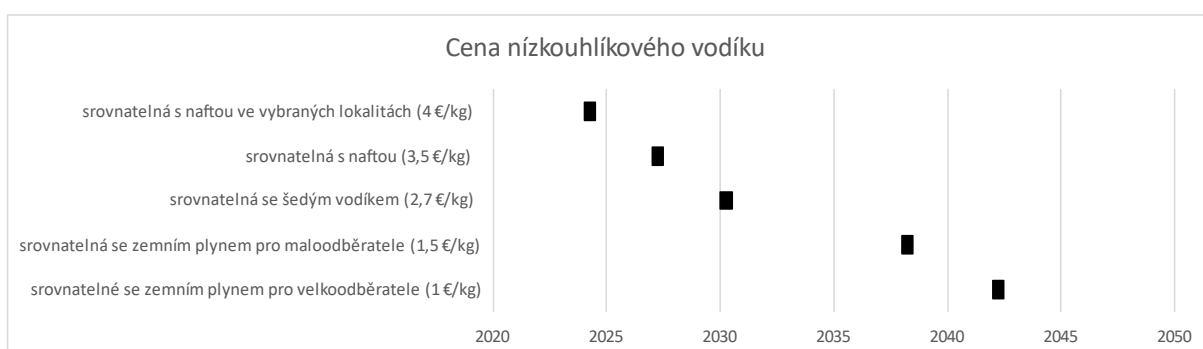
## 4 IMPLEMENTAČNÍ ČÁST

### 4.1 Postupné kroky podle oblastí využití vodíku

Postupné kroky jsou definovány podle oblastí, které jsou důležité z pohledu emisí skleníkových plynů a ve kterých se očekává, že využití vodíku může úspěšně přispět ke snížení těchto emisí. Pro každou oblast jsou stanoveny milníky (v popisu grafů označeny „<>“), které od sebe oddělují jednotlivé etapy. Milníky jsou závislé na ceně a dostupnosti nízkouhlíkového vodíku, proto je jejich umístění na časovou osu jen odhadem a bude se při aktualizacích vodíkové strategie upravovat a zpřesňovat v závislosti na skutečném cenovém vývoji.

K efektivnímu nasazení vodíku je vždy nutné dosáhnout milníku, kdy dochází k cenové paritě s nahrazovaným fosilním palivem. Milníky vycházejí ze současných cen, které se do roku 2050 mohou změnit. Může dojít jak ke snižování ceny fosilních paliv, díky snížení poptávky a jejich přebytku na trhu, tak ke zvýšení jejich ceny, vlivem započítávání uhlíkové daně nebo obdoby emisních povolenek. Dřívějšího dosažení cenového milníku, které urychlí nasazování vodíku v daném sektoru, může nastat buď zvýšením ceny fosilního paliva (zvýšení daní a poplatků) nebo snížením výrobní ceny nízkouhlíkového vodíku (podpora výzkumu, vývoje a inovací, investiční dotace).

V této kapitole se počítá s milníky vycházejícími ze současných cen nahrazovaných paliv. Ve skutečnosti je důležitý rozdíl mezi cenou nízkouhlíkového vodíku a nahrazovaného paliva, který se musí blížit nule při výpočtu provozních nákladů. Při určování milníků není možné určovat vývoj ceny nafty a zemního plynu a tato vodíková strategie jej také není schopna ovlivnit, ačkoliv je pravděpodobné očekávat, že tyto ceny se budou postupně zvyšovat. K dosažení milníku tak může dojít dříve. Cílem vodíkové strategie je nalézt a podpořit takové technologie, které sníží cenu nízkouhlíkového vodíku a tím posunou níže uvedené milníky více doleva. Naopak v případě, že by cena vodíku dlouhodobě stagnovala, nebo dokonce rostla, bude nutné tyto harmonogramy přehodnotit a hledat alternativní řešení pro dosažení definovaných emisních cílů.



Poznámka: „Srovnatelná cena vodíku s naftou ve vybraných lokalitách“ znamená, že vodík se bude využívat pouze v místech, kde se vyrábí, takže se sníží náklady na jeho dopravu a tím je možné dosáhnout cenové parity dříve.

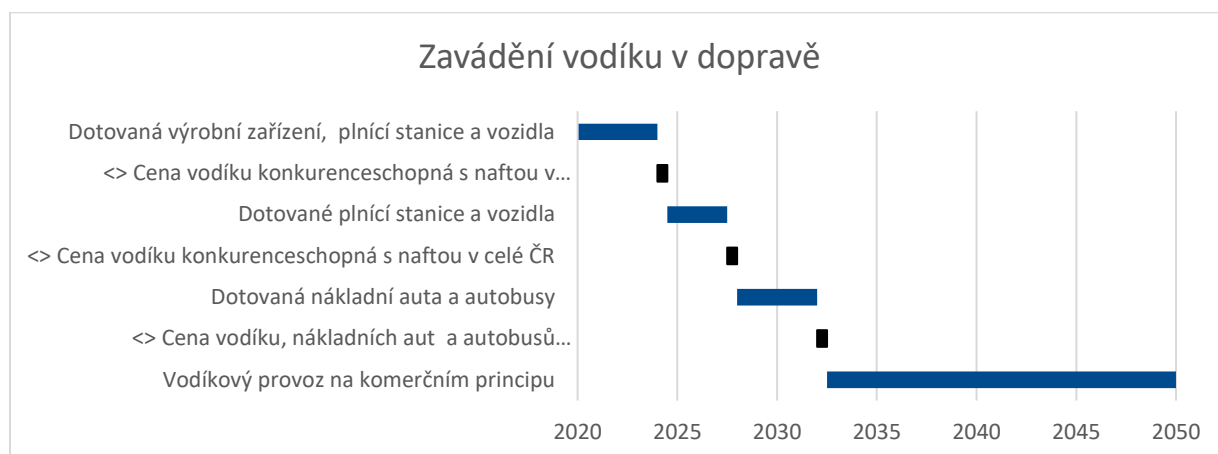
#### 4.1.1 Sektor dopravy (mobility)

Sektor dopravy má zásadní podíl na tvorbě skleníkových plynů a je jedním z velmi mála sektorů, ve kterých dochází k nárůstu těchto emisí. Vodíkové technologie umožňují nahradit naftu a benzín i tam,

kde je použití elektromobility velmi obtížné, jako je dálková kamionová doprava. Díky různým daním a poplatkům, kterými jsou v tuto chvíli zatížena fosilní paliva v dopravě, je možné dosáhnout cenové parity mezi nízkouhlíkovým vodíkem a naftou při vyšší ceně vodíku, než je tomu u zemního plynu. Největšími omezení rychlého nasazování vodíku v dopravě jsou vysoké náklady na vozidla, která používají palivové články, a chybějící infrastruktura, kterou bude nutno nově budovat.

Z hlediska efektivity je vhodné využívat vodíkové technologie v městské autobusové a nákladní dopravě, případně železniční dopravě, kde je možné poměrně přesně plánovat spotřebu a sladit ji tak s výrobou vodíku. Je vhodné, aby se vodíková doprava začínala rozvíjet poblíž míst výroby vodíku, což sníží náklady na jeho přepravu. S rostoucím počtem vozidel bude klesat i jejich cena. Doprava má ze všech oblastí užití vodíku šanci se nejdříve dostat do stavu ekonomické udržitelnosti, kdy ji nebude nutné podporovat dotačními programy. Současně vodíková doprava může pomoci eliminovat významnou část emisí skleníkových plynů.

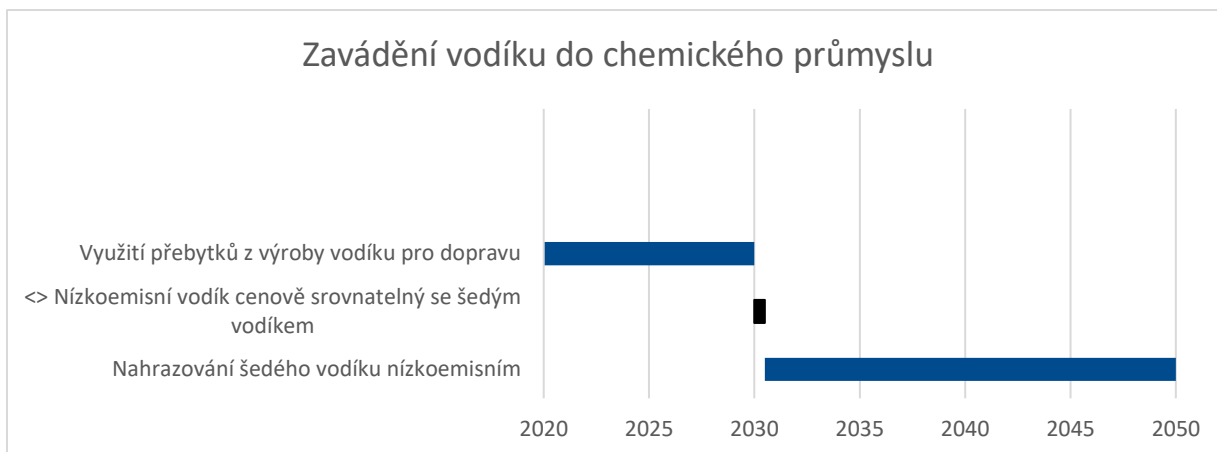
Je nutné co nejrychleji zahájit výstavbu infrastruktury plnicích stanic, aby bylo možné splnit ambiciózní cíle v počtu vodíkových vozidel tak, jak jsou nastaveny v Národním akčním plánu čisté mobility.



#### 4.1.2 Sektor chemického průmyslu

Chemický průmysl je v současnosti největším producentem a spotřebitelem vodíku. Z technologického hlediska je náhrada šedého vodíku, vyrobeného ze zemního plynu, ropy nebo uhlí, vodíkem nízkouhlíkovým snadná, protože jde o náhradu jednoho vodíku druhým. Jde tedy jen o otázku poměru ceny mezi nízkouhlíkovým a šedým vodíkem. Tento rozdíl je menší než cenový rozdíl mezi nízkouhlíkovým vodíkem a zemním plynem. To znamená, že šedý vodík by mohl být v aplikacích nahrazen nízkouhlíkovým vodíkem dříve.





### 4.1.3 Sektor hutnictví železa

Vodík může být v hutnictví železa použit nejen jako palivo, ale i jako redukční činidlo pro výrobu surového železa, a nahradit tak v současnosti používaný koks, který je hlavním původcem emisí CO<sub>2</sub>. Pro plnou náhradu koksu však budou třeba zcela nové výrobní technologie (jsou teprve vyvíjeny a testovány), které nahradí v současnosti používané vysoké pece, v nichž je použití koksu nezbytné. V současnosti se uvažují dva hlavní scénáře dekarbonizace výroby železa a oceli. V prvním bude kladen důraz na zvýšení podílu tavení železného šrotu zejména v elektrických obloukových pecích, zatímco ve druhém půjde především o využití vodíkových technologií. Lze předpokládat paralelní využití obou technologií, přičemž procentuální podíl na výrobě bude záviset na mnoha faktorech, včetně fyzické a cenové dostupnosti šrotu, bezemisní elektřiny a zeleného vodíku. V každém případě hutnictví bude vyžadovat svůj vlastní nízkouhlíkový zdroj, který bude použit k výrobě elektrické energie nebo vodíku. Další možností je konverze některých existujících plynovodů a import vodíku ze zahraničí, čímž by bylo teoreticky možné zajistit dostatek vodíku nutného pro tavbu železa. V případě, že dojde k rozhodnutí o vybudování výkonných elektrolyzérů nebo plynovodu na vodík, mohly by i ostatní sektory těžit z tohoto zdroje vodíku.

### 4.1.4 Výroba elektřiny a tepla

Na základě provedených analýz se ukazuje, že výroba elektřiny a tepla pomocí kogeneračních jednotek na vodík není kvůli nízké ekonomické efektivitě otázkou blízké budoucnosti. Po technické stránce je tento proces dobře zvládnutý a může být relativně snadno masově nasazen. Tento blok je zařazen do přehledové tabulky, kdyby se v budoucnu ekonomické parametry změnila a tato technologie spotřeby vodíku se stala více využívanou.

### 4.1.5 Sektor průmyslu (bez chemického průmyslu a hutnictví železa)

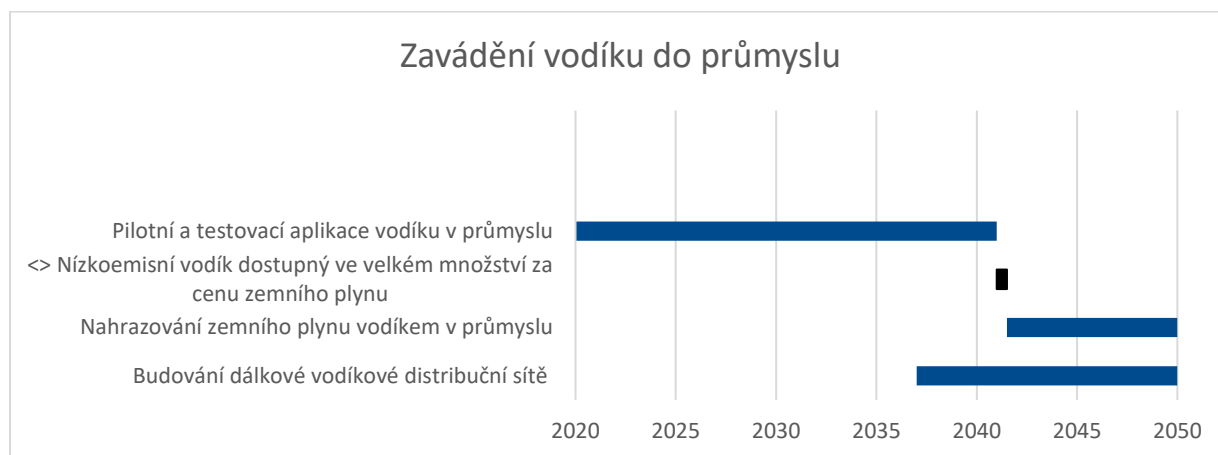
Situace v průmyslu je pravděpodobně nejsložitější, protože pro efektivní nahrazení zemního plynu vodíkem je nutné, aby se cena vodíku přiblížila k ceně zemního plynu, přičemž cena zemního plynu pro velkoobchodatele je nižší než jeho cena pro domácnosti. Jde tedy o nejnižší cenu, na kterou je nutno se s vodíkem dostat. Dosáhnout této parity není v blízké době reálné. Průmysl také vyžaduje v mnoha lokalitách velké množství energie, které bez ohledu na cenu, bude obtížné zajistit v krátkém časovém horizontu. Velká množství nízkouhlíkového vodíku budeme schopni efektivně vyrábět nebo nakupovat a dovést na místo spotřeby až po roce 2040.

V oblasti průmyslu by bylo vhodné nejprve zahájit pilotní projekty s cílem zjistit, jaké může mít použití vodíku dopady na konkrétní technologické procesy (výroba cihel, keramiky, skla, vápna, cementu, ...), a testovat, kde by bylo možné využívat lokálně vyrobeného vodíku (solární elektrárny a pyrolýza odpadu) k částečnému snižování emisní stopy při zachování celkové efektivity výroby.

Pro masivní využití vodíku v průmyslu bude nutné upravit již existující a případně vybudovat plynovodní přepravní/distribuční systém, který umožní nákladově optimální dopravu velkého množství vodíku do míst spotřeby pomocí plynovodů.

Energeticky náročný průmysl bude extrémně citlivý na vývoj cen nízkouhlíkového vodíku, zemního plynu a emisních povolenek. Poměr mezi těmito cenami může milník pro přechod od zemního plynu k vodíku výrazně posunout, a to jak k současnosti, tak dále do budoucnosti. Dramatický nárůst ceny emisních povolenek může energeticky náročný průmysl učinit zcela nekonkurenceschopným, což by vedlo k jeho zániku a přestěhování mimo EU.

Využití vodíku v průmyslu je podmíněno včasným zprovozněním, tedy úpravou existující plynárenské infrastruktury a částečným vybudováním nové vodíkové distribuční sítě a jejím napojením na zahraniční vodíkové plynovody. Pokud tyto plynovody nebudou včas konvertovány, aby byly kompatibilní s vodíkem, nebo postaveny, nebude možné přechod provést ani v případě, že nízkouhlíkový vodík bude cenově dostupný. Na druhou stranu konverzi a výstavbu vodíkových distribučních sítí není možné zahájit dříve, než budou odsouhlaseny dlouhodobé závazky na spotřebu vodíku, jeho výroby a cenu přepravy.



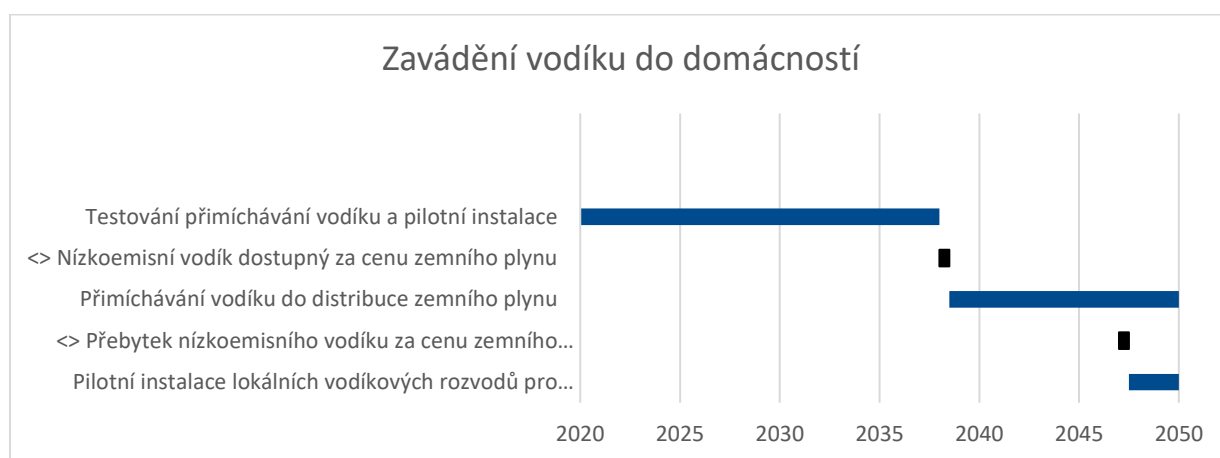
#### 4.1.6 Domácnosti a ostatní odběratelé

Domácnosti jsou velkými spotřebiteli energie a vytvářejí významnou emisní stopu, přesto nemáme jednoduchý způsob, jak k nim vodík dopravit, protože jediné využitelné přírodní potrubí do domácností je rozvod zemního plynu. Snižování emisní stopy zemního plynu se dá realizovat přimícháváním biometanu a nízkouhlíkového vodíku. Na základě dosavadních testů je možné přimíchávat maximálně 2 % vodíku bez nutnosti provádět jakékoliv změny na koncových zařízeních. V přesně definovaných podmínkách může současně probíhat testování i vyšších podílů. Pokud by se tento poměr zvýšil, bylo by nutné provádět další testování a ověřit, že veškerá koncová zařízení jsou schopna bezpečně pracovat s vyšším množstvím vodíku.

Ke vstřikováním vodíku do přepravní/distribuční sítě zemního plynu pravděpodobně dojde, až se objeví přebytky ve výrobě vodíku, pro které by nebylo žádné jiné vhodnější použití. Určité množství vodíku by

k nám mohlo přicházet v dodávkách plynu ze zahraničí, pokud to bude technicky možné a umožní to normy a regulační opatření. Intenzivní přimíchávání vodíku do zemního plynu kvůli snížení jeho emisní stopy pak pravděpodobně nastane až tehdy kdy se cena nízkouhlíkového vodíku začne významněji snižovat oproti současným nákladům na jeho výrobu a bude se přibližovat součtu ceny zemního plynu a případné uhlíkové/ekologické dani.

V okamžiku, kdy alespoň v určitých lokalitách bude vodík dostupný ve velkém množství za cenu srovnatelnou se zemním plynem, bude možné provést úplný převod rozvodu zemního plynu pro domácnosti na vodík. Tomu musí předcházet výměna koncových zařízení. Pokud by vodík byl do domácností zaveden potrubní přípojkou, mohly by si domácnosti z něj v palivových člancích vyrábět teplo a elektřinu, pokud by to bylo ekonomicky výhodné, a tento vodík by se nemusel jen spalovat na výrobu tepla. V období transformace soustavy bude bezpodmínečně nutné dbát všech bezpečnostních hledisek.



## 4.2 Postupné kroky podle časových etap

V souladu s [Evropskou vodíkovou strategií](#) dělíme jednotlivé kroky do tří etap:

- Etapa 1: 2021–2025
- Etapa 2: 2026–2030
- Etapa 3: 2031–2050

### 4.2.1 Etapa 1: 2021–2025

V této etapě bude kladen jednoznačný důraz na využití vodíku v dopravě. To je dáno tím, že zde můžeme nejdříve dosáhnout ekonomické udržitelnosti. Hlavními omezeními je stále ještě vysoká cena nízkouhlíkového vodíku a vysoká cena vodíkových vozidel. V počátečních fázích je proto vhodné vytvářet „ostrovky“ vodíkové mobility poblíž vodíkových produkčních míst, abychom snížili náklady na jeho přepravu. Z důvodu predikce a rychlého nárůstu spotřeby vodíku je vhodné začít s využíváním vodíku v místní autobusové a nákladní dopravě. Pro dosažení maximální efektivity výroby vodíku je nutné budovat velké výrobní kapacity. Jejich plnou produkci nebude pravděpodobně možné, pro nízký počet vodíkových vozidel, hned plně využít. Tyto produkční kapacity by měly být uváděny do provozu tak, aby případný přebytek vodíku mohl být použit v chemické výrobě, která má velkou absorpční kapacitu a nevyžaduje velké investice do změny technologie. Při optimalizaci velikosti zdrojů je nutné

brát ohled na přepravu vodíku z místa výroby do místa spotřeby. Pro tuto etapu budou nejuvhodnější integrované projekty, kdy se výroba a spotřeba vodíku budou řešit společně, aby byly vzájemně provázané.

Cena vodíkových vozidel je limitujícím faktorem pro využití vodíku v dopravě, proto bychom měli v této a další etapě (min. do roku 2030) podporovat vývoj a výrobu technologií pro vodíkovou mobilitu, pořizování a provozování vozidel ze strany provozovatelů služeb přepravy osob (veřejná doprava), státní správy a samospráv či podnikatelských subjektů a budování související plnicí infrastruktury.

V etapě 1 nebudou ještě pravděpodobně existovat žádné čistě vodíkové plynovody. Je proto zapotřebí testovat jiné způsoby přepravy vodíku, jako je doprava v tlakových lahvích, doprava vodíku v kapalném stavu nebo vázaného v organických sloučeninách (LOHC = Liquid Organic Hydrogen Carriers) nebo hydridech. Každá z těchto technologií si pravděpodobně najde oblast, ve které bude dominantní.

Kvůli nákladům na dopravu, které dále zvyšují cenu vodíku, musíme hledat způsoby, jak vodík vyrábět poblíž míst spotřeby. Využití obnovitelných zdrojů elektrické energie bude hrát v této etapě významnou roli. Pyrolýzní rozklad organického odpadu nebo zemního plynu by mohl být lokálním zdrojem nízkouhlíkového vodíku, pokud se podaří překonat technologické překážky a vyřeší se otázka započítávání emisí spojených s tímto způsobem výroby.

V této etapě také proběhne testování přimíchávání vodíku do plynárenské soustavy zemního plynu, a to jak koncových zařízení, tak měřidel a dalších součástí soustavy. Přestože z cenových důvodů nelze předpokládat masové provádění tohoto vstřikování, je nutné mít s ním praktické zkušenosti, protože zemní plyn s přídatkem vodíku by do ČR mohl přicházet ze zahraničí.

Další technologie, které bychom měli věnovat pozornost v oblasti výzkumu a vývoje, je zachytávání a zpracování CO<sub>2</sub>. V případě, že by tato technologie byla cenově efektivní, mohla by ze zemního plynu vytvořit levný, dostupný a vysoce škálovatelný zdroj nízkouhlíkového vodíku do doby, kdy bude široce dostupný vodík z obnovitelných zdrojů dovezený plynovody ze zahraničí. I v případě, že se vyřeší záchyt CO<sub>2</sub>, je nezbytné nalézt pro něj vhodné využití, protože naše geologické podmínky umožňují ukládání jen omezeného množství CO<sub>2</sub>. I v případě, že by byl zachycený uhlík v podobě tuhých sazí, není pro něj zatím vhodné využití v takovém množství, v jakém je produkován při spalování fosilních paliv.

#### **4.2.2 Etapa 2: 2026–2030**

V této etapě by mohlo začít provozní ověřování využití vodíku v průmyslu. Rozsah závisí hlavně na úspěšnosti vývoje systémů pro pyrolýzní rozklad organického odpadu a zemního plynu a na vybudování velkých lokálních solárních nebo větrných elektráren připojených k elektrolyzérům a zařízením na stlačování nebo zkapalňování vyrobeného vodíku.

Na základě odhadu budoucích spotřeb a možných zdrojů nízkouhlíkového vodíku bude také zahájeno plánování způsobu přepravy a distribuce vodíku. Lze předpokládat, že k přepravě a distribuci vodíku ve směsi se zemním plynem bude možné do značné míry využít existující plynárenské sítě. V tomto období očekáváme možné zahájení kontrahování výstavby případných nových vodíkových plynovodů, respektive úpravu stávajících plynovodů (tzv. repurposing nebo retrofitting) na vodíkové plynovody jak pro domácí přepravu, tak pro tranzit přes ČR. V návaznosti na technologický vývoj bude také možné

pokračovat v diskusi o výstavbě nových jaderných zdrojů, potenciálně i včetně malých modulárních reaktorů, které by větší část své produkce využily pro výrobu nízkouhlíkového vodíku.

Nejpozději v této fázi bude potřeba začít testovat vodíkové zásobování domácností.

Kvůli energetickým požadavkům průmyslu a nedostatku nízkouhlíkových zdrojů elektrické energie, bude ČR čistým dovozcem vodíku, stejně jako je dnes dovozcem zemního plynu a ropy. K posílení své pozice by se ČR měla podílet na mezinárodních projektech výstavby elektrolyzérů a vodíkových přepravních cest. Ke snížení emisní stopy domácností a průmyslu se postupně začne v plynárenské soustavě vtláčet vodík do zemního plynu.

Je možné, že v delším období se ČR bude potýkat s nedostatkem elektrické energie. V takovém případě nebude prakticky možné vyrábět vodík z OZE, protože energie z těchto zdrojů bude primárně směřována k zajištění elektrické energie. Také požadavky na elektrickou energii ze sítě se mohou zvýšit ze strany průmyslových podniků, které budou dekarbonizovat svoje výroby. V takovém případě bude obtížné vyrábět vodík elektrolýzou vody. Vodík pak bude vyráběn z jiných zdrojů – proto strategie zvažuje i další způsoby jeho výroby. Další alternativou je dovoz vodíku ze zahraničí. Pokud by ani dovoz nebyl schopen pokrýt domácí poptávku, došlo by ke zpomalení nasazení vodíku v jednotlivých odvětvích.

V této etapě by také již mohla začít sériová domácí výroba dopravních prostředků využívající rostoucí poptávku v ČR.

#### **4.2.3 Etapa 3: 2031–2050**

V tomto období by vodíková doprava (mobilita) měla být schopna fungovat bez dotační podpory a na základě ekonomických pravidel nahrazovat postupně dopravu založenou na fosilních palivech. Očekává se, že dojde k relativně jasnému stanovení hranice mezi oblastmi dominantně obsazenými vodíkovými a bateriovými vozidly.

Začne výstavba a repurposing vodíkových plynovodů, protože již budou spolehlivě etablováni velcí výrobci a spotřebitelé vodíku. Repurposing existující infrastruktury umožní přepravu a distribuci vodíku v praxi relativně v kratším časovém období oproti možné, výstavbě nových plynovodů na čistý vodík.

Po pilotních dotovaných instalacích v etapě 2 bude možné zahájit přechod na komerční využití vodíku v průmyslu, a to především tam, kde bude možné lokálně získat dostatečné množství cenově dostupného nízkouhlíkového vodíku. Skutečně masové nasazení vodíkových technologií v průmyslu bude možné až po vybudování sítě vodíkových plynovodů, které k nám přivedou levný nízkouhlíkový vodík ze zahraničí a umožní jeho rozvod do potřebných lokalit.

V místech s výkonným a levným zdrojem nízkouhlíkového vodíku bude možné začít budovat pilotní projekty na převod domácností ze zemního plynu na vodík. Současně budou vznikat lokální vodíkové distribuční sítě.

### **4.3 Řídící struktury**

Rozvoj vodíkových technologií a jejich uvádění do praxe je v gesci Ministerstva průmyslu a obchodu, za které odpovídá **ministr průmyslu a obchodu**. Ten ustanovil **zmocněnce ministra průmyslu a obchodu pro vodíkové technologie**, aby koordinoval příslušné aktivity, připravil a průběžně aktualizoval

**Vodíkovou strategii ČR**, vytvořil potřebné řídicí struktury, spolupracoval s ostatními organizacemi, orgány státní správy a samosprávy, Evropskou komisí a monitoroval vývoj projektů v oblasti vodíkových technologií.

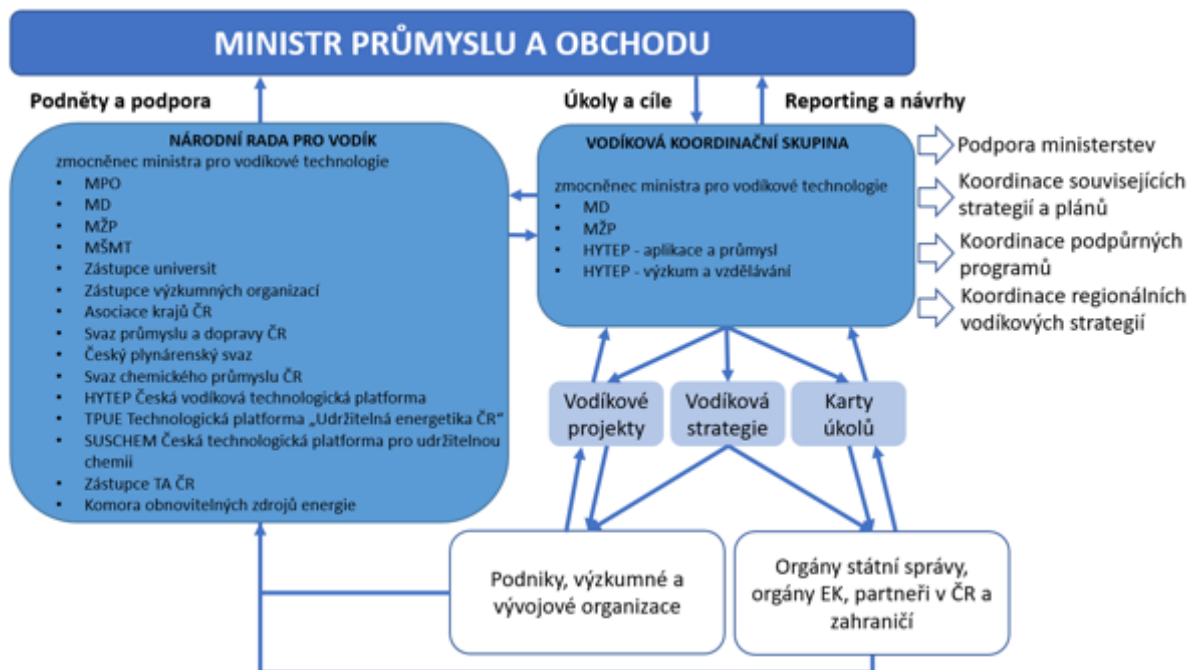
Zmocněnec ministra průmyslu a obchodu pro vodíkové technologie přijímá od ministra průmyslu a obchodu úkoly a hlavní cíle pro oblast vodíkových technologií a poskytuje mu pravidelné zprávy o naplňování určených úkolů a cílů, naplňování vodíkové strategie a předkládá mu návrhy a podněty v oblasti vodíkových technologií.

Zmocněnec ministra průmyslu a obchodu pro vodíkové technologie řídí **Vodíkovou koordinační skupinu**, tvořenou ze zástupců Ministerstva dopravy, Ministerstva životního prostředí, HYTEP (České vodíkové technologické platformy) pro aplikace a průmysl a zástupce HYTEP pro výzkum a vzdělávání. Pracuje v úzké koordinaci s dalšími útvary MPO.

Hlavní úkoly Vodíkové koordinační skupiny jsou:

- Návrhy aktualizace **Vodíkové strategie ČR**
- Aktualizace a sledování plnění **Karet úkolů** vyplývajících z Vodíkové strategie ČR
- Sledování portfolia **Vodíkových projektů**
- **Monitorování plnění cílů** Vodíkové strategie ČR

Vodíková koordinační skupina dále poskytuje podporu v oblasti vodíkových technologií pro ostatní ministerstva, orgány státní správy a samosprávy. Koordinuje jiné strategie a plány, které souvisí s vodíkovými technologiemi a jsou popsány ve Vodíkové strategii ČR. S příslušnými správci dotačních programů koordinuje zaměření těchto programů tak, aby byly v příslušné oblasti v souladu s cíli uvedenými ve Vodíkové strategii ČR. Spolu s jednotlivými regiony, které vytvářejí vlastní vodíkové strategie zajišťuje, aby Vodíková strategie ČR a regionální vodíkové strategie byly v souladu. Podává pravidelné zprávy o plnění cílů Vodíkové strategie ČR, zprávu o sladování strategických dokumentů a zprávu o stavu plnění karet úkolů ministru průmyslu a obchodu a Národní radě pro vodík.



**Národní rada pro vodík** funguje jako poradní orgán ministra průmyslu a obchodu pro vodíkové technologie a schází se zpravidla jedenkrát ročně. Navrhuje a schvaluje změny ve Vodíkové strategii ČR a Kartách úkolů. Je informována o vývoji v oblasti vodíkových projektů, připravuje podněty a návrhy pro ministra průmyslu a obchodu. Národní rada pro vodík je složena z nominovaných zástupců:

- Ministerstva průmyslu a obchodu
- Ministerstva dopravy
- Ministerstva životního prostředí
- Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy
- univerzit působících v oblasti vodíkových technologií
- výzkumných organizací působících v oblasti vodíkových technologií
- Asociace krajů ČR
- Svazu průmyslu a dopravy ČR
- Českého plynárenského svazu
- Svazu chemického průmyslu ČR
- České vodíkové technologické platformy HYTEP
- TPUE Technologické platformy „Udržitelná energetika ČR“
- SUSCHEM Česká technologická platforma pro udržitelnou chemii
- Technologické agentury ČR
- Komory obnovitelných zdrojů energie

Národní radě pro vodík předsedá zmocněnec ministra průmyslu a obchodu pro vodíkové technologie.





## 5 POSTUP TVORBY STRATEGIE

Tato vodíková strategie byla připravena Ministerstvem průmyslu a obchodu v úzké spolupráci a za využití dříve připravených materiálů a studií z:

- HYTEP – Česká vodíková technologická platforma
- Ministerstvo dopravy

**Strategie byla konzultována s:**

- Ministerstvo životního prostředí
- Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy
- Ministerstvo pro místní rozvoj
- Úřad vlády České republiky
- Stálé zastoupení České republiky při Evropské unii
- Státní fond životního prostředí
- Technologická agentura ČR
- Energetický regulační úřad
- Úřad pro ochranu hospodářské soutěže
- Hospodářská komora ČR
- Svaz průmyslu a dopravy ČR
- Svaz chemického průmyslu ČR
- Český plynárenský svaz
- Ocelářská unie a. s.
- TPUE Technologická platforma „Udržitelná energetika ČR“
- SUSCHEM Česká technologická platforma pro udržitelnou chemii
- Sdružení automobilového průmyslu (AutoSAP)
- ČESMAD BOHEMIA
- ČAPPO
- VŠCHT Praha
- ČVUT Praha
- VŠB Ostrava
- UJEP Ústí nad Labem
- Asociace krajů ČR
- Ústecký kraj
- Moravskoslezský kraj
- Hlavní město Praha
- Českomoravská konfederace odborových svazů
- Asociace samostatných odborů
- Odborový svaz ECHO
- Konfederace zaměstnavatelských a podnikatelských svazů České republiky
- Hospodářská a sociální rada Ústeckého kraje



## PŘÍLOHY:

1. Výroba vodíku
2. Doprava a skladování vodíku
3. Využití vodíku
4. Vodíkové technologie
5. Možnosti podpory
6. Související strategie a plány
7. Konstanty a vzorce použité ve výpočtech
8. Karty úkolů



# 1 VÝROBA VODÍKU

V této příloze jsou ukázány jednotlivé možnosti výroby vodíku. Vzájemně je zde porovnán jejich potenciál z hlediska možných výrobních kapacit v ČR, ceny produkovaného vodíku, technologických omezení a připravenosti dané technologie.

Cílem je určit oblasti, které v daném okamžiku představují nákladově efektivní způsob snižování emisí skleníkových plynů, a vytvořit systém, který umožní pravidelně tento výběr aktualizovat na základě nejnovějšího technologického rozvoje a vývoje ekonomických parametrů. Pro každou technologii je připravena jednoduchá SWOT analýza. Na základě SWOT analýzy jsou vytvořeny bublinové grafy. Ty vzájemně srovnávají vybrané technologie z hlediska:

- **technologické připravenosti (osa x)**, jak je daná technologie již zavedená na trhu a jak široce je využívána (0 - nejnižší připravenost, 11 – nejvyšší připravenost), technologická připravenost se vztahuje k současné situaci a pozici dané technologie ve světě (úroveň technologické připravenosti v ČR může být menší);
- **ekonomické životaschopnosti (osa y)**, což je posouzení současné nákladové efektivnosti společně s odhadovanou budoucí ekonomickou perspektivností dané technologie (0 – nejnižší životaschopnost, 10 – nejvyšší životaschopnost);
- **potenciálu technologie** (velikost bubliny), jak velkého množství vodíku nebo jak velkého trhu se technologie může týkat. Velikost bubliny zachycuje maximální potenciál od nynějška až do roku 2050. To znamená, že technologie s růstovým potenciálem budou mít v grafu bublinu podle maximální velikosti, které mohou dosáhnout v roce 2050. Naopak technologie, u kterých se očekává útlum, mají v grafu velikost bubliny odpovídající dnešnímu stavu.

K ohodnocení technologické připravenosti používáme škálu Technology Readiness Level (TRL), jak ji definovala International Energy Agency (iea). Ta využívá následující úrovně:

- 1 **Počáteční idea** – byly definovány základní principy
- 2 **Definovány aplikace** – koncept a aplikace řešení byly formulovány
- 3 **Koncept vyžaduje validaci** – řešení potřebuje prototyp a aplikaci v praxi
- 4 **Počáteční prototyp** – prototyp funguje v testovacích podmínkách
- 5 **Rozsáhlý prototyp** – komponenty prověřeny v podmínkách, kde budou nasazeny
- 6 **Prototyp v provozním měřítku** – prototyp ověřen v měřítku a podmínkách, ve kterých bude nasazen
- 7 **Předkomerční nasazení** – řešení funguje v předpokládaných podmínkách
- 8 **První komerční nasazení** – komerční nasazení, nasazení v plném rozsahu ve finální podobě
- 9 **Komerční provoz v cílovém prostředí** – řešení je komerčně dostupné, potřebuje evoluční vývoj, aby zůstalo konkurenceschopné
- 10 **Opakovaná integrace řešení** – řešení je komerčně dostupné, vyžaduje další úsilí při integraci
- 11 **Stabilní řešení** – řešení má predikovatelný růst

Nejperspektivnější technologie jsou proto v pravém horním rohu grafu.

Bublinové grafy nejsou postaveny na absolutních číslech, vzájemně porovnávají jednotlivé zobrazené technologie mezi sebou.

Stejným způsobem jsou strukturovány i přílohy věnované využití vodíku, dopravě a skladování a vodíkovým technologiím.

Zdaleka největší objem výroby vodíku v ČR v současnosti připadá na získávání z ropných frakcí, tedy způsobem, který vytváří velkou uhlíkovou stopu. Prozatím má tato metoda i určitou ekonomickou životaschopnost. Ta je však limitována postupně se zvyšující cenou emisních povolenek a administrativními opatřeními v neprospěch spalování sloučenin uhlíku. Je tedy zřejmé, že pokud by tato technologie měla mít budoucnost, bude nutné ji spojit s jedním ze zmírňujících procesů – zachycováním a ukládáním CO<sub>2</sub> (CCS) nebo jeho využitím (CCU). Pro CCS nejsou dosud k dispozici účinné a levné technologie a ČR ani nedisponuje připravenými vhodnými geologickými podmínkami pro masivní ukládání CO<sub>2</sub>. CCU je ještě méně technologicky zralé.

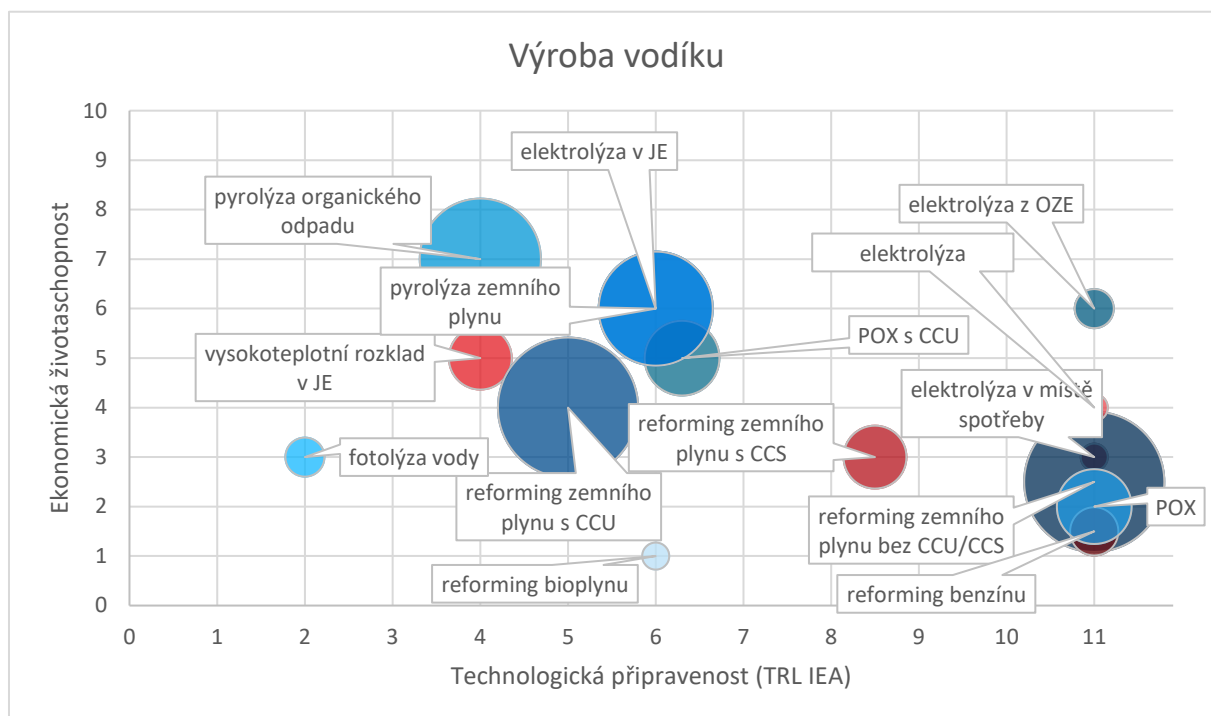
V podmínkách ČR, kde je doposud malý podíl spaloven odpadu a velmi nízká míra jeho energetického využití, může sehrát svou roli také vodík jako jeden z produktů pyrolýzního rozkladu odpadu s obsahem uhlovodíků. Zde však zatím technologie naráží jednak na čistotu koncového produktu a jednak na množství dalších odpadních látek, které tato výroba generuje.

Díky svému energetickému mixu může ČR zvažovat výrobu vodíku v blízkosti jaderných elektráren a do budoucna potenciálně i malých modulárních reaktorů, což by přinášelo výhodu v podobě výroby vodíku elektrolýzou poblíž zdroje a do vodíku by se tak ukládaly přebytky energie v době nadměrné produkce z OZE. Jako perspektivní se jeví vysokoteplotní rozklad vody na bázi vysokoteplotních reaktorů, který však zatím funguje jen ve fázi výzkumu a vývoje.

Do budoucna lze zřejmě počítat také s dalším způsobem výroby nízkouhlíkového vodíku, kterým je pyrolýzní výroba ze zemního plynu. Při ní je zemní plyn přímo dekarbonizován. Vodík je tak možno vyrábět přímo v místě spotřeby, pokud je zde dostupný zemním plyn. Vznikající uhlík v pevné fázi by bylo možné dále zpracovávat nebo ukládat.

Výroba vodíku pomocí elektrolyzérů je pravděpodobně cestou, kterou se většina producentů postupně vydá. Je ovšem otázkou, zda vysoké investiční náklady budou pro určitá odvětví akceptovatelná. Nabízí se v principu dvojitá cesta – výroba poblíž zdrojů (OZE, jaderná energie a další), nebo výroba z elektrické energie v místě spotřeby. Zde bude záležet na ekonomice transportu vodíku v porovnání s nákladem na „dopravu“ elektrické energie (distribuční poplatky).

Dalším potenciálně perspektivním způsobem je výroba vodíku z bioplynu.



### 1.1. Výroba elektrolýzou

Výroba elektrolýzou patří mezi způsoby, které jsou doposud v ČR realizovány spíše ojediněle, a to jako vedlejší produkt chlor-alkalické výroby v chemickém průmyslu. Vzhledem k energetickému mixu v ČR je takto vyrobený vodík zatížen vysokou uhlíkovou stopou. Řada evropských zemí nicméně plánuje rozvoj výroby vodíku pomocí elektrolýzy. Ta začne získávat významný smysl tehdy, až se výrazně zvýší podíl nízkouhlíkových zdrojů.

V takovém případě je třeba zvážit výrobu v místě produkce elektřiny z nízkouhlíkových zdrojů, nebo výrobu v místě spotřeby.

Kromě energetických nároků (55 kWh/kg) je k výrobě potřeba vysoce čistá voda o objemu 9 litrů/kg H<sub>2</sub>. Přítomnost vodního zdroje může být z lokálního hlediska limitující, avšak celková spotřeba vody pro výrobu vodíku ovlivní bilanci vody v ČR zanedbatelně.

Alkalická elektrolýza je průmyslově zvládnutá, levná a poměrně snadná, probíhá za nízkých teplot, ale zároveň s nižší účinností a malou flexibilitou.

Elektrolýza využívající polymerní membránu (PEM) je naopak účinnější, ale elektrolýzery pro tento účel obsahují vzácné kovy a je tedy drahá.

Pro vysokoteplotní elektrolýzu vody, nazývanou též někdy parní elektrolýza, je charakteristické, že část dodávané energie tvoří elektrická energie a část je přivedena ve formě tepla. Reakce probíhající ve vysokoteplotním elektrolýzě je reverzní k reakci probíhající v palivových článcích s pevnými oxidy. Do elektrolýzéry vstupuje pára a voda. Vystupuje z něho obohacená směs obsahující 75 % hmotnostních vodíku a 25 % hmotnostních páry. Z ní je oddělen iont kyslíku, který prochází skrze membránu. Vodík je

pak z páry oddělen v kondenzační jednotce. Zatímco při teplotě 100 °C je pro elektrolýzu třeba 207 MJ na získání 1 kg vodíku, při teplotě 850 °C stačí pro výrobu stejného množství vodíku pouze 133 MJ.

### 1.1.1 Elektřina z obnovitelných zdrojů

Možnosti výroby vodíku z obnovitelných zdrojů a ekonomičnost takovéto výroby závisí na celé řadě faktorů, které jsou dnes stále otevřené.

Bez technických a legislativních omezení je ostrovní výroba, kdy elektrolyzéry jsou přímo napojeny na solární nebo větrné elektrárny. V tomto případě musíme řešit jen ekonomiku provozu, kdy proti sobě stojí požadavek na vysokou utilizaci elektrolyzérů a disponibilní čas dodávky elektrické energie z obnovitelných zdrojů. Za elektrolyzéry musí být umístěno zařízení na kompresi a skladování vodíku, které dále zvyšuje cenu produkovaného vodíku.

Je však třeba vždy vnímat fyzikální realitu, tedy že účinnost řetězce elektřina – vodík – elektřina je poměrně nízká.

Je možné vybudovat i solární parky, které budou současně připojeny jak síti rozvodu elektrické energie, tak k elektrolyzérům. Na výrobu vodíku se využijí přebytky elektrické energie, které není možné uplatnit v síti. Toto řešení je použito například u pilotního projektu E. ON, Salzgitter AG a Linde.

Další variantou je postavit elektrolyzéry v místě spotřeby. Ty budou vyrábět vodík podle potřeby z obnovitelné elektrické energie přivedené rozvodnou sítí. V tomto případě narážíme na legislativní a ekonomická omezení. Regulované ceny a poplatky z použití elektrizační soustavy podstatným způsobem navyšují cenu elektrické energie. V současnosti ještě není funkční trh s certifikáty původu elektrické energie. Vzhledem k jednáním na úrovni EK není také jasné, zda bude možné obnovitelnou elektrickou energii přenášenou elektrickou sítí použít k výrobě vodíku. Jedná se o tzv. principu aditivnosti, kdy pro výrobu vodíku je možné používat jen nové dedikované zdroje obnovitelné energie. Tato případná budoucí legislativní omezení je nutné vzít do úvahy při posuzování obnovitelných zdrojů pro výrobu vodíku.

Výroba zeleného vodíku z přebytků výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie a jeho užití bude klíčovým elementem dekarbonizace výroby a spotřeby elektřiny, průmyslu i dopravy.

| SILNÉ STRÁNKY   | SLABÉ STRÁNKY   |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"><li>• Nevyhnutelný rozvoj OZE, plnění emisních cílů 2030 a 2050</li><li>• Příprava infrastruktury pro období, kdy poptávka po zeleném vodíku poroste a cena bude klesat</li><li>• Jedná se o oblast masivně podporovanou ze zdrojů EU</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>• Nižší potenciál OZE v ČR ve srovnání se zeměmi s výrazně vyšším počtem hodin slunečního svitu a /nebo zeměmi s vyšší intenzitou větru</li><li>• Náklady na řešení nestability a sezónnosti výroby</li><li>• Drahé elektrolyzéry – vysoké fixní náklady – zpočátku realizovatelné spíše pro větší celky</li><li>• Nízká utilizace elektrolyzérů v závislosti na omezené době slunečního svitu</li><li>• Náklady na transport</li></ul> |



|  |  |
|--|--|
|  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vzdálenost zdrojů od spotřeby – nutnost transportu vodíku. Také ECHA doporučuje instalaci elektrolyzérů v blízkosti větrných parků apod.</li> <li>• Chybějící certifikační mechanismus pro zelený vodík</li> <li>• Potřeba vody v místě výroby</li> </ul> |
| <p><b>PŘÍLEŽITOSTI</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Předpokládá se další nárůst účinnosti elektrolýzy.</li> <li>• Využití kyslíku vysoké čistoty jako vedlejšího produktu</li> <li>• Zvyšování účinnosti fotovoltaických panelů k hranici fyzikálních limitů.</li> <li>• V dlouhodobém horizontu očekávaný pokles výrobních nákladů u elektřiny z OZE, zejména fotovoltaických a větrných elektráren.</li> </ul> | <p><b>HROZBY</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Případná stagnace cen OZE, nedostatek ploch pro jejich instalace, specificky v podmínkách ČR</li> </ul>  |

### 1.1.2. Výroba v místě spotřeby elektrickou energií

Při započtení nákladů na transport a problémů s ním spojených se jeví jako výhodné vyrábět vodík co nejbližší místě spotřeby. Z dalších podkapitol vyplývá, kde je takové řešení z principu možné a kde ne. Alternativní řešení by znamenalo instalaci zdrojů OZE v bezprostřední blízkosti plnicí stanice nebo příslušného provozu, což by v praxi v podmínkách ČR nebylo proveditelné.

K výrobě nízkouhlíkového vodíku z OZE je nutné mít certifikovanou obnovitelnou energii. Vodík vyrobený elektrolýzou pomocí elektřiny ze sítě má uhlíkovou stopu danou národním energetickým mixem. V současné době se takto vyrobený vodík v ČR nedá považovat za nízkouhlíkový.

|  |   |
|--|---|
| <p><b>SILNÉ STRÁNKY</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Při výrobě přímo v místě spotřeby odpadají náklady na výstavbu distribučních cest</li> <li>• Minimalizace úniků vodíku a z toho vyplývající vyšší bezpečnost</li> </ul> | <p><b>SLABÉ STRÁNKY</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vysoká uhlíková stopa odpovídá energetickému mixu v ČR</li> <li>• Náklady spjaté s posílením přenosové soustavy nebo nutnost budování zdrojů OZE v těsné blízkosti elektrolyzérů</li> <li>•</li> </ul> |
| <p><b>PŘÍLEŽITOSTI</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Decentralizace a lokální nezávislost</li> </ul>  | <p><b>HROZBY</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Výrazný úbytek ploch pro OZE v okolí míst spotřeby</li> </ul>   |

## 1.2. Výroba za využití jaderných zdrojů

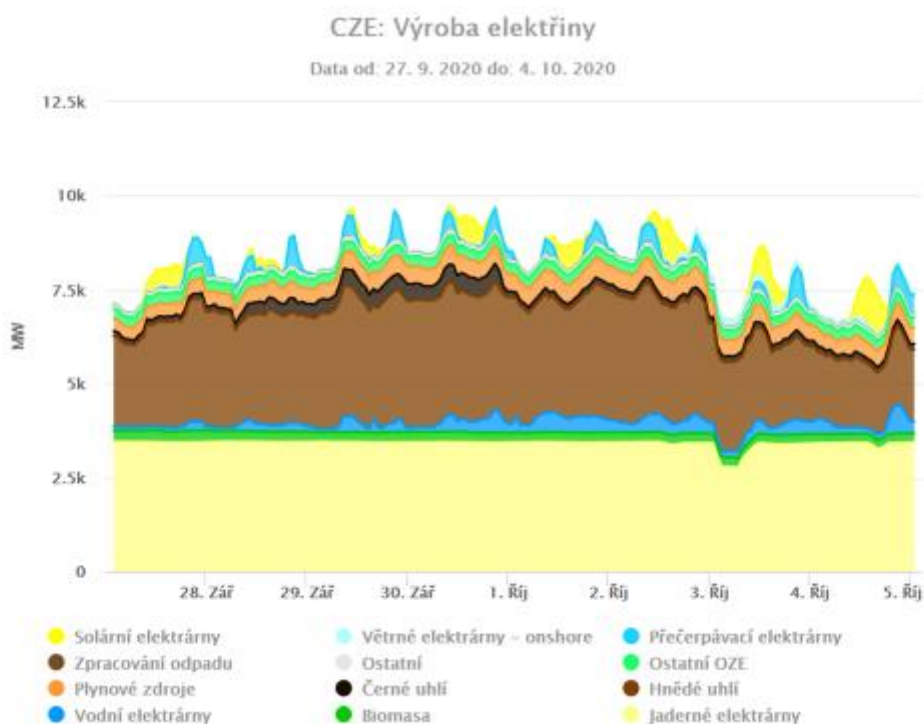
### 1.2.1. Elektrolýza

Vodíkové technologie jsou vyvíjeny jako jeden z nástrojů pro ukládání přebytků energie z obnovitelných zdrojů, kterou není možné v daném okamžiku uplatnit v síti. V ČR zatím tento problém nemáme, protože podíl intermitentních OZE v soustavě zatím není vysoký. S rostoucím instalovaným výkonem obnovitelných zdrojů může být také problematické veškerou energii z obnovitelných zdrojů využít.

K zajištění bezpečné dodávky energie je nezbytné mít dostupný významný instalovaný výkon i u zdrojů, které velmi rychle zvýší svůj výkon v čase, kdy nesvítí slunce nebo nefouká vítr. To se dá zajistit buď pomocí plynových elektráren, které dokážou velmi rychle zvýšit svůj výkon, nebo jadernými zdroji, které pracují v režimu stabilního výkonu a přebytky energie využívají k výrobě vodíku. Je mnohem efektivnější postavit velké elektrolyzéry a úložiště vodíku na jednom místě poblíž jaderné elektrárny, než je mít distribuované u několika malých zdrojů obnovitelné energie. Při posuzování je ale také nutné vzít do úvahy nutnost dopravy vodíku do místa spotřeby. S odstavením tepelných elektráren a zvyšováním výkonu intermitentních zdrojů bude docházet stále více k tomu, že bude nutné buď nevyužít obnovitelnou energii nebo regulovat výkon jaderných elektráren, viz obrázek níže. Výroba vodíku z přebytku energie může být vhodnou alternativou. Elektrolyzéry jsou schopny měnit velmi dynamicky svůj výkon.

Elektrolýza může být nízkoteplotní či vysokoteplotní, zdrojem energie může být jak standardní reaktor, tak malý modulární reaktor (SMR). Např. v projektu SMR firmy NuScale se zvažuje vysokoteplotní elektrolýza vody, přičemž se předpokládá teplota procesní páry ve vysokoteplotním elektrolyzéru 850 °C a produkce páry pro jeden modul 250 MWt cca 50 t /den.

V přechodném období, kdy nebude ještě dostatečné množství elektřiny z OZE, mohou elektrolyzéry napomoci provozu elektrizační soustavy poskytováním podpůrných služeb a pomoci optimalizovat provozní režim fosilních zdrojů a vyhlazovat výkyvy ve spotřebě. Současně tím dojde i ke zlepšení provozních parametrů elektrolyzérů z hlediska doby využití.



#### SILNÉ STRÁNKY

- Takto vyrobený vodík má velmi nízkou uhlíkovou stopu srovnatelnou s OZE
- Výrobu a skladování vodíku je možné dobře centralizovat

#### SLABÉ STRÁNKY

- Možné problémy s certifikací vodíku z jaderných elektráren jako „čistého“ vodíku

|   |  |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Do budoucna je potenciálně možné i využití menších modulárních reaktorů s optimálním výkonem</li> <li>• Je možné využívat velké elektrolyzéry dobře je škálovat podle přebytků energie v elektrárně</li> <li>• Výroba vodíku může dobře pokrýt přebytky výroby elektrické energie vzniklé z obnovitelných zdrojů</li> <li>• Přes vysoce kapacitní vedení k jaderné elektrárně je možné elektrolyzér virtuálně připojit k jakémukoliv zdroji</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Otázka předpisů při umístování jiných zařízení poblíž jaderné elektrárny z hlediska bezpečnosti</li> <li>• Plánované kapacity výstavby nových jaderných zdrojů v dnešní době slouží jen k náhradě odstavených bloků.</li> <li>• Ekonomika výroby, s ohledem na garantované ceny elektřiny</li> <li>• Přeprava vyrobeného vodíku k místům spotřeby, tedy zvýšení nákladů a nutnost mít dostupnou infrastrukturu</li> </ul> |
| <p><b>PŘÍLEŽITOSTI</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ČR chce i v budoucnu využívat jadernou energetiku a tím si v této oblasti vytváří konkurenční výhodu oproti zemím bez jaderné energie</li> <li>• Spojení intermitentních zdrojů obnovitelné energie s jadernými elektrárnami se stálým výkonem a výrobou vodíku může vytvořit velmi efektivní a stabilní systém</li> </ul>  | <p><b>HROZBY</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Politická a regulační rizika na úrovni ČR a EU</li> </ul>  |

### 1.2.2. Vysokoteplotní rozklad vody – High Temperature Splitting

Při velmi vysokých teplotách přes 2000 °C, kterých lze docílit v jaderné elektrárně, přichází v úvahu termický rozklad vody. Při těchto teplotách je malá část (kolem 3 %) disociována a vznikají mimo jiné molekuly vodíku. Při teplotách kolem 3000 °C se může jednat až o polovinu hmotnosti. Těchto teplot lze docílit např. právě v jaderné elektrárně, ale také koncentrací slunečních paprsků pomocí kulovitých zrcadel.

|  |   |
|--|---|
| <p><b>SILNÉ STRÁNKY</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• V případě jaderné elektrárny velmi účinné řešení</li> <li>• Využití přebytečného tepla</li> <li>•</li> </ul>  | <p><b>SLABÉ STRÁNKY</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nutný zdroj velmi vysokých teplot a sním související materiálová a konstrukční náročnost</li> <li>• Nízký poměr vodíku k použité vodě</li> </ul> |
| <p><b>PŘÍLEŽITOSTI</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•</li> <li>• ČR chce i v budoucnu využívat jadernou energetiku a tím si v této oblasti vytváří konkurenční výhodu oproti zemím bez jaderné energie</li> <li>•</li> </ul> | <p><b>HROZBY</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vývoj jiných řešení</li> </ul>  |

### 1.3. Výroba ze zemního plynu

#### 1.3.1. Termální gasifikace – využití bioplynu/biometanu

Biomasa je přeměnitelná na další produkty včetně vodíku za využití termochemických reakcí odehrávajících se při teplotách 200–3000 °C. Jedná se především o pyrolýzu biomasy, při níž jsou získávány plynné produkty, jako je metan, vodík a oxid uhelnatý. Je ale možné reformovat již existující bioplyn vzniklý anaerobní digestací nebo také biometan vzniklý upgradingem bioplynu. V praxi se k dosažení požadovaného stupně konverze využívá přidání velkého množství vodní páry, což umožňuje pracovat za tlaku až 4 MPa. Odpadními látkami procesu jsou oxid uhličitý a oxid uhelnatý. Jedná se o v praxi velmi málo využívanou metodu, jejíž potenciál zřejmě bude omezený

|   |  |
|---|--|
| <b>SILNÉ STRÁNKY</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Výroba bioplynu/biometanu spolu s dalšími využitelnými plyny je efektivní cestou využití biomasy, která má povahu odpadu</li><li>• Přeprava bioplynu/biometanu je snadnější než přeprava vodíku</li><li>• Možnost vyrábět vodík v místě spotřeby</li></ul> | <b>SLABÉ STRÁNKY</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Bioplynové stanice nejsou obvykle v místě spotřeby.</li><li>• Náklady na další zpracování syntézního plynu jsou a zřejmě zůstanou vysoké.</li></ul>                         |
| <b>PŘÍLEŽITOSTI</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Ekonomicky přijatelný zdroj vodíku, který je možno vyrábět decentralizovaně</li></ul>   | <b>HROZBY</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Obvykle nutnost přepravy se všemi cenami a riziky.</li><li>• Je nutné srovnávat, kdy je vhodné využívat přímo bioplyn/biometan a kdy vodík vyrobený z bioplynu/biometanu</li></ul> |

#### 1.3.2. Využití zemního plynu bez CCS/CCU

Výroba vodíku parním reformingem zemního plynu je v současnosti nejlevnějším a světově nejrozšířenějším způsobem výroby vodíku. Teplo pro reformní reakci i následnou konverzi oxidu uhelnatého je dodáváno z přímého spalování části zemního plynu.

Ačkoliv tento způsob výroby vodíku je zatížen uhlíkovou stopou ze zemního plynu, je kvůli energetickému mixu ČR tato uhlíková stopa nižší než uhlíková stopa vodíku vyrobeného elektrolýzou z elektrické energie ze sítě.

Tímto způsobem je možné vyrábět vodík přímo v místě spotřeby, pokud je tam zaveden zemní plyn a voda. Existují malé reformingové jednotky, které se dají připojit k přívodu zemního plynu na vstupu a na výstupu vyrábějí vodík.

Pokud je biometan přidáván do plynárenské sítě a je přepraven na místo spotřeby, kde je pomocí parního reformingu zpracován na vodík, je tento vodík považován za obnovitelný, za předpokladu, že k biometanu existují certifikáty původu. Pokud je tento biometan přeměněn na vodík s CCS/CCU, je možné započít i negativní emise CO<sub>2</sub>.

|   |   |
|---|---|
| <b>SILNÉ STRÁNKY</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Využití existující infrastruktury</li> <li>• Jednoduché řešení pro přechodné období</li> <li>• Je možné vyrábět vodík přímo v místě spotřeby, pokud je tam přiveden zemní plyn</li> </ul> | <b>SLABÉ STRÁNKY</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vysoká uhlíková stopa</li> </ul>                      |
| <b>PŘÍLEŽITOSTI</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nejlevnější výroba vodíku</li> </ul>   | <b>HROZBY</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vyrobený vodík se nedá označit jako nízkouhlíkový</li> </ul> |

### 1.3.3. Využití zemního plynu s CCS

V současnosti se pro uskladnění využívají vytěžená ložiska zemního plynu ev. ropy, solné kaverny a další geologicky vhodná prostředí. Samotná technologie SMR + CCS založená na separačních procesech dle Mezinárodní energetické agentury IEA zvyšuje spotřebu zemního plynu o 10 % a ekonomické náklady o 50 %. Jedním z hlavních faktorů je dostupnost lokalit pro uskladnění CO<sub>2</sub>. Bohužel v ČR jsou vhodné lokality již využity ke skladování zásob zemního plynu a jejich konverze na skladování CO<sub>2</sub> nepředstavuje reálnou variantu. Celkový potenciál podzemních úložišť s vhodnými parametry lze odhadnout pouze na 850 milionů tun CO<sub>2</sub>. Budování plynovodů pro CO<sub>2</sub> na velké vzdálenosti je z ekonomických důvodů zcela nereálné. Metody CCS se dají s výhodou využít poblíž ložisek ropy, kdy je nutné pod zem vtlačet inertní plyn ke zvýšení výtěžnosti daného naleziště.

|  |   |
|--|---|
| <b>SILNÉ STRÁNKY</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nízká bilance CO<sub>2</sub></li> </ul>  | <b>SLABÉ STRÁNKY</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nedostatečná zkušenost v regionu střední Evropy a zejména v ČR</li> <li>• Vysoké náklady na uložení CO<sub>2</sub></li> <li>• Přeprava zachyceného CO<sub>2</sub> ve větším měřítku v ČR není reálná, současně zřejmě neexistuje dostatek vhodných lokalit uložení CO<sub>2</sub> v blízkosti míst výroby vodíku</li> <li>• Nízká efektivita zachytu</li> </ul> |
| <b>PŘÍLEŽITOSTI</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pro překlenovací období může poskytnout jednodušší variantu s přijatelnou uhlíkovou stopou</li> </ul> | <b>HROZBY</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bezpečnostní aspekty technologie</li> </ul>  |

### 1.3.4. Využití zemního plynu s CCU

Oproti předchozí technologii navíc uvažuje využití získaného CO<sub>2</sub> v dalších procesech. Pro ČR relevantní technologií může být produkce močoviny, využití v zemědělství a případně při výrobě metanolu. Ani tato varianta však zřejmě nepředstavuje dostatečné využití velikostí odbytu pro dekarbonizaci současných výrob.

|   |  |
|---|--|
| <b>SILNÉ STRÁNKY</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nízká bilance CO<sub>2</sub></li> <li>• Navíc využití získaného CO<sub>2</sub></li> </ul>   | <b>SLABÉ STRÁNKY</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Velmi vysoké náklady (zejména pořizovací investice)</li> <li>• Nízká efektivita zachytu</li> </ul>                     |
| <b>PŘÍLEŽITOSTI</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pro přechodné období tuto možnost zvažují některé další země při cestě za splněním klimatických cílů. Existovala by možnost spolupráce.</li> </ul> | <b>HROZBY</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bezpečnostní aspekty technologie</li> <li>• Poptávka po nevyužitém CO<sub>2</sub> zřejmě ve středním období klesne</li> </ul> |

#### 1.4. Výroba vodíku pomocí pyrolýzy nebo plazmového zplyňování odpadů

ČR je zemí s vysokou mírou skládkování a nízkou mírou energetického využití odpadu. Z tohoto pohledu je smysluplnou alternativou výroba vodíku z některých odpadů. Zatím existují minimální zkušenosti a je teoreticky možné uplatnění několika odlišných technologií, přičemž rozhodující bude ekonomická výhodnost každé z nich. Zkušeností však přibývá a podle odhadů Hydrogen Europe bude technologie zralá v horizontu pěti let.

V rámci projektů v menším měřítku je uplatňována technologie pyrolýzy za teploty do 1000 °C či technologie plazmového zplyňování za teploty až 3500 °C. Na výstupu je získáváno více plynů (vodík, dusík, oxid uhličitý, oxid uhelnatý, metan, případně kyslík). Vodík je v další fázi separován.

|   |   |
|---|---|
| <b>SILNÉ STRÁNKY</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nulová, resp. záporná cena odpadu jako suroviny</li> <li>• V ČR vysoký přebytek odpadu</li> </ul>   | <b>SLABÉ STRÁNKY</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Malé zkušenosti</li> <li>• Další odpadní látky, které je nutné využít (pevné, plynné i kapalně)</li> <li>• Uhlík v řadě odpadních produktů zbývá</li> </ul> |
| <b>PŘÍLEŽITOSTI</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• S výhodou spojit problematiku oběhového hospodářství a OZE</li> <li>• Velmi komplexní přístup může nakonec vyřešit problém skládkování, potřeby pevných produktů atd.</li> </ul> | <b>HROZBY</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rychlejší vývoj jiných technologií termického zpracování odpadu</li> <li>• Ztráta odbytišť pro vedlejší produkty</li> </ul>  |

#### 1.5. Využití fotochemické nebo foto-elektrochemické technologie (aktivace slunečním světlem)

Jedná se o výrobu vodíku přímou fotolýzou vody při využití vysoce účinných a sluneční světlo absorbujících podložek s celkovým výtěžkem konverze sluneční energií vyšší než 14 %. Tato hodnota odpovídá komerčně a technické přijatelné míře zavedení tohoto postupu do masové produkce. Výhodou je zavedení foto-elektrochemických postupů a vývoj materiálů, které by neobsahovaly vzácné kovy a zároveň byly schopné dosáhnout aspoň 90 % účinnosti ve štěpení vody při současné aplikaci elektro a fotoaktive.

|   |  |
|---|--|
| <b>SILNÉ STRÁNKY</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Žádný další zdroj energie kromě slunečního svitu</li> <li>• Nízká teplota fotolýzy</li> </ul> | <b>SLABÉ STRÁNKY</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Velmi malá zkušenost – jen experimentální užití</li> <li>• Omezeno slunečním svitem</li> </ul> |
|---|--|

|   |  |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Náhrada drahých kovů za levnější. Pro přípravu substrátů na štěpení vody nejsou potřeba tak vysoká množství drahých kovů (Pt, Pd ...). Tyto kovy mohou být nahrazeny levnějším, dostupnějšími, např. Al, Zn</li> <li>Nízké požadavky na čistotu vody, narozdíl od elektrolýzy</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Poměrně nízká intenzita výroby</li> </ul>                   |
| <b>PŘÍLEŽITOSTI</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>kombinace foto – a elektrolýzy</li> </ul>  | <b>HROZBY</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Rychlejší vývoj jiných technologií</li> </ul> |

## 1.6. Pyrolýzní výroba vodíku ze zemního plynu

Dalším způsobem výroby nízkouhlíkového vodíku je pyrolýzní výroba ze zemního plynu. Jedná se o přímou dekarbonizaci zemního plynu, kdy pyrolýzou vzniká vodík a pevný uhlík ( $\text{CH}_4 \rightarrow \text{C} + 2\text{H}_2$ ). K efektivní konverzi metanu jsou dle typu pyrolýzy nutné teploty od zhruba 800 až více než 1000 °C. Oddělený pevný uhlík pak může být uskladněn, nebo využit. Uskladňování a přeprava pevného uhlíku je přitom technologicky jednodušší než nakládání s plynným  $\text{CO}_2$ . Ani ukládání pevného uhlíku nebude jednoduché, pokud se bude jednat o větší množství. Pevný uhlík je standardně využíván jako plnivo pneumatik nebo jako terénní výplň. Komplexní řešení využití pevného uhlíku se pravděpodobně nepřiblíží, dokud se nebude tato technologie rozvíjet. Existence velkého množství „odpadního“ uhlíku bude stimulovat hledání cest k jeho efektivnímu využití.

V současnosti neexistují žádné velké komerčně provozované projekty. Zkušenosti s výrobou vodíku pomocí technologie pyrolýzy zemního plynu jsou prozatím omezené, nicméně někteří významní producenti zemního plynu a akademické instituce se velmi zaměřují na výzkum a vývoj této technologie. Jedná se o technologii, díky které se může vodík vyrábět přímo v místě spotřeby, pokud je zde dostupný zemní plyn. V případě ČR, s omezeným potenciálem domácí výroby obnovitelného vodíku, je zde prostor pro výrobu vodíku z dostupného zemního plynu.

|  |   |
|--|---|
| <b>SILNÉ STRÁNKY</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Dostupnost zemního plynu</li> <li>Vznik pevného uhlíku, se kterým se nakládá jednodušeji než s plynným <math>\text{CO}_2</math></li> <li>Není nutné řešit zachytávání a transport <math>\text{CO}_2</math></li> <li>K výrobě není třeba vodní zdroj (oproti elektrolýze)</li> <li>Nižší potřeba vstupní energie pro výrobu oproti elektrolýze a parní reformace zemního plynu</li> </ul> | <b>SLABÉ STRÁNKY</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Prozatím omezené zkušenosti s technologií</li> <li>Vzniká odpadní látka (pevný uhlík), kterou je nutné uložit, nebo využít</li> </ul> |
| <b>PŘÍLEŽITOSTI</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Může doplnit výrobu obnovitelného vodíku, jehož nemusí být v ČR/EU dostatek vzhledem k velké očekávané poptávce</li> <li>Potenciál v budoucnu dopravovat již čistý vodík vyráběný aktuálními dodavateli zemního plynu</li> </ul>  | <b>HROZBY</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Rychlejší vývoj jiných technologií</li> </ul>  |

|   |  |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Využití odpadní látky jako vstup pro další průmyslové využití</li> </ul> |  |
|---|--|

### 1.7. Výroba vodíku parciální oxidací ropných zbytků (POX)

V podmínkách ČR se momentálně jedná o největší objem výroby vodíku. Jedná se o léta aplikovanou a technicky stoprocentně zvládnutou technologii. Zásadní nevýhodou je vysoká emisní stopa – 125 g CO<sub>2</sub> /MJ. Účelem této výroby je spotřeba v chemickém průmyslu, nelze tudíž předpokládat výrazné přebytky pro další použití.

|   |  |
|---|--|
| <b>SILNÉ STRÁNKY</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zavedená technologie</li> </ul>                     | <b>SLABÉ STRÁNKY</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Velmi vysoká emisní stopa, kterou je možné snižovat pouze pomocí dodatečných technologií CCS/U</li> <li>• Nutnost dalšího čištění</li> </ul> |
| <b>PŘÍLEŽITOSTI</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Využití stávajících technologických celků</li> </ul> | <b>HROZBY</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Náklady na eliminaci CO<sub>2</sub></li> </ul>  |

### 1.8. Výroba vodíku parciální oxidací ropných zbytků (POX) s užitím CCU

Vysoká uhlíková stopa technologie POX by mohla být kompenzována mechanismem CCU. V současnosti již dochází k zachycování a částečnému využití zachyceného CO<sub>2</sub>. Hledají se cesty, jak zvýšit záchyt CO<sub>2</sub> a jak nalézt využití pro zachycený CO<sub>2</sub> přímo v chemické výrobě.

|  |   |
|--|---|
| <b>SILNÉ STRÁNKY</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nízká bilance CO<sub>2</sub></li> <li>• Využití zachyceného CO<sub>2</sub></li> </ul>                | <b>SLABÉ STRÁNKY</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vysoké náklady (zejména pořizovací investice)</li> <li>• Nutnost nalézt efektivní využití zachyceného CO<sub>2</sub></li> </ul> |
| <b>PŘÍLEŽITOSTI</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Možnost prodloužit život stávající zavedené technologie a využití odpadního CO<sub>2</sub></li> </ul> | <b>HROZBY</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Poptávka po nevyužitém CO<sub>2</sub> zřejmě ve středním období klesne</li> </ul>  |

### 1.9. Výroba vodíku reformingem benzínu

Prověřená a stabilně fungující technologie generuje v několika průmyslových podnicích v ČR vodík zatížený vysokou emisní stopou. Při katalytickém reformování benzínu je uvolňován vodík spolu s aromatickými uhlovodíky. Reforming může být kontinuální, cyklický, nebo semiregenerativní.

|   |   |
|---|---|
| <b>SILNÉ STRÁNKY</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zavedená technologie</li> </ul> | <b>SLABÉ STRÁNKY</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Velmi vysoká emisní stopa, kterou nebude možné technologicky snižovat</li> <li>• Nutnost dalšího čištění</li> </ul> |
| <b>PŘÍLEŽITOSTI</b>   | <b>HROZBY</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nahrazení čistými technologiemi</li> </ul>   |



### 1.10. Elektrolýza solanky

Nemalé množství vodíku vzniká jako vedlejší produkt elektrolýzy vodného roztoku chloridu sodného či chloridu draselného při výrobě chloru a hydroxidu sodného nebo hydroxidu draselného.

|   |  |
|---|--|
| <b>SILNÉ STRÁNKY</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Zavedená technologie</li></ul>                     | <b>SLABÉ STRÁNKY</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Velmi vysoká emisní stopa, kterou bude možné snížit pouze změnou energetického mixu</li><li>• Nutnost dalšího čištění</li></ul> |
| <b>PŘÍLEŽITOSTI</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Využití stávajících technologických celků</li></ul> | <b>HROZBY</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Posuzování celkové emisní stopy při výrobě chloru a hydroxidů</li></ul>  |



powered by  
**Hydrogen**

## 2. DOPRAVA A SKLADOVÁNÍ VODÍKU<sup>5</sup>

### 2.1. Doprava vodíku

Ve většině případů jsou místa výroby a spotřeby vodíku od sebe vzdálena, takže vodík je nutno přepravovat, což dále zvyšuje jeho cenu pro koncového uživatele. Nejeefektivnějším způsobem dopravy vodíku je využití plynovodů. Výstavba nových liniových staveb je poměrně investičně náročná a dá se uskutečnit teprve tehdy, když existuje stabilní a jasné legislativní a regulační prostředí pro výstavbu vodíkových sítí. Také musí být známo jaká množství vodíku budou dlouhodobě přepravována/distribována. Je nutné počítat s tím, že výstavba nového plynovodu je záležitostí několika let. Pravděpodobnější variantou bude možnost upravit stávající plynovody na zemní plyn na přepravu vodíku, což je rychlejší a levnější než pokládka nového potrubí, tato úprava (repurposing) ale musí být časově sladěna se současným nastavením přepravních kontraktů, na které je použití některých plynovodů v ČR částečně navázáno.

Do roku 2030 se v ČR nepředpokládá významné vtláčení vodíku do plynárenské soustavy a zahájení úpravy na dedikovanou infrastrukturu pro vodík se neočekává v dekadě do 2030. Přidávání 2 % vodíku do zemního plynu nepředstavuje podle studií technický problém.

Ukládání vodíku do tlakových lahví či větších nádrží je možné realizovat v plynné formě, nebo dokonce ve formě kapalné, což představuje zatím méně rozšířenou a energeticky ještě náročnější metodu. Mobilní uskladnění je pak součástí celkového technického řešení vozidel.

Z výše uvedeného vyplývá, že výroba a přeprava/distribuce vodíku představují vždy propojený a poměrně komplexní problém. Volba konkrétní metody je závislá na řadě faktorů a je třeba ji vždy posuzovat s ohledem na stanovený cíl a specifika ČR. Současně je evidentní, že ČR v horizontu následujících 30 let s velkou pravděpodobností nebude exportérem vodíku a vždy bude řešit převis poptávky po vodíku nad tuzemskou výrobou.

Pro přepravu čistého vodíku je nutné buď vybudovat zcela novou infrastrukturu, speciálně navrženou pro vodík, nebo upravit tu stávající, která není využita pro přepravu zemního plynu. Úprava existující infrastruktury je vždy nákladově výhodnější.

Přeprava plynárenskou soustavou se začíná vyplácet při vysokých objemech a také v případě větší koncentrace výrobců v jednom regionu. Podle současných kalkulací vychází, že pro transport 100 000 tun vodíku lze použít 1 200 vagónový tlakových přepravníků, nebo potrubí o šíři 82 cm (Německá vodíková strategie).

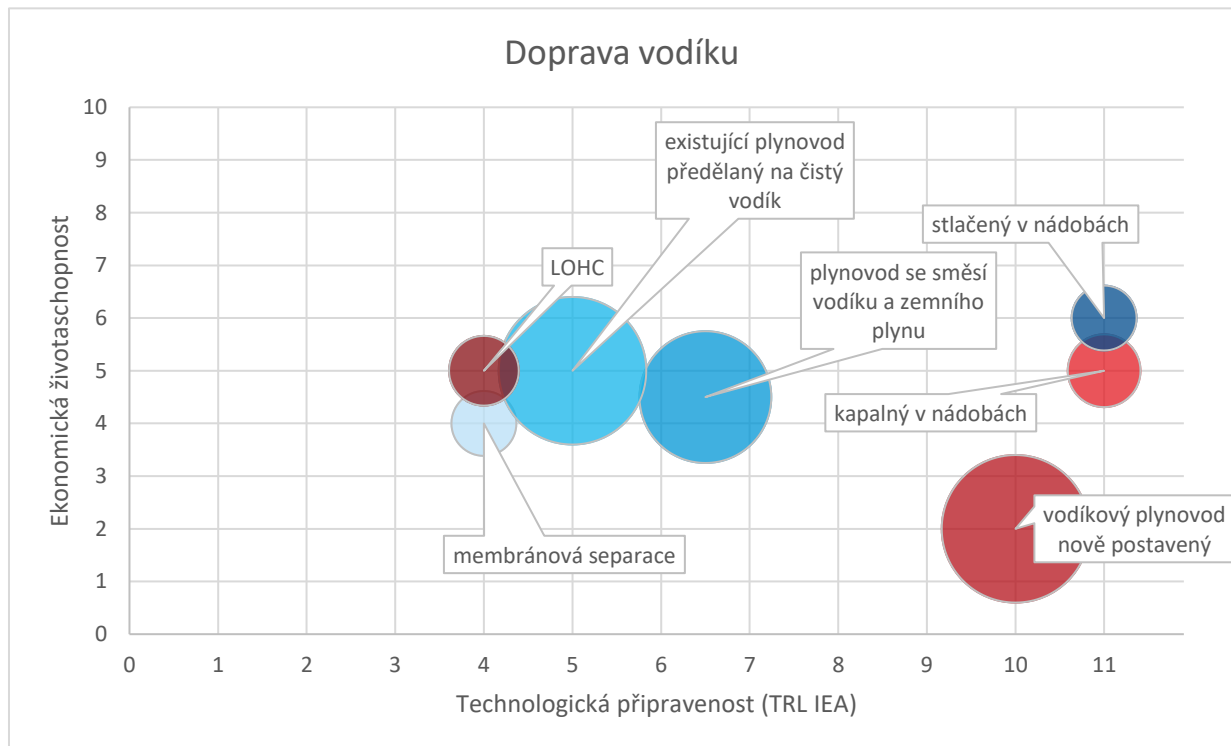
Dokud nebude možné používat distribuční síť vodíkových plynovodů, které dovedou vodík alespoň ke každému velkoodběrateli, bude nutné využívat dopravy po silnici a železnici. S dopravou po vodě zatím nepočítáme. V silniční a železniční přepravě je množné využívat různé technologie, které jsou popsány v kapitole o skladování vodíku (stlačený vodík, zkapalněný vodík, LOHC a ukládání do hydridů).

---

<sup>5</sup> Podrobný popis metody, kterou byla analýza vypracována, je uveden na začátku přílohy 1.

Tyto způsoby dopravy jsou mnohem flexibilnější, mají ale mnohem vyšší jednotkovou cenu za přepravený tunokilometr.

V počáteční fázi zavádění vodíkových technologií bude nutné hledat takové aplikace, kdy se vodík vyrábí poblíž místa spotřeby, aby se snížily náklady na jeho dopravu.



### 2.1.1 Doprava stlačeného vodíku v nádobách po silnici či železnici

V současné době se vodík nejčastěji přepravuje jako stlačený plyn v tlakových nádobách vyrobených z oceli nebo kompozitních uhlíkových vláken. Vodík v tlakových nádobách lze přepravovat v tlakových lahvích při tlaku 200 bar<sup>6</sup>. Vozidla s vodíkovým pohonem využívají pro svoji potřebu menší tlakové nádrže s tlakem 350 nebo 700 bar.

Čtyřicetitunový kamion může na čerpací stanici dopravit 26 tun benzínu. Stejný kamion vezoucí stlačený vodík může převést 500 kg vodíku (v tlakových lahvích při tlaku 200 bar). To proto, že tlakové nádoby musí vydržet velmi vysoký tlak. Kamion s vodíkem váží téměř stejně jako kamion bez vodíku, rozdíl je jen těch 500 kg. Nádrž na stlačený vodík je robustní. Kvůli nízkému množství vodíku přepravovaného v jednom návěsu je tento způsob přepravy ekonomický pouze do vzdálenosti kolem 150 km.

<sup>6</sup> Určeno mezinárodní smlouvou Agreement on International Carriage of Dangerous Goods by Road (ADR).

Lze zvažovat i přepravu vodíku vázaného chemickou vazbou v nějaké sloučenině: čpavek, metanol, jiné organické sloučeniny (LOHC), kdy je možné takto vázaný vodík přepravovat při normální teplotě a tlaku. Nevýhodou tohoto postupu jsou náklady nutné k vázání vodíku do sloučeniny a jeho následné oddělení.

|  |  |
|--|--|
| <b>SILNÉ STRÁNKY</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Odpadá nutnost budování speciální infrastruktury (potrubí)</li> <li>• Přepravní kapacita se dá v malém měřítku dobře škálovat podle požadavků</li> </ul> | <b>SLABÉ STRÁNKY</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vysoká hmotnost a objem nádrží</li> <li>• Plynovod funguje i jako akumulátor vodíku</li> <li>• Malá hmotností kapacita přepravy</li> </ul> |
| <b>PŘÍLEŽITOSTI</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Využití přepravních návěsů jako mobilních plnicích stanic</li> </ul>  | <b>HROZBY</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nebezpečí dopravních nehod</li> </ul>   |

### 2.1.2 Přeprava kapalného vodíku v nádobách po silnici či železnici

Alternativní cestou, která by mohla výrazně zvýšit množství přepravovaného vodíku, je jeho zkapalnění. Kapalný vodík je skladován při teplotě  $-253^{\circ}\text{C}$ . S tím souvisejí zvýšené nároky na použité materiály a vysoké energetické nároky na zkapalnění, zásadní nevýhodou je tedy ztráta kolem 40 % energie při samotném zkapalňování (*Devinn, Irena*). K dalším ztrátám dochází díky únikům způsobeným nezbytným odparem kapalného vodíku z kryogenních nádrží, které nejsou tlakovými nádobami. Tento odpar je kontrolovaný a nemá vliv na bezpečnost přepravy.

|  |   |
|--|---|
| <b>SILNÉ STRÁNKY</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Odpadá nutnost budování infrastruktury (potrubí)</li> <li>• možnost přepravy větších objemů</li> </ul>     | <b>SLABÉ STRÁNKY</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• velké ztráty při zkapalnění</li> <li>• malá hmotnostní kapacita přepravy</li> </ul> |
| <b>PŘÍLEŽITOSTI</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Přeprava velkého množství vodíku na velké vzdálenosti, dokud nebudou dostupné vodíkové plynovody</li> </ul> | <b>HROZBY</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nebezpečí dopravních nehod</li> </ul>  |

### 2.1.3 Doprava vodíku plynovody ve směsi se zemním plynem

V podmínkách ČR je reálné postupné přimíchávání vodíku do stávající infrastruktury. Plynárenská soustava ČR je po technické stránce prakticky připravena na přepravu, distribuci a skladování zemního plynu s příměsí  $\text{H}_2$  až do výše 2 % (viz ČPS). Teoreticky jsou však možné i vyšší poměry vodíku (při současné úrovni poznání se nejčastěji hovoří o 10 %) s technickými úpravami menšího rozsahu. Omezení množství vodíku přidaného do zemního plynu je dáno hlavně omezeními na straně koncových spotřebičů. Výhodou by tato forma přepravy poskytovala v případě, že by na jejím konci byl vodík využíván spolu se zemním plynem pro spalování. V opačném případě bude záležet na technické dokonalosti zpětného rozdělení směsi, oddělení vodíku od zemního plynu.

Vodík má při stejném tlaku a objemu nižší výhřevnost než zemní plyn, okolo 30 % výhřevnosti zemního plynu. Při prodeji plynu zákazníkům to nezpůsobí problém, protože již dnes se cena za dodaný plyn účtuje v energetických jednotkách (dodaných kWh) podle jeho výhřevnosti a používané fakturační systémy musí měnit výhřevnost plynu na základě změřené skutečnosti.

Pro dodání stejného množství tepla je nutné dodat více vodíku než zemního plynu. Výhodou vodíku je, že má menší odpor při průtoku potrubím a směs zemního plynu s vodíkem může proto téct rychleji. Stávající průtočná kapacita potrubí nepředstavuje pro směs zemního plynu a vodíku omezení z hlediska množství přepravovaného tepla.

Přeprava potrubím se začíná vyplácet při vysokých objemech a také v případě větší koncentrace výrobců a spotřebitelů v jednom regionu.

Podle současných kalkulací vychází, že pro přepravu 100 000 tun vodíku lze použít 1 200 vagónů, 600 lodí, nebo 82 cm široké potrubí (*Německá vodíková strategie*).

|  |   |
|--|---|
| <p><b>SILNÉ STRÁNKY</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Existující infrastruktura pro zemní plyn (a bioplyn/bio metan)</li> <li>• Plynulost dodávek</li> <li>• Nižší náklady oproti transportu po silnici/železnici</li> <li>• Přirozená skladovací kapacita</li> <li>• Snížení emisí CO<sub>2</sub> rychlým a relativně levným způsobem</li> </ul> | <p><b>SLABÉ STRÁNKY</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Omezený poměr příměsi do určitého procenta</li> <li>• Maximální koncentrace vodíku je dána kompatibilitou připojenými koncovými zařízeními (např. CNG, domácí kotle atd.)</li> </ul> |
| <p><b>PŘÍLEŽITOSTI</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nutnost dlouhodobé přepravy velkého množství vodíku</li> </ul>   | <p><b>HROZBY</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• V případě výpadku závislost na jednom potrubí</li> </ul>  |

#### 2.1.4 Oddělení vodíku od směsi se zemním plynem s využitím membránové separace

Přechodným řešením může být využít stávající sítě pro zemní plyn, do které se bude vtlačet vodík. Místo toho, aby se vodík spálil společně se zemním plynem, oddělí se membránovou separací před následujícím větvením přepravní sítě. Zemní plyn a vodík se pak využívají odděleně a zemní plyn se používá jen jako transportní medium.

|   |   |
|---|---|
| <p><b>SILNÉ STRÁNKY</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Využití stávající sítě plynovodů</li> <li>• Relativně levná technologie</li> <li>• Škálovatelná technologie</li> </ul> | <p><b>SLABÉ STRÁNKY</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zpětné oddělení vodíku není 100%</li> <li>• Dá se použít jen na úsecích bez větvení</li> <li>• Nová technologie</li> </ul> |
| <p><b>PŘÍLEŽITOSTI</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Přechodné řešení, než budou vybudovány dedikované plynovody na vodík</li> </ul>   | <p><b>HROZBY</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Efektivita jiných způsobů přepravy vodíku</li> </ul>  |

### 2.1.5 Doprava čistého vodíku existujícím plynovodem předělaným na čistý vodík

S ohledem na polohu ČR a současný postoj sousedních zemí se jeví jako naprosto nezbytné promýšlet mezinárodní propojení plynárenských soustav s ohledem na vodík. Studie European Hydrogen Backbone<sup>7</sup> (odkaz) počítá s tím, že přepravní soustava pro vodík by měla být ze tří čtvrtin založena na již existující infrastruktuře, zbývající čtvrtinu bude nutné nově vybudovat.

EU počítá s nedostatkem zeleného vodíku minimálně do roku 2030, což bude znamenat nutnost dovozu. Z pohledu ČR je relevantní směřování případných mezinárodních vodíkových plynovodů primárně od západních a východních sousedů ČR:

- Z propojení na Německo (vysoká výroba vodíku z OZE, výroba nízkouhlíkového vodíku ze zemního plynu)
- Z propojení na Slovensko (možnost dovozu vodíku z Ukrajiny a severní Afriky (viz Iniciativa 2x40 GW) a na dopravu vodíku po Dunaji)
- napojení na dopravu vodíku po Dunaji plynovodem z Rakouska, popřípadě napojení na vodíkové plynovody z jižní Evropy nebo severní Afriky).

|  |   |
|--|---|
| <b>SILNÉ STRÁNKY</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Prostředek k dovozu velkých objemů vodíku</li><li>• Flexibilní vyrovnávání podle okamžité potřeby v dané zemi</li><li>• Aktivní provozovatel přepravní soustavy v nejnovějších přístupech k dekarbonizaci plynárenství v EU</li><li>• Zkušenosti s provozem vodíkovou v Evropě, např. regionu Beneluxu</li><li>• Dovoz „levného“ vodíku z regionů s výrazně nižšími výrobními náklady oproti ČR</li></ul> | <b>SLABÉ STRÁNKY</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Nízká míra zkušeností s přepravou čistého vodíku v potrubí ve regionu střední Evropy</li><li>• Některé přeshraniční kapacity přepravní soustavy v ČR jsou z velké části rezervovány do roku 2035</li></ul> |
| <b>PŘÍLEŽITOSTI</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Rozvoj přeshraniční spolupráce, přenos zkušeností</li><li>• Využití zkušeností některých zemí s pokročilejší přípravou přepravní soustavy</li></ul>  | <b>HROZBY</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Bezpečnostní aspekty přepravy vodíku</li><li>• Závislost na dovozu, a to i z ne příliš stabilních regionů</li></ul>   |

### 2.1.6 Doprava čistého vodíku nově postaveným plynovodem

V některých evropských zemích existují provozní zkušenosti s plynovody postavenými nově za účelem dopravy čistého vodíku. Budování nových plynovodů mimo stávající trasy však může narážet na řadu typických komplikací spojených s jejich výstavbou, tak jako tomu je u různých druhů nově budované liniových staveb technické infrastruktury, a to zejména z důvodů zajišťování nezbytných věcných břemen

<sup>7</sup> [https://gasforclimate2050.eu/sdm\\_downloads/european-hydrogen-backbone/](https://gasforclimate2050.eu/sdm_downloads/european-hydrogen-backbone/)

k pozemkům. Problematické mohou být i relativně vysoké investiční náklady na novou stavbu. Výhodou je naopak plynovod navržený plně dle požadavků na dopravu vodíku.

|   |  |
|---|--|
| <p><b>SILNÉ STRÁNKY</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Prostředek k dovozu velkých objemů vodíku</li> <li>• Flexibilní vyrovnávání podle okamžité potřeby v dané zemi</li> <li>• Zkušenosti s provozem vodíkovodů v Evropě, např. regionu Beneluxu</li> <li>• Dovoz „levného“ vodíku z regionů s výrazně nižšími výrobními náklady oproti ČR</li> </ul> | <p><b>SLABÉ STRÁNKY</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vysoké investiční náklady na výstavbu oproti využití existující infrastruktury</li> <li>• Problémy se zajištěním práv k pozemkům, EIA, ochrana přírody a krajiny</li> </ul> |
| <p><b>PŘÍLEŽITOSTI</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rozvoj přeshraniční spolupráce</li> </ul>   | <p><b>HROZBY</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bezpečnostní aspekty přepravy vodíku</li> </ul>  |

### 2.1.7 LOHC

LOHC (Liquid Organic Hydrogen Carriers) jsou organické sloučeniny, které chemickou vazbou v sobě váží vodík. Aby proces ukládání a získávání vodíku byl efektivní, musí splnit protichůdné požadavky. Uložení vodíku musí být stabilní, aby se vodík samovolně neuvolňoval. Na druhou stranu proces ukládání a uvolňování musí být energeticky nenáročný, protože každá dodaná energie zvyšuje cenu takto přepravovaného vodíku. Obrovskou výhodou této technologie je, že vodík se převáží za normálního tlaku a teploty. Vodík je vázaný na kapalinu, se kterou můžeme pracovat stejným způsobem jako s naftou. Tímto způsobem můžeme také přepravovat velké množství vodíku na jednotku objemu i hmotnosti. Návěs s cisternou s LOHC může převést výrazně více vodíku než návěs stejné hmotnosti s tlakovými lahvemi.

|   |  |
|---|--|
| <p><b>SILNÉ STRÁNKY</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Přeprava za normální teploty a tlaku</li> <li>• Snadná manipulace s kapalinou</li> <li>• Vysoký obsah vodíku jak z pohledu hmotnosti, tak objemu</li> <li>• Velká flexibilita ohledně přepravovaného množství a přepravní vzdálenosti</li> </ul> | <p><b>SLABÉ STRÁNKY</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ukládání a získávání vodíku je drahé</li> <li>• Nová technologie</li> </ul> |
| <p><b>PŘÍLEŽITOSTI</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Může být ideální technologií pro přepravu</li> </ul>  | <p><b>HROZBY</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nepodaří se vyřešit stávající technické a ekonomické problémy</li> </ul>           |

## 2.2 Skladování vodíku

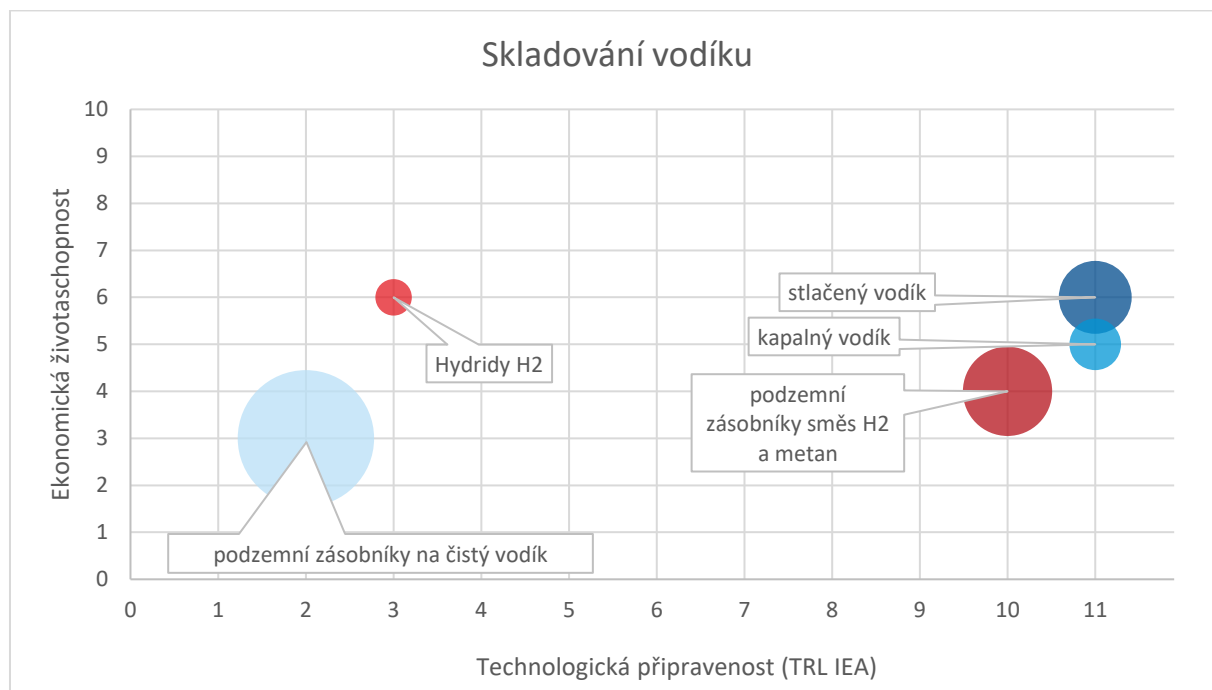
K vyrovnání rozdílů mezi výrobou a spotřebou je nutné vodík skladovat. K tomu se dá použít celá řada technologií, z nichž každá má své výhody a nevýhody. Zatím neexistuje levná, universální a velmi škálovatelná metoda skladování vodíku.

V této kapitole pokrýváme i metody skladování, které se používají při přepravě. Ty nemusí mít tak velkou škálovatelnost, musí ale zajistit levnou transformaci vodíku z formy, ve které byl vyroben, do formy



pro přepravu a následně do formy, ve které bude spotřebován. Současně musí být tyto technologie velmi bezpečné.

Efektivní skladování vodíku a jeho transformace od výroby po konečnou spotřebu je otevřené pole pro další výzkum a vývoj.



### 2.2.1 Skladování stlačeného vodíku

Vodík je kvůli jeho nízké hustotě nutné skladovat stlačený v tlakových zásobnících. Ty musí být odolné přetlaku, destrukci a velmi těsné, aby vodík neunikal. Vodík je plyn s nejmenší molekulou, proto je nutné pro jeho ukládání využívat speciální materiály. Při styku vodíku s ocelí nebo hliníkem dochází k tzv. vodíkové křehkosti, která může zhoršovat odolnost tlakových lahví, což opět znamená použití speciálních materiálů. Samotné stlačení vodíku je energeticky náročné. Vodík je špatně stačitelný plyn, má obrácený Joule-Thompsonův koeficient, proto je na jeho stlačování potřeba mnohem více energie než u ostatních plynů. Pro stacionární skladování vodíku se používají velkoobjemové ocelové tlakové nádoby.

Konvenční způsoby skladování vodíku jsou bezpečné a léty provozu ověřené systémy, jejich technologický potenciál je však téměř vyčerpán. Hmotnostní kapacita je závislá především na materiálu skladovací nádoby, vhodným materiálem tedy můžeme tento parametr mírně zlepšit. Naproti tomu objemová kapacita je závislá na skladovacím tlaku a teplotě vodíku.

| SILNÉ STRÁNKY   | SLABÉ STRÁNKY  |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Oproti bateriím stále vhodnější forma skladování energie pro delší období</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Ztráty (úniky)</li> <li>Stlačování vodíku je energeticky náročné</li> </ul> |

|   |  |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dlouhodobá zkušenost</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Technologicky už prakticky není možné další vylepšení</li> <li>• Omezení tras podle podmínek ADR</li> </ul> |
| <b>PŘÍLEŽITOSTI</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• S rozvojem výroby vodíku bude růst i požadavek na jeho skladování</li> </ul> | <b>HROZBY</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rychlý rozvoj jiných technologií</li> </ul>   |

### 2.2.2 Skladování kapalného vodíku

Vodík je možné také skladovat v kapalně formě. V tomto případě není nutné dosahovat vysokých tlaků, ale vodík musíme udržovat na velmi nízké teplotě -253 °C, blízko absolutní nuly. Kryogenní skladovací zásobníky musí být schopny tyto nízké teploty udržovat. Ztráty odparem při tomto způsobu skladování jsou obvykle cca 3 % za den, takto uvolněný vodík je nutné zachytávat a dále využívat.

S kapalným vodíkem se počítá při převozu lodí na velké vzdálenosti, případně i při přepravě po silnici. Některé automobilky experimentují se skladováním kapalného vodíku přímo v nádržích nákladního automobilu. Kapalným vodíkem je zatím jediným způsobem, jak do nádrže nákladního automobilu natankovat stejné množství energie jako je obsaženo v plné nádrži nafty.

Je možné zvažovat i další způsob stlačování na tlaky mezi 200-300 bary za teploty okolo -230°C. Za těchto podmínek má plynný vodík větší hustotu než kapalným. Tento způsob tzv. kryo-komprese je zatím ve fázi vývoje.

|  |  |
|--|--|
| <b>SILNÉ STRÁNKY</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vyšší koncentrace energie než u stlačeného vodíku</li> <li>• Možnost manipulace při nízkém tlaku</li> <li>• Dobrý poměr mezi obsaženou energií a hmotností přepravníku.</li> </ul> | <b>SLABÉ STRÁNKY</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ztráty (úniky)</li> <li>• Zkapalňování vodíku je energeticky náročné</li> <li>• Kryogenní nádoby pro skladování a přepravu jsou velmi drahé</li> </ul> |
| <b>PŘÍLEŽITOSTI</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vysoká koncentrace energie pro dálkovou přípravu</li> </ul>   | <b>HROZBY</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rychlý vývoj jiných technologií</li> </ul>  |

### 2.2.3 Skladování vodíku v podzemních zásobnících ve směsi s metanem

Vodík může být skladován ve směsi se zemním plynem v podzemních zásobnících, které jsou v současnosti využívány pro uskladňování zemního plynu. V ČR je v současnosti provozováno devět podzemních zásobníků plynu a jejich skladovací kapacita odpovídá přibližně 40 % roční spotřeby zemního plynu ČR. Podzemní zásobníky umožňují velkokapacitní uskladňování plynu, jsou propojeny s plynárenskou soustavou a při uskladňování vodíku lze navázat na zkušenost s uskladňováním svítiplynu, který obsahoval vysoký podíl vodíku. Uskladňování vyšších koncentrací vodíku ve směsi se zemním plynem je třeba technicky ověřit a může se u jednotlivých podzemních zásobníků lišit. Je třeba pamatovat na nižší objemovou výhřevnost vodíku oproti metanu, a tedy nutnost skladovat odpovídající větší objem.

|   |  |
|---|--|
| <p><b>SILNÉ STRÁNKY</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Velkokapacitní způsob uskladňování</li> <li>• Existující skladování infrastruktura</li> <li>• Propojení s plynárenskou soustavou</li> <li>• Zkušenost s uskladňováním vodíku jako součásti svítiplynu</li> </ul> | <p><b>SLABÉ STRÁNKY</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Uskladňování vyššího podílu vodíku je třeba technicky ověřit a může se u jednotlivých zásobníků lišit</li> <li>• Ztráty (úniky) při uskladňování vyšších koncentrací vodíku ve směsi s metanem nebo samotného vodíku</li> </ul> |
| <p><b>PŘÍLEŽITOSTI</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• S rozvojem výroby vodíku bude růst i požadavek na jeho skladování</li> </ul>  | <p><b>HROZBY</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Poptávka po uskladňování samotného vodíku, tj. nikoli ve směsi se zemním plynem (nebo bio metanem či syntetickým metanem)</li> </ul>   |

## 2.2.4 Skladování čistého vodíku ve vytěžených ropo-plynových strukturách

Výrazně méně pokročilá je technologie ukládání čistého vodíku v podzemní ve vytěžených ropo-plynových strukturách. Zatím neexistuje reálná provozní zkušenost, a to ani na experimentální úrovni (experiment s malými podzemními zásobníky na čistý vodík se připravuje v Německu). Pokud by však tato technologie byla zvládnuta, nabízí velmi účinné řešení s velkou kapacitou. Tyto zásobníky jsou určeny pro skladování velkého množství vodíku, proto je nutné k nim přivést vodíkových plynovod, aby mohly být efektivně využity. Jejich případné využití bude hlavně pro sezónní skladování energie z obnovitelných zdrojů.

|   |  |
|---|--|
| <p><b>SILNÉ STRÁNKY</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zkušenost s uskladňováním vodíku jako součásti svítiplynu</li> <li>• Lze získat zpět čistý vodík, nikoli ve směsi</li> <li>• Efektivní skladování velkého množství vodíku</li> </ul> | <p><b>SLABÉ STRÁNKY</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zatím jen teoretická možnost</li> <li>• Omezené množství vhodných lokalit v ČR</li> <li>• Nutnost připojení na vodíkový plynovod</li> </ul> |
| <p><b>PŘÍLEŽITOSTI</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• S rozvojem výroby vodíku bude růst i požadavek na jeho skladování</li> <li>• Možnost efektivního sezónního ukládání energie</li> </ul>  | <p><b>HROZBY</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Decentralizované ukládání energií</li> </ul>   |

## 2.2.5 Hydridy vodíku

Další formou ukládání vodíku v chemické vazbě je využití hydridů vodíku, které jsou za normálního tlaku a teploty v tuhém skupenství. Vodík se z nich uvolňuje chemickou reakcí. Tato technologie je zcela na začátku vývoje. Příkladem může být Powerpaste, ohlášená nedávno v Německu, kde je vodík vázán v hydridu hořečnatém, ze kterého se uvolňuje sloučením s vodou. Tato sloučenina je v tuhém stavu až do teploty kolem 200 °C velmi stabilní. Hydrid se dá přechovávat za normálního tlaku a teploty. Množství vodíku takto uložené je při stejném objemu vyšší než v tlakové nádrži 700 bar.

|  |  |
|--|--|
| <p><b>SILNÉ STRÁNKY</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Přeprava za normální teploty a tlaku</li> <li>• Snadná manipulace s tuhou látkou</li> <li>• Vysoký obsah vodíku jak z pohledu hmotnosti, tak objemu</li> <li>• Velká flexibilita ohledně přepravovaného množství a přepravní vzdálenosti</li> </ul> | <p><b>SLABÉ STRÁNKY</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nová technologie</li> </ul>                 |
| <p><b>PŘÍLEŽITOSTI</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ideální pro přepravu menších množství vodíku, pro velké množství je výhodnější pracovat s kapalinou LOHC</li> </ul>  | <p><b>HROZBY</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Technologie je teprve na začátku vývoje</li> </ul> |

### 2.2.6 Power to Gas – viz příloha Využití vodíku





### 3. VYUŽITÍ VODÍKU<sup>8</sup>

V této kapitole jsou ukázány jednotlivé možnosti využití vodíku. Vzájemně je srovnáván jejich potenciál z hlediska ceny, technologických omezení, připravenosti dané technologie pro nasazení a možného vývoje spotřeby v ČR. Z hlediska využití vodíku je pro nás primárním ukazatelem cena nízkouhlíkového vodíku. Není důležité, zda jde o vodík vyrobený v ČR nebo vodík dovezený.

Cílem je identifikovat technologie, které jsou v daném okamžiku optimální. Tento výběr se bude pravidelně aktualizovat na základě vývoje technologií a ekonomických parametrů. K porovnání vodíkových technologií používáme bublinové grafy, kde velikost bubliny vyjadřuje množství vodíku, které bychom mohli potencionálně v dané oblasti použít. Na vodorovnou osu vynášíme připravenost dané technologie pro komerční použití a na svislou osu pak ekonomickou efektivitu nasazení. Prioritně jsou pro nás důležité technologie v pravém horním kvadrantu, popřípadě velké bubliny, které mají šanci se rychle dostat do pravého kvadrantu. Pro každou technologii je připravena SWOT tabulka s podrobnější analýzou.

Vezmeme-li v úvahu ekonomické kritérium, pak oblastí, kde lze vodík nejefektivněji nasadit, je doprava. Pro ekonomickou životaschopnost je nutné dosáhnout ceny vodíku zhruba kolem 4 EUR/kg (ceny 2021). Z hlediska plánování a dosažení velkých spotřeb je vhodné začít se silniční nákladní dopravou a městskou autobusovou dopravou. Základním předpokladem je výstavba infrastruktury plnicích stanic. Využití vodíku v dopravě má některé výhody oproti elektromobilům, především delší dojezd a rychlejší tankování. V oblasti dopravy se obecně předpokládá prakticky jen použití palivových článků, byť ani přímé spalování vodíku v mírně upravených spalovacích motorech nelze vyloučit. Současně se silniční nákladní, autobusovou a železniční dopravou by mohl nastat postupný rozvoj i v oblasti osobních automobilů. Nevýhodou je velmi vysoká pořizovací cena vodíkových vozidel.

Vodík může do značné míry nahradit uhlí a koks v hutích, kde slouží jako redukční činidlo při výrobě železa. Použití v hutích ale naráží na potencionálně velmi vysokou potřebu nízkouhlíkového vodíku, kterou nejsme nyní schopni uspokojit, a na příliš vysokou cenu vodíku, ve srovnání s cenou koksu.

Vodík nalézá také široké využití v chemickém průmyslu. V některých provozech je vodík již dlouhodobě používán, ovšem nejedná se o vodík nízkouhlíkový. Jinde by vodík nahradil doposud používaná fosilní paliva. Vzhledem k tomu, že by šlo jen o náhradu stávajícího vodíku vodíkem nízkouhlíkovým, byly by související investiční náklady relativně nízké. To může představovat určitou výhodu, a proto je chemický průmysl po dopravě pravděpodobně nejvhodnější oblastí pro využití vodíku v počáteční fázi. Problematický bude rozdíl v provozních nákladech způsobený vyšší cenou nízkouhlíkového vodíku. Chemické podniky budou také asi prvními podniky, které budou nízkouhlíkový vodík ve velkém vyrábět. Přebytky vodíku, primárně vyrobeného pro využití v dopravě, by pak mohly použít ve svých vlastních výrobcích, jako náhradu za stávající vodík s vysokou emisní stopou.

---

<sup>8</sup> Podrobný popis metody, kterou byla analýza vypracována, je uveden na začátku přílohy 1.

### 3.1 Mobilita

Aplikací vodíku v dopravě dochází k naprosto zásadnímu snížení emisí škodlivin ve výfukových plynech, neboť zplodinami tohoto procesu je v podstatě pouze voda (u palivových článků), u spalování potom minimum vedlejších škodlivin, zejména oxidů dusíku. Mobilita je velkým zdrojem emisí skleníkových plynů a segmentem, kde v současnosti emise skleníkových plynů rostou. Využití nízkouhlíkového vodíku jako paliva automobilů je jednou z cest, jak tyto emise eliminovat. V současnosti je mobilita využívající fosilní paliva zatížena různými daněmi a poplatky. Využití alternativních paliv, včetně vodíku, umožňuje některé tyto dodatečné náklady eliminovat, proto máme možnost dosáhnout srovnatelných provozních nákladů mezi vodíkem a naftou při ceně zhruba €4 /kg, což je z pohledu vodíku mnohem lepší cena než cena nutná pro náhradu zemního plynu. Využití vodíku v dopravě má ve srovnání s bateriovou elektromobilitou v současnosti velkou výhodu v délce dojezdu a rychlosti tankování. Cena vodíkových vozidel je stále výrazně vyšší než cena vozidel na fosilní paliva. Náklady na pořízení vozidel a neexistující infrastruktura jsou proto v současnosti největší brzdou rozvoje vodíkové mobility. Dá se ale očekávat, že s nárůstem počtu prodaných vozidel a s rostoucí konkurencí mezi výrobci bude tato cena postupně klesat. Z hlediska provozní efektivity, aby bylo možné dobře sladit výrobu a spotřebu vodíku, je vhodné podporovat rozvoj vodíkové dopravy v segmentu dálkové nákladní, železniční a městské autobusové dopravy. či vozidel pro vnitropodnikové využití a správu veřejného prostoru/komunální technice (odpady, zeleň atp.). Rozvoj vodíkové mobility v individuální osobní přepravě či pro vnitropodnikové využití a správu veřejného prostoru/komunální techniku (odpady, zeleň atp.) má rovněž velký potenciál. Velkou výhodou při rozvoji bateriové elektromobility a vozidel na vodíkový pohon je to, že velká část konstrukce vozu může být společná. Vodíkový pohon pouze nahrazuje část baterií palivovým článkem a nádrží na vodík. Protože je vodíková technologie z hlediska obsluhy vozidla pro řidiče nová a vyžaduje jiné zásady a zacházení, je vhodné věnovat pozornost i přípravě pracovníků v odvětví, kteří s vodíkovými technologiemi přichází do styku.

Vzhledem k tomu, že v těžké dálkové nákladní dopravě je dnes v širší míře technologicky dostupnější LNG (dojezd vozidel přes 1000 km), která bude zřejmě dominantně k dispozici do roku 2030, bude technologie LNG koexistovat s vodíkovými technologiemi pohonu nákladních vozidel. Přechod dopravních firem k využití vodíku tak může být plynulejší a jednodušší.

Významnou roli při využívání vodíku nejen v autobusové hromadné dopravě sehraje připravovaný vládní návrh zákona o podpoře nízkoemisních vozidel prostřednictvím zadávání veřejných zakázek a veřejných služeb v přepravě cestujících (transpozice směrnice EU), který uloží povinnost veřejným objednatelům, při zadávání nadlimitních veřejných zakázek a veřejných služeb v přepravě cestujících, pořizovat stanovený podíl nízkoemisních vozidel. Vodíkový pohon nenahradí baterie plně, protože palivové články jsou z hlediska změny zatížení pomalé a vyžadují hybridní pohon. Pro přechodnou dobu se také nabízí řešení se spalovacím motorem. Tolerantnost ke kvalitě spalovaného vodíku a možnost provozu na méně konvenční palivo při nedostatku vodíku činí z vodíkového spalovacího motoru vhodný prostředek pro podporu rozvoje vodíkové infrastruktury v přechodovém období při budování vodíkového hospodářství. Využití vodíku pro železniční dopravu má své limity, ale i zde by se mohlo jednat o podstatný segment. Jednalo by se o nasazení vodíkových vozidel zejména na lokálních neelektrizovaných tratích a při manipulaci ve stanicích, tzv. „posunu“. Dominantním způsobem dopravy zůstane samozřejmě elektrická vozba s líniovým napájením. Nicméně na neelektrifikovaných tratích je

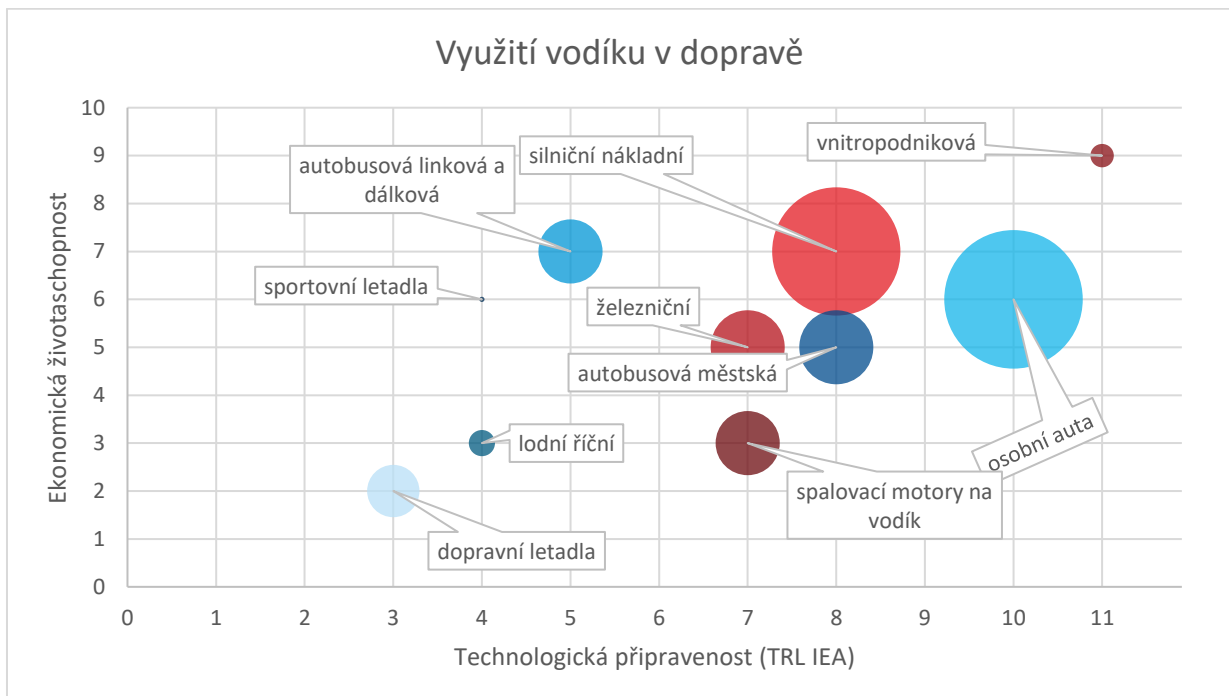


vodík, vedle dvouzdrojových vozidel trolej/akumulátor, která využívají pevná trakční zařízení elektrifikovaných tratí (trakční napájecí stanice a trakční vedení) ke statickému (za jízdy po liniově elektrifikované trati) či dynamickému (za stání v liniově elektrifikované železniční stanici) nabíjení akumulátorů, další možnou alternativou.

Zajímavou možností je použití vodíku pro vysokozdvizné a manipulační vozíky ve velkých logistických centrech a komunální technice, kde může být toto palivo velmi výhodné a v mnoha případech se již využívá.

V současnosti je již testováno využití vodíku i v lodní a letecké dopravě.

Problematikou přechodu k bezemisní dopravě se podrobně zabývá Národní akční plán čisté mobility (NAP CM), na který tato vodíková strategie navazuje.



### 3.1.1 Osobní automobily

Pokud jde o osobní automobilovou dopravu, stále platí, že z automobilek se výrobě vodíkových osobních automobilů věnují primárně asijské (japonské/ korejské) automobilky. Jedná se především o automobilky Toyota, Hyundai a Honda, které vyrábějí první tisíce vozidel.

Různé studie uvádějí, že předpokladu 100 % naplnění predikce NAP CM ve vztahu k alternativním palivům (elektromobilita/CNG), bude ČR schopna dosáhnout pouze 8–10 % snížení emisí CO<sub>2</sub> v dopravě. Pokud by se přitom, díky dobře cíleným opatřením, podařilo naplnit predikce rozvoje vodíkové mobility, mohlo by se dosáhnout dalšího snížení emisí CO<sub>2</sub> v dopravě o 4–5 % (NAP CM). Možným řešením je také přestavba z dvoupalivového automobilu původně na zemní plyn. Tento postup však z hlediska užitelné úspory CO<sub>2</sub> není výhodný pro výrobce automobilů.

|  |   |
|--|---|
| <p><b>SILNÉ STRÁNKY</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bezemisní provoz</li> <li>• Delší dojezd, nižší hmotnost vodíkové nádrže ve srovnání s baterií (2x – 5x)</li> <li>• Nižší hmotnost také snižuje oděr pneumatik</li> <li>• Doba tankování je mnohem kratší než doba dobíjení elektromobilů</li> <li>• Velká část vozidla je stejná jako u elektromobilu, palivový článek a vodíková nádrž je pak prodlužovačem dojezdu elektromobilu</li> <li>•</li> </ul> | <p><b>SLABÉ STRÁNKY</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Chybějící infrastruktura plnicích stanic</li> <li>• Omezená nabídka osobních automobilů</li> <li>• Cena vodíku (náklady na dopravu a kompresi)</li> <li>• Vyšší náklady na servis vozidel než u bateriových elektromobilů</li> </ul> |
| <p><b>PŘÍLEŽITOSTI</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Výhodou může být posun v technologiích směřujících k novým formám ukládání vodíku v osobních automobilech</li> </ul>   | <p><b>HROZBY</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Snížení cen benzínu či nafty</li> <li>• Rychlejší rozvoj baterií a ostatních alternativních pohonů</li> </ul>   |

### 3.1.2 Silniční nákladní doprava

Vývoji nákladních vozidel na vodík se věnuje celá řada evropských a mimoevropských automobilek. Některá vozidla jsou již v provozu. Předností nákladní dopravy je rychle dosažitelný efekt snížení emisí při malém množství vozidel. Ekonomicky zajímavá je především náhrada nafty vodíkem. V momentě, kdy cena nízkouhlíkového vodíku dosáhne 4 €/kg, se vodík stane konkurenceschopným vzhledem k naftě.

Pro masivní nasazení vodíku v nákladní dopravě je nutné mít vybudovanou celoevropskou síť vodíkových plnicích stanic, které jsou schopny natankovat velká množství vodíku.

Omezujícím faktorem rozvoje vodíkové dopravy je mimo vysoké pořizovací ceny nových vozidel také chybějící trh s ojetými vodíkovými nákladními automobily.

|  |  |
|--|--|
| <p><b>SILNÉ STRÁNKY</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bezemisní provoz</li> <li>• Delší dojezd a kratší doba tankování</li> <li>• Těžká nákladní doprava je odpovědná za velké množství emisí – vodíková vozidla nabízí velký potenciál pro jejich snížení</li> <li>• Ačkoliv flotila nákladních vozidel je velmi rozsáhlá, velkou část výkonů dělá relativně malá skupina vozidel, která najezdí velké množství km denně</li> <li>• Náhrada nafty vodíkem vychází ekonomicky výhodněji než náhrada jiných fosilních paliv</li> <li>• kratší doba plnění</li> </ul> | <p><b>SLABÉ STRÁNKY</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Chybějící infrastruktura plnicích stanic, nákladní automobily vyžadují většinou plnění 700 bar</li> <li>• Omezená nabídka nákladních automobilů</li> <li>• Cena vodíku (náklady na dopravu a kompresi)</li> <li>• Náročnější sledování technického stavu vozidla a jeho palivové soustavy</li> <li>• Vyšší náklady na servis vozidel</li> </ul> |
| <p><b>PŘÍLEŽITOSTI</b></p>   | <p><b>HROZBY</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Snížení cen nafty</li> </ul>   |

|  |  |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Některé firmy již nyní dávají předost, pokud pro ně jezdí „zelený“ přepravce</li> <li>• Možnost expanze i do zahraničí</li> <li>• Emisní limity pro výrobce nákladních vozidel</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Problémy se zásobováním sítě plnicích stanic při omezení výroby vodíku</li> </ul> |
|--|--|

### 3.1.3 Městská autobusová doprava

Segment městských autobusů byl jedním z prvních, na které se soukromá sféra v oblasti vodíku zaměřila. Kromě naléhavé potřeby redukce emisí ve městech a příměstských oblastech mají autobusy signální efekt, protože jsou velmi dobře viditelné. V momentě, kdy cena nízkouhlíkového vodíku dosáhne 4 eur/kg (ceny 2021), se vodík stane jako palivo konkurenceschopným vzhledem k naftě, podobně jako v silniční nákladní dopravě. K využití vodíku jakožto úložiště energie v městské autobusové dopravě je optimální přistoupit u těch výkonů, kde nelze zajistit průběžné nebo příležitostné nabíjení a požadovaný dojezd s pomocí elektro busů včetně bateriových (např. z důvodu nemožnosti výstavby nabíjecí a napájecí infrastruktury). Podle dosavadních studií a s ohledem na jiné možnosti aplikace vodíku i relativně nižší investiční náklady v prvních fázích realizace strategie povedou k výrazným úsporám emisí. Současně je většina dopravních společností ve větších městech v rukách municipalit, což usnadňuje iniciační fázi.

Vzhledem k nižšímu množství odpadního tepla u elektromotorů bývá u osobní autobusové dopravy zpravidla zřízeno topení, které je řešeno jako elektrické, nebo je zajišťováno spalováním nafty. Zůstává zatím otázkou, jak by vypadala celoroční bilance provozu vodíkových autobusů se započtením zimního období.

|   |  |
|---|--|
| <p><b>SILNÉ STRÁNKY</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bezemisní provoz</li> <li>• Kratší doba tankování</li> <li>• Existující zkušenosti a úspěšné projekty</li> <li>• Nabízí se spolupráce se zahraničními subjekty</li> <li>• Ve městě je potřeba snižování všech emisí největší</li> <li>• Náhrada nafty vodíkem vychází ekonomicky výhodněji než náhrada jiných fosilních paliv</li> <li>• Vládní návrh zákona o podpoře nízkouhlíkových vozidel prostřednictvím zadávání veřejných zakázek a veřejných služeb v přepravě cestujících</li> </ul> | <p><b>SLABÉ STRÁNKY</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Topení v zimě – vysoká energetická náročnost a nutnost dostatečně dimenzovat energetický systém vozidel</li> <li>• Vyšší pořizovací i provozní náklady a náklady na servis oproti naftovým vozidlům</li> <li>• Chybějící infrastruktura plnicích stanic</li> <li>• Omezená nabídka autobusů</li> <li>• Pro kapacitní verze vozidel (např. kloubový autobus) zatím není na trhu sériové řešení</li> <li>• Cena vodíku (náklady na dopravu a kompresi)</li> </ul> |
| <p><b>PŘÍLEŽITOSTI</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Municipality a kraje mají samy ambice snižování emisí</li> </ul>  | <p><b>HROZBY</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Snížení cen nafty</li> <li>• Problémy se zásobováním sítě čerpacích stanic při omezení výroby vodíku</li> </ul>  |

### 3.1.4 Linková a dálková autobusová doprava

Zatím menší zkušenost je s plánováním meziměstské a dálkové autobusové dopravy s vodíkovým pohonem. Platí zde určité shodné vlastnosti s dopravou městskou, avšak často v omezené míře. V případě velkých vlastníků by fungovala koordinace a škálovatelnost v závislosti na postupně budované infrastruktuře. Na rozdíl od městských linek tyto spoje většinou nespádají pod závazek veřejné služby. Jejich provoz je tedy více flexibilní, ale obecně je problematictější dosahování dotací.

Výhodou vodíkového pohonu je velký dojezd, je ale podmíněn existující dopravní infrastrukturou.

|   |   |
|---|---|
| <b>SILNÉ STRÁNKY</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Bezemisní provoz</li><li>• Delší dojezdová vzdálenost než u bateriových elektrobusů, resp. rychlejší plnění</li><li>• Z hlediska plnicích stanic by měla být v první fázi pokryta především páteřní infrastruktura (dálnice, silnice I. třídy)</li></ul>   | <b>SLABÉ STRÁNKY</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Topení v zimě</li><li>• Chybějící infrastruktura plnicích stanic</li><li>• Omezená nabídka autobusů</li><li>• Cena vodíku (náklady na dopravu a kompresi)</li></ul>  |
| <b>PŘÍLEŽITOSTI</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Rozvoj mezinárodní a přeshraniční spolupráce (návrhy na trasy Praha-Berlín, Praha-Norimberk)</li><li>• vládní návrh zákona o podpoře nízkouhlíkových vozidel prostřednictvím zadávání veřejných zakázek a veřejných služeb v přepravě cestujících</li><li>• Omezování vjezdů do městských center pro vozidla spalující fosilní paliva</li></ul> | <b>HROZBY</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Snížení cen nafty</li><li>• Závislost na infrastruktuře – v případě omezení provozu páteřní infrastruktury (D1 apod.)</li><li>• Problémy se zásobováním sítě čerpacích stanic při omezení výroby vodíku</li></ul> |

### 3.1.5 Vnitropodniková doprava (vysokozdvížné vozíky a manipulátory, komunální technika a pracovní stroje)

Vnitropodnikové využití vodíkového pohonu u vysokozdvížných vozíků má za sebou již delší historii, avšak počet podniků, které by technologii ve větší míře uplatňovaly, není vysoký. Velkou výhodou je větší dojezd vozíků než ve srovnání s vozíky poháněnými bateriemi, jednoduché a rychlé tankování. Vybudování infrastruktury pro plnění vodíkem z tlakových nádob je jednodušší než výstavba dobíjecích stanic, kde musí být dlouhodobě připojeno mnoho elektrických vozíků. Výhodu vodíkového pohonu oproti fosilním palivům je, že tyto vozíky mohou jezdit bez problémů i v uzavřených prostorech bez vypouštění znečišťujících látek. Celkové množství takto využitého vodíku není velké, ale při zapojení dostatečného množství subjektů už může hrát roli a může být zajímavým pilotním projektem.

Velký potenciál může mít do budoucna také využití v rámci flotil podniků provozujících vozidla svozu komunálního odpadu a obdobné činnosti při správě veřejného prostoru (např. úklid a údržba komunikací, odklizení sněhu, péče o zeleň, stavební práce).

|   |  |
|---|--|
| <b>SILNÉ STRÁNKY</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Bezemisní provoz</li></ul> | <b>SLABÉ STRÁNKY</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Výhody se projeví spíše u větších firem</li></ul> |
|---|--|

|   |   |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rychlé tankování je velkou výhodou při vícesměnném provozu</li> <li>• Odpadá nutnost výměny baterií, čímž se zvyšuje bezpečnost</li> <li>• Manipulace s palivovými články je velmi hygienická, a tudíž vhodná např. pro potravinářství</li> <li>• Úspora prostor ve skladech</li> <li>• Možnost jezdit venku i uvnitř</li> </ul> |   |
| <b>PŘÍLEŽITOSTI</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vhodný pilotní projekt</li> <li>• Vybudování základny v potravinářském a farmaceutickém průmyslu, kde jsou vysoké nároky na čistotu prostředí</li> </ul>   | <b>HROZBY</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bateriové vozíky s rychlým dobíjením</li> <li>• Dopad na vypouštěné emise jen při zapojení dostatečného množství subjektů</li> </ul> |

### 3.1.6 Železniční doprava

S rozvojem vodíkové železniční dopravy počítají i dosavadní strategické dokumenty v některých zemích, zejména v Německu. Zatím však neexistuje dostatečná zkušenost s takovýmto provozem, v ČR vůbec žádná. Je vhodné využít dosavadní zkušenosti a dostupná data z provozu ze zahraničí (např. Německo, Rakousko, Japonsko). Oproti silniční dopravě, kde již první společnosti vynaložily značné prostředky, se železniční vodíková doprava rozvíjí spíše ve stádiu koncepcí a plánů. Železniční společnosti však vnímají, že pokud mají v roce 2050 plnit nároky na téměř bezemisní provoz musí se náhradou stávajících dieselových jednotek a lokomotiv zabývat již nyní. Řada dopravců tak bude postupně kolem roku 2025 úplně ustupovat od poptávání železničních vozidel s dieselovým pohonem (pokud počítáme s provozem vozidla max. 30 let). Nyní se v podstatě rozvíjejí dva typy pohonu – bateriový a vodíkový. Obě technologie jsou považované za nízkoemisní a liší se pouze rozdílným typem nabíjení/plnění, výkonem nebo požadovanou dojezdovou vzdáleností a samozřejmě rozdílnými bezpečnostními předpisy. ČR disponuje jednou z nejhustších sítí železnic v Evropě, na druhou stranu jen menší část je elektrizovaná, velké rezervy jsou v severní polovině území. Vodíková železniční vozidla je vhodné nasazovat na neelektrizovaných tratích, jejichž elektrizace by vzhledem k charakteru provozu nebyla ekonomicky efektivní (např. nízký denní počet vlaků, absence nákladní dopravy) a zároveň tyto tratě ani není možné obsloužit akumulátorovými vozidly BEMU (příliš dlouhé vzdálenosti bez elektrizace). Jednou z perspektivních oblastí z hlediska nasazení vodíkových vozidel je severní část ČR, např. Liberecko, které není v současnosti napojeno na elektrizovanou železniční síť.

Významným hráčem na trhu je zde francouzský výrobce prostředků hromadné dopravy Alstom, který po zhruba dvouletých provozních zkušenostech na tratích Dolního Saska plánuje v Německu pravidelný provoz vodíkových souprav v celkovém objemu 81 milionů EUR, které by měly začít jezdit v prosinci 2021. Také ve Francii již existují první objednávky na větší množství souprav.

Zajímavou možností by mohlo být nasazení vodíkových posunovacích lokomotiv.

|  |                      |
|--|----------------------|
| <b>SILNÉ STRÁNKY</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bezemisní provoz</li> <li>• Vhodné řešení pro neelektrifikované trati</li> </ul> | <b>SLABÉ STRÁNKY</b> |
|--|----------------------|

|   |  |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Možnost dočasného použití, než bude trať elektrizována (některé trati s nízkým objemem dopravy nemá smysl elektrifikovat)</li> <li>• Delší dojezd v porovnání s akumulátorovými vozidly</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• ještě méně zkušeností v porovnání s autobusovou a nákladní silniční dopravou</li> <li>• Jen ojedinělí aktéři rozvíjejí železniční dopravu na bázi vodíku</li> <li>• Chybějící infrastruktura plnicích stanic</li> <li>• Omezená nabídka vozidel</li> <li>• Cena vodíku (náklady na dopravu a kompresi)</li> </ul> |
| <b>PŘÍLEŽITOSTI</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Synergie při současném rozvoji silniční vodíkové dopravy</li> <li>• Využití velmi husté železniční sítě v ČR</li> <li>• Výhoda použití během probíhajícího sjednocování napětí trakční soustavy</li> <li>• Zelená dohoda pro Evropu upřednostňuje železnici</li> </ul> | <b>HROZBY</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Propad zájmu o železniční dopravu</li> </ul>  |

### 3.1.7 Sportovní letadla

Zatím velmi málo využitou příležitostí je využití vodíku pro pohon sportovních letadel. U sportovních letadel se nepočítá s velkým doletem, jejich průměrná doba letu je mezi 1–2 hodinami, proto je možné použít jen menších nádrží na vodík. Letadlo s elektrickým pohonem je provozně mnohem levnější než letadlo se spalovacími motory. Elektrická letadla ale mají obrovský problém s poměrem váhy a výkonu baterií, použití vodíku by mohlo být vhodným kompromisem.

|  |   |
|--|---|
| <b>SILNÉ STRÁNKY</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bezemisní provoz</li> <li>• Výhodné použití u krátkých tratí do 1000 km</li> <li>• Možnost budování vodíkových nádrží u letišť není tolik problematická</li> <li>• Provozní náklady letadel s elektrickým pohonem</li> </ul> | <b>SLABÉ STRÁNKY</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vyšší hmotnost nádrží kvůli materiálu</li> <li>• Mnoho drobných subjektů</li> </ul> |
| <b>PŘÍLEŽITOSTI</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Malý, ale atraktivní segment</li> </ul>   | <b>HROZBY</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nová nevyzkoušená technologie</li> </ul>   |

### 3.1.8 Dopravní letadla

Větší pokrok momentálně vykazuje využití vodíku pro dopravní letadla, s vývojem tohoto typu letadel počítá především Airbus. Zatím se objevily pilotní projekty využívající výhradně vodík jako palivo pro dopravu osob nebo zboží.

|  |  |
|--|--|
| <b>SILNÉ STRÁNKY</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bezemisní provoz</li> <li>• Technologie přímého spalování vodíku v proudovém nebo turbovrtulovém motoru, který je konstrukčně podobný běžnému</li> </ul> | <b>SLABÉ STRÁNKY</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Velký objem a vysoká hmotnost nádrží</li> <li>• Cena nízkouhlíkového vodíku</li> </ul> |
|--|--|

|   |  |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Náhrada kerosinu vychází levněji</li> <li>• V říjnu 2020 odstartovalo první komerční letadlo s čistě vodíkovým pohonem</li> <li>• Komunikace s velkými leteckými společnostmi</li> </ul> |  |
| <b>PŘÍLEŽITOSTI</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vyjednávání dalších podmínek s velkými leteckými společnostmi po koronavirové krizi</li> </ul>   | <b>HROZBY</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pokles zájmu o leteckou dopravu nebo restriktivní opatření jednotlivých zemí</li> </ul> |

### 3.1.9 Lodní říční doprava

Lodě pro říční dopravu mohou využívat palivových článků, přičemž vodík by mohl být vyráběn solárními panely, popřípadě za využití větrné energie, přímo na palubě lodí. Zatím však existují minimální zkušenosti s tímto typem pohonu. O krok dále je již námořní doprava na vodík, první loď poháněná palivovými články již fungují. S výhodou lze provozovat hybridní lodě, které využívají vodík vyrobený z OZE v době slunečního svitu. V době, kdy loď nepluje, je možné energii využít například na čištění a úpravu vody apod.

|  |  |
|--|--|
| <b>SILNÉ STRÁNKY</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bezemisní provoz</li> <li>• Možnost výroby v místě spotřeby (velké lodi)</li> </ul>  | <b>SLABÉ STRÁNKY</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• V ČR nevelký potenciál, limitovaný říční sítí, vodními nádržemi a nutnou dostavbou infrastruktury pro lodní dopravu</li> </ul> |
| <b>PŘÍLEŽITOSTI</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Atraktivní pilotní projekt</li> <li>• Vzhledem k malému počtu lodí by bylo možné poměrně snadno transformovat většinu této dopravy</li> <li>• Rozvoj zájmu v oblasti sdílené ekonomiky a pozitivní dopad na udržitelnost a rozvoj cestovního ruchu</li> </ul> | <b>HROZBY</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pokles zájmu o lodní dopravu</li> <li>• Prudký rozvoj dalších alternativních paliv (metanol)</li> </ul>                               |

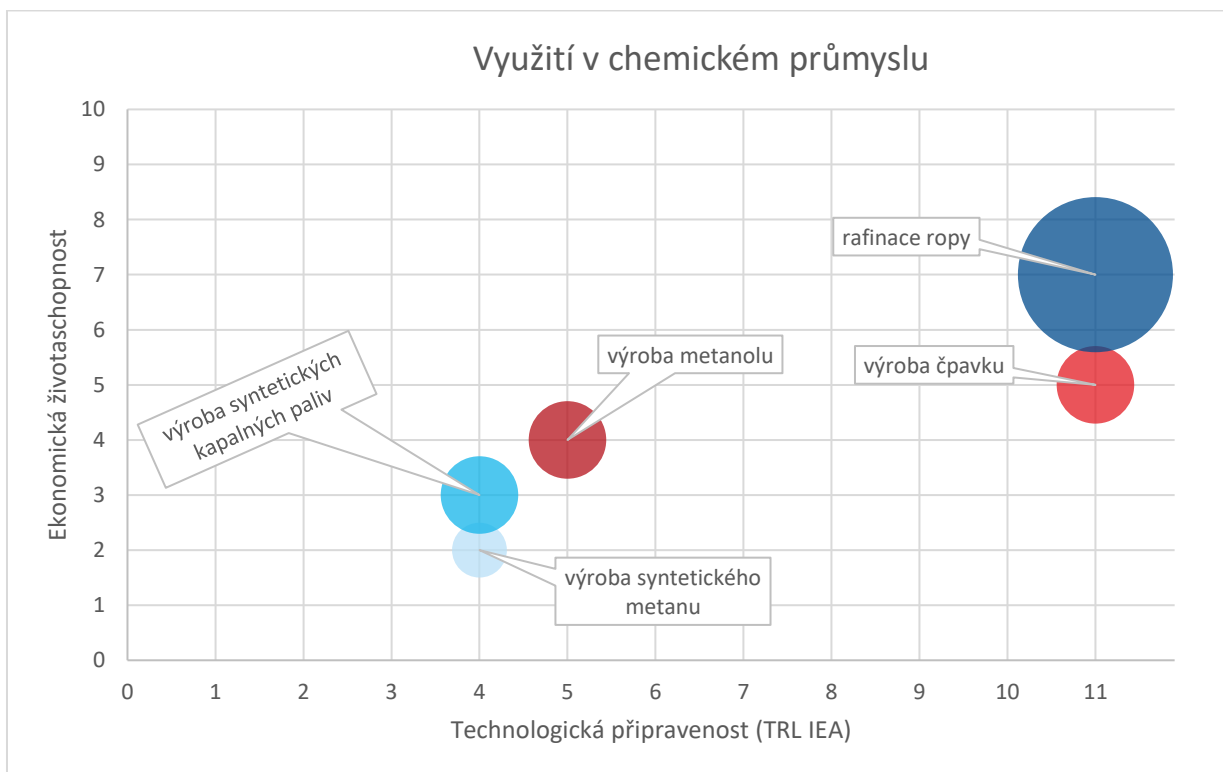
### 3.1.10 Spalování vodíku ve spalovacích motorech

Alternativou k využití vodíku v palivových člancích je jeho přímé spalování v motorech. Určitou výhodou představuje fakt, že spalovací motor je zaběhnutou technologií a kompletní zařízení se tak nemusejí významně přestavovat. Ve srovnání s jinými palivy má vodík širokou oblast hořlavosti (4–75 % objemu). Díky tomu lze vodík spalovat v širokém rozmezí poměru vzduch/palivo, a tedy i jako velmi chudou směs. Dílčí či drobné technologické úpravy jsou ovšem pro přechod na vodíkové palivo nevyhnutelné. Zásadními nevýhodami jsou zatím výrazně nižší účinnost, nežádoucí emise NOx a také nižší životnost motoru. Z energetického hlediska není výhodné vodík spalovat – poměr výhřevnost/spalné teplo u vodíku je 0,83, při oxidaci vodíku ve spalovacích motorech vzniká pára, která odvádí 17 % tepelné energie vodíku (*Chemické listy*). V dopravě se delší dobu využitím vodíku ve spalovacích motorech experimentálně zabývala automobilka Mazda. Ve stacionárních aplikacích by se mohlo jednat o použití za podmínek, že by po přechodnou dobu fungovalo stávající zařízení v provozech, které není možné.

|   |   |
|---|---|
| <p><b>SILNÉ STRÁNKY</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Přechodné řešení pro existující motory bez zásadních technologických úprav</li> <li>• Možnost spalování směsí paliv, jako CNG/LPG a vodíku</li> <li>• Lze spalovat chudší směs než u fosilních paliv a nižší energie zážehu</li> </ul> | <p><b>SLABÉ STRÁNKY</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nízká účinnost – malá objemová výhřevnost</li> <li>• Omezená životnost (komplikace s větším tepelným namáháním povrchu válců)</li> <li>• Vyžaduje konstrukční úpravy motoru</li> <li>• Vznikají emise NOx</li> </ul> |
| <p><b>PŘÍLEŽITOSTI</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• U stacionárních aplikací možné použití jako záložních zdrojů</li> </ul>   | <p><b>HROZBY</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mnohem vyšší efektivnost palivových článků</li> </ul>   |

### 3.2 Chemický průmysl

Chemický průmysl je v současnosti největším výrobcem i spotřebitelem vodíku. V současnosti vyráběný vodík v ČR se nedá označit za nízkouhlíkový, protože se vyrábí převážně parním reformingem ze zemního plynu bez zachytávání CO<sub>2</sub>. Ani vodík vyráběný elektrolýzou pomocí elektřiny ze sítě, není možné, kvůli stávajícímu energetickému mixu, označit za bezemisní. V chemickém průmyslu je možné poměrně rychle, jen s minimálními náklady na změnu technologií, využít velké množství bezemisního vodíku. Největší brzdou je ale cena a dostupnost nízkouhlíkového vodíku.



#### 3.2.1 Výroba čpavku

Čpavek (amoniak) je jednou z nejvíce vyráběných anorganických chemikálií. Po celém světě se vyrábí celkem 190 milionů tun čpavku ročně (OECD). Typické moderní zařízení na výrobu čpavku nejprve přeměňuje zemní plyn, LPG nebo ropnou naftu na plynný vodík. Způsob výroby vodíku z uhlovodíků je znám jako parní reformování. Vodík se poté spojí s dusíkem za vzniku čpavku procesem Haber-Bosch.



V rámci chemické výroby tvoří a pravděpodobně i nadále bude tvořit výroba čpavku zdaleka nejvyšší podíl na spotřebě vodíku. Účinnost syntézy se pohybuje do 60 % (*web.natur.cuni/anorchem*).

Nejširší využití čpavku představuje výroba umělých hnojiv. Čpavek nicméně může sloužit jako dočasná forma uchování energie, kdy je z něj dalším procesem zpětně získán vodík jako palivo. Čpavek vykazuje lepší vlastnosti (nižší objem a nižší tlak potřebný ke zkapalnění) pro transport. Objevují se úvahy o přímém využití čpavku jako paliva. Existuje jistá historická zkušenost z období druhé světové války s jeho přímým spalováním, dnes se objevují čpavkové palivové články pro velké lodě a tankery.

|   |  |
|---|--|
| <p><b>SILNÉ STRÁNKY</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lze s výhodou spojit s procesem výroby vodíku</li> <li>• Snazší transport čpavku</li> </ul>  | <p><b>SLABÉ STRÁNKY</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nízká účinnost syntézy (max. 60 %)</li> <li>• Toxicita čpavku</li> <li>• Čpavek zapáchá</li> </ul>  |
| <p><b>PŘÍLEŽITOSTI</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Více možností dalšího použití čpavku jako nosiče vodíku</li> <li>• Čpavkové články</li> </ul> | <p><b>HROZBY</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zemědělský sektor v EU počítá s výrazným omezením využití čpavku po roce 2030</li> <li>• Největším světovým producentem čpavku je Čína</li> <li>• Pokud taxonomie neumožní využití vodíku z jiných zdrojů než OZE a jádra, nebude náhrada v průmyslu ekonomicky výhodná</li> </ul> |

### 3.2.2 Rafinace ropy

Vodík je využíván ve stávajících procesech také v procesu hydrogenační rafinace ropy. Při odsíření destilované naftové frakce se směs smísí s vodíkem a zahřeje na asi 350 °C, kdy za přítomnosti kovových katalyzátorů vodík reaguje se sloučeninami síry, dusíku a kyslíku, přičemž vzniká sirovodík, čpavek a voda (*petroleum.cz, oenergetice.cz*).

V současnosti je zpracovávána ropa i v kvalitě, v jaké by před několika dekádami zpracovávána vůbec nebyla. Všechny světové rafinérie jsou tudíž nuceny využívat ropu různé kvality s různým obsahem uhlovodíků a s větším množstvím různých škodlivin. Na to lze reagovat neustálými změnami výrobní technologie – jednou z možností je přidávání vodíku v určitých fázích procesu. Je však nutné, aby takový vodík byl nízkouhlíkový, pokud chceme dosáhnout redukce skleníkových plynů.

|  |   |
|--|---|
| <p><b>SILNÉ STRÁNKY</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Jednoduchá, ověřená a sto let fungující technologie</li> </ul>          | <p><b>SLABÉ STRÁNKY</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nízkouhlíkový vodík je dražší než standardně používaný vodík</li> <li>• V některých případech není jasné, jak je možné započítat úsporu emisí použitím nízkouhlíkového vodíku</li> </ul> |
| <p><b>PŘÍLEŽITOSTI</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Jednoduchá cesta ke snížení celkových emisí u benzínu a nafty</li> </ul> | <p><b>HROZBY</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pokles zájmu o ropu</li> <li>• Pokud taxonomie neumožní využití vodíku z jiných zdrojů než OZE a jádra,</li> </ul>  |

|  |  |
|--|--|
|  | nebude náhrada v průmyslu ekonomicky výhodná |
|--|--|

### 3.2.3 Výroba metanolu

Kromě výroby syntetického metanolu k dalšímu použití v chemickém průmyslu se objevila také možnost přímého využití metanolu v palivových člancích. Metanol se běžně vyrábí ze syntézního plynu, který se dosud získával ze zemního plynu, a to pomocí páry a autotermální reformace. Nové způsoby výroby umožňují vytvořit syntetický plyn částečnou oxidací zemního plynu, která negeneruje žádné emise CO<sub>2</sub>. Následné kroky, jako je syntéza metanolu a destilace, je možné provést téměř beze změny. Aby se zajistilo, že uhlík obsažený v CO<sub>2</sub> se neztratí a že může být znovu použit pro syntézu metanolu, je nutné CO<sub>2</sub> přivést zpět na začátek procesu, k čemuž je potřeba dodatečný vodík.

|   |  |
|---|--|
| <p><b>SILNÉ STRÁNKY</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Výrazné snížení emisí při použití nízkouhlíkového vodíku</li> <li>• Metanol se jednodušeji přepravuje, protože za normální teploty a tlaku je kapalný</li> </ul> | <p><b>SLABÉ STRÁNKY</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Spalování metanolu ve spalovacích motorech není příliš efektivní</li> <li>• Metanol přispívá k provoznímu poškození dílů</li> <li>• Využití metanolu v palivových člancích je zatím drahou technologií a není příliš vyzkoušené</li> <li>• Toxicita metanolu</li> </ul> |
| <p><b>PŘÍLEŽITOSTI</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kombinace metanolu a palivových článků by mohla být ideální kombinace pro pohon vozidel</li> </ul>  | <p><b>HROZBY</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pokud taxonomie neumožní využití vodíku z jiných zdrojů než OZE a jádra, nebude náhrada v průmyslu ekonomicky výhodná</li> </ul>   |

### 3.2.4 Výroba syntetického metanu

Z nízkouhlíkového vodíku a zachyceného CO<sub>2</sub> můžeme vyrábět syntetický metan. Tento metan je z hlediska emisí hodnocen podobně jako biometan vyrobený z odpadu. Syntetický metan se lépe skladuje a dopravuje než vodík, může se také přímo bez omezení přidávat do zemního plynu v plynárenské soustavě. Výroba syntetického metanu je ale za současného stavu finančně náročná. Výroba syntetického metanu stojí mnohonásobně více než konvenční metan (zemní plyn), přičemž, s výjimkou uhlíkové stopy, má zcela stejné užité vlastnosti jako normální zemní plyn. S budoucím očekávaným trendem snížení výrobních nákladů na vodík budou klesat i náklady na výrobu syntetického metanu.

|   |  |
|---|--|
| <p><b>SILNÉ STRÁNKY</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Výrazné snížení emisí (při použití nízkouhlíkového vodíku)</li> <li>• Uchování energie (nízká teplota samovznícení)</li> </ul> | <p><b>SLABÉ STRÁNKY</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nízká účinnost – energetické ztráty kolem 30 %</li> <li>• Z dnešního pohledu vysoké výrobní náklady</li> <li>• Nutnost mít levný CO<sub>2</sub> zachycený v jiných procesech</li> </ul> |
|---|--|

|   |  |
|---|--|
| <p><b>PŘÍLEŽITOSTI</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Velmi nízké investice do infrastruktury – lze využít existující plynárenskou infrastrukturu (přeprava i skladování) a stávající koncové spotřebiče</li> </ul> | <p><b>HROZBY</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nástup cenově efektivnějších zdrojů</li> </ul> |
|---|--|

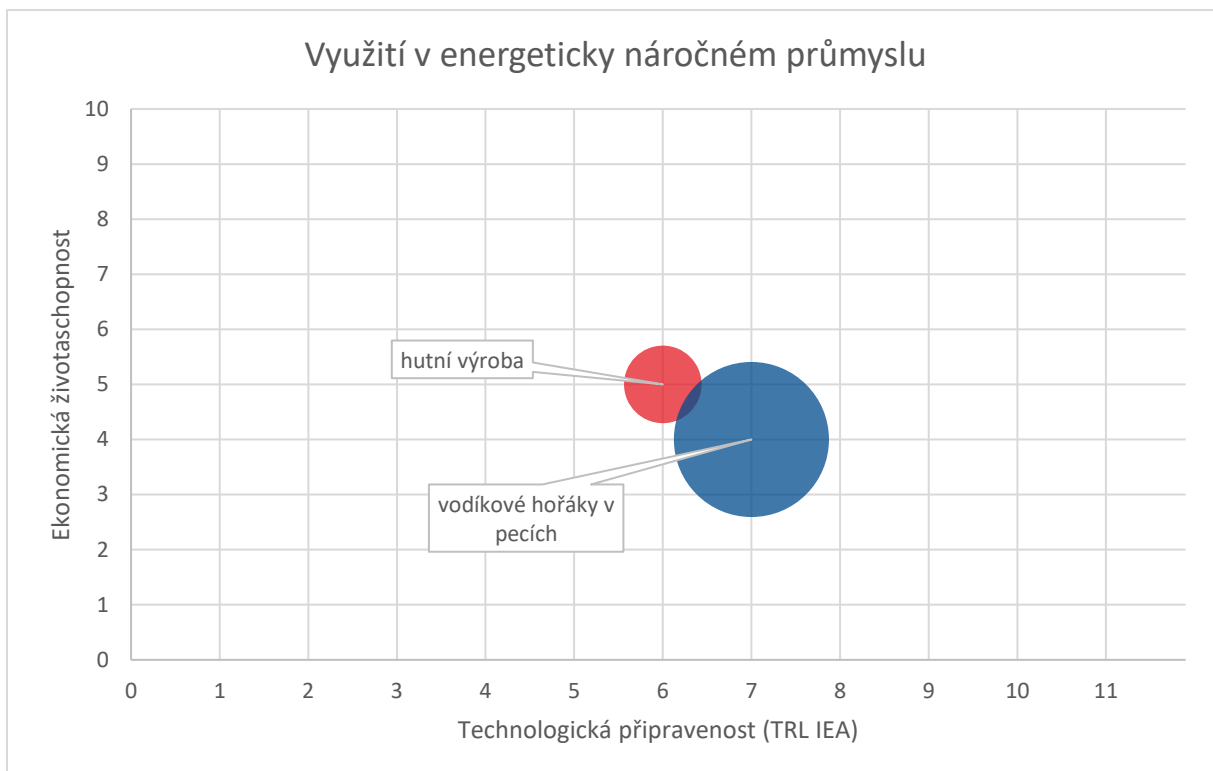
### 3.2.5 Výroba kapalných syntetických paliv

Předností syntetických paliv je jejich nízká emisní stopa. Zařízení na výrobu syntetických paliv vyžadují velmi vysoké investiční náklady (technologie). Jako vstup vyžadují nízkouhličkovou elektřinu, vodu a CO<sub>2</sub>. Velkou výhodou kapalných syntetických paliv je jejich vysoký energetický obsah a snadná manipulace, protože jsou za normálního tlaku a teploty kapalinou. Můžeme s nimi pracovat stejně jako s naftou nebo benzínem. Dají se využívat ve standardních spalovacích motorech nebo leteckých turbínách. Právě použití v letecké dopravě může být oblast potencionálního rozvoje pro syntetická paliva. Takto vyrobené syntetické uhlovodíky mohou být i vstupní surovinou pro další chemické zpracování. Obrovskou nevýhodou je ale jejich vysoká cena. Je možné také uměle vyrábět uhlovodíky s krátkým řetězcem, které budou za normální teploty a tlaku plynné. Ty v této strategii nebudeme zahrnovat do kategorie syntetických paliv. Také metanol, který je možné považovat za syntetické palivo, máme popsán v samostatném odstavci.

|  |  |
|--|--|
| <p><b>SILNÉ STRÁNKY</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rychlý efekt snížení emisí – není třeba budovat novou infrastrukturu</li> <li>• Neobsahují nežádoucí příměsi</li> <li>• Snadná přeprava paliv (využití stávající infrastruktury)</li> <li>• Dekarbonizace výroby plastů</li> <li>• Nevyžaduje zásadní dodatečné investice na straně spotřebitele</li> </ul> | <p><b>SLABÉ STRÁNKY</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vysoké investiční náklady</li> <li>• Malá zkušenost</li> <li>• Ztráty (nižší efektivita výroby paliva a nižší efektivita spalování)</li> <li>• Vysoká cena</li> </ul> |
| <p><b>PŘÍLEŽITOSTI</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Snadná náhrada fosilních paliv v dopravě a letectví</li> </ul>   | <p><b>HROZBY</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Snížení poptávky po palivech tohoto typu</li> </ul>  |

### 3.3 Průmysl

Velká část emisí skleníkových plynů pochází ze spalování fosilních paliv (převážně uhlí a zemní plyn), která jsou využita v průmyslu pouze k výrobě tepla. Vodík může být jednoduchou náhradou těchto paliv. V tomto případě je největším omezením cena vodíku a jeho dostupnost. Technologické problémy spojené se změnou paliva v kotlích jsou relativně řešitelné.



### 3.3.1 Hutní výroba

Výroba oceli by měla vzhledem k očekávané rostoucí poptávce dále celosvětově narůstat, proto lze předpokládat i stálou či zvyšující se potřebu vodíku jako redukčního činidla v procesu výroby oceli, kdy může nahradit uhlík v podobě koksu. V ČR je ročně vyprodukováno asi 5 milionů tun oceli. Doposud je k výrobě využíván koks z černého uhlí či mleté černé uhlí (technologie PCI). Jako doplňkové palivo se v procesu v malém množství používá také zemní plyn. Možnost výroby oceli přímou redukcí rud zemním plynem je v evropských zemích takřka vyloučená vzhledem k jeho velmi vysoké spotřebě (většinou se technologie používá v arabských státech s bohatými ložisky zemního plynu). Při výrobě tuny tekutého kovu lze tímto postupem ušetřit minimálně 1 t CO<sub>2</sub>. Spotřeba vodíku na výrobu tuny oceli se předpokládá cca 90 kg, což by při výrobě 5 milionů t oceli znamenalo spotřebu 360 tis. t vodíku za rok. Vzhledem k rostoucímu tlaku na dekarbonizaci odvětví je třeba ve strategii s tímto scénářem počítat.

|   |  |
|---|--|
| <p><b>SILNÉ STRÁNKY</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Nízkouhlíková náhrada černého uhlí je naprosto zásadní výhodou, jak z hlediska emisí, tak z hlediska budoucího ukončení těžby uhlí.</li> </ul>   | <p><b>SLABÉ STRÁNKY</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Zatím stále nízká cena černého uhlí</li> <li>Potřeba velkého množství vodíku</li> <li>Dostupnost nízkouhlíkového vodíku</li> <li>Cena nízkouhlíkového vodíku</li> </ul> |
| <p><b>PŘÍLEŽITOSTI</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Transformace hutního průmyslu</li> <li>Využití energie vodíku k produkci vysoko potenciálního (technologické procesy) a nízko potenciálního (vytápění a ohřev vody) tepla – pára, elektřina, horká a teplá voda, dmýchaný a stlačený vzduch, průmyslová voda</li> </ul> | <p><b>HROZBY</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Ukončení hutní výroby</li> <li>Přesun výroby do zemí s méně přísnými ekologickými limity</li> </ul>  |

### 3.3.2 Využití vodíku k výrobě tepla (vodíkové hořáky v pecích)

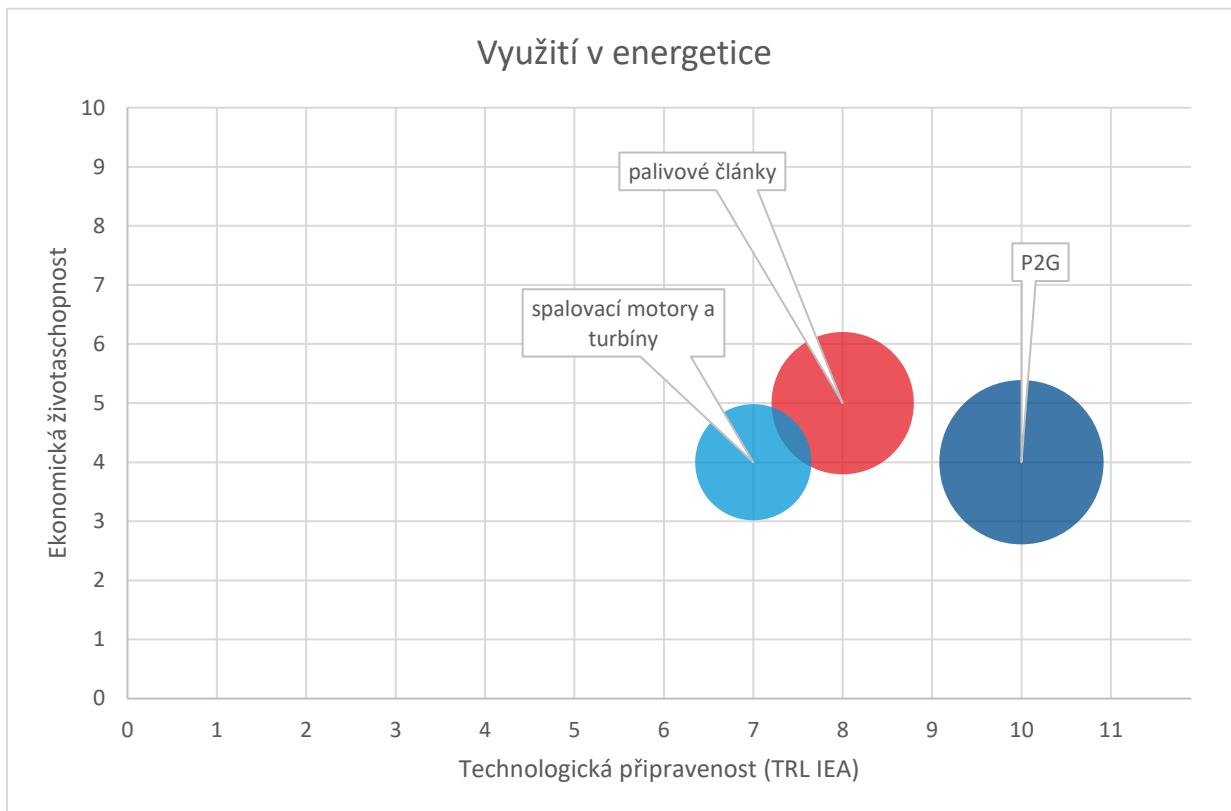
V některých zemích se objevují předpoklady využít vodík jako palivo pro spalování v pecích na výrobu cihel, vápna, cementu a keramiky. Zatím neexistují četné praktické zkušenosti s tímto postupem, nicméně výhodou může být snížení emisí ve výrobních procesech, které by se jinak nedaly dekarbonizovat. Je ale nutné si uvědomit, že například při výrobě vápna a cementu vznikají i procesní emise (2/3 celkových emisí), takže ani použití vodíku nám v těchto případech nesníží emise skleníkových plynů na nulu.

|  |   |
|--|---|
| <b>SILNÉ STRÁNKY</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Snížení emisí</li></ul>   | <b>SLABÉ STRÁNKY</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Nižší výhřevnost</li><li>• Vysoká cena nízkouhlíkového vodíku</li><li>• Neodstraní se procesní emise</li></ul> |
| <b>PŘÍLEŽITOSTI</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Snížení emisí v odvětvích, které by se jinak velmi těžko dekarbonizovaly</li></ul> | <b>HROZBY</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Útlum výroby stavebních materiálů</li><li>• Bezpečnostní rizika skladování velkého množství vodíku</li></ul>          |

### 3.4 Energetika

Energetika byla jednou z prvních oblastí, kde se uvažovalo o využití vodíku. Jeho hlavní role by byla při využívání přebytků elektrické energie vyrobené v solárních a větrných elektrárnách. Takto vyrobený proud by bylo možné přeměnit na vodík, který by se vtlačel do potrubí se zemním plynem, aby snížil jeho emisní stopu. V současnosti se pracuje na technologiích, kdy by energie vyrobená z obnovitelných zdrojů mohla být uložena do vodíku a z něj pak opět vyrobena elektrická energie. Tento proces ukládání energie (elektřina -> vodík -> elektřina) je sice velmi škálovatelný, ale má nízkou účinnost. Očekáváme, že s vývojem nových technologií se tato účinnost může dále zvýšit. Celková účinnost procesu se zlepší, pokud bychom našli vhodné využití pro teplo, které při tomto procesu vzniká.

Nalezení řešení pro skladování energie v měřítku elektrizačních soustav je pro budoucnost obnovitelné energie rozhodující. 94 % veškeré současné akumulací kapacity jsou přečerpávací vodní elektrárny, ty včetně baterií, setrvačnicků a dalších technologií mají své nedostatky a žádná z nich prozatím není schopna nabídnout uspokojivé řešení v dostatečném měřítku a skladovat efektivně velké množství energie v sezonním režimu léto a zima.



### 3.4.1 Power to Gas (P2G)

Proces Power to Gas slouží k transformaci elektrické energie na chemickou, která je vázána v plynech, které jsou pak použitelné jako médium. Dochází tak k propojení elektroenergetiky a plynárenství. Prvním krokem je vždy výroba vodíku pomocí elektrolýzy. Z 1 GWh elektřiny je tak možné vyrobit téměř 18 tun vodíku za použití 159 m<sup>3</sup> vody.

Takto vyrobený vodík je možné přidávat do potrubí se zemním plynem. Na základě výzkumů v zahraničí je možné bez problémů vtlačet vodík až do množství 2 % do zemního plynu. Vtláčení vodíku, snižuje uhlíkovou stopu při spalování zemního plynu, na druhou stranu ale zhoršuje výhřevnost zemního plynu, protože vodík má při stejném tlaku zhruba třetinovou výhřevnost. Vzhledem k tomu, že v ČR nemáme žádné přebytky obnovitelné energie, které bychom nebyli schopni uplatnit přímo v elektrické síti, není tato technologie u nás zatím příliš perspektivní. Zároveň bychom ji v ČR měli vyzkoušet a na základě výsledků uzpůsobit příslušné normy, abychom například byli připraveni na zemní plyn obsahující přidaný vodík, který k nám může přijít ze zahraničí. Jakýkoliv vyrobený nízkouhlíkový vodík budeme pravděpodobně zužitkovávat efektivněji v dopravě nebo chemickém průmyslu než jako vodík přidávaný do plynárenské soustavy.

| SILNÉ STRÁNKY   | SLABÉ STRÁNKY   |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Použití ke stabilizaci přenosové soustavy</li> <li>• Zvyšující se účinnost</li> <li>• Velmi nízká uhlíková stopa</li> <li>• Jednoduchý postup, jak uplatnit přebytky nízkouhlíkového vodíku</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Doposud jen pilotní projekty</li> <li>• V ČR není k dispozici dostupný žádný nízkouhlíkový vodík, který bychom mohli ve větším měřítku vtlačet plynárenské soustavy</li> </ul> |

|   |  |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vtláčení je možné provádět na mnoha místech plynárenské sítě, místa výroby vodíku je tak možné umístit blízko plynárenské soustavy</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ekonomická účinnost závisí na nízké ceně elektřiny</li> <li>• Potřeba vhodného umístění v dosahu dostatečného elektrického a plynového připojení a zdroje vody</li> </ul> |
| <p><b>PŘÍLEŽITOSTI</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Strategický význam P2G přisuzují Německo a Rakousko, které s touto technologií mají větší zkušenost. Nabízí se zde potenciál spolupráce, o kterou je, minimálně ze strany Německa, zájem.</li> <li>• Levný způsob, jak dostat vodík do oběhu</li> </ul> | <p><b>HROZBY</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Málo efektivní využití vyrobeného nízkouhlíkového vodíku</li> </ul>  |

### 3.4.2 Využití vodíku ve spalovacích motorech a turbínách pro výrobu elektřiny a tepla

V prvních provezech již existují turbíny spalující vodík, ale v komerčním provozu jejich použití zatím vzbuzuje pochyby, a to především kvůli nízké celkové účinnosti dané nízkou výhřevností vodíku. Dosavadní vývoj vodíkových turbín ukazuje, že je možné konstruovat a vyrábět turbíny pro různé směsi vodíku a zemního plynu, které mohou fungovat jako vodíkové od 0 % do 100 %. Podobně je možné vyrábět elektrickou energii v upravených spalovacích motorech, do kterých se přivádí vodík.

Hyflexpower je projekt financovaný Evropskou komisí jako součást rámcového programu pro výzkum a inovace Horizon 2020. Na jeho realizaci se podílí konsorcium tvořené společnostmi Engine Solutions, Siemens, Centrax, Arttic, Německým střediskem pro letectví a kosmonautiku (DLR) a čtyřmi evropskými univerzitami. Experimentální elektrárna ve Francii počítá v rámci projektu s úsporou 65 tisíc tun CO<sub>2</sub> ročně (*Hyflexpower*).

Spálením 1 kg vodíku ve stejném technologickém zařízení, kde je spalován zemní plyn, se ušetří zhruba 6,7 kg CO<sub>2</sub> (*HYTEP*).

|   |  |
|---|--|
| <p><b>SILNÉ STRÁNKY</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Technologie často umožní do turbín a motorů postupně dodávat malé množství vodíku ve směsi se zemním plynem a postupně jej navyšovat</li> <li>• Poměrně vysoké snížení emisí CO<sub>2</sub></li> </ul> | <p><b>SLABÉ STRÁNKY</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nízká energetická účinnost</li> <li>• Cenově budou nadále konkurovat ostatní zdroje</li> </ul>    |
| <p><b>PŘÍLEŽITOSTI</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Náhrada stávajících turbín na zemní plyn a postupné snižování emisní stopy</li> </ul>   | <p><b>HROZBY</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Prudký rozvoj palivových článků, které přinášejí vyšší efektivitu přeměny vodíku na elektřinu</li> </ul> |

### 3.4.3 Využití vodíku ve stacionárních palivových článcích pro výrobu elektřiny a tepla

Na trhu se objevují technologie stacionárních palivových článků, které umožňují přiváděný vodík transformovat na elektrickou energii a teplo. Většina vytvořené energie je ve formě elektřiny. Tento způsob je mnohem efektivnější než spalování vodíku v plynových turbínách. Toto řešení je vhodné tam,

kde jsou lokální zdroje nízkouhlíkového vodíku, který je možné pak využívat přesně v okamžicích, kdy je energie potřeba.

Podobné stacionární palivové články se využívají i pro zemní plyn.

|   |  |
|---|--|
| <b>SILNÉ STRÁNKY</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Vysoká účinnost</li><li>• Hlavně k výrobě energie</li><li>• Tichý chod a žádné emise and rámec výroby vodíku</li></ul> | <b>SLABÉ STRÁNKY</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Nová technologie</li><li>• Nutnost přivést vodík na místo spotřeby</li><li>• Omezení maximální dodávky elektrické energie kapacitou palivového článku</li></ul> |
| <b>PŘÍLEŽITOSTI</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Efektivní výroba elektřiny a tepla podle požadavku na místě</li></ul>   | <b>HROZBY</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Cenové srovnání s přímými dodávkami nízkouhlíkový elektrické energie</li></ul>   |







## 4 VODÍKOVÉ TECHNOLOGIE<sup>9</sup>

V ČR může být v souvislosti s rozvojem využití vodíku nastartována také výroba technologických komponent a celých zařízení. Ty mohou pokrývat různé části vodíkového životního cyklu, od výroby přes distribuci ke spotřebě. Pokud se české subjekty zaměří na rozvoj technologií, budou se spíše orientovat na jednotlivé komponenty, patrně ty, které naváží na českou strojírenskou tradici. Někde již výroba začala (tlakové láhve), někde se o ní uvažuje (součástky pro palivové články, ventily nebo celé palivové články). České podniky se pozvolna zapojují i do mezinárodní spolupráce v oblasti vodíkových technologií.

Je třeba si uvědomit, že vodíkové technologie s sebou nesou i řadu souvisejících technologických výzev, a to zejména pro měřicí zařízení, bezpečnostní technologie, různé typy baterií, čerpadel či součástí zařízení.

Pokud lze někde předpokládat výrobu celků, mohly by to být, s ohledem na tradici ČR ve výrobě autobusů, osobních nebo nákladních automobilů. Taková výroba však nese značné nejistoty a nutnost vysokých počátečních investic, navíc bude zpočátku nutně čelit výrazné konkurenci ze zahraničí, zejména z Asie.

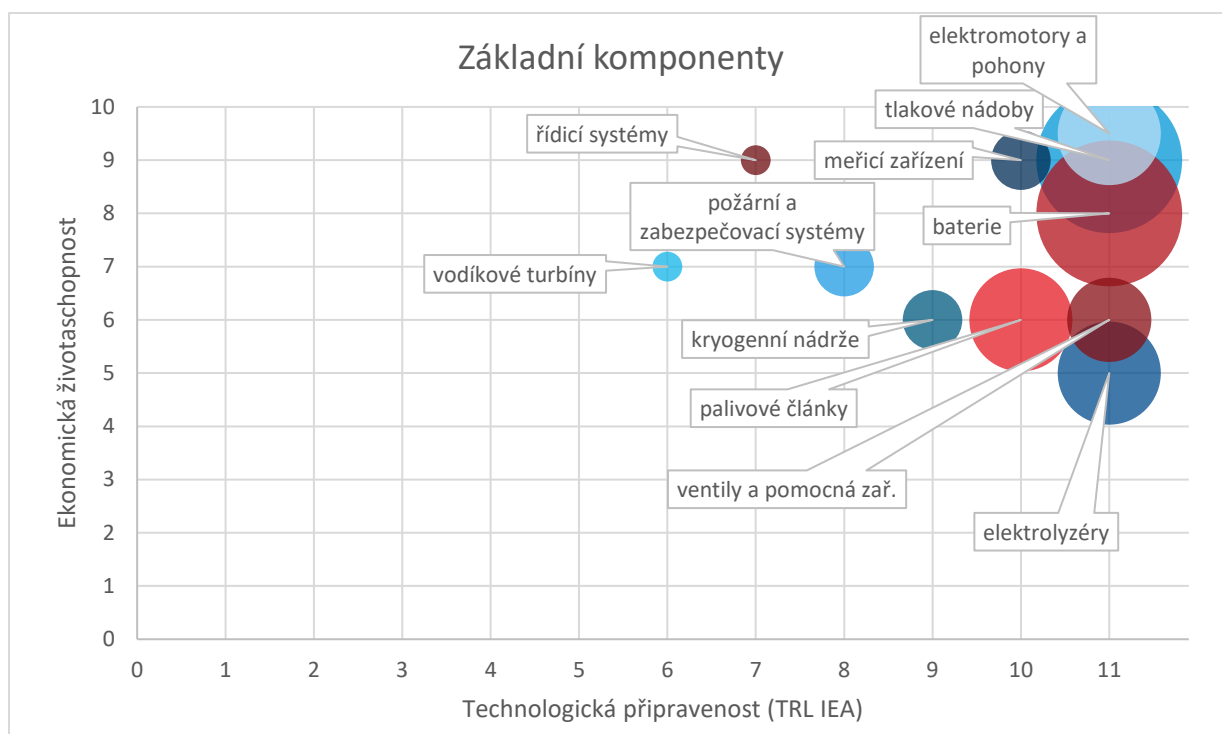
Výhodou výroby integrovaných zařízení je možnost sladění jednotlivých komponent ve funkční celek. Výrobci komponent často vyčkávají na technologická řešení navazujících částí a vyvíjí je přímo na míru.

Vodíkové technologie patří ke špičkovým zařízením, jejichž výroba vyžaduje velké množství výzkumu, vývoje a inovací. Výroba těchto technologií je možná jen v případě, že budeme mít rozvinout výzkumnou a vývojovou základnu. Je nutné efektivně propojit práci výzkumných organizací, vysokých škol a výrobních podniků. Vhodné programy podpory jsou uvedeny v Příloze 5.

Je potřebné, aby jednotlivé komponenty či přímo celky byly v ČR dostupné a cenově přijatelné. Sekundárním cílem potom je, aby co nejvíce součástí bylo vyráběno buď v ČR, nebo se české subjekty podílely na jejich vývoji. Jedině tak bude zajištěno, že ČR zůstane mezi zeměmi do určité míry aktivně ovlivňujícími technologický pokrok v oblasti vodíku.

---

<sup>9</sup> Podrobný popis metody, kterou byla analýza vypracována, je uveden na začátku přílohy 1 .



## 4.1 Základní komponenty

### 4.1.1 Elektrolyzéry

Evropská komise předpokládá v rámci Evropské vodíkové strategie do roku 2030 instalovat elektrolyzéry o výkonu 40 GW. Doposud nejvíce elektrolyzérů je čínské výroby. Čína je schopna produkovat elektrolyzéry výrazně levněji, až s pětinovými náklady. Také evropský trh by ale v budoucnu mohl profitovat z úspor z rozsahu při zavedení sériové výroby elektrolyzérů.

Existují tři hlavní způsoby elektrolýzy: PEM, alkalické a vysokoteplotní. PEM elektrolyzéry jsou vhodnější k provozu při využívání elektřiny z obnovitelných zdrojů. Jejich spuštění a zastavení je rychlejší než v případě alkalických elektrolyzérů. Výhodou je flexibilita provozních teplot PEM elektrolyzérů, které se pohybují do 90 °C. Alkalické elektrolyzéry vyžadují teplotu 80 °C a elektrolyzéry s články s pevnými oxidy až 900 °C.

V případě přerušované a nestabilní výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů je toto zásadní výhodou.

|   |   |
|---|---|
| <p><b>SILNÉ STRÁNKY</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elektrolýza je podstatnou cestou výroby vodíku z OZE</li> <li>• Požadavky na nové elektrolyzéry budou velmi rychle růst</li> </ul> | <p><b>SLABÉ STRÁNKY</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vysoká cena elektrolyzérů vyráběných v Evropě a USA</li> </ul> |
| <p><b>PŘÍLEŽITOSTI</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Při výrazném rozvoji OZE možnost soustředit se v rámci EU na PEM elektrolyzéry</li> </ul>   | <p><b>HROZBY</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Konkurenční výroba hlavně v Číně</li> </ul>                           |

#### 4.1.2 Palivové články

Palivové články umožňují bezemisní výrobu elektrické energie. Množství emisí v celém cyklu je ale závislé na zdroji a způsobu, z něhož je vyroben vodík. Celková účinnost cyklu bývá nejčastěji odhadována na 26 %.

Mezi omezení palivových článků patří pomalý náběh, nízký výkon, zdlouhavá reakce na požadavek změny výkonu, nízká odolnost vůči zátěži, malý rozsah výkonu, krátká životnost a vysoké náklady. Podobně jako u baterií se i u palivových článků jejich výkon časem snižuje a soubor článků postupně ztrácí účinnost (obzvláště je to patrné ve srovnání se spalovacím motorem, který účinnost prakticky neztrácí, nicméně má ji nižší od počátku).

Fungování palivového článku je možné popsat jako proces opačný k elektrolýze.

V současnosti jsou využívány zejména tyto typy palivových článků:

- Článek s polymerní membránou (PEMFC) - doprava
- Alkalický článek (AFC) - vojenské a raketové technologie

Dalšími relevantními typy jsou:

- Článek s tavenými uhlíčitany (MCFC) - nejvyšší výkon a vysoká cena
- Článek s kyselinou fosforečnou (PAFC) – optimální pro kogenerační jednotky
- Článek s tuhými oxidy (SOFC) – univerzální použití
- Článek pro přímou reakci metanolu (MCFC) - velmi nízká účinnost

Subjekty působící v Evropě zatím spatřují perspektivu zejména v článcích s tuhými oxidy (SOFC), které mají univerzální využití, a představují nejdostupnější cenové řešení.

Současné palivové články potřebují vyšší provozní teplotu a jsou drahé kvůli nezbytné přítomnosti platiny nebo paladia. Lze předpokládat vývoj alternativních palivových článků s mnohem nižší provozní teplotou a nižším množstvím vzácných kovů na bázi fotostimulace.

|  |  |
|--|--|
| <b>SILNÉ STRÁNKY</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Požadavky na výrobu palivových článků budou rychle růst</li><li>• Pro různé aplikace bude nutné využívat různé typy palivových článků</li></ul> | <b>SLABÉ STRÁNKY</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Palivové články jsou stále velmi drahé</li><li>• Některé technologie vyžadují při výrobě vzácné kovy</li></ul>  |
| <b>PŘÍLEŽITOSTI</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Vytvoří se asi celé odvětví související s vývojem, výrobou a údržbou palivových článků</li></ul>   | <b>HROZBY</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Při velké segmentaci trhu palivových článků hrozí propad zájmu o některé z typů</li><li>• Požadavky na výrobu palivových článků mohou dramaticky vzrůst. Firmy, které nebudou schopny dostatečně rychle na tyto požadavky reagovat, zmizí z trhu</li></ul> |

### 4.1.3 Vodíkové turbíny

Čistě vodíkové turbíny jsou zatím experimentálním zařízením spalujícím vodík a přeměňujícím jeho energii na pohyb. Hyflexpower je projekt financovaný Evropskou komisí jako součást programu Horizont 2020. Na jeho realizaci se podílí konsorcium tvořené společnostmi Engie Solutions, Siemens, Centrax, Arttic, Německým střediskem pro letectví a kosmonautiku (DLR) a čtyřmi evropskými univerzitami. Při použití turbíny SGT-400 v trvalém provozu by se tak ušetřilo až 65 000 tun CO<sub>2</sub> ročně.

Pozornost se obrací ke kombinovaným turbínám, kde může být využit vodík ve směsi se zemním plynem v rozsahu od 0 do 100 %. Mezi výrobce patří také Siemens nebo Centrax.

|  |   |
|--|---|
| <b>SILNÉ STRÁNKY</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Umožňují přímé spalování vodíku tam, kde není možné použití palivového článku</li><li>• Výrazná emisní úspora</li></ul> | <b>SLABÉ STRÁNKY</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Pouze experimentální provoz</li><li>• Nejasná účinnost</li></ul>         |
| <b>PŘÍLEŽITOSTI</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Kombinované turbíny</li></ul>  | <b>HROZBY</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Palivové články mohou díky své vyšší účinnosti ovládnout většinu trhu</li></ul> |

### 4.1.4 Elektromotory a pohony

Vodíková vozidla jsou v podstatě elektromobily s „vodíkovou baterií“ s výrazně větším objemem energie, než se vejde do klasické baterie. K vlastnímu pohonu vodíkových vozidel se pak používají elektromotory, které využívají energie vzniklé v palivových článcích.

Řada elektromotorů pro vodíkový pohon řeší technické výzvy, které spočívají ve velikosti, resp. prostoru v zařízení, výši otáček (při vysokých otáčkách se projevují konstrukční problémy). Elektromotory přímo pro vodíkový pohon bude nutné vyvíjet pro konkrétní umístění, na druhou stranu technologie výroby dokáže pružně reagovat na vývoj v jiných oblastech.

|   |  |
|---|--|
| <b>SILNÉ STRÁNKY</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Použití pro více druhů pohonu – univerzalita</li><li>• Na trhu je velké množství subjektů</li><li>• Tradice v ČR</li></ul> | <b>SLABÉ STRÁNKY</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• V případě využití vodíku je celková účinnost nižší než u jiných pohonů</li></ul>                            |
| <b>PŘÍLEŽITOSTI</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Univerzální využití výrobní linky v případě rozvoje jiné technologie</li></ul>  | <b>HROZBY</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Nástup zcela nových technologií, kde by forma elektromotoru nebyla relevantní. To ale není pravděpodobné</li></ul> |

### 4.1.5 Baterie

Baterie je nezbytnou součástí vozidla s vodíkovým nebo elektrickým pohonem. Baterie musí být vždy ve vodíkovém vozidle a slouží k rychlému vyrovnání požadavku na výkon, kdy palivový článek není schopen tak rychle reagovat. Baterie také slouží k rekuperaci elektrické energie při brždění a tím zvyšuje efektivitu provozu. Současné baterie ale mají nepříznivý poměr mezi výkonem a hmotností, proto využíváme vodík pro výrazné zvýšení dojezdu vozidel.

|  |   |
|--|---|
| <b>SILNÉ STRÁNKY</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Univerzální použití pro elektromobily, vodíkový pohon i další zařízení</li> </ul>      | <b>SLABÉ STRÁNKY</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Zatím vysoká hmotnost a krátká výdrž bez dobítí</li> <li>Pomalé dobíjení</li> <li>omezený počet dobíjecích cyklů</li> </ul> |
| <b>PŘÍLEŽITOSTI</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>V případě současného rozvoje elektromobility i vodíkových technologií výhoda</li> </ul> | <b>HROZBY</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Nedostatek materiálu pro výrobu (především dostupnost vzácných kovů)</li> </ul>  |

#### 4.1.6 Ventily a pomocná zařízení

Využití vodíku klade zvláštní požadavky na těsnost zařízení a vodík způsobuje křehkost oceli, proto je nutné na ventily, tlaková vedení a další pomocná zařízení klást speciální požadavky a jejich výroba vyžaduje přesné technologické postupy. Součástí vodíkových zařízení jako jsou elektrolyzéry a palivové články je i spousta různých čerpadel, tepelných výměníků, čističek vody a vzduchu, které představují velký potenciál pro různé výrobce.

|  |   |
|--|---|
| <b>SILNÉ STRÁNKY</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Hi-Tech výroba s vysokou přidanou hodnotou</li> </ul>  | <b>SLABÉ STRÁNKY</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Náročnost na výrobu a kvalitu legované oceli</li> <li>Potřeba speciálních znalostí a technologických postupů</li> </ul> |
| <b>PŘÍLEŽITOSTI</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Rozvoj vodíkových technologií bude vyžadovat velký počet různých pomocných zařízení.</li> <li>Velký potenciál poptávky</li> </ul> | <b>HROZBY</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Bezpečnostní aspekty</li> </ul>  |

#### 4.1.7 Tlakové nádoby

Tlakové nádoby mohou být použity jak pro stacionární uskladnění, tak pro mobilní skladování vodíku. Pro statické aplikace se obvykle používá ocelových bezešvých lahví z nízkouhlíkaté nebo legované oceli. Vyrábějí se v celé řadě objemů podle plánovaného využití. V mobilních aplikacích se obvykle používá kompozitních tlakových nádob. Vyrábějí se v objemech od desítek litrů až přibližně do 300 l. Typickým provozním tlakem je 350 bar, v nejnovějších aplikacích potom 450 až 700 bar (současný technologický limit je 1000 bar).

Láhve o délce 12 metrů s vnějším průměrem zhruba 80 centimetrů mohou sloužit jako zásobníky pro plnicí stanice vozidel s vodíkovým pohonem či jako zásobníky pro přebytečnou energii z OZE.

|   |   |
|---|---|
| <b>SILNÉ STRÁNKY</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Vyzkoušená technologie</li> <li>Zvětšující se požadavky na skladování vodíku</li> <li>Hodí se pro skladování menšího množství a nepravidelné dodávky</li> </ul> | <b>SLABÉ STRÁNKY</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Bezpečnostní aspekty</li> <li>Technologické limity (tlak, materiál, objem)</li> </ul> |
| <b>PŘÍLEŽITOSTI</b>   | <b>HROZBY</b>   |

|  |   |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• S rozvojem vodíkových technologií budou požadavky na skladování vodíku dramaticky růst</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vývoj technologií, které nebudou potřebovat ke skladování a dopravě vysokotlaký vodík</li> </ul> |
|--|---|

#### 4.1.8 Kryogenní nádrže

Kryogenní nádrže na kapalný vodík jsou další formou ukládání vodíku. Ve srovnání s tlakovými nádobami umožňují uskladňovat mnohem větší množství vodíku. Nevýhodou této technologie jsou obrovské energetické nároky na zkapalnění vodíku a jeho udržování na extrémně nízké teplotě. Při skladování vodíku v kapalné podobě také dochází k jeho postupnému odpařování.

|  |   |
|--|---|
| <b>SILNÉ STRÁNKY</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Možnost uskladnit velké množství vodíku</li> </ul>   | <b>SLABÉ STRÁNKY</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bezpečnostní aspekty</li> <li>• Energetická náročnost skladování vodíku v kapalném stavu</li> </ul> |
| <b>PŘÍLEŽITOSTI</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• S rozvojem vodíkových technologií budou požadavky na skladování vodíku dramaticky růst</li> </ul> | <b>HROZBY</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vývoj technologií, které nebudou potřebovat ke skladování a dopravě kryogenní vodík</li> </ul>             |

#### 4.1.9 Měřicí zařízení

Pro všestranné využití vodíkových technologií jsou nezbytné spolehlivé a účinné senzory vodíku a další měřicí zařízení. Využití vodíku v palivových článcích vyžaduje jeho vysokou čistotu, to klade velké nároky na analytické metody, které musí kontrolovat kvalitu vyráběného vodíku. Vodík, který by obsahoval příliš velké množství nečistot by způsobil trvalé poškození palivových článků. Měřicí zařízení a senzory jsou extrémně důležité pro zajištění bezpečnosti, spolehlivosti a efektivnosti provozu vodíkových zařízení.

|  |  |
|--|--|
| <b>SILNÉ STRÁNKY</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Velmi rychle se rozvíjející technologie</li> <li>• Univerzální využití v různých vodíkových procesech</li> </ul>           | <b>SLABÉ STRÁNKY</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pokročilé metody jsou zatím investičně velmi nákladné</li> </ul> |
| <b>PŘÍLEŽITOSTI</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Velmi rychle se rozvíjející oblast, bez adekvátních měřicích zařízení nebude možné vodíkové technologie rozvíjet</li> </ul> | <b>HROZBY</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Konkurence mimo Evropu</li> </ul>                                       |

#### 4.1.10 Řídící systémy

Řídící systém procesu výroby energie ze zdroje (palivový článek, nádoba, potrubí) až po kontrolu emisí je zásadním článkem v řetězci, který může ovlivňovat celkovou efektivitu a emisní úsporu. Přesné vyvážení a kontrola čistoty vstupů je u vodíkové technologie zcela zásadní. Řídící systémy jsou rozhodující přidanou hodnotou u kompletních dodávaných celků (viz dále).

|  |   |
|--|---|
| <b>SILNÉ STRÁNKY</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mohou výrazně ovlivnit efektivitu celého zařízení</li> </ul> | <b>SLABÉ STRÁNKY</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• V ČR se zatím nevyrábějí</li> <li>• Vysoké investiční náklady (výzkum)</li> <li>• Dlouhá experimentální fáze</li> </ul> |
|--|---|



|   |  |
|---|--|
| <b>PŘÍLEŽITOSTI</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zařízení nezbytná pro efektivní fungování vodíkového ekosystému</li> </ul> | <b>HROZBY</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Konkurence mimo Evropu</li> </ul> |
|---|--|

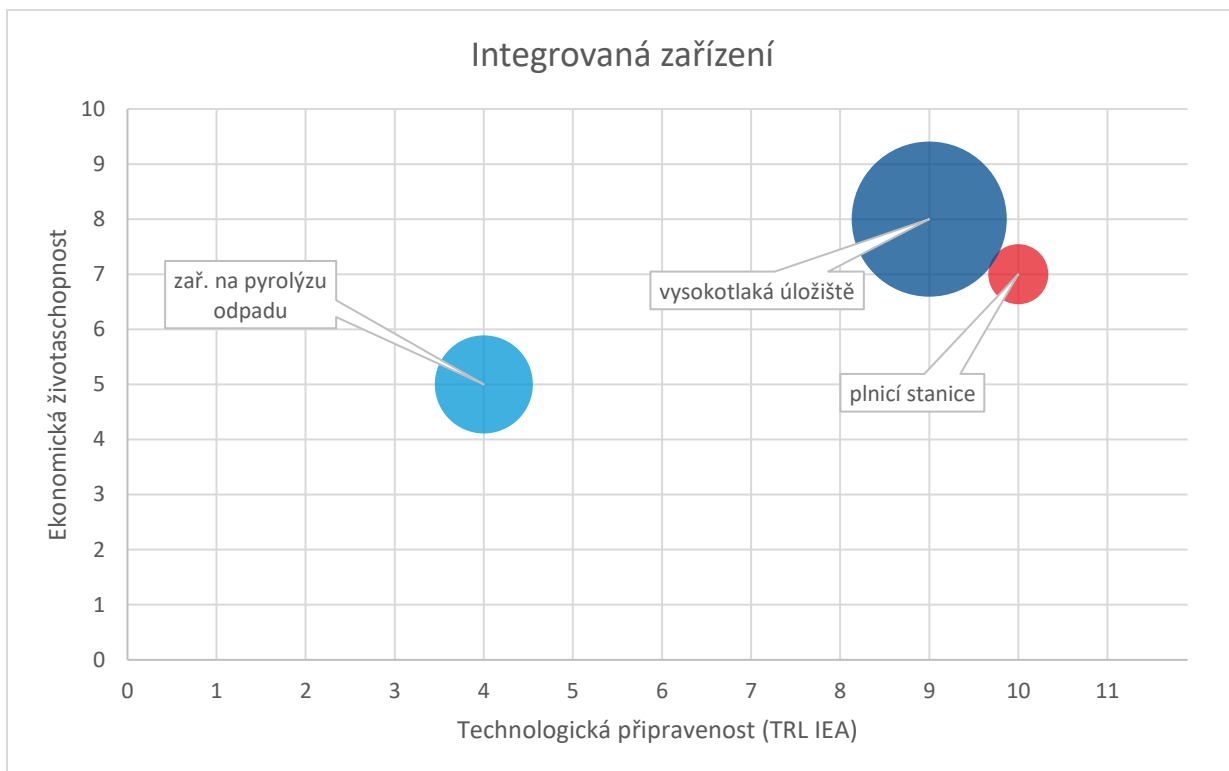
#### 4.1.11 Požární a zabezpečovací systémy

Výroba, distribuce a spotřeba vodíku si vyžádá inovaci bezpečnostních a zabezpečovacích systémů. Na základě využívání stávajících technologií výroby, distribuce a skladování existují rozsáhlé zkušenosti s nakládáním s jinými plyny, mnoho z tohoto know-how se dá využít i pro vodík, který má však celou řadu dalších specifíků. Nové technologie je nutné velice úzce kombinovat s bezpečnostními standardy a školením pracovníků. Požární a bezpečnostní systémy budou muset držet tempo vývoje s rychle se rozvíjejícími vodíkovými technologiemi.

|  |   |
|--|---|
| <b>SILNÉ STRÁNKY</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Existující tradice v ČR</li> <li>• Podobné technologie jako zabezpečení dalších plynů (např. metan)</li> </ul> | <b>SLABÉ STRÁNKY</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vodíkové technologie jsou drahé samy o sobě. Bezpečnostní opatření a jejich rozvoj je mohou ještě více nákladově zatěžovat</li> </ul> |
| <b>PŘÍLEŽITOSTI</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Poptávka po těchto systémech, které jsou nutné k bezpečnému rozvoji vodíkových technologií</li> </ul>           | <b>HROZBY</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Prudký rozvoj vodíkových technologií, bez dokonalého bezpečnostního zajištění, může při nehodě způsobit zpomalení dalšího rozvoje</li> </ul> |

#### 4.2 Integrovaná zařízení

Pokrývají celky vytvořené z několika technologických komponent s výjimkou dopravních zařízení, která jsou obsažena v samostatné části.



#### 4.2.1 Plnicí stanice

ČR se nachází ve fázi, kdy jsou stavěny první veřejné plnicí stanice. Jednotlivé subjekty, které stavby realizují, již zpravidla mají zkušenost s výstavbou plnicích stanic pro CNG, LNG a biometan. V souvislosti s NAP ČM se očekává výstavba mnoha dalších veřejných a neveřejných plnicích stanic. Plnicím stanicím bude přikládán strategický význam, protože jejich rozvoj musí probíhat ruku v ruce s rozvojem vodíkové mobility.

|  |  |
|--|--|
| <p><b>SILNÉ STRÁNKY</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Využití zkušeností z výstavby stanic na CNG a LNG</li> <li>• Možnosti mezinárodní spolupráce</li> </ul> | <p><b>SLABÉ STRÁNKY</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nová technologie</li> <li>• Bezpečnostní aspekty</li> <li>• Vysoké počáteční investice</li> </ul> |
| <p><b>PŘÍLEŽITOSTI</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Plnicí stanice budou mít strategický význam pro plánování dalších aktivit vodíkové mobility</li> </ul>   | <p><b>HROZBY</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nedostatek vozidel na vodík na trhu</li> </ul>   |

#### 4.2.2 Vysokotlaká úložiště

V ČR existuje výroba velmi kvalitních a technologicky pokročilých tlakových láhví na vodík o velkém objemu. V Německu (Mainz) existují v současnosti vysokotlaká úložiště velkých rozměrů. Dávají však ekonomický smysl tehdy, když se nacházejí v místě výroby vodíku elektrolýzou, nebo v místě velké spotřeby, kterou nelze obsloužit potrubím.

|   |   |
|---|---|
| <b>SILNÉ STRÁNKY</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Skladování velkého množství vodíku v malém prostoru</li> </ul>  | <b>SLABÉ STRÁNKY</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Velká investiční náročnost</li> <li>• Vyplatí se pouze v místě masivní výroby nebo spotřeby</li> <li>• Podmíněno stlačením vodíku a energetickou ztrátou</li> </ul> |
| <b>PŘÍLEŽITOSTI</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Strategická oblast bezpodmínečně nutná k dalšímu rozvoji vodíkových technologií</li> <li>• Úspora z rozsahu</li> </ul> | <b>HROZBY</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bezpečnostní aspekty</li> </ul>  |

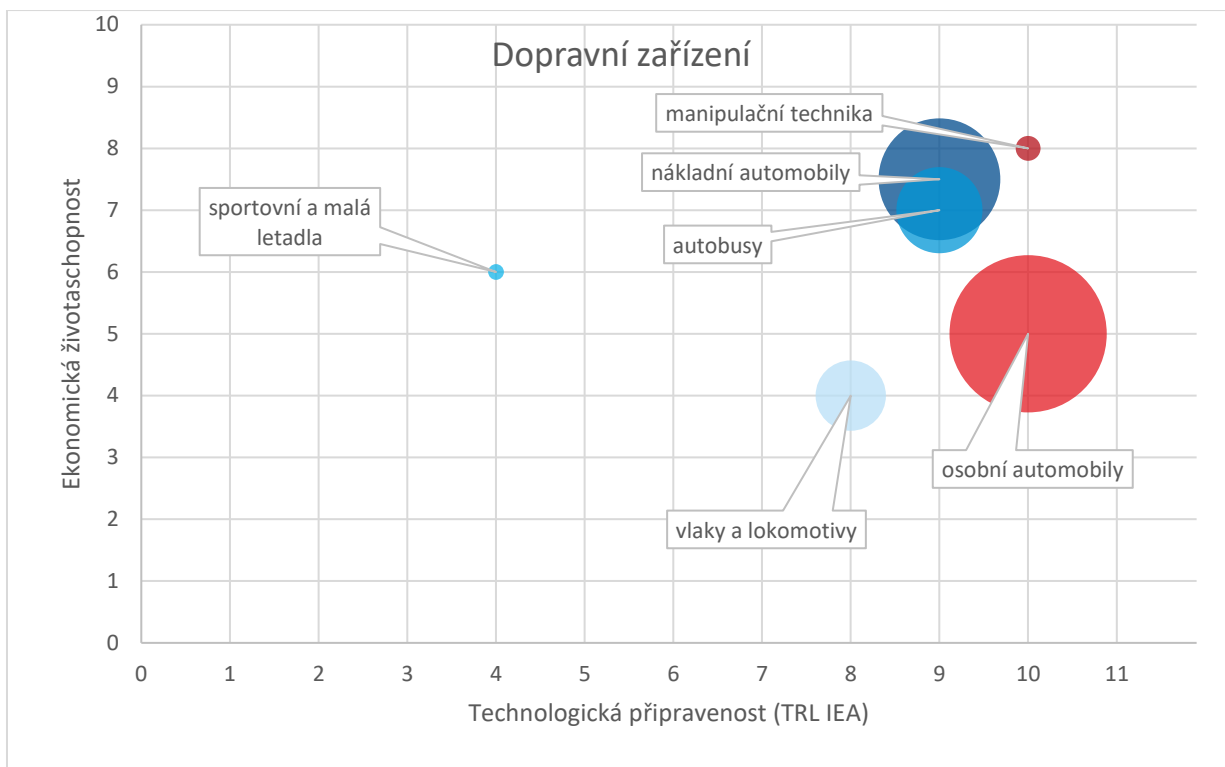
#### 4.2.3 Zařízení na pyrolýzu a plazmové zplyňování odpadu

Velká pozornost je v řadě zemí (Německo, Francie, Nizozemsko, Norsko, USA, Austrálie) věnována projektům zaměřeným na výrobu vodíku ze zbytků organických sloučenin v odpadu. Při nasazování těchto systémů se ukazují nové technické výzvy, především v podobě dalších odpadních produktů, které pyrolýzou vznikají. Ty mohou být ve všech skupenstvích a zásadním úkolem bude nalézt pro ně relevantní využití. Výsledky jsou také silně závislé na složení vstupního odpadu, které se v mnoha případech jen velmi těžko ovlivňuje. Obtížné je také vyčíslení emisní stopy celého zařízení. Stejně jako u všech integrovaných zařízení je jistou výhodou výroba celku, kde je možné sladit technické požadavky jednotlivých komponent. V případě komplikovaného zařízení s řadou vstupů i výstupů je výhoda integrity zřejmě ještě patrnější.

|   |   |
|---|---|
| <b>SILNÉ STRÁNKY</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Energetické využití odpadu – suroviny, za jejíž likvidaci je společnost ochotna platit</li> <li>• Dobrá energetická účinnost</li> </ul>   | <b>SLABÉ STRÁNKY</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Komplikovaná technologie sestávající z několika fází</li> <li>• Problém s různým složením odpadu</li> <li>• Výstupem mohou být také skleníkové plyny, kterých se pak musíme efektivně zbavit</li> </ul> |
| <b>PŘÍLEŽITOSTI</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Užití nových materiálů jejichž odpad byl bohatý na vodík</li> <li>• Rostoucí tlak na maximální energetické využití odpadů</li> <li>• Export do zemí východní Evropy, Blízkého Východu (kde se prakticky neprovozuje energetické využití odpadu)</li> </ul> | <b>HROZBY</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pokles poptávky po sazích a dalších odpadních produktech z pyrolýzy odpadů (reálné)</li> </ul>   |

#### 4.3 Dopravní zařízení

Využití vodíku v dopravě je prioritní oblastí. Největší brzdou tohoto rozvoje je vysoká cena vozidel využívajících vodík a chybějící infrastruktura. Očekává se, že s růstem počtu vyrobených vozidel se bude postupně jejich cena snižovat a měla by se v budoucnu přiblížit ceně vozidel se spalovacími motory. ČR má obrovskou tradici vývoje a výroby motorových vozidel. Výroba vozidel na vodíkový pohon by mohla pomoci při budoucí transformaci českého automobilového průmyslu.



#### 4.3.1 Osobní automobily

Předpokládá se, že pro český trh nebudou, alespoň v počátečních fázích, vznikat vodíkové automobily tuzemské výroby. V krátkodobém horizontu však již existuje možnost kooperace a zapojení do tvorby celých osobních automobilů a cílení na zahraniční trhy.

V oblasti bezemisních individuální osobní přepravy se rozvíjí jak bateriová elektrická vozidla, tak vozidla s vodíkovým pohonem. Každá skupina má své výhody a nevýhody a ukazuje se, že i v budoucnu budou obě skupiny fungovat vedle sebe.

|  |   |
|--|---|
| <p><b>SILNÉ STRÁNKY</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tradice automobilového průmyslu v ČR</li> <li>• V ČR mohou být snadno vyráběny jednotlivé komponenty</li> </ul>                       | <p><b>SLABÉ STRÁNKY</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Konkurence ze zahraničí již má značný náskok</li> <li>• Velcí zahraniční výrobci mohou usilovat o produkci na jejich vlastním území</li> <li>• Nižší koupěschopnost obyvatel v ČR ve srovnání s DE, AT</li> <li>• Závislost na subdodávkách</li> <li>• Deklarované podpora největšího českého výrobce osobních automobilů elektromobilitě</li> </ul> |
| <p><b>PŘÍLEŽITOSTI</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kooperace s velkými výrobci v zahraničí</li> <li>• Možnosti exportu do zemí, kde je česká automobilová tradice již zavedená</li> </ul> | <p><b>HROZBY</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Prudký rozvoj bateriových elektromobilů a dalších alternativních paliv</li> </ul>   |

### 4.3.2 Nákladní automobily

Jelikož náhrada nafty vodíkem je ze všech možností nasazení vodíkových technologií pravděpodobně nejvýhodnější, jeví se i výroba nákladních automobilů na vodík jako perspektivní odvětví. V budoucnu bude muset být nahrazeno velké množství stávajících nákladních automobilů na fosilní paliva. Vodíková mobilita může z řady důvodů právě zde najít velké uplatnění. Pro nákladní dopravu na velké vzdálenosti je v současné době z alternativních pohonů v širším měřítku dostupnější technologie LNG s dojezdem více než 1000 km, což je dostatečné i pro těžkou kamionovou dopravu. Vodíkové pohony mohou plynule tuto technologii nahradit. Proto je vhodné připravit podporu zavádění vodíku v nákladní dopravě tak, aby se částečně překrývala a navazovala na podporu technologie LNG, která podle současné nabídky výrobců vozidel bude dominovat cca do roku 2030.

|  |   |
|--|---|
| <b>SILNÉ STRÁNKY</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Tradice výroby nákladních automobilů v ČR</li><li>• Nákladní doprava je jednou z prvních oblastí s velkým potenciálem pro nasazení vodíku</li><li>• Vodíkové pohony mohou nahradit pohony plynové (LNG) a navázat na ně</li></ul>                   | <b>SLABÉ STRÁNKY</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Stále velmi drahé komponenty</li><li>• Složitější obsluha vozidla, větší péče o stav palivové soustavy</li><li>• Neznámé odkupní ceny vozidel, složitější rozhodování o investicích</li></ul>  |
| <b>PŘÍLEŽITOSTI</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Aby bylo dosaženo plánovaných emisních cílů, bude muset být využívána vodíková nákladní automobilová doprava</li><li>• Emisní limity pro výrobce nákladních vozidel budou urychlovat vývoj vodíkových vozidel a jejich zavádění do provozu</li></ul> | <b>HROZBY</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Zastavení nákladní dopravy (nereálné, ale mohlo by nastat s příchodem jiné pandemie)</li><li>• Prudký rozvoj železniční nebo říční nákladní dopravy</li><li>• Chybějící infrastruktura plnicích stanic</li><li>• Chybějící jasná strategie státu z hlediska podpory pro zavádění vodíkových vozidel a výhled na zdanění vodíku v investičním horizontu 10 let</li></ul> |

### 4.3.3 Autobusy

Náhrada nafty vodíkem hraje také ve prospěch autobusů pro městskou a linkovou dopravu. ČR je významným výrobcem autobusů, v evropském měřítku dokonce v přepočtu na obyvatele nejúspěšnějším. S výhodou by bylo možné využít tuto tradici a navázat na ni. Plánování spotřeby vodíku pro autobusy je také mnohem snazší než pro jakýkoliv jiný segment dopravy. Autobusy umožňují dobře sladit produkci vodíku s jeho plánovanou spotřebou a tankování vodíku je soustředěno do jednoho místa. Vodíkové autobusy se již vyrábějí v řadě zemí. S výrobou a provozem vodíkových autobusů je více praktických zkušeností než u vodíkových nákladních vozidel. Nutným předpokladem využití vodíkových autobusů je výstavba infrastruktury plnicích stanic.

|   |   |
|---|---|
| <b>SILNÉ STRÁNKY</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Autobusová doprava je jednou z prvních oblastí pro nasazení vodíku ve velkém</li></ul> | <b>SLABÉ STRÁNKY</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Silná konkurence zahraničních firem, které již s výrobou začaly</li><li>• Chybějící infrastruktura plnicích stanic</li></ul> |
|---|---|

|  |  |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tradice výroby autobusů v ČR – momentálně nejrozsáhlejší výroba v přepočtu na obyvatele ze zemí EU</li> <li>• Prestižní záležitost, vodíkové městské a linkové autobusy budou velmi viditelné a lidé pravděpodobně ocení jejich tichý a bezemisní provoz</li> </ul>   |  |
| <p><b>PŘÍLEŽITOSTI</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aby bylo dosaženo plánovaných emisních cílů, bude muset být využívána bateriová i vodíková autobusová doprava</li> <li>• Pro velkou většinu lidí mohu být vodíkové autobusy jedinou vodíkovou technologií, se kterou se mohou dostat v blízké době do osobního kontaktu</li> <li>• Vládní návrh zákona o podpoře nízkouhlíkových vozidel prostřednictvím zadávání veřejných zakázek a veřejných služeb v přepravě cestujících (aktuálně tisk 1121 v PSP, transpozice směrnice EU) uloží povinnost veřejným objednatelům, aby pořizovali při zadávání nadlimitních veřejných zakázek a veřejných služeb v přepravě cestujících stanovený podíl nízkemisních vozidel.</li> </ul> | <p><b>HROZBY</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hypotetický prudký rozvoj dalších forem dopravy (železnice, letadla)</li> <li>•</li> </ul> |

#### 4.3.4 Manipulační technika (vysokozdvížené vozíky atd.), komunální technika a pracovní stroje

V ČR již započala výroba vysokozdvížných vozíků a manipulační techniky pro sklady, logistická centra a podobné provozy. Zkušenosti zatím nejsou velké, ale pro logistická centra mohou být vozíky s vodíkovým pohonem atraktivní variantou pro jejich velký dojezd, rychlé tankování a možnost provozu v uzavřených prostorech.

|  |   |
|--|---|
| <p><b>SILNÉ STRÁNKY</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Atraktivita pro firmy s omezeným prostorem</li> <li>• Vysoký hygienický standard</li> <li>• Rychlé tankování</li> </ul> | <p><b>SLABÉ STRÁNKY</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zatím malá zkušenost</li> <li>• V ČR malý trh</li> </ul> |
| <p><b>PŘÍLEŽITOSTI</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Existence velkého množství logistických center v ČR</li> <li>• Možnost mezinárodní expanze</li> </ul>                    | <p><b>HROZBY</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Prudký nástup jiných technologií</li> </ul>                     |

#### 4.3.5 Vodíková železniční vozidla

Výroba vodíkových železničních jednotek a hnacích vozidel představuje proces velmi rozsáhlý a investičně náročný. Vodíková železniční vozidla ale mohou být jedním z mála řešení dekarbonizace

pro tratě, kde elektrizace není ekonomicky efektivní a rovněž pro posunovou službu. Pro nasazení vodíkových železničních vozidel je nutné vybudovat infrastrukturu plnicích stanic. Její zásobování se jeví jednodušší než zásobování plnicích stanic na silnicích.

|  |  |
|--|--|
| <p><b>SILNÉ STRÁNKY</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Využití na neelektrizovaných tratích</li> <li>• Problematika velké hmotnosti tlakových lahví s vodíkem není u železniční dopravy tak kritická jako v silniční dopravě</li> </ul>  | <p><b>SLABÉ STRÁNKY</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vysoká investiční náročnost na výstavbu plnicích stanic, distribuci vodíku a vodíková železniční vozidla</li> <li>• Neexistující infrastruktura vodíkových plnicích stanic vodíku na železnici</li> </ul> |
| <p><b>PŘÍLEŽITOSTI</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Posun ve stanicích – především tam, kde je omezená nebo není realizována elektrizace</li> <li>• Využití na tratích, kde není v současnosti elektrizace ekonomicky efektivní nebo není její realizace reálná v dohledné době (např. území bez napojení na elektrizovanou železnici)</li> <li>• Rozsáhlejšími zkušenostmi budou brzy disponovat právě sousední země (Německo, Rakousko)</li> </ul> | <p><b>HROZBY</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Omezování železniční dopravy</li> </ul>  |

#### 4.3.6 Sportovní a malá letadla

V podmínkách ČR nebude realizována výroba velkých dopravních letadel, ale vzhledem k tradici výroby není vyloučena produkce malých letadel pro sportovní, meteorologickou, zemědělskou a jinou potřebu.

|   |  |
|---|--|
| <p><b>SILNÉ STRÁNKY</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tradice v ČR</li> </ul>          | <p><b>SLABÉ STRÁNKY</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Malý trh v ČR</li> <li>•</li> </ul> |
| <p><b>PŘÍLEŽITOSTI</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Příležitost pro export</li> </ul> | <p><b>HROZBY</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Jiná konkurenční řešení</li> </ul>         |





## 5 MOŽNOSTI PODPORY

Jedním z nástrojů, jak je možné podpořit plnění cílů stanovených v této strategii je vhodné směřování programů podpory. Primárně chceme využívat existujících schémat a programů. Věříme, že jak pro žadatele, tak pro organizace, které podporu poskytují je výhodnější využívat vyladěné postupy a programy, ke kterým jsou alokovány finanční zdroje nebo se alokace plánuje. Pokud to nebude nezbytně nutné, nechceme vytvářet žádné speciální programy pro podporu vodíkové strategie. Naopak chceme vytvořit užší spojení mezi jednotlivými programy a cíli vodíkové strategie tak, aby případné výzvy byly vypisovány v souladu s prioritami vodíkové strategie. Při modifikaci systému podpor je nezbytně nutné postupovat se znalostí původního záměru a cíle existující podpory, aby nedošlo k tomu, že po jejím rozšíření o vodík, by nebylo možné podporu použít k původnímu účelu (jde např. podpory pro výrobu bioplynu, které mají celou řadu omezení).

Pro jednotlivé oblasti jsme vytvořili technologickou mapu, která odpovídá čtyřem pilířům vodíkové strategie. Výroba, doprava a skladování a využití vodíku tvoří sloupce této mapy a jednotlivé technologie jsou pak podle životního cyklu přiřazeny do těchto dvou sloupců. Pokud daný program podporuje nějakou oblast, ta je v mapě označena červeně, světlá červená značí, že program pokrývá danou oblast jen částečně.

Cílem této analýzy je odhalit, zda existují oblasti, které v současnosti nejsou dostatečně nebo vůbec pokryty programy podpory. Pokud jsou takovéto oblasti identifikovány, musíme příslušné programy aktualizovat tak, aby odpovídaly schváleným prioritám.

### Technologická mapa

|                              | Výroba vodíku  | Doprava a skladování                  | Využití vodíku  |                                |               |
|------------------------------|--|---------------------------------------|---|--------------------------------|---------------|
|                              |  |                                       | Oblast mobility   | Oblast průmyslu                | Domácnosti    |
| <b>Provoz</b>                | Výroba vodíku  | Prodej a přeprava vodíku              | Nákladní a osobní doprava                               | Průmysl, hutě, energetika      | Výroba tepla  |
| <b>Výroba celků</b>          | Výrobní vodíku   | Čerpací stanice a přepravníky vodíku  | Autobusy, nákladní, osobní auta, vlaky, letadla, vozíky | Kotle, pece, reaktory, turbíny | Kotle         |
| <b>Výroba komponent</b>      | Elektrolyzéry  | Přepravníky, stanice, potrubní vedení | Palivové články, pohony, baterie                        | Hořáky, reaktory, turbíny      | Kotle, hořáky |
| <b>Vývoj a výzkum</b>        | Nádrže, kompresory, pumpy, rozvody, řídicí systémy, zabezpečení, měření a monitorování |                                       |   |                                |               |
|                              | Speciální materiály, nádrže, rozvody, systémy  |                                       |   |                                |               |
|                              | Elektrolyzéry  | Potrubí a nádrže                      | Palivové články, pohony, baterie                        | Kotle, pece, reaktory, turbíny | Kotle, hořáky |
| <b>Strategie a plánování</b> | Plány, strategie, specializované mapy, studie  |                                       |   |                                |               |

Informace o příslušných programech jsou pak charakterizovány následujícími informacemi:

- Hlavní zaměření
- Poskytující organizace
- Odkaz

- Období
- Způsob a intenzita podpory
- Omezení
- Technologická mapa

## 5.1 Programy TA ČR

### 5.1.1 Doprava 2020+

**Hlavní zaměření:** Modernizace dopravního sektoru s ohledem na udržitelnost, bezpečnost a společenské potřeby

Hlavní témata dopravního výzkumu, vývoje a inovací – udržitelná doprava, interoperabilní doprava, bezpečná doprava, ekonomická doprava, inteligentní doprava a prostorová data v dopravě.

Čtyři zásadní prvky: (1) dopravní infrastruktura, (2) dopravní prostředky, (3) uživatele dopravy a (4) vlastní řízení dopravního provozu nebo přepravního procesu

Priority:

- 1 „Konkurenceschopná ekonomika založená na znalostech“,
- 2 „Udržitelnost energetiky a materiálových zdrojů“
- 3 „Prostředí pro kvalitní život“.

Priority identifikované v RIS 3 - Automotive; Železniční a kolejová vozidla a Letecký a kosmický průmysl. Výzkumná specializace odpovídá znalostním doménám identifikovaných Národní RIS3 strategií.

Specifické cíle: Přístupná a interoperabilní doprava; Udržitelná doprava – zvýšení účinnosti stávajících pohonných jednotek dopravních prostředků a hledání hybridních a kombinovaných pohonů

**Poskytující organizace:** TA ČR (MD)

**Odkaz:** [www.tacr.cz/program/program-doprava-2020/](http://www.tacr.cz/program/program-doprava-2020/)

**Období:** 2020–2026

První veřejná soutěž 2019, se zahájením poskytování podpory od roku 2020. Dále se předpokládá vyhlášení dalších veřejných soutěží v letech 2020, 2021 a 2022. Předpokládaná délka řešení projektů v Programu je 36 měsíců, maximální délka řešení projektů je 48 měsíců.

**Způsob a intenzita podpory:**

Předpokládaná intenzita za program: 80 %; maximální intenzita na projekt 100 %.

**Omezení:**

Podpora bude poskytována formou dotace právníkům nebo fyzickým osobám nebo zvýšením výdajů organizačních složek státu, organizačních složek územních samosprávných celků nebo organizačních jednotek ministerstev.

## Technologická mapa

|                              | Výroba vodíku  | Doprava a skladování                  | Využití vodíku  |                                |               |
|------------------------------|--|---------------------------------------|---|--------------------------------|---------------|
|                              |  |                                       | Oblast mobility   | Oblast průmyslu                | Domácnosti    |
| <b>Provoz</b>                | Výroba vodíku  | Prodej a přeprava vodíku              | Nákladní a osobní doprava                               | Průmysl, hutě, energetika      | Výroba tepla  |
| <b>Výroba celků</b>          | Výrobní vodíku   | Čerpací stanice a přepravníky vodíku  | Autobusy, nákladní, osobní auta, vlaky, letadla, vozíky | Kotle, pece, reaktory, turbíny | Kotle         |
| <b>Výroba komponent</b>      | Elektrolyzéry  | Přepravníky, stanice, potrubní vedení | Palivové články, pohony, baterie                        | Hořáky, reaktory, turbíny      | Kotle, hořáky |
| <b>Vývoj a výzkum</b>        | Nádrže, kompresory, pumpy, rozvody, řídicí systémy, zabezpečení, měření a monitorování |                                       |   |                                |               |
|                              | Speciální materiály, nádrže, rozvody, systémy  |                                       |   |                                |               |
|                              | Elektrolyzéry  | Potrubí a nádrže                      | Palivové články, pohony, baterie                        | Kotle, pece, reaktory, turbíny | Kotle, hořáky |
| <b>Strategie a plánování</b> | Plány, strategie, specializované mapy, studie  |                                       |   |                                |               |

### 5.1.2 Théta

**Hlavní zaměření:** Příspěvek k naplnění vize transformace a modernizace energetického sektoru v souladu se schválenými strategickými materiály. Tohoto cíle bude dosaženo prostřednictvím podpory výzkumu, vývoje a inovací v oblasti energetiky se zaměřením na:

1. podporu projektů ve veřejném zájmu;
2. nové technologie a systémové prvky s vysokým potenciálem pro rychlé uplatnění v praxi;
3. podporu dlouhodobých technologických perspektiv.

Podprogram 1: Výzkum ve veřejném zájmu

Podprogram 2: Strategické energetické technologie

Podprogram 3: Dlouhodobé technologické perspektivy (v roce 2021 bude veřejná soutěž v podprogramu 3 vyhlášena naposled)

Vazba na Státní energetickou koncepci České republiky (2015), Národní akční plán rozvoje jaderné energetiky v ČR, Národní akční plán pro chytré sítě, Národní akční plán čisté mobility, Národní akční plán energetické účinnosti České republiky, Akční plán pro biomasu v ČR 2012-2020 a Víceletý program podpory dalšího uplatnění udržitelných biopaliv v dopravě na období 2015-2020.

**Poskytovatel:** TA ČR (gestor MPO)

**Odkaz:** <https://www.tacr.cz/program/program-theta/>

**Období:** 2018 až 2025

Veřejná soutěž v aplikovaném výzkumu a experimentálním vývoji a inovacích byla vyhlášena poprvé v roce 2017. Následně se předpokládá vyhlášení veřejné soutěže každoročně v letech 2018 až 2023. Maximální délka řešení projektů v tomto programu je stanovena na 8 let. V průměru lze očekávat projekty s délkou řešení zpravidla 36 měsíců.

#### **Způsob a intenzita podpory:**

Průměrná intenzita podpory za program: 70 % (Velké podniky max. 50 %, malé a střední podniky více, výzkumné organizace až 100 %).

Nejvyšší povolené intenzity podpory pro průmyslový výzkum a experimentální vývoj podle kategorie účastníků:

- Malý a střední podnik je vymezen podle definice uvedené v článku 2 odst. 2 a v Příloze 1 Nařízení a velký podnik je vymezen podle definice v článku 2 odst. 24 Nařízení.
- Výzkumná organizace je vymezena podle čl. 2 odst. 83 Nařízení. Uvedená intenzita podpory je určena pro ne hospodářské činnosti výzkumných organizací.
- Podpora velkým podnikům na inovace postupů a organizační inovace je slučitelná pouze za podmínek uvedených v čl. 29 odst. 2 Nařízení.

#### **Typy projektů:**

Program je zaměřen na podporu projektů, které spadají dle čl. 25 odst. 2 písm. b) a c) Nařízení a čl. 1.3. písm. e) Rámce do kategorie aplikovaného výzkumu (zahrnuje průmyslový výzkum, experimentální vývoj nebo jejich kombinaci), jejichž výsledky mají vysoký potenciál pro uplatnění v řadě oblastí celospolečenského života obyvatel ČR. Výsledkem projektů mohou být patenty, technicky realizované výsledky, prototypy, funkční vzorky, průmyslový a užitný vzor, poloprovoz, ale také certifikované metodiky apod.

#### **Uchazeči:**

Uchazečem, respektive příjemcem podpory na projekt ve všech podprogramech podle zákona o podpoře výzkumu, experimentálního vývoje a inovací, Rámce a Nařízení mohou být: Podniky, výzkumné organizace a další fyzické a právnické osoby.

#### **Rozpočet programu:**

Celkové výdaje (Kč): 5,7 miliard, výdaje st. rozpočtu: 4 miliard, neveřejné zdroje: 1,7 miliard.

## Technologická mapa

|                       | Výroba vodíku  | Doprava a skladování                | Využití vodíku  |                                |               |
|-----------------------|--|-------------------------------------|---|--------------------------------|---------------|
|                       |  |                                     | Oblast mobility   | Oblast průmyslu                | Domácnosti    |
| Provoz                | Výroba vodíku  | Prodej a přeprava vodíku            | Nákladní a osobní doprava                               | Průmysl, hutě, energetika      | Výroba tepla  |
| Výroba celků          | Výrobní vodíku   | Čerpací stanice a přepravky vodíku  | Autobusy, nákladní, osobní auta, vlaky, letadla, vozíky | Kotle, pece, reaktory, turbíny | Kotle         |
| Výroba komponent      | Elektrolyzéry  | Přepravky, stanice, potrubní vedení | Palivové články, pohony, baterie                        | Hořáky, reaktory, turbíny      | Kotle, hořáky |
|                       | Nádrže, kompresory, pumpy, rozvody, řídicí systémy, zabezpečení, měření a monitorování |                                     |   |                                |               |
| Vývoj a výzkum        | Speciální materiály, nádrže, rozvody, systémy  |                                     |   |                                |               |
|                       | Elektrolyzéry  | Potrubí a nádrže                    | Palivové články, pohony, baterie                        | Kotle, pece, reaktory, turbíny | Kotle, hořáky |
| Strategie a plánování | Plány, strategie, specializované mapy, studie  |                                     |   |                                |               |

### 5.1.3 Trend

**Hlavní zaměření:** Výsledky s potenciálem pro konkurenceschopnost – nové produkty, výrobní postupy a služby

Program vychází z Národní politiky výzkumu, vývoje a inovací České republiky 2016–2020, Národní priority orientovaného výzkumu, experimentálního vývoje a inovací RIS 3 strategie ČR a Iniciativy Průmysl 4.0.

Podprogram 1: Technologičtí lídři (úspěšní příjemci podpor z minulosti)

Podprogram 2: Nováčci (rozpočtově výrazně menší část)

**Poskytující organizace:** TA ČR (MPO)

**Odkaz:** <https://www.tacr.cz/program/program-trend/>

**Období:** 2020–2027

První veřejná soutěž 2019 se zahájením poskytování podpory v roce 2020. Následně budou veřejné soutěže vyhlašovány každoročně v období 2020 až 2023 se zahajováním poskytování podpory v letech 2021 až 2024. Předpokládaná délka trvání projektů v Programu je maximálně 60 měsíců.

#### **Způsob a intenzita podpory:**

Podpora za projekt může činit nanejvýš:

- 70 % celkových uznaných nákladů projektu v podprogramu 1,
- 80 % celkových uznaných nákladů projektu v podprogramu 2.

#### **Omezení:**

Uchazečem, respektive příjemcem podpory na projekt ve všech podprogramech podle zákona o podpoře výzkumu, experimentálního vývoje a inovací, Rámce a Nařízení mohou být: Podniky, výzkumné organizace a další fyzické a právnické osoby.

## Technologická mapa

|                       | Výroba vodíku  | Doprava a skladování                  | Využití vodíku  |                                |               |
|-----------------------|--|---------------------------------------|---|--------------------------------|---------------|
|                       |  |                                       | Oblast mobility   | Oblast průmyslu                | Domácnosti    |
| Provoz                | Výroba vodíku  | Prodej a přeprava vodíku              | Nákladní a osobní doprava                               | Průmysl, hutě, energetika      | Výroba tepla  |
| Výroba celků          | Výrobní vodíku   | Čerpací stanice a přepravníky vodíku  | Autobusy, nákladní, osobní auta, vlaky, letadla, vozíky | Kotle, pece, reaktory, turbíny | Kotle         |
| Výroba komponent      | Elektrolyzéry  | Přepravníky, stanice, potrubní vedení | Palivové články, pohony, baterie                        | Hořáky, reaktory, turbíny      | Kotle, hořáky |
| Vývoj a výzkum        | Nádrže, kompresory, pumpy, rozvody, řídicí systémy, zabezpečení, měření a monitorování |                                       |   |                                |               |
|                       | Speciální materiály, nádrže, rozvody, systémy  |                                       |   |                                |               |
|                       | Elektrolyzéry  | Potrubí a nádrže                      | Palivové články, pohony, baterie                        | Kotle, pece, reaktory, turbíny | Kotle, hořáky |
| Strategie a plánování | Plány, strategie, specializované mapy, studie  |                                       |   |                                |               |

### 5.1.4 Prostředí pro život

**Hlavní zaměření:** Zdravé a kvalitní životní prostředí a udržitelnost využívání přírodních zdrojů

Priority SPŽP 2030 s výhledem do roku 2050

Ke zkvalitnění ochrany životního prostředí v ČR a k naplnění závazků, které na sebe v této oblasti ČR vzala v rámci Evropské unie a mezinárodními úmluvami, se aplikovaný výzkum, experimentální vývoj a inovace zaměří na prioritní tematické oblasti SPŽP, tedy ochranu a udržitelné využívání přírodních zdrojů, ochranu klimatu a zlepšení kvality ovzduší, zlepšení nakládání s odpady a jejich využívání, ochranu přírody a krajiny a bezpečné a resilientní prostředí, zahrnující předcházení a snižování následků přírodních a antropogenních nebezpečí.

Další resortní strategie – vodík se může týkat několika z nich (ovzduší, sucho)

Oblasti:

1. Klima
2. Ovzduší
3. Odpadové hospodářství
4. Ochrana vody, půdy a horninového prostředí
5. Biodiverzita
6. Environmentálně příznivá společnost, bezpečné a resilientní prostředí, specifické nástroje ochrany životního prostředí a udržitelného rozvoje

Kromě oblasti Odpadové hospodářství se ve všech oblastech jedná převážně o projekty, jejichž výsledkem je plán, strategie, metodika apod. Zcela výjimečně se jedná o hmatatelný výsledek.

Specifické cíle:

1. Přispět k adaptaci na změnu klimatu a k zavádění ekonomicky efektivních mitigačních opatření

2. Přispět ke zkvalitnění složek životního prostředí a podpořit zavádění principů oběhového hospodářství (cirkulární ekonomiky)

3. Podpořit resilientní a bezpečnou společnost a přírodu

**Poskytující organizace:** TA ČR (MŽP)

**Odkaz:** <https://www.tacr.cz/program/program-prostredi-pro-zivot/>

**Období:** 2020–2026

Veřejná soutěž na výběr projektů do programu bude vyhlášena poprvé v roce 2019 se zahájením poskytování podpory v roce 2020. Následně se předpokládá vyhlásování veřejných soutěží každoročně v letech 2020 až 2024.

**Způsob a intenzita podpory:**

Průměrná intenzita podpory za celý program je 85 %. Alokace celého programu činí 900 milionů korun, v rámci čtvrté veřejné soutěže je alokováno 135 milionů korun.

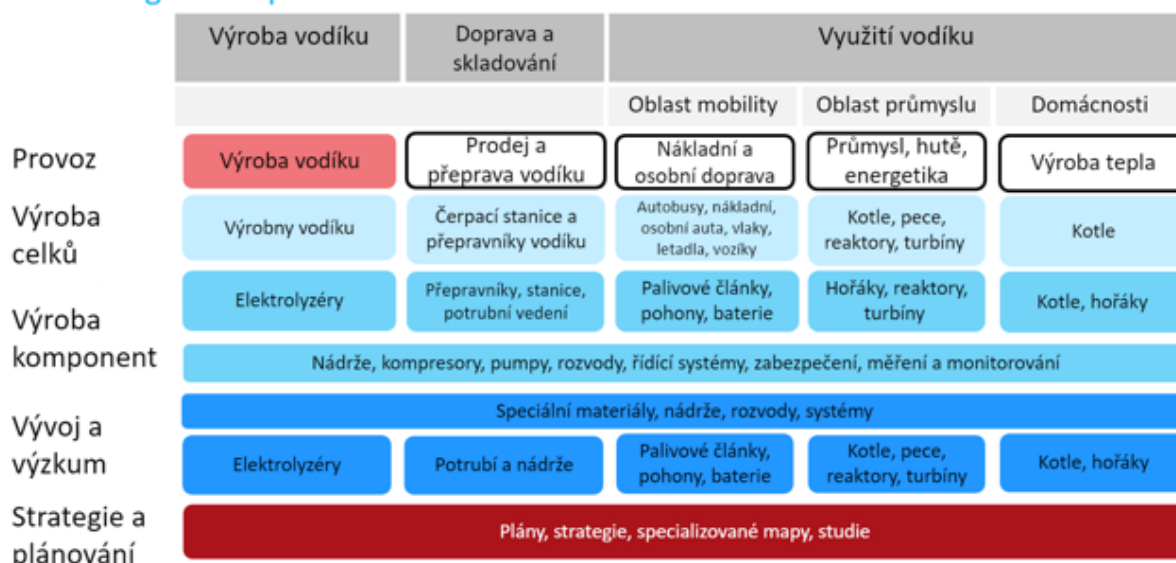
**Typy projektů:**

Projekty v oblasti alternativních paliv, čisté mobility i ochrany klimatu míří směrem ke strategiím, komplexnímu zhodnocení a obecnějším dokumentům využitelným na úrovni ČR nebo regionů. Projekty zaměřené na technologie zpracování odpadů by mohly pokrývat i praktickou rovinu – nákup spalovacích zařízení.

**Omezení:**

Uchazečem, respektive příjemcem podpory na projekt ve všech podprogramech podle zákona o podpoře výzkumu, experimentálního vývoje a inovací, Rámce a Nařízení mohou být: Podniky, výzkumné organizace a další fyzické a právnické osoby.

**Technologická mapa**





### 5.1.5 Delta 2

**Hlavní zaměření:** Program podpory aplikovaného výzkumu, experimentálního vývoje a inovací

Zvýšení množství konkrétních výsledků aplikovaného výzkumu v oblastech, v nichž existuje shoda se zahraničním partnerem, které budou úspěšně zavedeny do praxe a posílí tak konkurenceschopnost zúčastněných podniků a výzkumných organizací, a to podporou bilaterální, případně multilaterální spolupráce českých a zahraničních účastníků.

Prioritní země (současný stav): Kanada, Brazílie, Čína, Korea, Taiwan, Izrael, Vietnam

**Poskytující organizace:** TAČR

**Odkaz:** <https://www.tacr.cz/program/program-delta-2/>

**Období:** Doba trvání programu se předpokládá v letech 2020 až 2025. Veřejná soutěž byla vyhlášena poprvé v roce 2019. Následně se předpokládá vyhlášení veřejné soutěže každoročně v letech 2020 až 2023.

**Způsob a intenzita podpory:**

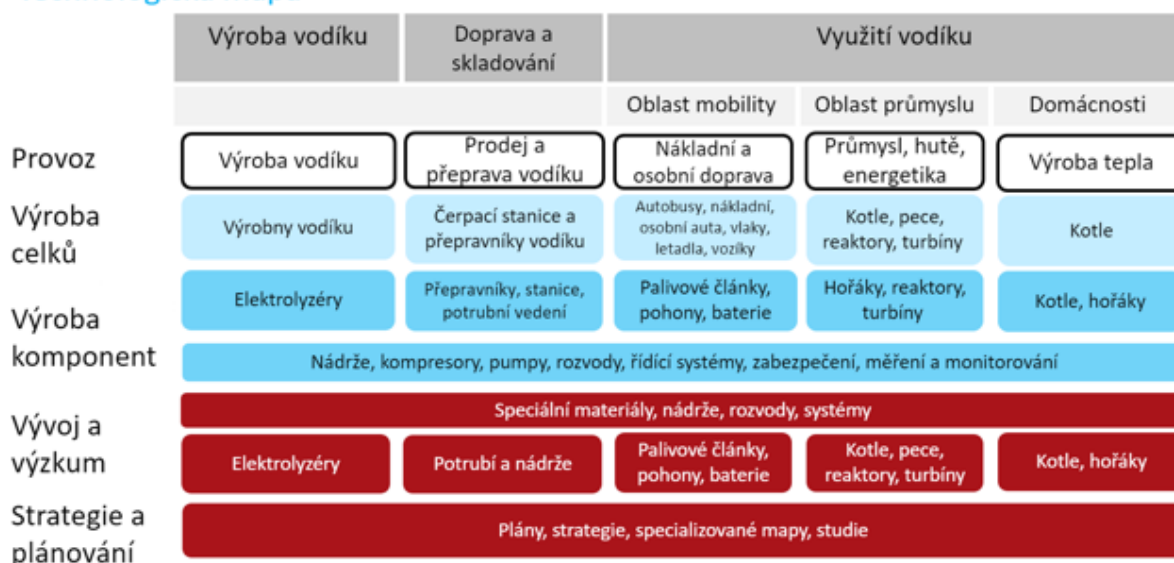
Předpokládaná průměrná intenzita podpory celkově za program je 74 %. Předpokládaná maximální částka finanční podpory na projekt: 25 milionů Kč.

**Omezení:**

Uchazečem, respektive příjemcem podpory na projekt ve všech podprogramech podle zákona o podpoře výzkumu, experimentálního vývoje a inovací, Rámce a Nařízení mohou být: Podniky, výzkumné organizace a další fyzické a právnické osoby.

Projekty mohou postihovat velmi širokou oblast, klíčovou podmínkou je ale shoda.

#### Technologická mapa



## 5.2 Programy Ministerstva životního prostředí a SFŽP

### 5.2.1 Modernizační fond

**Hlavní zaměření:** Snížení emisní náročnosti tvorby HDP. Utilizace zdrojů získaných prodejem emisních povolenek. Hlavními oblastmi definovanými již v SPŽP jsou: Snižování emisí uhlíku, energetická účinnost a bezpečnost, vnitřní trh s energií a výzkum, inovace a konkurenceschopnost.

Priority:

1. Modernizace soustav zásobování tepelnou energií
2. Nové obnovitelné zdroje v energetice
3. Zlepšení energetické účinnosti a snižování emisí skleníkových plynů v průmyslu v EU ETS
4. Zlepšení energetické účinnosti v podnikání
5. Modernizace dopravy v podnikatelském sektoru
6. Modernizace veřejné dopravy
7. Energetická účinnost ve veřejných budovách a infrastruktuře
8. Komunitní energetika
9. Modernizace soustav veřejného osvětlení

**Poskytující organizace:** SFŽP

**Odkaz:** <http://www.modernizacni-fond.cz>

**Období:** 2021–2030

**Způsob a intenzita podpory:** Není stanoveno, intenzita bude různá, podle prioritních oblastí

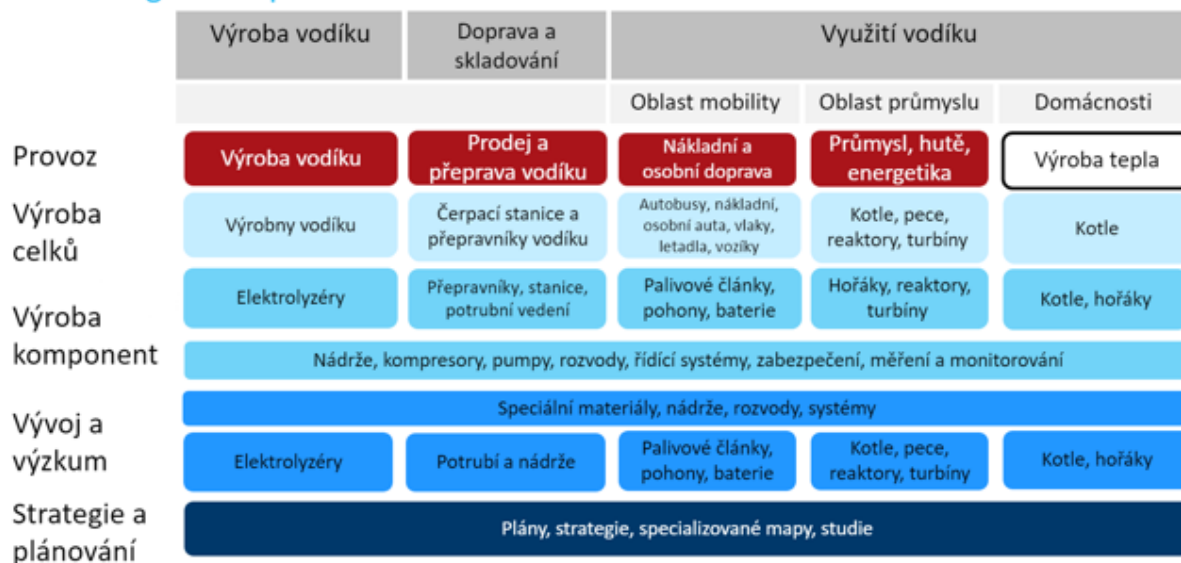
**Typy projektů:**

Omezení: prokázání vazby na priority – snižování emisí CO<sub>2</sub>, energetické úspory, energetická účinnost a nové OZE, subjekty a projekty spíše větší

**Rozpočet programu a podprogramů (aktualizace):**

Celkový rozpočet programu bude činit zhruba 150 miliard korun. Zdaleka největší alokace bude vyhrazena prvním dvěma prioritám (modernizace soustavy zásobování tepelnou energií a teplárenství a nové OZE). Spolu s třetí prioritní oblastí (energetická účinnost) pokryjí přes 70 % celé alokace.

## Technologická mapa



### 5.2.2 Inovační fond

**Hlavní zaměření:** Podpora velkých inovativních projektů demonstrujících nízkouhlíkové technologie a postupy v energeticky náročných průmyslových odvětvích, v oblasti obnovitelných zdrojů energie, skladování energie, zachycování a ukládání uhlíku

**Poskytující organizace:** EK (DG CLIMA); SFŽP plní poradenskou roli

**Odkaz:** <https://www.sfzp.cz/dotace-a-pujcky/inovacni-fond/>

#### Alokace:

V závislosti na ceně emisních povolenek v období 2020 až 2030 bude Inovační fond disponovat zhruba 10 miliardami EUR. V rámci výzvy pro velké projekty musí návrhy splňovat podmínku minimálních způsobilých nákladů 7,5 milionu EUR, v opačném případě je lze směřovat do výzev pro projekty malého rozsahu. Vybrané projekty budou moci čerpat dotaci až 60 % z dodatečných investičních a provozních nákladů spojených s inovacemi. 40 % dotace může pokrývat přípravnou fázi.

**Období:** Předpokládá se financování z průběžných výnosů v rámci EU ETS. Poslední výzva pro velké projekty skončila v říjnu 2020, pro malé projekty běží do 10. března 2021.

## Technologická mapa

|                       | Výroba vodíku  | Doprava a skladování                  | Využití vodíku  |                                |               |
|-----------------------|--|---------------------------------------|---|--------------------------------|---------------|
|                       |  |                                       | Oblast mobility   | Oblast průmyslu                | Domácnosti    |
| Provoz                | Výroba vodíku  | Prodej a přeprava vodíku              | Nákladní a osobní doprava                               | Průmysl, hutě, energetika      | Výroba tepla  |
| Výroba celků          | Výrobní vodíku   | Čerpací stanice a přepravníky vodíku  | Autobusy, nákladní, osobní auta, vlaky, letadla, vozíky | Kotle, pece, reaktory, turbíny | Kotle         |
| Výroba komponent      | Elektrolyzéry  | Přepravníky, stanice, potrubní vedení | Palivové články, pohony, baterie                        | Hořáky, reaktory, turbíny      | Kotle, hořáky |
| Vývoj a výzkum        | Nádrže, kompresory, pumpy, rozvody, řídicí systémy, zabezpečení, měření a monitorování |                                       |   |                                |               |
| Strategie a plánování | Speciální materiály, nádrže, rozvody, systémy  |                                       |   |                                |               |
|                       | Elektrolyzéry  | Potrubí a nádrže                      | Palivové články, pohony, baterie                        | Kotle, pece, reaktory, turbíny | Kotle, hořáky |
|                       | Plány, strategie, specializované mapy, studie  |                                       |   |                                |               |

### 5.2.3 Operační program Spravedlivá transformace

#### Hlavní zaměření:

Operační program Spravedlivá transformace (dále jen „OPST“) se jako jeden z pilířů nového Fondu pro spravedlivou transformaci zaměřuje na zmírňování negativních dopadů odklonu od uhlí v regionech, které se z důvodu procesu transformace na klimaticky neutrální ekonomiku Evropské unie do roku 2050 budou potýkat se závažnými socioekonomickými problémy.

Prostředky OPST směřují zejména na:

- podporu malých a středních podniků,
- výzkum a inovace,
- digitalizaci,
- čistou energii a energetické úspory,
- oběhové hospodářství,
- rekultivace a nové využití území,
- rekvalifikace a pomoc při hledání zaměstnání.

Program se zaměřuje na tři kraje: Karlovarský, Moravskoslezský a Ústecký. Tyto kraje budou v nejbližších letech čelit největším socioekonomickým nebo environmentálním výzvám, které jsou spojené s přechodem na klimaticky neutrální ekonomiku. V tomto ohledu bude z OPST uvedeným regionům poskytována cílená podpora nad rámec ostatních EU fondů.

V době vytvoření vodíkové strategie nejsou k dispozici podrobnější informace k rozdělení obálek finančních prostředků kraji na jednotlivá věcná témata. Nelze proto přesně popsat, kolik prostředků bude směřovat do sektoru výroby, zpracování a spotřeby vodíku.

#### Poskytující organizace

MŽP

Odkaz: [www.spravedlivatransformace.cz](http://www.spravedlivatransformace.cz)

**Období:** 2021–2027

**Způsob a intenzita podpory:**

Intenzita podpory může být různá pro různé typy opatření. Vždy však musí odpovídat aktuálním pravidlům pro veřejnou podporu. Rozpočet OPST disponuje částkou 1,58 miliard EUR, tj. cca 41 miliard Kč bez započítání prostředků technické pomoci. Karlovarskému kraji je alokováno 15,3 % uvedené částky, Ústeckému kraji 38,6 % a Moravskoslezskému kraji 46,1 %.

**Omezení:**

- podpora směřuje jen do Karlovarského, Ústeckého a Moravskoslezského kraje
- podpora musí vycházet z Plánu spravedlivé územní transformace a naplňovat jeho cíle

**Technologická mapa**

|                              | Výroba vodíku  | Doprava a skladování                   | Využití vodíku  |                                |               |
|------------------------------|--|--|---|--------------------------------|---------------|
|                              |  |  | Oblast mobility   | Oblast průmyslu                | Domácnosti    |
| <b>Provoz</b>                | Výroba vodíku  | Prodej a přeprava vodíku               | Nákladní a osobní doprava                               | Průmysl, hutě, energetika      | Výroba tepla  |
| <b>Výroba celků</b>          | Výrobní vodíku   | Čerpací stanice a přepravníky vodíku   | Autobusy, nákladní, osobní auta, vlaky, letadla, vozíky | Kotle, pece, reaktory, turbíny | Kotle         |
| <b>Výroba komponent</b>      | Elektrolyzéry  | Přepraveníky, stanice, potrubní vedení | Palivové články, pohony, baterie                        | Hořáky, reaktory, turbíny      | Kotle, hořáky |
| <b>Vývoj a výzkum</b>        | Nádrže, kompresory, pumpy, rozvody, řídicí systémy, zabezpečení, měření a monitorování |  |   |                                |               |
|                              | Speciální materiály, nádrže, rozvody, systémy  |  |   |                                |               |
|                              | Elektrolyzéry  | Potrubí a nádrže                       | Palivové články, pohony, baterie                        | Kotle, pece, reaktory, turbíny | Kotle, hořáky |
| <b>Strategie a plánování</b> | Plány, strategie, specializované mapy, studie  |  |   |                                |               |

**5.3 Programy Ministerstva průmyslu a obchodu**

**5.3.1 The Country for the Future**

**Hlavní zaměření:**

Hlavním cílem programu je zvýšení mezinárodní konkurenceschopnosti podniků prostřednictvím propojení spolupráce mezi akademickou sférou, podnikatelským sektorem, inovačním prostředím a většího využití výsledků výzkumu a vývoje do praxe, a to včetně usnadnění vstupu na nové trhy či posunem výše v globálních hodnotových řetězcích.

Program zahrnuje body 9 definovaných pilířů (např. Digitalizace, Mobilita, Chytrý marketing) a je vymezen obdobím 2020–2027. Je navázán na specifické cíle RIS3 strategie. Za jednotlivé pilíře jsou zodpovědné resorty, často více resortů. Pilíře Chytré investice, Národní start-up a spin-off prostředí, Polytechnické vzdělávání, Ochrana duševního vlastnictví a Chytrý marketing jsou ve spolupráci MPO.

Pro vodík jsou relevantní podprogramy „Start-upy“ a „Inovace do praxe“.

Poskytující organizace: MPO

Odkaz: <https://www.countryforfuture.com/>

Období: 2019-2027

V dubnu a květnu 2020 proběhla 2. veřejná soutěž programu, věnovaná podprogramu Inovace do praxe. Její celkový rozpočet činil 300 milionů Kč, z toho 120 milionů pro rok 2020.

#### Způsob a intenzita podpory:

Rozpočet podprogramu Start-upy činí 1,8 miliard Kč. Rozpočet podprogramu Inovace do praxe činí 6,1 miliard Kč. Jedná se o celkovou maximální alokaci na období 2019–2027.

#### Omezení:

Uchazečem, respektive příjemcem podpory na projekt ve všech podprogramech podle zákona o podpoře výzkumu, experimentálního vývoje a inovací, Rámce a Nařízení mohou být: Podniky, výzkumné organizace a další fyzické a právnické osoby.

#### Technologická mapa

|                       | Výroba vodíku  | Doprava a skladování                  | Využití vodíku  |                                |               |
|-----------------------|--|---------------------------------------|---|--------------------------------|---------------|
|                       |  |                                       | Oblast mobility   | Oblast průmyslu                | Domácnosti    |
| Provoz                | Výroba vodíku  | Prodej a přeprava vodíku              | Nákladní a osobní doprava                               | Průmysl, hutě, energetika      | Výroba tepla  |
| Výroba celků          | Výrobní vodíku   | Čerpací stanice a přepravníky vodíku  | Autobusy, nákladní, osobní auta, vlaky, letadla, vozíky | Kotle, pece, reaktory, turbíny | Kotle         |
| Výroba komponent      | Elektrolyzéry  | Přepravníky, stanice, potrubní vedení | Palivové články, pohony, baterie                        | Hořáky, reaktory, turbíny      | Kotle, hořáky |
| Vývoj a výzkum        | Nádrže, kompresory, pumpy, rozvody, řídicí systémy, zabezpečení, měření a monitorování |                                       |   |                                |               |
| Strategie a plánování | Speciální materiály, nádrže, rozvody, systémy  |                                       |   |                                |               |
|                       | Elektrolyzéry  | Potrubí a nádrže                      | Palivové články, pohony, baterie                        | Kotle, pece, reaktory, turbíny | Kotle, hořáky |
|                       | Plány, strategie, specializované mapy, studie  |                                       |   |                                |               |

#### 5.3.2 IPCEI (Important Project of Common European Interest) Významné projekty společného evropského zájmu

##### Hlavní zaměření:

Podpora rozsáhlých projektů, které:

- výrazně přispívají k úrovni výzkumu a vývoje v EU,
- zavádějí do výroby vysoce inovativní a špičkové výrobky nebo služby,
- vytvářejí významnou evropskou infrastrukturu nebo pomáhají splnění významných cílů EK v oblasti ochrany klimatu, dopravy a /nebo energetiky.

Cílem IPCEI je odstraňovat tržní selhání v příslušné rozvojové oblasti.

Program vyžaduje úzkou spolupráci mezi organizacemi několika zemí. Výsledkem vývoje a výzkumu nebo zavádění nové výroby musí být objev, produkt nebo služba na světové úrovni. Organizace, které dostaly podporu v rámci IPCEI, musí šířit výsledky svého vývoje a zajistit takzvané „spill-over efekty“, které jsou významné i pro organizace v jiných členských zemích a jiných oborech podnikání. Výsledky výzkumu a vývoje, které jsou licencované nebo chráněné duševním vlastnictvím, je nutné dále šířit za spravedlivých, rozumných a nediskriminačních podmínek (FRAND – Fair, Reasonable And Non-Discriminatory).

Schvalování projektů probíhá na úrovni EK (DG COMP). Celý schvalovací proces je poměrně náročný, trvá kolem jednoho roku a vyžaduje intenzivní spolupráci ze strany předkladatele projektu. Projekty na vyhlášené téma jsou společně koordinovány a předkládány Evropské komisi k zhodnocení pod vedením jedné členské země EU. Veškerá projektová dokumentace a jednání ohledně projektu jsou v angličtině.

**Poskytující organizace:** MPO

**Odkaz:** [Strategické projekty | MPO](#)

**Období:** 2021–2025

**Způsob a intenzita podpory:** Intenzita podpory se počítá na základě tzv. mezery ve financování (Funding Gap), což je rozdíl mezi současnou hodnotou projektu využívajícího současné technologie a projektu s nasazením vyvíjených nových špičkových technologií. Intenzita podpory může dosáhnout až 100 % mezery ve financování.

**Omezení:**

Projekty IPCEI musí být integrované mezinárodní projekty, zahrnující minimálně dvě členské země. Velkou výhodou projektů IPCEI je, že nekladou omezení na velikost podniku nebo regionu podnikání. Umožňují proplácet většinu typů oprávněných nákladů až do fáze ukončení prvního průmyslového nasazení. Z tohoto pohledu je program IPCEI velmi flexibilní a zajímavý.

IPCEI vyžaduje spolufinancování od předkladatele projektů. Kofinancování z jiných programů na národní nebo evropské úrovni se bere jako výhoda.

## Technologická mapa

|                       | Výroba vodíku  | Doprava a skladování                | Využití vodíku  |                                |               |
|-----------------------|--|-------------------------------------|---|--------------------------------|---------------|
|                       |  |                                     | Oblast mobility   | Oblast průmyslu                | Domácnosti    |
| Provoz                | Výroba vodíku  | Prodej a přeprava vodíku            | Nákladní a osobní doprava                               | Průmysl, hutě, energetika      | Výroba tepla  |
| Výroba celků          | Výrobní vodíku   | Čerpací stanice a přepravky vodíku  | Autobusy, nákladní, osobní auta, vlaky, letadla, vozíky | Kotle, pece, reaktory, turbíny | Kotle         |
| Výroba komponent      | Elektrolyzéry  | Přepravky, stanice, potrubní vedení | Palivové články, pohony, baterie                        | Hořáky, reaktory, turbíny      | Kotle, hořáky |
| Vývoj a výzkum        | Nádrže, kompresory, pumpy, rozvody, řídicí systémy, zabezpečení, měření a monitorování |                                     |   |                                |               |
| Strategie a plánování | Speciální materiály, nádrže, rozvody, systémy  |                                     |   |                                |               |
|                       | Elektrolyzéry  | Potrubí a nádrže                    | Palivové články, pohony, baterie                        | Kotle, pece, reaktory, turbíny | Kotle, hořáky |
|                       | Plány, strategie, specializované mapy, studie  |                                     |   |                                |               |

### 5.3.3 OP TAK (Operační program Technologie a aplikace pro konkurenceschopnost)

Programový dokument OP TAK zatím prochází změnami.

Hlavní zaměření:

1. Konkurenceschopnější a inteligentnější Evropa díky podpoře inovativní a inteligentní ekonomické transformace
2. Zelenější, nízkouhlíková a odolná Evropa díky podpoře přechodu na čistou a spravedlivou energii, zelených a modrých investic, oběhového hospodářství, zmírnění a přizpůsobení se změnám klimatu a prevence a řízení rizik

Návaznost na RIS3 Strategii (<https://www.mpo.cz/cz/podnikani/ris3-strategie/>)

a Průmysl 4 .0 (<https://www.spcr.cz/prumysl-4-0>)

Z hlediska vodíku mohou být relevantní zejména tyto specifické cíle/aktivity OP TAK:

Specifický cíl 1.1 Rozvoj a posílení výzkumných a inovačních kapacit a zavádění pokročilých technologií

- podpora projektů průmyslového výzkumu a experimentálního vývoje (mimo základní výzkum), jejichž hlavním cílem je tvorba nových znalostí potřebných pro vývoj nových produktů, materiálů, technologií a služeb. Opatření budou zaměřená na podporu projektů VVI (realizovaného zejména ve spolupráci podniků s VO), jejichž zaměření odpovídá prioritám Národní RIS3 strategie.
- zavedení nových výrobků a služeb do výroby a jejich uvedení na trh a dále pak zvýšení efektivity výrobních procesů s využitím pokročilých technologií



#### Specifický cíl 4.3 **Rozvoj inteligentních energetických systémů, sítí a skladování mimo TEN-E**

- Výstavba konverzních zařízení Power-to-Gas ke konverzi elektřiny z OZE na nové druhy plynů, výstavba metanizačních jednotek (pro výrobu syntetického metanu nebo biometanu z vodíku a CO<sub>2</sub>), připojení obou zařízení k plynárenské soustavě (sloužících k výrobě vodíku elektrolýzou, případně následné výrobě syntetického metanu nebo biometanu z vodíku a CO<sub>2</sub>);
- Výstavba zařízení/stanic na zachytávání CO<sub>2</sub> (technologie CCS/CCU);
- Výstavba konverzních zařízení/výroben nových druhů nízkouhlíkových plynů (například výroba vodíku ze zemního plynu parní reformací, pyrolýzou);
- Připojení výroben a konverzních zařízení k plynárenské soustavě (měření množství a kvality vyrobených nových druhů plynů, výstavba připojovacích plynovodů, vtláčecích zařízení vyrobených nových plynů do plynárenských soustav, obousměrné redukční stanice tlaku pro možnost připojení nových výroben plynů do nižších tlakových úrovní atd.);
- Osazení plynových expanzních turbín v RS spojených s výrobou elektrické energie;
- Výstavba zkapalňovacích stanic;
- Modernizace a úprava plynárenské soustavy, výstavba plynovodů a modernizace zásobníků plynu včetně instalace nových podzemních sond, moderních kompresorů a bezpečnostních prvků, kompatibilních s novými druhy plynů, vybavení zásobníků plynů biologickou metanizací

#### Specifický cíl 4.4 **Posílení biologické rozmanitosti, ochrany přírody a zelené infrastruktury v městském prostředí a snížení všech forem znečištění**

- nákup vozidel na alternativní pohon (elektřina, vodík, CNG, LNG a plug-in hybridy) v podnicích, přičemž se jedná o tyto podporované kategorie silničních vozidel – L (dvou – čtyřkolová vozidla), M1 (osobní), M2 a M3 (minibus/bus), N1 a N2 a N3 (nákladní), SS (speciální stroje);
- budování dobíjecích a plnicích stanic v podnicích;

**Poskytující organizace:** MPO

**Odkaz:** <https://www.mpo.cz/cz/podnikani/dotace-a-podpora-podnikani/optak-2021-2027/>

**Období:** 2021–2027

V současné době probíhají ze strany české vlády intenzivní přípravy a jednání o finální podobě jednotlivých dotačních programů. První výzvy by měly být vyhlášeny v 2. polovině roku 2021.

*V průběhu roku 2021 dobíhají výzvy z OP PIK, z nichž některé se týkají i inovací v oblasti energetických úspor.*

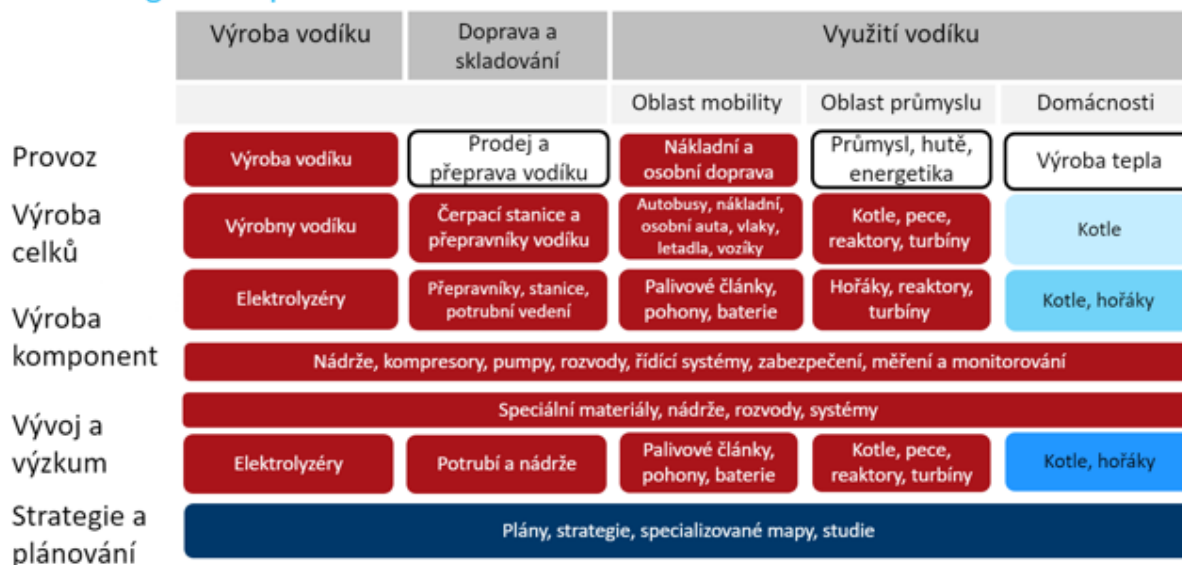
#### **Způsob a intenzita podpory:**

Cílovými skupinami jsou podnikatelské subjekty (zejména malé a střední podniky). Dále se bude jednat o organizace pro výzkum a šíření znalostí výzkumné infrastruktury, střediska vysoce výkonné výpočetní techniky či digitální klastry.

Celkový rozpočet zatím nepotvrzen.

**Omezení:** Příjemci podpory budou vlastníci nebo správci dotčené infrastruktury a dopravních prostředků, případně další relevantní subjekty.

## Technologická mapa



## 5.4 Program Ministerstva pro místní rozvoj – Integrovaný regionální operační program (IROP)

### Hlavní zaměření:

Zajistit vyvážený rozvoj území, zlepšit veřejné služby a veřejnou správu pro zvýšení konkurenceschopnosti a zajistit udržitelný rozvoj v obcích, městech a regionech

IROP podporuje 11 oblastí, z nichž oblast moderní, bezpečná a ekologická regionální doprava se týká i vodíku (např. pořízení autobusů na elektřinu nebo plyn, trolejbusy, chytré zastávky, přestupní terminály, cyklostezky aj.) Z hlediska vodíku je relevantní Cíl 2 – nízkouhlíková a zelenější Evropa

Vodík obsažen také konkrétně v Prioritě 2 (Rozvoj městské mobility, revitalizace měst a obcí, ochrana obyvatelstva)

### Poskytující organizace: MMR

Hodnocení projektů a jejich výběr ke schválení provádí [Centrum pro regionální rozvoj České republiky](#).

Odkaz: [www.irop.mmr.cz](http://www.irop.mmr.cz)

### Období:

2014–2020 (5,4 miliard EUR)

2021–2027 (návrh alokace 4,8 miliard EUR)

**Omezení:** V oblasti veřejné podpory jsou dotace většinou určeny pro dopravce na základě smlouvy o veřejných službách v přepravě cestujících. Omezení se mohou lišit podle konkrétní výzvy.

## Technologická mapa

|                              | Výroba vodíku  | Doprava a skladování                  | Využití vodíku  |                                |               |
|------------------------------|--|---------------------------------------|---|--------------------------------|---------------|
|                              |  |                                       | Oblast mobility   | Oblast průmyslu                | Domácnosti    |
| <b>Provoz</b>                | Výroba vodíku  | Prodej a přeprava vodíku              | Nákladní a osobní doprava                               | Průmysl, hutě, energetika      | Výroba tepla  |
| <b>Výroba celků</b>          | Výrobní vodíku   | Čerpací stanice a přepravníky vodíku  | Autobusy, nákladní, osobní auta, vlaky, letadla, vozíky | Kotle, pece, reaktory, turbíny | Kotle         |
| <b>Výroba komponent</b>      | Elektrolyzéry  | Přepravníky, stanice, potrubní vedení | Palivové články, pohony, baterie                        | Hořáky, reaktory, turbíny      | Kotle, hořáky |
| <b>Vývoj a výzkum</b>        | Nádrže, kompresory, pumpy, rozvody, řídicí systémy, zabezpečení, měření a monitorování |                                       |   |                                |               |
|                              | Speciální materiály, nádrže, rozvody, systémy  |                                       |   |                                |               |
| <b>Strategie a plánování</b> | Elektrolyzéry  | Potrubí a nádrže                      | Palivové články, pohony, baterie                        | Kotle, pece, reaktory, turbíny | Kotle, hořáky |
|                              | Plány, strategie, specializované mapy, studie  |                                       |   |                                |               |

## 5.5 Program Ministerstva dopravy – OP Doprava

### Hlavní zaměření:

Cíle programu vycházejí z dokumentu EK Bílá kniha – Plán jednotného evropského dopravního prostoru – vytvoření konkurenceschopného dopravního systému účinně využívajícího zdroje

Z hlediska vodíku relevantní cíle:

1. Podpora udržitelné multimodální městské mobility
2. Rozvoj udržitelné, inteligentní a intermodální celostátní, regionální a místní mobility odolné vůči změnám klimatu, včetně lepšího přístupu k síti TEN-T a přeshraniční mobility
3. FS: Udržitelná městská mobilita (a alternativní paliva)

Obecná návaznost na priority TEN-T a Národní akční plán čisté mobility.

**Poskytující organizace:** MD

**Odkaz:** [www.opd.cz](http://www.opd.cz)

**Období:** Nové programové období 2021–2027

Aktuálně byly vyhlášeny dvě výzvy do konce června 2021 a dalších 6 do poloviny roku 2023.

### Způsob a intenzita podpory:

Celková alokace programu: 5,364 miliard EUR (v minulém období 4,56 miliard EUR). OP Doprava je financován ze dvou fondů: Evropského fondu pro regionální rozvoj (ERDF) a Fondu soudržnosti (FS).

Velké projekty (nad 75 milionů EUR) a malé projekty. U projektů OPD žádné limity z hlediska výše podpory neexistují, jediným faktickým limitem je vymezení možných žadatelů pro daný specifický cíl.

**Omezení:**

Příjemci podpory budou vlastníci/správci dotčené infrastruktury a dopravních prostředků, případně další relevantní subjekty.

**Technologická mapa**

|                              | Výroba vodíku  | Doprava a skladování                  | Využití vodíku  |                                |               |
|------------------------------|--|---------------------------------------|---|--------------------------------|---------------|
|                              |  |                                       | Oblast mobility   | Oblast průmyslu                | Domácnosti    |
| <b>Provoz</b>                | Výroba vodíku  | Prodej a přeprava vodíku              | Nákladní a osobní doprava                               | Průmysl, hutě, energetika      | Výroba tepla  |
| <b>Výroba celků</b>          | Výrobní vodíku   | Čerpací stanice a přepravníky vodíku  | Autobusy, nákladní, osobní auta, vlaky, letadla, vozíky | Kotle, pece, reaktory, turbíny | Kotle         |
| <b>Výroba komponent</b>      | Elektrolyzéry  | Přepravníky, stanice, potrubní vedení | Palivové články, pohony, baterie                        | Hořáky, reaktory, turbíny      | Kotle, hořáky |
|                              | Nádrže, kompresory, pumpy, rozvody, řídicí systémy, zabezpečení, měření a monitorování |                                       |   |                                |               |
| <b>Vývoj a výzkum</b>        | Speciální materiály, nádrže, rozvody, systémy  |                                       |   |                                |               |
|                              | Elektrolyzéry  | Potrubí a nádrže                      | Palivové články, pohony, baterie                        | Kotle, pece, reaktory, turbíny | Kotle, hořáky |
| <b>Strategie a plánování</b> | Plány, strategie, specializované mapy, studie  |                                       |   |                                |               |





## 6 SOUVISEJÍCÍ STRATEGIE A PLÁNY

Existuje celá řada jiných strategií, koncepcí a akčních plánů, které částečně zasahují do oblasti vodíkových technologií. Tato strategie není těmto plánům ani podřízena, ani nadřizena. Je ale nutné zajistit mezi těmito plány a strategiemi konzistenci. V této kapitole jsou vypsány hlavní dokumenty, které mají přesah do vodíkové strategie a v bodu „koordinace“ je definováno přes jakou pracovní skupinu se bude zajišťovat soulad. Předpokládáme pravidelná jednání mezi tvůrci Vodíkové strategie a příslušnými pracovníky resortů odpovědných za níže uvedené dokumenty. Postup sladování jednotlivých dokumentů bude minimálně jednou ročně hodnocen a bude součástí zprávy, která bude předložena ministru průmyslu a obchodu.

### 6.1 Sdělení EK COM (2020) 301: Vodíková strategie pro klimaticky neutrální Evropu

<https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2020:0301:FIN:CS:PDF>

- **Vlastník:** EK
- **Návaznost:** tato strategie vychází ze Sdělení EK
- **Koordinace:** je zajištěna přes standardní proces schvalování a aktualizace dokumentů EK
- **Poznámka:** ve Sdělení komise neočekáváme časté změny

### 6.2 Národní akční plán čisté mobility (Aktualizace 2020)

<https://www.mpo.cz/cz/prumysl/zpracovatelsky-prumysl/automobilovy-prumysl/aktualizace-narodniho-akcniho-planu-ciste-mobility--254445/>

- **Vlastník:** MPO/MD
- **Návaznost:** samostatný dokument, některé trendy a plánovaná čísla jsou uvedeny v obou dokumentech, je proto nutné zajistit, aby jejich případné změny byly stejné
- **Koordinace:** HYTEP Pracovní skupina pro vodíkovou mobilitu
- **Poznámka:** NAP ČM se pravidelně aktualizuje (2 roky), je proto nutné provádět i aktualizaci vodíkové strategie

### 6.3 Státní energetická koncepce ČR (2015)

<https://www.mpo.cz/dokument158059.html>

- **Vlastník:** MPO
- **Návaznost:** Základní dokument pro ČR, kde je vodík zmíněn velmi okrajově (s ohledem na datum vzniku) - nicméně ponechává prostor pro další jeho specifikaci jako zdroj z OZE
- **Koordinace:** přímá vazba mezi příslušnými odděleními na MPO a Vodíkovou koordinační skupinou
- **Poznámka:**
  - Nutnost aktualizace
  - Při nejbližší aktualizaci zohlednit v implementačních Národních akčních plánech (JE apod.)

## 6.4 Vnitrostátní plán ČR v oblasti energetiky a klimatu (2020)

<https://www.mpo.cz/cz/energetika/strategicke-a-koncepcni-dokumenty/vnitrostatni-plan-ceske-republiky-v-oblasti-energetiky-a-klimatu--252016/>

- **Vlastník:** MPO
- **Návaznost:** Povinnost informovat EK o OZE, dalších plánech; definuje energetické cíle, OZE, ...
- **Koordinace:** přímá vazba mezi příslušnými odděleními na MPO a Vodíkovou koordinační skupinou
- **Poznámka:**

## 6.5 RIS3 strategie

<https://www.mpo.cz/cz/podnikani/ris3-strategie/>

- **Vlastník:** MPO
- **Návaznost:** Dokument, který definuje hlavní směry inovací a výzkumu
- **Koordinace:** vodíkové strategie se dotýkají 2 NIP (Národní inovační platforma) definovaných v RIS3, ve kterých budou pracovat koordinátoři pro oblast vodíku:
  - Pokročilé stroje a technologie
  - Dopravní prostředky pro 21. století
- **Poznámka:** RIS3 strategie se aktualizuje každé 3–4 roky na základě přesně definovaných pravidel, kde se hodnotí perspektivní oblasti pro další rozvoj.

## 6.6 Dopravní politika

<https://www.mdcr.cz/Dokumenty/Strategie/Dopravni-politika-CR-pro-obdobi-2014-2020-s-vyhled>

- **Vlastník:** MD
- **Návaznost:** Dokument, který definuje směry rozvoje v oblasti dopravy, včetně využití vodíku v dopravě
- **Koordinace:** přímá vazba mezi příslušnými odděleními na MD a Vodíkovou koordinační skupinou
- **Poznámka:**

## 6.7 Státní politika životního prostředí 2030 s výhledem do roku 2050

[https://www.mzp.cz/cz/statni\\_politika\\_zivotniho\\_prostredi](https://www.mzp.cz/cz/statni_politika_zivotniho_prostredi)

- **Vlastník:** MŽP
- **Návaznost:** Dokument, který definuje hlavní směry v ochraně životního prostředí, včetně prioritních oblastí ve snižování emisí skleníkových plynů
- **Koordinace:** přímá vazba mezi příslušnými odděleními na MŽP a Vodíkovou koordinační skupinou
- **Poznámka:**



## 6.8 Národní akční plán pro chytré sítě

[Národní akční plán pro chytré sítě 2019 - 2030 - Aktualizace NAP SG | MPO](#)

- **Vlastník:** MPO
- **Návaznost:** Dokument určuje směr rozvoje decentralizovaných, zejména obnovitelných zdrojů elektřiny, akumulace a elektromobility v souladu s požadavky Vnitrostátního plánu v oblasti energetiky a klimatu ČR.
- **Koordinace:** MPO
- **Poznámka:**

## 6.9 Národní akční plán rozvoje jaderné energetiky v České republice

[Národní akční plán rozvoje jaderné energetiky v České republice | MPO](#)

- **Vlastník:** MPO
- **Návaznost:** Dokument určuje směr rozvoje jaderné energetiky v podmínkách České republiky. V návaznosti na aktualizaci Státní energetické koncepce bude aktualizován i NAPJE s tím, že v jeho rámci budou zmíněny jak malé modulární reaktory, tak potenciál výroby vodíku.
- **Koordinace:** MPO
- **Poznámka:**

## 6.10 Politika ochrany klimatu v ČR

[https://www.mzp.cz/cz/politika\\_ochrany\\_klimatu\\_2017](https://www.mzp.cz/cz/politika_ochrany_klimatu_2017)

- **Vlastník:** MŽP
- **Návaznost:** Dokument stanovuje základní směřování ČR v oblasti dekarbonizace a úspor emisí.
- **Koordinace:** MŽP
- **Poznámka:**

## 6.11 Re:Start, strategie hospodářské restrukturalizace Ústeckého, Moravskoslezského a Karlovarského kraje

<https://restartregionu.cz/>

- **Vlastník:** MMR
- **Návaznost:** dokument stanovuje priority a nástroje pro transformaci těchto tří regionů.
- **Koordinace:** MMR
- **Poznámka:**

## 6.12 Inovační strategie České republiky 2019–2030

<https://www.vyzkum.cz/FrontClanek.aspx?idsekce=866015>

- **Vlastník:** Předseda Rady pro výzkum, vývoj a inovace (Hlavní zpracovatel MPO)
- **Návaznost:** Dokument shrnuje inovační aktivity ČR.
- **Koordinace:** Předseda Rady pro výzkum, vývoj a inovace

- **Poznámka:**

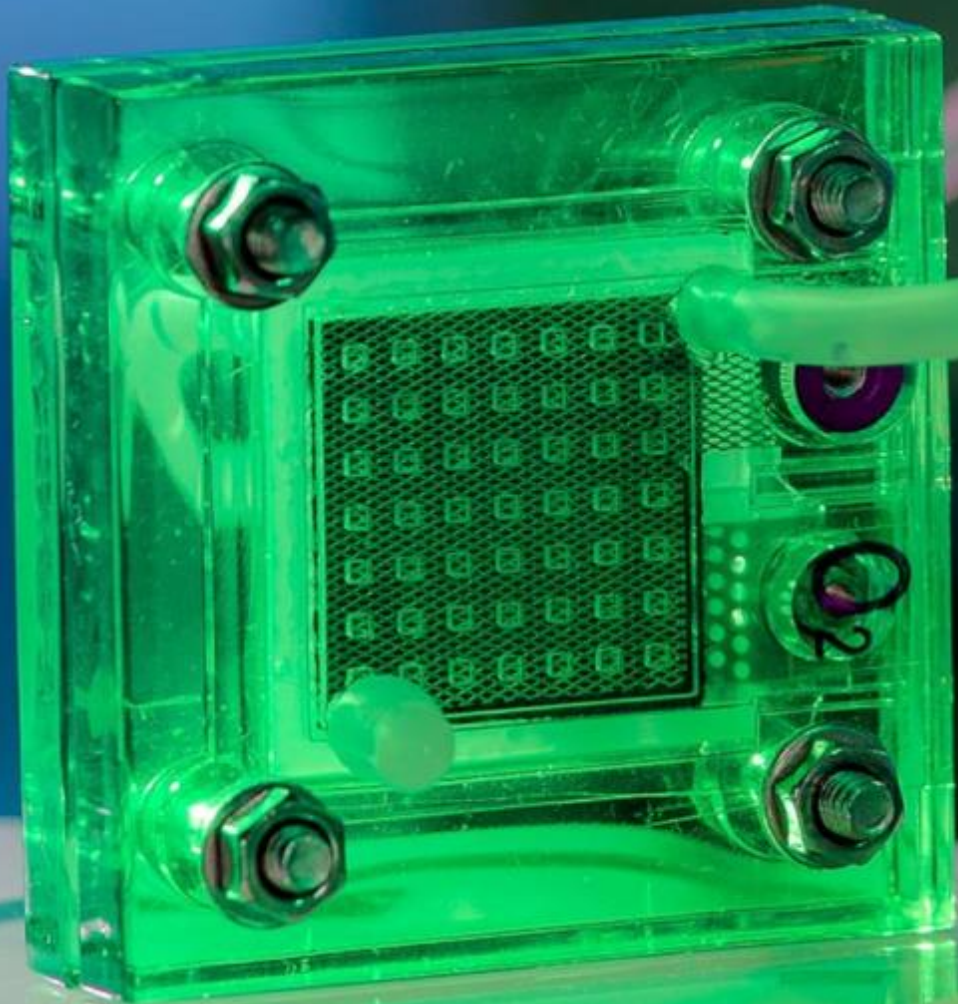
### **6.13 Koncepce SMART Cities – odolnost prostřednictvím SMART řešení pro obce, města a regiony**

<https://mmr.cz/cs/microsites/sc/metodiky/koncepce-smart-cities>

- **Vlastník:** MMR
- **Návaznost:** Jedním z prvků Smart Cities jsou energetika a udržitelná mobilita ve městech, ke které budou přispívat i vodíkové technologie
- **Koordinace:**
- **Poznámka:**



4X



## 7 Konstanty a vzorce použité ve výpočtech

### Vodík

|  |                      |
|--|----------------------|
| výhřevnost   | 33 kWh/kg, 120 MJ/kg |
| množství energie potřebné k výrobě vodíku elektrolýzou | 55 kWh/kg            |

### Autobusy

|                          |               |
|--------------------------|---------------|
| průměrný roční nájezd    | 60 000 km/rok |
| průměrná spotřeba vodíku | 10 kg/100 km  |

### Nákladní automobily

|                                  |                                 |
|----------------------------------|---------------------------------|
| průměrný roční nájezd            | 116 000 km/rok                  |
| průměrná spotřeba nafty          | 33 l /100 km                    |
| průměrná spotřeba vodíku         | 10 kg/100 km                    |
| přepočet spotřeby nafty na vodík | 3,3 l nafty / kg H <sub>2</sub> |

### Osobní automobily

|                          |               |
|--------------------------|---------------|
| průměrný roční nájezd    | 20 000 km/rok |
| průměrná spotřeba vodíku | 0,8 kg/100 km |

## 8 Karty úkolů

| ID úkolu: 1     |  |
|-----------------|--|
| Cíl opatření    | Uvést do souladu Vodíkovou strategii ČR s koncepčními dokumenty v oblasti čisté mobility, jako jsou například: NAP CM, ...   |
| Popis opatření  | Různé analýzy používají různé vstupní údaje a různé koeficienty pro výpočet spotřeb (nájezd km, průměrná spotřeba atd.). Potřebujeme pro budoucí odhady jeden zdroj dat, který se ale může v průběhu času měnit. |
| Odpovědnost     | MPO, MD  |
| Spolupráce      | AutoSAP, Hospodářská komora, Svaz průmyslu a dopravy, ČPS  |
| Termín          | průběžně   |
| Záznam o plnění |  |

| ID úkolu: 2     |  |
|-----------------|--|
| Cíl opatření    | Uvést do souladu Vodíkovou strategii ČR s koncepčními dokumenty v oblasti energetiky a klimatu, jako jsou například: SEK, Vnitrostátní plán ČR v oblasti energetiky a klimatu, NAP SG, POK, relevantní národní strategie ...                     |
| Popis opatření  | V SEK není vodík vůbec zmíněn. Je nutné vodíkovou strategii synchronizovat s jinými strategickými dokumenty v oblasti energetiky, které byly vydány před vydáním Vodíkové strategie ČR. Do SEK bude doplněna zpřesněná prognóza spotřeby vodíku. |
| Odpovědnost     | MPO, MŽP   |
| Spolupráce      |  |
| Termín          | průběžně   |
| Záznam o plnění |  |

| ID úkolu: 3     |   |
|-----------------|---|
| Cíl opatření    | Zajistit certifikaci pro nízkouhlíkový vodík (legislativa, systém registrace certifikátu, auditující organizace) a vytvořit systém pro evidenci certifikátů na nízkouhlíkový vodík. |
| Popis opatření  | Zajistit certifikaci pro vodík podle obsahu CO <sub>2</sub> eqv. nezávisle na jeho způsobu výroby. Termín může být upřesněn evropskou legislativou.                                 |
| Odpovědnost     | MPO   |
| Spolupráce      | OTE   |
| Termín          | 2025  |
| Záznam o plnění |   |



| ID úkolu: 4     |   |
|-----------------|---|
| Cíl opatření    | Definovat kapacity pro měření kvality vodíku pro dopravu podle příslušných technických norem, legislativně zajistit provádění kontrol kvality a stanovit kontrolní orgán. |
| Popis opatření  | V současnosti neexistuje možnost akreditovaného měření kvality vodíku pro účely kontroly a není stanoven kontrolní orgán.   |
| Odpovědnost     | MPO   |
| Spolupráce      | ČOI   |
| Termín          | 2023  |
| Záznam o plnění |   |

| ID úkolu: 5     |   |
|-----------------|---|
| Cíl opatření    | Analyzovat možnosti uplatnění jaderných zařízení při výrobě nízkemisního vodíku v ČR.   |
| Popis opatření  | Analyzovat možnosti uplatnění výroby vodíku z jaderných zařízení (stávající zdroje, nové jaderné zdroje a potenciálně i malé modulární reaktory). Zejména uplatnitelnost, potenciál, ekonomické, legislativní a technické aspekty včetně konkrétních doporučení ve vztahu ke stávajícím a novým jaderným zdrojům a ev. VaVal v oblasti jaderné energetiky. Výsledky této analýzy následně při nejbližší aktualizaci zpracovat do Vodíkové strategie ČR a Státní energetické koncepce, resp. Národního akčního plánu rozvoje jaderné energetiky v České republice či dalších relevantních dokumentů. |
| Odpovědnost     | MPO   |
| Spolupráce      | ČEZ   |
| Termín          | 2024  |
| Záznam o plnění |   |

| ID úkolu: 6     |   |
|-----------------|---|
| Cíl opatření    | Analýza možností výroby vodíku ze zemního plynu a na ni navazujících procesů.   |
| Popis opatření  | U technologie SMR (parní reformace metanu) je potřeba zaměřit se na oblast vznikajících emisí CO <sub>2</sub> , jejich zachytávání, využití, přepravu a ukládání.<br><br>U technologie pyrolýzy zemního plynu je potřeba se zaměřit na využití/skladování uhlíku v pevném skupenství. |
| Odpovědnost     | MPO   |
| Spolupráce      | ČPS, HYTEP, SČHP, TA ČR, výzkumné instituce a univerzity  |
| Termín          | 2026  |
| Záznam o plnění |   |

| ID úkolu: 7     |  |
|-----------------|--|
| Cíl opatření    | Vytvořit podmínky pro výstavbu a provozování nových vodíkových stacionárních zařízení s cílem podpory rozvoje těchto zařízení a aktualizace technických a bezpečnostních standardů.  |
| Popis opatření  | Vytvořit podmínky pro výstavbu a provozování stacionárních vodíkových zařízení jako jsou elektrolyzéry, plnicí stanice, úložiště vodíku, palivové články, kotle atd. Analýza bezpečnostních rizik a jejich omezení při zavádění vodíkových technologií. Tvorba norem a bezpečnostních předpisů pro výrobu, skladování, dopravu a využití vodíku. |
| Odpovědnost     | MPO, MD, GŘ HZS  |
| Spolupráce      | ČMI, SUIP, ÚNMZ, ČAS, ČPS  |
| Termín          | 2024   |
| Záznam o plnění |  |

| ID úkolu: 8     |   |
|-----------------|---|
| Cíl opatření    | Rozvinout možnosti podpory výzkumu, vývoje a inovací v oblasti vodíkových technologií.  |
| Popis opatření  | Využít, popřípadě aktualizovat, stávající programy podpory výzkumu, vývoje a inovací, aby odpovídaly hlavním směrům definovaným ve Vodíkové strategii ČR, včetně budování testovacích a výzkumných kapacit. |
| Odpovědnost     | MPO, MD, MŠMT, MŽP  |
| Spolupráce      | TA ČR   |
| Termín          | průběžně  |
| Záznam o plnění |   |

| ID úkolu: 9     |  |
|-----------------|--|
| Cíl opatření    | Vytvoření metodiky pro zásahy HZS a IZS u nehod s vodíkem.   |
| Popis opatření  | Hasičský záchranný sbor a další složky IZS budou přicházet do styku s problematikou vodíkových systémů, jejich provozu, poruch a nehod. Cílem této metodiky je usnadnit práci HZS a IZS. |
| Odpovědnost     | MV   |
| Spolupráce      | GŘ HZS   |
| Termín          | 2025   |
| Záznam o plnění |  |

| ID úkolu: 10    |  |
|-----------------|--|
| Cíl opatření    | Upřesnit stávající podmínky pro provozování existujících/nových plynárenských a odběrných plynových zařízení (určených primárně pro použití se zemním plynem) s cílem umožnit provoz těchto zařízení pro podporu vodíkového trhu.  |
| Popis opatření  | <p>1. Upřesnit stávající technické a legislativní podmínky pro provozování existujících plynárenských a odběrných plynových zařízení, jako jsou kompresorové stanice, plynovody, další části plynárenské soustavy a plynové spotřebiče, a rovněž upřesnit stávající podmínky pro výstavbu a provozování případných nových přepravních a distribučních zařízení.</p> <p>2. Provéřít připravenost existujícího právního rámce pro využití stávajících plynárenských zařízení pro přepravu/distribuci/skladování vodíku a jeho směsí se zemním plynem, co se týká veřejnoprávní i soukromoprávní roviny, a případně učinit vhodná opatření umožňující takové využití.</p> |
| Odpovědnost     | MPO, MD, GŘ HZS  |
| Spolupráce      | MŽP, ČMI, SUIP, TA ČR, EGÚ Brno, ČPS, ÚNMZ, ČAS  |
| Termín          | 2024   |
| Záznam o plnění |  |

**ID úkolu: 11**

|                 |   |
|-----------------|---|
| Cíl opatření    | Připravenost infrastruktury na dopravu a skladování vodíku – technická opatření.  |
| Popis opatření  | <p>1. Stanovení kritických míst pro rozvod vodíku v celém řetězci toku plynu přeprava/distribuce/skladování až po konečnou spotřebu:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Technologické prvky (potrubí, kompresory, regulátory, armatury, měřidla atd.)</li><li>• Materiály</li><li>• Spotřebiče</li><li>• Ložiska podzemních zásobníků</li></ul> <p>2. Ověřit technicko-provozní možnosti stávající plynárenské infrastruktury, odběrných plynových zařízení a plyn. spotřebičů s ohledem na využití vodíku, včetně technických podmínek pro výstavbu nové infrastruktury.</p> <p>3. Dynamické sledování kvality plynu v soustavě: Vstřikování a přimíchávání vodíku (nejen) do soustavy s sebou nese potřebu intenzivnějšího sledování kvality plynu na vstupu/výstupu a na uzlech soustavy (z hlediska technického provozu – přepočítávače, bezpečnosti, korektní fakturace a podobně).</p> <p>4. Bezpečnostní aspekty při práci na plynových zařízeních provozovaných se směsí zemního plynu s vodíkem nebo na čistém vodíkem.</p> <p>5. Příprava testování vtláčení vyšších množství vodíku nebo čistého vodíku do plynárenské soustavy.</p> <p>6. Testování připojení domácností k vodíku místo zemního plynu – je nutné otestovat, jaké úpravy bude nutné udělat na distribuční soustavě a na koncových zařízeních.</p> |
| Odpovědnost     | MPO   |
| Spolupráce      | ČPS, NET4GAS, IZS, TAČR, EGÚ Brno, ČPS, UNMZ, ČAS   |
| Termín          | 2025  |
| Záznam o plnění |   |



| ID úkolu: 12    |   |
|-----------------|---|
| Cíl opatření    | Připravenost infrastruktury na dopravu a skladování vodíku – legislativní opatření.   |
| Popis opatření  | <p>1. Zajistit legislativní připravenost na vstup vodíku do českého plynárenství. Úprava existující legislativy a právních předpisů při maximálním zachování praxí ověřených principů legislativního rámce v plynárenství (např. Energetický zákon, zákon o VTZ, relevantní vyhlášky, technické normy, TPG a další).</p> <p>2. Legislativně umožnit, aby mohly vznikat, i za účasti existujících provozovatelů plynárenských soustav, zkušební provozy / pilotní projekty s vyšší koncentrací vodíku až do výše 100% obsahu vodíku.</p> |
| Odpovědnost     | MPO   |
| Spolupráce      | ERU, MPSV, ČPS, ČMI, UNMZ, ČAS  |
| Termín          | 2024  |
| Záznam o plnění |   |

| ID úkolu: 13    |  |
|-----------------|--|
| Cíl opatření    | Přípravenost infrastruktury na dopravu a skladování vodíku – regulační opatření: Příprava koncepce regulačního rámce ČR v oblasti vodíku v kontextu platných směrnic a nařízení EU.  |
| Popis opatření  | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Rozšíření existujícího regulačního rámce pro zemní plyn i o vodík, včetně infrastruktury pro vodík, s cílem vytvoření stabilního regulačního prostředí umožňujícího rozvoj vodíkové infrastruktury. Je důležité vzít v úvahu přeshraniční dimenzi trhu s vodíkem. Lze se odůvodněně domnívat, že geografická pozice ČR podnítlí potřebu přepravy vodíku přes ČR dříve, než bude na národní úrovni plně rozvinout trh s vodíkem. Usnadnění přeshraničního obchodu mezi sousedními a členskými státy EU může podnítit účinnější rozvoj vodíkového hodnotového řetězce v ČR i v EU. Za tímto účelem je důležité zajistit soudržnost napříč trhy a podpořit rozvoj jednotného trhu, který bude založen na konvergenci pravidel.</li> <li>2. Zohlednit vodíkový standard při budování nové nebo obnově stávající infrastruktury.</li> <li>3. Aplikace repurposingu a retrofitingu existující infrastruktury při plánování rozvoje plynárenské (tj. včetně vodíkové) soustavy v ČR.</li> <li>4. Tarifní model regulace vodíkových soustav: Využití stávající plynárenské soustavy pro přepravu vodíku a další rozvoj plynárenské soustavy pro potřeby vodíku s sebou nese výzvy v podobě motivačně a ekonomicky udržitelně nastavených tarifních pravidel pro přepravu vodíku tak, aby byl systém motivační pro všechny uživatele. Plnění úkolu by mělo následovat bezprostředně po tom, co bude determinována forma a rozsah regulace na EU úrovni.</li> <li>5. Tarifní model propojených sektorů elektroenergetiky a plynárenství: Využití plynárenské soustavy jako akumulárního prostředku pro vodík vyrobený prostřednictvím elektrizační soustavy s sebou přinese požadavek na vznik nových produktů tak, aby na uživatele obou soustav byly korektně alokovány vyvolané náklady.</li> </ol> |
| Odpovědnost     | MPO  |
| Spolupráce      | ERU, ČPS, regulované subjekty v plynárenství   |
| Termín          | 2025   |
| Záznam o plnění |  |

| ID úkolu: 14    |  |
|-----------------|--|
| Cíl opatření    | Vypracování komplexní metodiky pro tzv. ostrovní řešení výroby a distribuce nízkouhlíkového vodíku a posílení podpory těchto projektů.   |
| Popis opatření  | Produkce vodíku spojená s jeho spotřebou v místě nebo poblíž místa výroby musí být řešena jako komplexní úkol, kde je možné optimalizovat načasování dodávek, minimalizovat nutnost skladování a zvolit vhodné objemy a vhodná zařízení. Ostrovní způsob výroby a využití vodíku bude nutný minimálně v počátečních fázích ke snížení celkových nákladů (není nutná doprava vodíku). Pro podporu těchto typů projektů bude vhodné modifikovat stávající podpůrné programy. |
| Odpovědnost     | MPO  |
| Spolupráce      | MD, CDV  |
| Termín          | 2022   |
| Záznam o plnění |  |

| ID úkolu: 15    |  |
|-----------------|--|
| Cíl opatření    | Podpora strategických pilotních projektů zaměřených na efektivní výrobu a přepravu vodíku.   |
| Popis opatření  | Modifikovat stávající programy podpory pro umožnění realizace strategických pilotních projektů zaměřených na potenciálně geograficky oddělené zdroje výroby a spotřeby vodíku a jejich propojení zejména za využití plynárenské infrastruktury a jiných efektivních způsobů přepravy vodíku. |
| Odpovědnost     | MPO  |
| Spolupráce      | ČPS, NET4GAS   |
| Termín          | 2022   |
| Záznam o plnění |  |

| ID úkolu: 16    |   |
|-----------------|---|
| Cíl opatření    | Vypracovat scénáře pro potenciální zdroje importu vodíku do ČR.   |
| Popis opatření  | Analyzovat potenciální zdroje vodíku v zahraničí a přepravní trasy vodíku za účelem jeho importu do ČR. |
| Odpovědnost     | MPO   |
| Spolupráce      | ČPS, NET4GAS  |
| Termín          | 2026  |
| Záznam o plnění |   |

| ID úkolu: 17    |  |
|-----------------|--|
| Cíl opatření    | Zajistit statistické sledování vodíku jako paliva.   |
| Popis opatření  | Vodík se v současnosti nevykazuje jako palivo ve statistických výkazech podniků. Je statisticky je sledována pouze jeho produkce. Pro účely výpočtu úspor CO2 a rovněž pro další zpřesňování strategických dokumentů bude nutné navrhnout a schválit systém vykazování spotřebovaného množství zejména nízkouhlíkového vodíku. |
| Odpovědnost     | MPO  |
| Spolupráce      | ČSÚ, ERÚ   |
| Termín          | 2025   |
| Záznam o plnění |  |

**ID úkolu: 18**

|                 |   |
|-----------------|---|
| Cíl opatření    | Finanční podpora nákupu vozidel s palivovými články a budování infrastruktury (plnicích stanic) pro provoz vozidel s palivovými články.   |
| Popis opatření  | Zajistit finanční prostředky a vypisování příslušných výzev podle příjemců podpory:<br><ul style="list-style-type: none"><li>- podnikatelé</li><li>- municipality</li><li>- veřejná přeprava osob</li></ul> |
| Odpovědnost     | MPO, MD, MMR, MŽP   |
| Spolupráce      | AutoSAP   |
| Termín          | průběžně  |
| Záznam o plnění |   |

**ID úkolu: 19**

|                 |  |
|-----------------|--|
| Cíl opatření    | Navrhnout způsob doplnění komodity vozidla s palivovými články či její vhodné přiřazení k existující komoditě do Číselníku NIPEZ, který obsahuje schválené položky zboží a služeb, které jsou předmětem trhu veřejných zakázek, pokud nebude vyřešeno na evropské úrovni pro celou EU.   |
| Popis opatření  | Komoditu vozidla s palivovými články je vhodné zařadit do Číselníku NIPEZ, aby bylo možné tuto komoditu podřadit pod správnou položku číselníku, čímž dojde k přesnějšímu definování předmětu vyhlášené veřejné zakázky. Vzhledem k tomu, že Číselník NIPEZ vychází z nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 2195/2002 ze dne 5. listopadu 2002 o společném slovníku pro veřejné zakázky (CPV), kterým se zřizuje jednotný klasifikační systém pro účely veřejných zakázek, bude tento cíl splněn pouze v případě, že nebude zařazení vozidel s palivovými články pod správnou položku vyřešeno na evropské úrovni, což by následně bylo promítnuto do Číselníku NIPEZ. |
| Odpovědnost     | MMR  |
| Spolupráce      |  |
| Termín          | 2023   |
| Záznam o plnění |  |



| ID úkolu: 20    |  |
|-----------------|--|
| Cíl opatření    | Informovat veřejnost o možnostech vodíkových technologiích.  |
| Popis opatření  | Propagovat vodík široké veřejnosti jakožto jednu z možných technologií, která pomůže k dekarbonizaci průmyslu, dopravy a energetiky. Specificky se pak zaměřit zejména na problematiku bezpečnosti provozu vodíkových technologií. |
| Odpovědnost     | MPO, MŽP, MZV  |
| Spolupráce      | HYTEP  |
| Termín          | průběžně   |
| Záznam o plnění |  |

| ID úkolu: 21    |   |
|-----------------|---|
| Cíl opatření    | Aktivně propagovat české firmy a vytvářet možnosti pro networking a přenos know-how přes hranice.   |
| Popis opatření  | V maximální možné míře podporovat přenos vědomostí v sektoru průmyslu a propagovat české firmy, které vyvíjejí vodíkové technologie, a to i v zahraničí prostřednictvím zahraničních workshopů. |
| Odpovědnost     | MPO, MZV, CzechInvest   |
| Spolupráce      | HYTEP   |
| Termín          | průběžně  |
| Záznam o plnění |   |

| ID úkolu: 22    |  |
|-----------------|--|
| Cíl opatření    | Analyzovat potřebu aktualizace technických standardů na pořizování a provoz drážních vozidel s palivovými články.  |
| Popis opatření  | Podpora vodíkové mobility s sebou přináší potřebu aktualizace technických standardů na pořizování a provoz drážních vozidel s palivovými články. Podobně jako u elektromobilů a pohonů CNG/LPG musí být nastaveny podrobné technické parametry pro definici vozidel s palivovými články. V řadě případů bude nutné sladit vnitrostátní normy s normami sousedních zemí. Může dojít k tomu, že ze sousedních zemí k nám budou zajíždět drážní vozidla dříve než vozidla provozovaná na českých tratích. |
| Odpovědnost     | MD   |
| Spolupráce      |  |
| Termín          | 2024   |
| Záznam o plnění |  |

| ID úkolu: 23    |  |
|-----------------|--|
| Cíl opatření    | Analyzovat potřebu aktualizace technických standardů na pořizování a provoz vodíkových lodí.   |
| Popis opatření  | Lodě jsou specifickou oblastí dopravy, hlavně pro výletní osobní dopravu může být provoz vodíkových lodí zajímavou alternativou, proto je nutné připravit legislativu a provozní podmínky pro tuto oblast. |
| Odpovědnost     | MD   |
| Spolupráce      |  |
| Termín          | 2024   |
| Záznam o plnění |  |

| ID úkolu: 24    |  |
|-----------------|--|
| Cíl opatření    | Podpora studijních programů pro vodíkové technologie na vysokých školách.  |
| Popis opatření  | Předpokladem pro rozvoj provozu vodíkových technologií a jejich vývoj v ČR je existence vzdělávacích kapacit na vysokých školách a rovněž příprava pedagogických pracovníků. Mohou být akreditovány nové studijní programy, nebo identifikovány stávající, kde je potenciál zahrnutí vodíkových technologií. Akreditace nových studijních programů či úprava stávajících spadá do autonomního rozhodování jednotlivých vysokých škol, resp. je v kompetenci Národního akreditačního úřadu pro vysoké školství. |
| Odpovědnost     | MŠMT   |
| Spolupráce      | MPO, MPSV, Rada vysokých škol, Česká konference rektorů, NAÚ   |
| Termín          | průběžně   |
| Záznam o plnění |  |

**ID úkolu: 25**

|                 |  |
|-----------------|--|
| Cíl opatření    | Akreditace rekvalifikací v oblasti vodíkových technologií.   |
| Popis opatření  | Předpokladem pro rozvoj provozu vodíkových technologií a jejich vývoj v ČR je existence možností rekvalifikace a dalšího vzdělávání pro odborné pracovníky v oblasti vodíkových technologií. |
| Odpovědnost     | MŠMT   |
| Spolupráce      |  |
| Termín          | průběžně   |
| Záznam o plnění |  |

**ID úkolu: 26**

|                 |  |
|-----------------|--|
| Cíl opatření    | Navýšit informovanost o vodíkových technologiích na středních školách prostřednictvím zahrnutí do rámcových vzdělávacích programů (fyzika, chemie atd.).   |
| Popis opatření  | Vytvoření metodické podpory pro vodíkové technologie na školách, aby reflektovala současné způsoby výroby a využití vodíku, v závislosti na typu škol.<br><br>Do vzdělávací oblasti Přírodovědné vzdělávání zahrnout informaci o vodíku, který je jedním z důležitých nástrojů pro dosažení klimatické neutrality. |
| Odpovědnost     | MŠMT, kraje, MPO   |
| Spolupráce      | Asociace SPŠ ČR, AŘG, NPI,   |
| Termín          | 2025   |
| Záznam o plnění |  |

