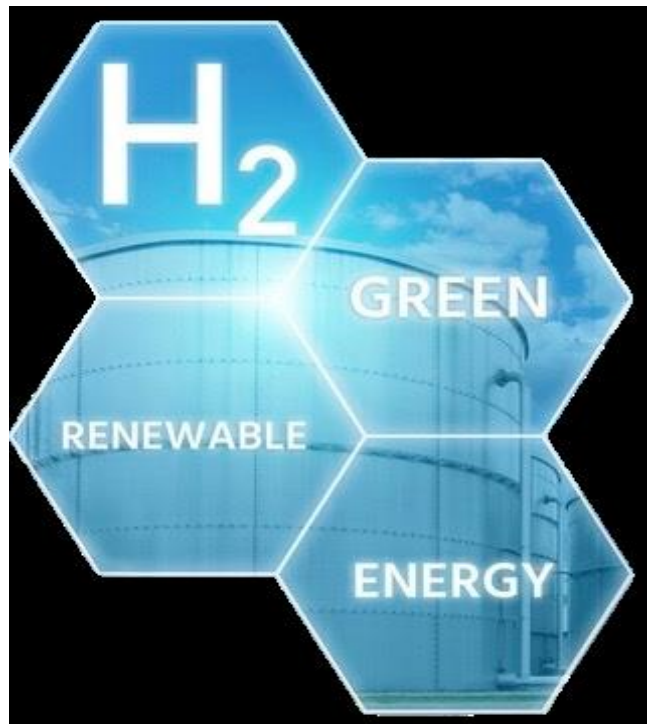




Bilancia výroby, spotreby, importu a exportu  
vodíka v SR a možné scenáre vývoja vodíkového  
ekosystému do roku 2030 a 2050



## Obsah

Úvod .....	2
Téma vodíka v EÚ a na Slovensku .....	2
Výroba a spotreba vodíka v SR.....	4
Import a export vodíka v SR .....	6
Analytické prognózy vývoja výroby a spotreby vodíka v SR .....	7
Rozvoj národného vodíkového ekosystému .....	9
Scenáre vývoja na Slovensku do roku 2030 a 2050 .....	14
Metodické poznámky .....	21
Metodika pravidelného zberu dát.....	23
Zoznam použitých skratiek.....	25
Zdroje .....	25

## Úvod

Rozvoj vodíkového ekosystému je výzvou nie len vo svete, ale aj na Slovensku. Využívanie vodíka, ako súčasť hospodárstva SR závisí od ucelenej spolupráce štátu, podnikateľskej sféry, inštitúcií a výskumu a vývoja. Na dosiahnutie cieľov deklarovovaných predpismi EÚ, ku ktorým sa členské štáty zaviazali, je preto nutná synergia všetkých účastníkov tohto trhu v takej miere, aby efektívne využívanie vodíka reálne prispelo k dekarbonizácii priemyselných procesov s minimálnymi emisiami CO<sub>2</sub> so zohľadnením ekonomických možností hospodárstva.

Na Slovensku je najväčšia koncentrácia spotreby vodíka najmä v chemickom a petrochemickom priemysle. Potenciál zvýšenia dopytu po vodíku je veľmi široký, ale predovšetkým ide o sektor dopravy a energetiky. Výroba vodíka kopírovala s menšou odchýlkou jeho spotrebu a väčšina bola spotrebovaná priamo v samotných podnikoch vyrábajúcich vodík.

V budúcnosti existuje niekoľko možných scenárov vývoja spotreby vodíka, ktoré závisia od konania všetkých účastníkov tohto trhu. Pre rozvoj infraštruktúry vodíka s potenciálom nových výrobných možností, možností vo vede, výskume, či aplikovania inovačných postupov a technológií, je potrebné udržať kľúčové sektory celosvetovej úrovne.

## Téma vodíka v EÚ a na Slovensku

Členské štáty EÚ sa podľa smernice z 11. decembra 2018 o podpore a využívaní energie z obnoviteľných zdrojov a jej revízie z roku 2023 budú snažiť zabezpečiť do roku 2030 príspevok obnoviteľného paliva nebiologického pôvodu (ďalej len „RFNBO“) na vodíku na účely koncovej energie a neenergetické účely v priemysle, aspoň vo výške 42 %. Do roku 2035 by mal byť tento príspevok až vo výške 60 %. V súčasnosti je však možné pre jednotlivé členské štáty znížiť cieľ používania RFNBO v priemysle za určitých podmienok. V prípade spotrebovaného vodíka by jeho podiel (alebo podiel jeho derivátov) vyrobených z fosílnych palív nemal presiahnuť 23 % v roku 2030, resp. 20 % v roku 2035.

Pre výpočet cieľa 42 % podielu RFNBO na vodíku na účely koncovej energie a neenergetické účely v priemysle do roku 2030 sa vzťahujú nasledujúce pravidlá:

a) na výpočet menovateľa sa použije energetický obsah vodíka použitého na účely koncovej energie a neenergetické účely, s výnimkou:

- i) vodíka použitého ako medziprodukt na výrobu konvenčných dopravných palív a biopalív;
- ii) vodíka, ktorý sa vyrába dekarbonizáciou priemyselného zvyškového plynu a ktorý sa používa ako náhrada špecifického plynu, z ktorého sa vyrába;
- iii) vodíka vyrábaného ako vedľajší produkt alebo odvodeného z vedľajších produktov v priemyselných zariadeniach;

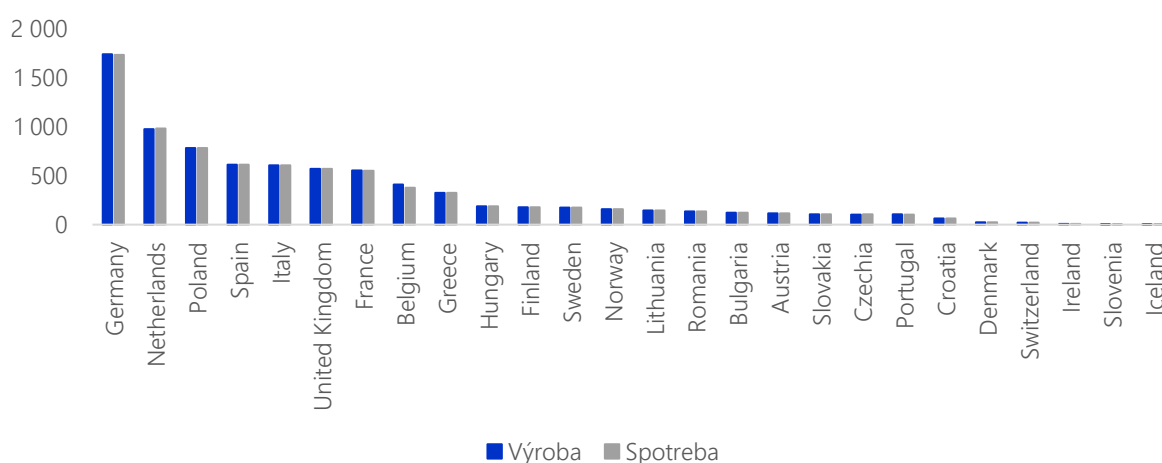
b) na výpočet čitateľa sa použije energetický obsah palív z RFNBO spotrebovaných v priemysle na účely koncovej energie a neenergetické účely, s výnimkou RFNBO použitých ako medziprodukt na výrobu konvenčných dopravných palív a biopalív.

Vodík je významnou komoditou aj v oblasti dopravy. Tam sa členské štáty EÚ zaviazali na dosiahnutí kombinovaného podielu pokročilých biopalív a bioplynu vyrábaných z vymedzených surovín (napr. slama, maštalný hnoj, kal z kanalizácie a z čistiarní odpadových vôd, hroznové výlisky a vínne kaly, škrupiny orechov, plevy, odzrnené kukuričné klasy a ďalšie) a RFNBO vo výške aspoň 1 % v roku 2025, resp. 5,5 % v roku 2030 – z týchto podielov by mal byť najmenej 1 p.b. RFNBO<sup>1</sup>.

Podľa dostupných európskych dát<sup>2</sup> z roku 2021 má celkovú najvyššiu spotrebu vodíka Nemecko a Holandsko, Slovensko má v tejto databáze 18. miesto s podielom na celkovej európskej spotrebe niečo viac ako 1 %. Takmer 60 % všetkého vodíka v EÚ sa spotrebovalo v procesoch rafinácie a pri výrobe čpavku. Výroba vodíka je taktiež najvýraznejšia v Nemecku a Holandsku, a to najmä v procese rafinácie a vo výrobe čpavku. Najvyššiu odchýlku výroby a spotreby má Belgicko, kde je výroba takmer o 9 % vyššia ako spotreba. V šiestich krajinách je dokonca spotreba vodíka vyššia, ako jeho produkcia, a tak je do týchto krajín nutný import z okolitých štátov. Táto potreba zaplnenia spotreby môže byť istým potenciálom pre budúci slovenský export. Podľa dostupných štatistík je v EÚ voľných ešte takmer 30 % kapacít výroby vodíka ročne.

Vo všeobecnosti je však trh v Európe v produkcii a spotrebe vodíka vyrovnaný. Zatiaľ najvyužívanejším spôsobom výroby vodíka je proces využívajúci fosílnu palivá, menej využívaným spôsobom je výroba vodíka elektrolyzou vody či využívaním fosílnych palív so zachytávaním oxidu uhličitého.

Graf 1: Výroba a spotreba vodíka v krajinách EÚ (tis. t/ročne, 2021)



Zdroj: European Hydrogen Observatory, spracované IHA

<sup>1</sup> V súčasnosti má vodík na RFNBO na Slovensku väčšinový podiel.

<sup>2</sup> [Hydrogen Landscape | European Hydrogen Observatory \(europa.eu\)](https://hydrogen-landscape.euro-hydrogen.eu/)

Z dôvodu súčasného aj plánovaného budúceho energetického mixu pri výrobe elektrickej energie v SR, ktorý je primárne založený na jadrovej energii, bude pre splnenie dekarbonizačných cieľov v SR podstatná výroba a využívanie nie len obnoviteľného, ale aj nízkouhlíkového vodíka. Jeho definícia by mala byť založená na celkových emisiách skleníkových plynov z výroby a používania vodíka počas celého životného cyklu.<sup>3</sup> V súčasnosti môže emisná intenzita vodíka vyrobeného elektrolýzou pri využití elektriny z energetického mixu SR predstavovať 45 – 70 g CO<sub>2</sub> ekvivalentu/MJ vyrobeného vodíka pri nezapočítaní prípadných emisií z prepravy a distribúcie.<sup>4</sup>

## Výroba a spotreba vodíka v SR

Vodík (prirodzene sa vyskytujúci len ako zlúčenina) ako základná komodita je východiskovou surovinou pri výrobe niekoľkých ďalších zlúčenín (napr. amoniak, kyselina dusičná, dusičnan amónny, močovina či metanol), a aktuálne sa v EÚ využíva najmä v chemickom priemysle (petrochemický priemysel a výroba čpavku) a metalurgickom priemysle.

V roku 2023 sa v SR podľa dotazníkového prieskumu trhu o výrobe a spotrebe vodíka<sup>5</sup> spotrebovalo približne 150 000 ton vodíka. Spotreba vodíka v SR je koncentrovaná najmä v sektore priemyslu, pričom podľa odhadov z dostupných dát sa majoritná časť vodíka spotrebováva v procesoch rafinácie a výroby čpavku. Zvyšok vodíka je využívaný najmä v iných procesoch chemického priemyslu a v hutníckom priemysle. Malý podiel spotreby vodíka je obsiahnutý v sektore dopravy a energetiky, pričom práve tieto sektory majú potenciál zvýšenia dopytu po vodíku aj v budúcnosti.

Na základe spôsobu výroby vodíka ho môžeme deliť na niekoľko typov:

- Vodík vyrobený procesom reformingu, využívajúcim ako východiskovú surovinu fosílnu palivá, a tým sú celkové emisie skleníkových plynov počas celého životného cyklu vodíka najvyššie.
- Vodík vyrobený procesom reformingu, využívajúcim ako východiskovú surovinu fosílnu palivá, pričom v procese výroby je oxid uhličitý zachytávaný, uskladnený, prípadne použitý na iné technológie. Emisie sú nižšie ako pri nezachytávaní oxidu uhličitého.
- Vodík vyrobený procesom využívajúcim elektrolýzu vody alebo soľného roztoku pomocou elektrolyzéroov napájaných elektrickým prúdom zo zdrojov energie z energetického mixu krajiny alebo iných ako obnoviteľných zdrojov energie (napr. jadrová energia).
- Vodík vyrobený procesom využívajúcim elektrolýzu vody pomocou elektriny pochádzajúcej z obnoviteľných zdrojov energie.

---

<sup>3</sup> V čase prípravy materiálu ešte nebolo známe presné znenie delegovaného aktu, ktorý stanoví pravidlá pre výpočet emisií pre nízkouhlíkový vodík.

<sup>4</sup> Výpočet IHA

<sup>5</sup> Str. 21 dokumentu kapitola Metodické poznámky

- Okrem základných druhov procesov sa vyskytuje aj vodík vyrobený termickým štiepením metánu, či vodík vyrobený technológiou hydraulického štiepenia.

Najčastejšie používaným procesom výroby vodíka na Slovensku je v súčasnosti výroba vodíka parným reformingom zemného plynu, ktorý je z hľadiska energetickej náročnosti a tvorby skleníkových plynov najefektívnejším procesom (v prípade výrobných procesov, kde východiskovou surovinou je fosílna palivo).

Emisná náročnosť tohto procesu je približne 6 – 10 ton oxidu uhličitého na tonu vyrobeného vodíka. Znižovanie emisnej náročnosti tohto procesu je možné iba záchyтом oxidu uhličitého a jeho následným uskladnením alebo využitím v iných výrobných procesoch. Potenciál uskladňovania oxidu uhličitého v podzemných rezervoároch na Slovensku nie je v súčasnosti dostatočne preskúmaný.

Energetická náročnosť procesu je 8 – 10 MWh na tonu vyrobeného vodíka. Najväčšia časť energetickej potreby procesu je vo forme tepelnej energie. Táto forma procesu výroby vodíka, v prípade zachytávania oxidu uhličitého, môže mať energetickú náročnosť približne trojnásobne vyššiu v porovnaní s procesom výroby vodíka bez zachytávania oxidu uhličitého. Výhodou pri výrobe vodíka parným reformingom je vyššia výrobná kapacita vodíka v porovnaní s ostatnými alternatívami výroby vodíka.

Výroba vodíka elektrolyzou vody je najpreskúmanejšou alternatívou na znižovanie procesných emisií z výroby vodíka, keďže týmto spôsobom výroby nevznikajú žiadne emisie skleníkových plynov počas samotného procesu. Zdrojom energie v procese elektrolyzy vody je elektrická energia. Pokiaľ je zdrojom energie na výrobu elektrickej energie obnoviteľný zdroj energie, môžeme proces výroby vodíka elektrolyzou považovať za bezemisný. Energetická náročnosť procesu výroby vodíka elektrolyzou vody je približne 40 – 60 MWh na tonu vyrobeného vodíka. Množstvo spotrebovanej energie závisí aj od toho, či výrobca vodíka má vlastný zdroj výroby tepla na dodanie tepla do procesu výroby vodíka.

V roku 2023 sa na Slovensku na základe údajov z dotazníkového prieskumu trhu o výrobe a spotrebe vodíka vyrobilo približne 151 000 ton vodíka. Takmer celá výroba vodíka na Slovensku je spotrebovávaná priamo v podnikoch, v ktorých sa vyrába, na vlastnú spotrebu. Odhadom iba menej ako 1 % vyrobeného objemu vodíka na Slovensku môže predstavovať výroba na ďalší predaj.

Z celkového vyrobeného objemu vodíka pochádza odhadom viac ako 99 % z procesu reformingu fosílnych palív. Podľa dostupných údajov (za roky 2018 – 2019<sup>6</sup>) predstavuje výroba vodíka prostredníctvom elektrolyzy menej ako 1 % celkovej výroby. O výrobe bezemisného vodíka charakterizovateľného ako obnoviteľné palivo nebiologického pôvodu nie sú v súčasnosti k dispozícii žiadne informácie.

Údaje o detailnom rozložení výroby vodíka podľa spôsobov jeho výroby za rok 2023 zbierané neboli, podľa predpokladov a dostupných informácií z ekosystému, sa však od

---

<sup>6</sup> Novšie údaje doposiaľ neboli zbierané

posledného zisťovania za roky 2018 a 2019 rozloženie spôsobu výroby vodíka výrazne nezmenilo.

Na základe údajov za roky 2019 – 2023 bola výroba vodíka priemerne o 0,2 % - 0,4 % vyššia ako jeho spotreba, a približne 90 % z nadbytočnej výroby bolo následne určených na export. Pri týchto dátach je však nutné brať do úvahy fakt, že v sledovanom období bola ako spotreba, tak aj výroba zasiahnutá energetickou krízou, ktorá nepriaznivo ovplyvnila vývoj celkovej priemyselnej výroby, a tým aj vývoj výroby a spotreby vodíka.

Tabuľka 1: Výroba a spotreba vodíka v SR (t)

	2019	2020	2021	2022	2023
Výroba	156 600	174 000	180 800	163 800	151 100
Spotreba	156 100	173 600	180 400	163 300	150 500

Zdroj: spracované IHA na základe prieskumu trhu

## Import a export vodíka v SR

Slovensko má v pláne rozvíjať infraštruktúru vodíka s potenciálom nielen nových výrobných možností, ale aj možností vo vede, výskume a aplikovaní nových inovačných postupov a technológií. Je preto dôležité, aby sa už v súčasnosti riešili možnosti udržania kľúčových sektorov (chemický, petrochemický a oceliarsky priemysel) na celosvetovej úrovni.

Zahraničný obchod s vodíkom v súčasnosti v SR nie je veľmi rozvinutý a predstavuje zanedbateľný podiel na celkovej spotrebe a výrobe na území SR. Export počas sledovaného obdobia rokov 2019 – 2023 prevýšil import 3,5-násobne, čo naznačuje, že celkové výrobné kapacity v SR v súčasnosti nemajú problém pokrývať spotrebu. Údaje o teritoriálnej, či sektorovej štruktúre zahraničného obchodu s vodíkom v súčasnosti nie sú k dispozícii v dostatočnej kvalite.

Tabuľka 2: Import a export vodíka v SR (t)

	2019	2020	2021	2022	2023
Import	124	128	43	138	175
Export	425	655	254	350	472

Zdroj: ŠÚ SR, MH SR, spracované IHA

Budúci vývoj zahraničného obchodu bude závisieť od vývoja dopytu a nových výrobných kapacít nie len v SR, ale najmä v ostatných krajinách EÚ. Prognózovanie vývoja zahraničného obchodu s vodíkom si bude preto vyžadovať hlbšiu analýzu na celoeurópskej úrovni.

V súčasnosti žiadna z dopytovaných spoločností do budúca zmeny v importe ani exporte vodíka neindikuje. Z dôvodu v súčasnosti nerozvinutého zahraničného trhu s vodíkom v SR, nedostatočnej kvality dát o jeho teritoriálnej, či sektorovej štruktúre, neexistujúceho zahraničného obchodu s RFNBO a neindikovania zmeny importu a exportu dopytovaných spoločností v súčasnosti, nie je možné v dostatočnej kvalite

prognózovať vývoj zahraničného obchodu do budúcnosti. Prognózy budú upravené po implementovaní navrhovanej metodiky pravidelného zberu dát.

Vývoj zahraničného obchodu s vodíkom bude závisieť predovšetkým od prepravných kapacít. Podľa verejne dostupných informácií o aktuálne pripravovaných projektoch na potrubnú prepravu zeleného vodíka odhaduje IHA potenciálne prepravné kapacity na úrovni približne 30 tisíc ton vodíka za rok. Toto číslo sa s pribúdajúcimi projektmi v budúcnosti môže meniť.

Podpora navyšovania spotreby vodíka, ktorý má potenciál prispieť k napĺňaniu environmentálnych cieľov EÚ bez dodatočných investícií stimulujúcich bezemisnú výrobu vodíka v EÚ a s tým spojenú výrobu elektriny z obnoviteľných zdrojov, si bude vyžadovať detailné preskúmanie importných možností tak, aby budúci dopyt neprevyšoval ponuku.

## Analytické prognózy vývoja výroby a spotreby vodíka v SR

Na základe údajov na podnikovej úrovni pripravilo Ministerstvo hospodárstva SR - Inštitút hospodárskych analýz, 3 scenáre vývoja výroby a spotreby vodíka na Slovensku do roku 2030.

V scenári č. 1 sa na základe odhadov dopytovaných spoločností výroba a spotreba vodíka do roku 2030 nebude výrazne meniť a po nižšej výrobe a spotrebe v roku 2023 sa vráti na priemerné hodnoty sledovaného obdobia.

Scenár č. 2 predstavuje scenár prirodzeného vývoja spotreby vodíka vypočítaný regresiou spotreby vodíka a konečnou energetickou spotrebou chemického a petrochemického priemyslu. V tomto scenári sa nepredpokladajú žiadne nové významné investície do zmeny technológií, ani navyšovanie výrobných kapacít. Sektorové rozdelenie spotreby ostane podobné s rokom 2023. Výroba bude aj v tomto scenári naďalej kopírovať spotrebu (s priemernou odchýlkou 0,3 %). V tomto scenári dosiahne spotreba a výroba vodíka približne maximálne hodnoty sledovaného obdobia.

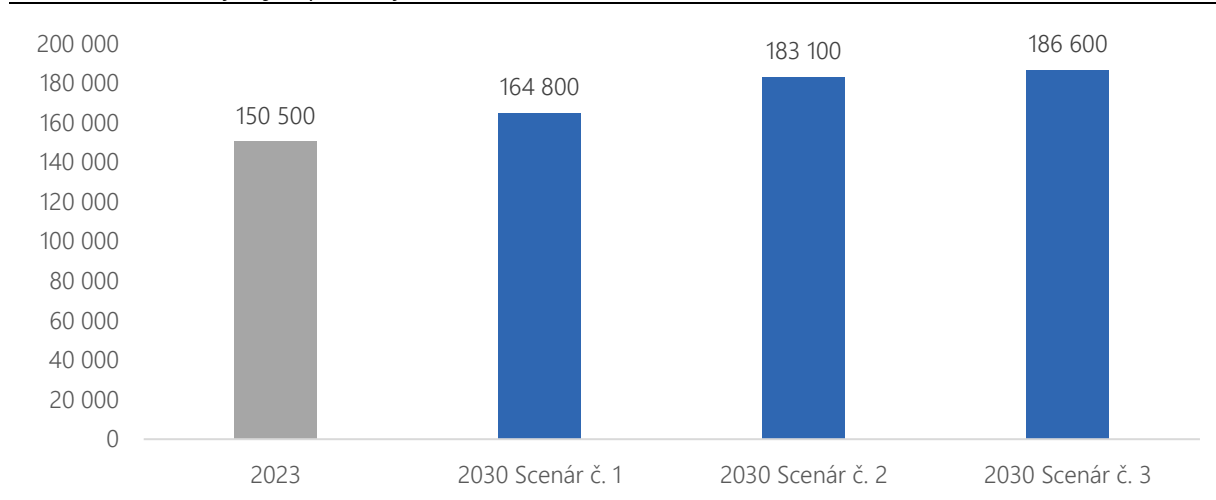
Scenár č. 3 predstavuje ambiciózny scenár vývoja výroby a spotreby vodíka, ktorý okrem prirodzeného vývoja výroby a spotreby vodíka v sebe zahŕňa aj projektované navýšenie výroby a spotreby na podnikovej úrovni a navýšenie výroby vďaka opatreniam z Akčného plánu opatrení úspešnej realizácie Národnej vodíkovej stratégie do roku 2026. V scenári je taktiež zahrnuté navýšenie spotreby vodíka v sektore dopravy na základe projektovanej spotreby vodíka v ambicióznom scenári, ktorý vychádza z modelovaného scenáru do aktualizácie Integrovaného národného energetického a klimatického plánu na roky 2021 - 2030. Ambiciózny scenár Integrovaného národného energetického a klimatického plánu smeruje k uhlíkovej neutralite SR v roku 2050. Sektorové rozdelenie spotreby sa bude mierne odlišovať od roku 2023.

Spotreba vodíka v SR je koncentrovaná najmä v priemysle, pričom sa viac ako 90 % vodíka spotrebováva v procesoch rafinácie a výroby čpavku. Projektovanie zreteľnejších zmien v množstvách spotrebovaného a vyrobeného vodíka by vyžadovalo výrazné zmeny



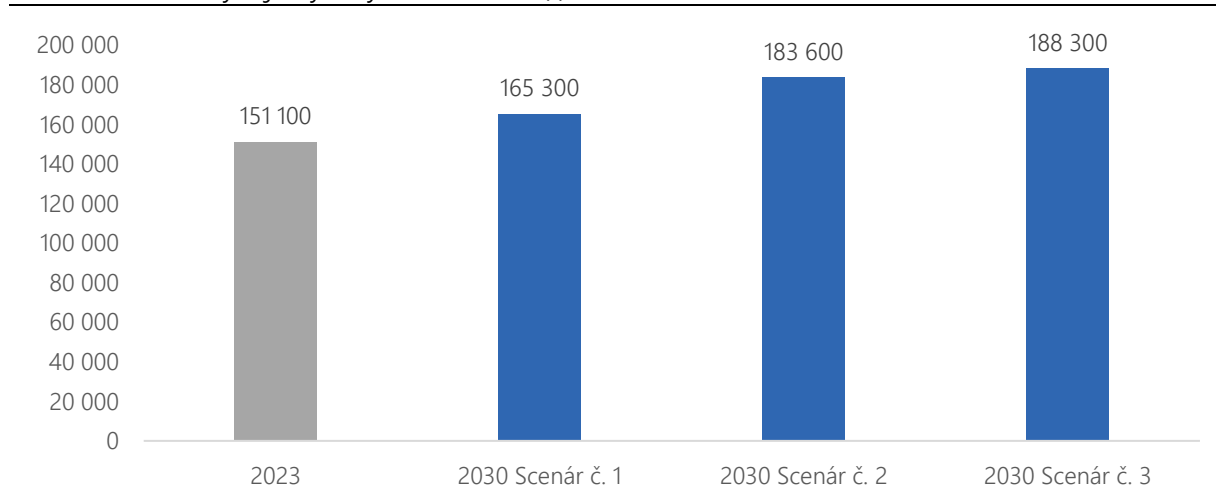
v priemyselnej výrobe, ktoré dnes v SR do budúca nič neindikuje. Zmeny v celkovom využívaní vodíka v SR, ktoré by neboli spôsobené zmenami v priemyselnej výrobe by si vyžadovali navyšovanie využitia vodíka v iných sektoroch, ako je doprava a energetika v takej výraznej miere, ktorá sa do roku 2030 nepredpokladá v žiadnom z existujúcich scenárov. Využitie vodíka v SR je takmer výlučne ovplyvňované priemyslom. Sektor dopravy a energetiky v ambicióznom scenári roku 2030 tvoria menej ako 1 % spotreby vodíka.

Graf 2: Scenáre vývoja spotreby vodíka v SR (t)



Zdroj: IHA

Graf 3: Scenáre vývoja výroby vodíka v SR (t)



Zdroj: IHA

Naplnenie vytýčených cieľov smernice o podpore a využívaní energie z obnoviteľných zdrojov (42 % podiel RFNBO na vodíku spotrebovanom v priemysle a 1 % podiel RFNBO na energii dodanej odvetviu dopravy v roku 2030) by na základe prognózovaných scenárov predstavovalo spotrebu obnoviteľného vodíka v SR vo výške približne 48 000 – 55 000 ton v roku 2030 a približne 70 000 ton v roku 2050. V súčasnosti však nie je známy presný objem spotrebovaného vodíka podľa jednotlivých výnimiek vylúčených zo vzorca (kapitola Téma vodíka v EÚ a na Slovensku), ide preto len o odhad pri zachovaní

priemerných sektorových podielov spotreby z rokov 2019 – 2023. Tieto podiely sa však do roku 2030 môžu v určitej miere meniť čo spôsobí aj zmenu potrebného objemu obnoviteľného vodíka.

Prognóza výroby a spotreby vodíka v dlhšom časovom horizonte je menej spoľahlivá ako prognózy v scenároch do roku 2030, z dôvodu nepredvídateľného vývoja trhu v dlhšom časovom horizonte. Pri prognóze spotreby vodíka v roku 2050 sa vychádzalo z projektovaných hodnôt spotreby vodíka ambiciózneho scenára č. 3 v roku 2030. Tieto projektované hodnoty z roku 2030 sa navýšili o dodatočnú spotrebu vodíka v sektore dopravy (nákladná doprava, osobná doprava, cestná doprava a železničná doprava) v roku 2050 na základe ambiciózneho scenára vychádzajúceho z modelovaného scenáru do aktualizácie Integrovaného národného energetického a klimatického plánu na roky 2021 – 2030 a o spotrebu vodíka zodpovedajúcu primiešavanému množstvu vodíka do zemného plynu, vo výške 10 % z celkového objemu zemného plynu spotrebovaného na vykurovanie budov. Odhadovaný príspevok sektorov dopravy a vykurovania v roku 2050 predstavuje približne 80 tis. ton vodíka, čo by zvýšilo podiel daných sektorov na celkovej spotrebe vodíka na približne 40 %.

## Rozvoj národného vodíkového ekosystému

Vodíku sa v Európe a na celom svete opäť venuje čoraz väčšia pozornosť. Možno ho použiť ako surovinu, palivo, nosič energie i na uskladňovanie energie. Má mnohoraké využitie vo viacerých odvetviach priemyslu, doprave, energetike a sektore budov. Najdôležitejším aspektom je skutočnosť, že jeho používanie nespôsobuje emisie CO<sub>2</sub> a takmer ani žiadne znečistenie ovzdušia. Predstavuje teda riešenie, ako dekarbonizovať priemyselné procesy a hospodárske odvetvia. V minulosti vodík už bol v intenzívnom záujme využitia, ale k veľkému rozmachu nedošlo. V súčasnosti rýchly pokles cien energie z obnoviteľných zdrojov, technologický vývoj a naliehavosť výrazne znížiť emisie skleníkových plynov prinášajú nové možnosti.

Vodík môže prispieť k náhrade fosílnych palív v niektorých uhlíkovo náročných priemyselných procesoch, napríklad v oceliarskom alebo chemickom odvetví, čo by viedlo k zníženiu ich emisií skleníkových plynov a ďalšiemu posilneniu ich globálnej konkurencieschopnosti.

Vodík môže priniesť riešenia pre tie časti dopravy, v ktorých sa emisie znižujú ťažko, a to nad rámec elektrifikácie a iných ekologických palív. Využitie vodíka v doprave na dekarbonizáciu pomocou zavádzanie vodíkových technológií dáva možnosť zaviesť ekologickú dopravu na miesta, kde je neefektívna, alebo nie je možná elektrifikácia. V rozvoji segmentu vodíkovej dopravy má Slovensko dobrý potenciál napríklad vo výrobe vodíkových autobusov v Spišskej Novej Vsi alebo v Orechovej Potôni. Možnosťou rozvoja vodíka v doprave je aj ťažká nákladná doprava a v závislosti od rentability aj regionálne vodíkové vlaky (napríklad Nové Zámky-Prievidza, Margecany-Zvolen, Bratislava-Komárno, Zvolen-Vrútky, regionálne trate v okolí Trnavy alebo Lučenca). Zároveň je možnosť využitia vodíka aj pre lodnú dopravu a transport v Ten-T koridore.

Slovensko má v pláne rozvíjať vodíkový ekosystém s potenciálom nielen nových výrobných možností, ale aj možností vo vede, výskume a aplikovaní nových inovačných postupov a technológií. Jedným z riešení, ako podporiť vodíkový ekosystém na Slovensku je vznik vodíkových údolí. Vodíkové údolia sú sebestačné vodíkové ekosystémy, ktoré koncentrujú na jednom mieste nielen výrobu, ale aj prepravu a využitie obnoviteľného vodíka. Potenciál vzniku vodíkového údolia je v Trnavskom samosprávnom kraji, na hornej Nitre, v Košickom samosprávnom kraji, v Bratislavskom a Banskobystrickom samosprávnom kraji. Cieľom zodpovedných inštitúcií je vytvoriť lokálne vodíkové údolia, ktoré by slúžili ako odrazový mostík k rozvoju európskeho vodíkového hospodárstva. Vodíkové údolia budú zároveň kľúčom k vytvoreniu európskeho výskumného a inovačného priestoru pre vodík.

Vodíkové technológie majú potenciál rozvoja v Prievidzskom okrese, a to najmä vďaka pilotnému projektu výroby obnoviteľného vodíka pri revitalizácii areálu Elektrárne Nováky. V Novákoch sa plánuje aj vybudovať čerpacia stanica pre vodíkové autobusy. Zatiaľ chýba konečný bod spotreby obnoviteľného vodíka v podobe autobusovej dopravy alebo nákladnej dopravy. Preto je potrebné zanalyzovať vodíkový reťazec pre lokálne potreby a možnosti vodíkovej infraštruktúry na Slovensku. Región Horná Nitra má tiež potenciál rozšíriť vodíkový reťazec a využiť vodík z výroby chlóru v chemickom priemysle. Predpokladá sa využitie vyrobeného obnoviteľného vodíka vo verejnej doprave nielen lokálne, ale aj v transformujúcom sa celom regióne hornej Nitry a v Trenčianskom samosprávnom kraji. Potenciál regiónu je aj vytvoriť vodíkové údolie.

Podpora vodíkových technológií je deklarovaná aj v rámci Akčného plánu opatrení úspešnej realizácie Národnej vodíkovej stratégie do roku 2026, v ktorom Ministerstvo hospodárstva SR počíta s podporou vodíkových technológií, pilotných vodíkových projektov a podporou výskumu v oblasti vodíka, cez navrhnutých 10 opatrení, ktoré nám dávajú základ pre tvorbu reálneho vodíkového ekosystému s prepojením nielen na európskych partnerov.

## Nástroje pre zlepšenie vodíkového ekosystému

Na podporu výroby vodíka bola uznesením vlády SR č. 356/2021 prijatá Národná vodíková stratégia Pripravení na budúcnosť. Ide o základný dokument, ktorý definuje strategickú úlohu štátu pri využití vodíkových technológií v SR v kontexte súčasného vývoja v krajinách EÚ. Jej cieľom je zvýšiť konkurencieschopnosť slovenskej ekonomiky a výrazne prispieť k uhlíkovo neutrálnej spoločnosti v súlade s Parížskou deklaráciou, ku ktorej sa SR prihlásila. Stratégia definuje podmienky na realizáciu vodíkových technológií v súlade s dlhodobým strategickým rozvojom SR do roku 2030, resp. 2050<sup>7</sup>.

Pre naplnenie týchto cieľov stratégie bol uznesením vlády SR č. 307/2023 schválený Akčný plán opatrení úspešnej realizácie Národnej vodíkovej stratégie do roku 2026<sup>8</sup>. V ňom je

---

<sup>7</sup> <https://www.economy.gov.sk/uploads/files/rPQQPb55.pdf?csrt=15159573365142593522>

<sup>8</sup> <https://www.economy.gov.sk/uploads/files/d1dutiWq.pdf?csrt=7184783914622826063>

definovaných 10 opatrení na dodatočné investície na rozvoj vodíkového ekosystému, hodnotového reťazca vodíka a podporu výskumu a vývoja.

V súčasnosti sa v procese posudzovania vplyvov na životné prostredie nachádza niekoľko projektov, ktoré môžu priniesť dodatočné navýšenie výroby najmä obnoviteľného vodíka prostredníctvom elektrolýzy. Projekty počítajú najmä s výstavbou fotovoltaických elektrární a inštaláciou technológií na elektrolytickú výrobu vodíka z obnoviteľných zdrojov.

Primárne využitie sa na základe projektov očakáva najmä v sektore nákladnej dopravy a verejnej osobnej dopravy a na čiastočnú zmenu štruktúry výroby vodíka v chemickom priemysle. Presné vyčíslenie potenciálneho príspevku týchto projektov však z dôvodu možného vplyvu energetickej krízy na realizovateľnosť projektov, ktoré boli pripravené pred rokom 2022, nie je v súčasnosti možné.

Ďalšie pripravované projekty sú zamerané na určenie vhodných lokalít pre skladovanie vodíka, určenie maximálnej prípustnej koncentrácie vodíka v zmesi so zemným plynom a podporu vodíkovej infraštruktúry prostredníctvom prebudovania určených potrubí na prepravu zemného plynu na budúcu prepravu vodíka.

Podľa verejne dostupných informácií o aktuálne pripravovaných projektoch na potrubnú prepravu zeleného vodíka odhaduje IHA potenciálne prepravné kapacity na úrovni približne 30 tisíc ton vodíka za rok. Toto číslo sa s pribúdajúcimi projektmi v budúcnosti môže meniť.

V rámci Programu Slovensko bol odsúhlasený Národný projekt Štúdia realizovateľnosti pre využitie elektrickej energie z výrobných zdrojov na území SR s ohľadom na komplexný hodnotový reťazec výroby, prepravy, zhodnocovania a ďalšieho využitia vodíka. Národný projekt posúdi efektivitu, možnosti a prínosy využitia elektrickej energie v rámci celého hodnotového reťazca do roku 2030.

Potenciálom pre podporu vodíkového ekosystému je vznik vodíkových údolí. Vodíkové údolia sú sebestačné vodíkové ekosystémy, ktoré koncentrujú na jednom mieste nielen výrobu, ale aj prepravu a využitie vodíka. Zároveň môžu byť kľúčom k vytvoreniu európskeho výskumného a inovačného priestoru pre vodík. Analýza potenciálneho vodíkového reťazca pre lokálne potreby a možnosti vodíkovej infraštruktúry na Slovensku s dôrazom na dodávateľsko-odberateľský reťazec bude dôležitým aspektom pre ďalšie smerovanie vývoja vodíkového ekosystému. Prvotné identifikovanie takýchto údolí je naplánované ako jeden z výstupov Národného projektu: Štúdia realizovateľnosti pre využitie elektrickej energie z výrobných zdrojov na území SR s ohľadom na komplexný hodnotový reťazec výroby, prepravy, zhodnocovania a ďalšieho využitia vodíka.

## **Akčný plán opatrení úspešnej realizácie Národnej vodíkovej stratégie do roku 2026**

Akčný plán definuje ciele, ktoré sa majú realizáciou jednotlivých opatrení dosiahnuť do roku 2026. Zároveň stanovuje termíny plnenia opatrení, zodpovedné a spolupracujúce rezorty, ako aj príslušné inštitúcie a organizácie štátneho a verejného sektora.

### Opatrenie č. 1 – Cestovná mapa vodíkovej dekarbonizácie Slovenska

V mesiaci júl a august 2024 prebehli konzultácie s komisiou, kde prišlo k vzájomnej dohode o obsahovej zmene verifikačného dokumentu C10 a C11 v rámci mílnika Cestovná mapa. Pre 5. platbu bude predložený analytický dokument bilancie výroby a spotreby spolu s prioritami pre rozvoj vodíkoveho ekosystému na Slovensku do roku 2030 a 2050. Pre 7. platbu bude predložený analytický dokument rozvoja vodíkoveho ekosystému na Slovensku spolu so strednodobými a dlhodobými produkčnými scenármi až do roku 2050.

### Opatrenie č. 3 - Tvorba a úprava legislatívy, regulačného prostredia, technických a bezpečnostných štandardov pre vodíkové technológie

Pre úspešnú realizáciu opatrenia zriadilo MH SR expertnú pracovnú skupinu, ktorej členmi sú odborníci zo štátnych a verejných inštitúcií, podnikateľského a akademického sektora. Expertná pracovná skupina vypracovala na základe nemeckých štandardov, zoznam noriem potrebných na prijatie do sústavy SK noriem. ÚNMS ako člen expertnej pracovnej skupiny zriadil Technickú komisiu pre vodík, na zavedenie nových a prepracovanie už existujúcich noriem. Bolo identifikovaných na posúdenie a potrebné zmeny viacero zákonov, niekoľko vyhlášok a štandardov.

### Opatrenie č. 4 - Podpora dôležitých projektov spoločného európskeho záujmu (IPCEI)

Po posúdení Európskou komisiou bol v júli 2022 schválený prvý súbor projektov čistého vodíka. Medzi nimi aj projekt H2I-HENRI (predtým H2I-S&D), schválený v rámci výzvy Hy2Tech. Cieľom projektu je nájsť na Slovensku vhodné lokality pre skladovanie vodíka a definovať maximálnu prípustnú koncentráciu vodíka v zmesi so zemným plynom, v akej by vodík mohol byť skladovaný v podzemných geologických štruktúrach. Celková suma projektu je 58,40 mil. eur, pričom suma štátnej pomoci je 35,69 mil. eur. Zatiaľ boli poskytnuté prostriedky vo výške 5 mil. eur z mechanizmu na podporu IPCEI projektov v rámci Plánu obnovy a odolnosti. MH SR hľadá možnosti, ako dofinancovať ďalšie etapy projektu.

V rámci výzvy Hy2Infra bol schválený projekt H2 Infrastructure – Transmission Repurpose Project “H2I-TR”, ktorý môže do budúcnosti ovplyvniť rozvoj vodíkoveho ekosystému na Slovensku, zapojenie slovenských podnikov do Európskeho vodíkoveho ekosystému a v konečnom dôsledku ovplyvniť aj ekonomiku Slovenska a ostatných členských štátov zapojených do tranzitnej infraštruktúry. Cieľom projektu je prebudovať jedno prepravné potrubie zemného plynu, veľkého priemeru (DN1200 a DN900), dlhého 500 km, pre prepravu čistého vodíka a výstavba dvoch nových kompresorových staníc na cezhraničný prenos vodíka do roku 2030. Predpokladaný rozpočet je 454,9 mil. eur, pričom sa v projekte počíta suma štátnej pomoci vo výške 364,7 mil. eur. MH SR hľadá možnosti, ako optimálne financovať jednotlivé etapy projektu.

Európska komisia 28. mája 2024 schválila projekt H2 VTOL v oblasti mobility a transportu. Projekt H2 VTOL je súčasťou Hydrogen Aviation Valley Košice. Cieľom slovenského, viac ako 6-ročného projektu je do roku 2030 vyvinúť jedno z prvých vodíkom poháňaných

lietadiel s vertikálnym vzletom a pristátím vhodným pre leteckú záchrannú službu, prípadne pre budúcu mestskú leteckú mobilitu. Rovnako budú vyvíjané a certifikované letecké recyklovateľné vysokotlakové vodíkové kompozitové nádrže a ventily, ktoré nájdu svoje uplatnenie aj v iných formách dopravy a priemyslu. Predpokladaný rozpočet je 64,8 mil. eur, pričom sa v projekte počíta suma štátnej pomoci vo výške 59,2 mil. eur. MH SR hľadá možnosti, ako dofinancovať ďalšie etapy projektu.

#### Opatrenie č. 5 - Podpora pilotných projektov vodíkového ekosystému

Pilotné projekty budú realizované na základe stanovených priorít a možností vodíkového ekosystému na Slovensku. Finančná podpora zameraná na prípravu a realizáciu pilotných projektov výroby a využitia vodíka sa sústreďí najmä na vznikajúce vodíkové údolia a ucelené dodávateľsko-odberateľské reťazce vodíka.

Prvý pilotný projekt - výzva na podporu zvyšovania flexibility elektroenergetických sústav pre vyššiu integráciu OZE - výstavba zariadení na výrobu vodíka elektrolyzou využitím OZE a na jeho uskladnenie s alokáciou vo výške 13,56 mil. eur bola vyhlásená v máji 2024 v rámci schváleného Plánu obnovy a odolnosti SR. Prihlásiť sa mohli projekty so zameraním na výstavbu nového zariadenia na výrobu vodíka elektrolyzou využitím OZE s inštalovaným výkonom rovným alebo väčším ako 0,05 MW. Súčasťou zariadenia na výrobu vodíka elektrolyzou využitím OZE mohlo byť aj zariadenie na uskladnenie vodíka vyrobeného výlučne v tomto zariadení. Do výzvy sa zapojilo 12 žiadateľov s celkovou výškou žiadaných prostriedkov 34,953 mil. eur a celkovým inštalovaným výkonom 15,13 MW. Ku dňu spracovania bilancie ešte prebiehalo hodnotenie zapojených projektov do výzvy.

#### Opatrenie č. 6 - Infraštruktúra pre využívanie vodíka v doprave

V roku 2022 boli na Slovensku uvedené do prevádzky dve vodíkové čerpace stanice, pričom jedna je mobilná stanica. Cieľom opatrenia je osobitnou finančnou schémou podporiť výstavbu základnej vodíkovej infraštruktúry v regiónoch Slovenska. Umiestnenie by malo odzrkadľovať potreby vznikajúcich vodíkových dopravných prostriedkov a mobilnej techniky na dôležitých dopravných ťahoch, uzloch, prevádzkach a letiskách, ako aj vodíkových údoliach.

Dňa 3. júla 2024 bola vyhlásená „Výzva na podporu budovania pilotnej vodíkovej infraštruktúry pre cestnú dopravu“, ktorej cieľom je podporiť vybudovanie aspoň 3 verejne prístupných vodíkových čerpacích staníc. Minimálna denná kapacita čerpacej stanice musí byť na úrovni 400 kg vodíka, pričom žiadateľ sa zaväzuje túto kapacitu rozšíriť na úroveň 500 kg po 31. 12. 2030. Celková indikovaná výška alokovaných finančných prostriedkov je 3 mil. EUR bez DPH v rámci Komponentu 3 – Udržateľná doprava v rámci Plánu obnovy a odolnosti SR Podpora pilotnej vodíkovej infraštruktúry plniacich staníc priamo reaguje na povinnosti budovania infraštruktúry pre alternatívne palivá v zmysle nariadenia AFIR, pričom však nevytvára požiadavky nad jeho rámec. Oprávneným územím je mestský uzol alebo územie pozdĺž hlavného koridoru TEN-T siete. V zmysle nariadenia AFIR by po roku 2030 musí SR zabezpečiť umiestnenie min. 3

čerpacích staníc pri mestách Bratislava, Žilina a medzi mestami Prešov a Košice, pričom ich denná kapacita musí byť rozšírená na min. 1000 kg. Nariadenie AFIR umožňuje výnimku dennej kapacity na aspoň 500 kg, v závislosti od potrieb trhu. Vyhlásenou výzvou sa očakáva naplnenie podmienok vyplývajúcich z nariadenia AFIR.

Keďže Akčný plán je len do roku 2026, MH SR počíta po roku 2026 s jeho aktualizáciou do roku 2030, v ktorom bude revidovaná aj Národná vodíková stratégia až do roku 2050.

## Scenáre vývoja na Slovensku do roku 2030 a 2050

Vodíkový ekosystém, ako taký, je na Slovensku pomerne mladý a drvivá väčšina spotreby a výroby je rozložená medzi pár aktérov na trhu. V rámci rozloženia spotreby je dnes zanedbateľná spotreba v doprave a väčšinu spotreby tvorí priemysel. Základom výroby vodíka je využitie fosílnych palív, ale vznikajú už prvé projekty pre výrobu obnoviteľného vodíka (Renewable Hydrogen, ďalej len RH) a nízkouhlíkového vodíka (low-carbon Hydrogen, ďalej len LCH). Vychádzajúc z prognóz v analytickej časti tohto dokumentu je dnes možné navrhnúť, len hraničné scenáre vývoja na Slovensku. Scenáre zároveň počítajú s tým, že každý z aktérov trhu bude aj naďalej využívať vodík. Kritický scenár s možnosťou odchodu od výroby s potrebou vodíka sme nebrali zatiaľ do úvahy, aj na základe výstupov od jednotlivých aktérov.

Scenáre sme rozdelili na základe časového horizontu do roku 2030 a do roku 2050. Pre každé obdobie sme následne navrhli jeden pozitívny a jeden negatívny vývojový scenár. Jednotlivé výsledky boli vypracované na základe prieskumu u jednotlivých aktérov na trhu, na základe výstupov z analytickej časti a na základe konzultácií s odborníkmi pre vodíkový ekosystém na Slovensku. Jednotlivé scenáre sme následne rozdelili do 4 krucálnych oblastí: legislatíva a štandardy, vybudovanie dodávateľsko-odberateľského reťazca pre vodík, výskum a školstvo zamerané na transfer znalostí v oblasti vodíka, a financovanie a publicita. Keďže niektoré informácie boli zaslané ako dôverné, v scenároch sú použité slovné vyjadrenia predpokladov a nie priame číselné vyjadrenia.

### Vodíkový ekosystém na Slovensku do roku 2030

#### Pozitívny scenár

Počiatočným vstupom pre tento scenár sú skombinované analytické scenáre číslo dva a číslo tri vývoja spotreby a výroby vodíka v SR do roku 2030.

Pre dosiahnutie potreby vodíka podľa scenárov je v jednotlivých oblastiach potrebné zabezpečiť jednotlivé aktivity a vytvoriť podporné nástroje pre rozvoj vodíkového ekosystému.

#### *Legislatíva a štandardy*

V tejto oblasti je potrebné urýchlené a koncepčné prijatie potrebných zmien v primárnej aj sekundárnej legislatíve, ktoré identifikovala Expertná pracovná skupina zriadená pod

Ministerstvom hospodárstva SR. V roku 2024 bolo identifikovaných na posúdenie a potrebné zmeny viaceré zákonov, niekoľko vyhlášok a štandardov v prepojení na smernice a nariadenia EÚ a iné predpisy. Zároveň bol identifikovaný súbor noriem, ktoré priamo alebo nepriamo súvisia s vodíkovým ekosystémom nielen na Slovensku, a na základe ktorých by sa mali vytvoriť optimálne štandardy pre vodíkový ekosystém na Slovensku. Do roku 2030 by mal byť prepracovaný súbor noriem, ktorý zabezpečí optimálne fungovanie vodíkoveho ekosystému na Slovensku.

#### *Vybudovanie dodávateľsko-odberateľského reťazca pre vodík*

Základom vodíkoveho ekosystému je fungujúci komerčný trh, kde je na jednej strane ponuka a na druhej dopyt po vodíku a vodíkových technológiách. V pozitívnom scenári sme predpokladali, že potreba vodíka u najdôležitejších aktéroch na trhu ostane na rovnakej úrovni alebo bude mierne stúpať a pribudne ďalší silný hráč v oblasti spotreby vodíka. V rámci integrácie do energetických systémov je potrebné podporiť domácu výrobu RH, LCH a derivátov. Využitie vodíka ako súčasť vykurovacích médií s možnosťou postupného zvyšovania podielu vodíka v zemnom plyne od 5% do 10% je jednou z možností ako znížiť závislosť od fosílnych palív.

V oblasti transportu vodíka je nevyhnutné zabezpečiť dostatočné vodíkové prepravné kapacity, tak aby sa Slovensko vedelo zapojiť do EÚ H2 backbone a tým prispelo k energetickej stabilite nielen v rámci EÚ. Je preto potrebné zabezpečiť financovanie IPCEI projektov H2I-HENRI a H2 Infrastructure – Transmission Repurpose Project “H2I-TR”.

V doprave je potrebné vybudovať infraštruktúru pre možnosť čerpania vodíka do mobilných prostriedkov, ako súčasť európskej vodíkovej čerpaciej siete. Do 2030 je predpoklad vybudovať viac ako tri vodíkové čerpacie stanice. Rozvoj autobusovej, nákladnej a vlakovej dopravy bude závisieť od dostupnosti cenovo prijateľného vodíka a rozhodnutiach jednotlivých prepravcov, ako budú znižovať svoju uhlíkovú stopu. Je preto potrebné stimulovať dopravcov, vytvoriť motivačné podmienky pre nákup vodíkových dopravných prostriedkov a zabezpečiť lokálne prepojenia na výrobcov obnoviteľného vodíka. Predpokladáme, že do roku 2030 bude potrebných v doprave 9-10 tis. ton obnoviteľného vodíka. V rámci Aktualizácia integrovaného národného energetického a klimatického plánu na roky 2021 – 2030 (NECP) je odhadovaný počet vozidiel s vodíkovým pohonom pre ľahké úžitkové vozidlá 1233 ks a pre ťažké úžitkové vozidlá 5414 ks.

#### *Počet vozidiel s vodíkovým elektrickým pohonom*

Typ vozidla	2023	2030 (WAM)	2030 (WEM)
Osobné automobily	0	0	0
Autobusy	0	0	0
Ľahké úžitkové vozidlo	0	1 233	0
Ťažké úžitkové vozidlo	0	5 414	0

*Zdroj: PZ SR, IEP podľa CPS*



Pre optimálne fungovanie ekosystému je potrebné zrealizovať projekty konkrétnych vodíkových údolí vo vybraných regiónoch Slovenska ako napríklad Horná Nitra, Bratislava, Košický región a región Trnavy. Identifikovanie takýchto údolí bude jeden z výstupov Národného projektu: Štúdia realizovateľnosti pre využitie elektrickej energie z výrobných zdrojov na území SR s ohľadom na komplexný hodnotový reťazec výroby, prepravy, zhodnocovania a ďalšieho využitia vodíka.

Podporiť rozvoj vodíkového ekosystému, by malo aj uvedenie prvých elektrolyzéroov v súlade s vypísanou výzvou do činnosti na základe Opatrenia č. 5 v Akčnom pláne, čím sa zabezpečia prvé dodávky obnoviteľného vodíka.

V neposlednom rade je potrebné podporiť domáce inovatívne firmy nielen vo výrobe vodíka ale aj v oblasti výroby vodíkových technológií, vytvoriť motivačné prostredie pre vznik nových podnikateľských aktivít v oblasti vodíkového hodnotového reťazca a podporiť diverzifikáciu transformácie automobilového priemyslu s prihliadnutím na vodíkovú mobilitu.

#### *Výskum a školstvo zamerané na transfer znalostí v oblasti vodíka*

Pre Slovensko, ako jednej z menších EÚ krajín, je dôležitý faktor úspešného výskumu zapájanie sa do medzinárodných prepojení a projektov. Preto je potrebné aj v oblasti vodíka zabezpečiť stimulujuce podmienky pre zapájanie sa slovenských výskumných entít do medzinárodných zoskupení. Je potrebné realizovanie konkrétnych projektov v rámci aplikovaného výskumu formou cielenej podpory v rámci vypisovania výziev z portfólia Európskych zdrojov. Jednou z možností je aj dlhodobá podpora IPCEI projektov. V oblasti školstva by bolo vhodné pokračovať v realizácii opatrení z Akčného plánu a tým prispievať k zakotveniu vodíka a vodíkových technológií do vzdelávacieho procesu.

#### *Financovanie a publicita*

V oblasti strategických dokumentov bude potrebné vypracovať Akčný plán k Národnej vodíkovej stratégii na roky 2026-2030 a na základe skúseností z aplikácie opatrení prvého Akčného plánu do roku 2026 konkrétnejšie určiť ciele a financovanie na nové opatrenia. Následnou novelizáciou Národnej vodíkovej stratégie z roku 2021, by sa mali stanoviť reálnejšie a dosiahnuteľnejšie ciele až do roku 2050. Pre dosiahnutie pozitívneho posunu vo vývoji vodíkového ekosystému na Slovensku budú jednoznačne potrebné financie. Využitie štrukturálnych fondov do 2030 a do prvej polovice 2026 aj zdrojov v rámci Plánu obnovy a odolnosti dáva základ pre naštartovanie určitých opatrení pre rozvoj ekosystému. Na druhej strane je potrebné do 2030 vypracovať stimulačné a motivačné nástroje v oblasti podpory vodíkového ekosystému a zabezpečiť aspoň porovnateľné podmienky, ako napríklad pre elektromobilitu.

V rámci koordinačných centier pri vodíkových údoliach sa predpokladá poskytovanie poradenstva, administratívnych služieb a zázemia pre vznikajúce startupy. V rámci merateľných ukazovateľov sa budú sledovať počty vzniknutých startupov a spinoffov vodíkového ekosystému. Financovanie by malo byť a zo štátneho rozpočtu.

### Negatívny scenár

Počiatočným vstupom pre tento scenár je analytický scenár číslo 1 vývoja spotreby a výroby vodíka v SR do roku 2030.

#### *Legislatíva a štandardy*

V tejto oblasti budú prijaté len určité potrebné legislatívne zmeny najmä v sekundárnej legislatíve, ktoré identifikovala Expertná pracovná skupina zriadená pod Ministerstvom hospodárstva SR. V roku 2024 identifikovanej na posúdenie a potrebné zmeny legislatíve, bude z dôvodu dlhších legislatívnych procesov zmenených len nepatrne množstvo. V rámci noriem a štandardov bude prijatých len pár nevyhnutných noriem.

#### *Vybudovanie dodávateľsko-odberateľského reťazca pre vodík*

Spotreba vodíka vo výrobe bude stagnovať alebo len mierne rásť. Výrobcovia vodíka nebudú schopní dodávať obnoviteľný vodík v prijateľnej cene pre spotrebiteľov a ich udržanie si postavenia na trhu. V rámci integrácie do energetických systémov sa využitie vodíka ako súčasť vykurovacích médií s možnosťou postupného zvyšovania podielu vodíka v zemnom plyne až do 10% nebude dať zrealizovať na základe nedostatočnej infraštruktúry.

V doprave bude síce vybudovaná základná infraštruktúra, ale spotrebiteľia dajú prednosť iným pohonom. V rámci motivačného prostredia nebudú prijaté nové nástroje. Pre dosiahnutie cieľa 1 % podiel RFNBO na energii dodanej odvetviu dopravy do roku 2030 nebude vodík z ekonomického dôvodu hrať na Slovensku dôležitú úlohu. Predpokladaná spotreba v doprave sa bude pohybovať okolo 480-550 t ročne obnoviteľného vodíka. Projekty konkrétnych vodíkových údolí vo vybraných regiónoch Slovenska budú síce identifikované, ale pre ich realizáciu nebudú k dispozícii dostatočné finančné zdroje a ochota jednotlivých lokálnych aktérov spolupracovať. Pre výrobu obnoviteľného vodíka bude od roku 2026, nielen na Slovensku, ale aj v celej EÚ dôležité budovanie dostatočných nových zdrojov OZE prepojených práve na výrobcov vodíka.

#### *Výskum a školstvo zamerané na transfer znalostí v oblasti vodíka*

Slabšie zapájanie sa slovenských výskumných entít do medzinárodných prepojení a projektov môže do budúcnosti zapríčiniť nedostatočnú odbornú pripravenosť nielen výskumníkov, ale aj potrebných zamestnancov v podnikoch. Nedofinancovanie IPCEI projektov môže znížiť potenciál slovenského vodíkového ekosystému.

#### *Financovanie a publicita*

Kontinuita financovania jednotlivých opatrení bude z dôvodu potreby znižovať štátny deficit ohrozená a vodíkový ekosystém ako taký bude podfinancovaný. Do 2030 nebudú prijaté jednoznačné stimulačné a motivačné nástroje v oblasti podpory vodíkového ekosystému.

## **Vodíkový ekosystém na Slovensku do roku 2050**

### Pozitívny scenár

Počiatočným vstupom pre tento scenár sú skombinované analytické scenáre číslo dva a číslo tri vývoja spotreby a výroby vodíka v SR do roku 2050.

#### *Legislatíva a štandardy*

V oblasti legislatívy bude potrebné promptne reagovať na potreby jednotlivých aktérov vo vodíkovom ekosystéme. Transpozícia noriem a štandardov by mali, v čo najkratšom čase reagovať na nové technológie a potreby s ich uvádzaním na trh a do výroby. Normy budú automaticky prehodnocovať a preberať štandardy potrebné pre fungovanie vodíkového ekosystému.

#### *Vybudovanie dodávateľsko-odberateľského reťazca pre vodík*

Základom vodíkového ekosystému bude fungujúci komerčný trh s obnoviteľným vodíkom a jeho možnosti transportu v rámci a z a do EÚ, pričom bude treba zabezpečovať rastúce vodíkové prepravné kapacity v rámci EÚ H2 backbone. Ukrajina sa môže stať jedným z dôležitých partnerov vo výrobe a preprave obnoviteľného vodíka. Vodík ako súčasť vykurovacích médií s možnosťou postupného zvyšovania podielu vodíka v zemnom plyne môže narásť až do 25% a bude jednou z možností dekarbonizácie EÚ. Vodík sa začne využívať aj vo veľkých, komplexných projektoch v rámci mobilných systémov napr. železnice – neelektrifikované časti koľajovej dopravy, vodná doprava – Dunaj alebo letecká doprava. V tabuľke č. 3: Počet vozidiel s vodíkovým pohonom (str. 13) sú na základe metódy WEM a WAM prognózované možné počty vozidiel v jednotlivých kategóriách. Vybudovaná infraštruktúra aspoň 10 čerpacích staníc v rámci Ten-T koridorov alebo každých 300 km, pre možnosť čerpania vodíka do mobilných prostriedkov, prispeje k zvýšeniu a akceptácii vodíkového pohonu ako alternatívy k elektromobilite. Do roku 2050 by mali mať všetky väčšie mestá na Slovensku skúsenosti s využívaním vodíkových dopravných prostriedkov. Rozvoj autobusovej, nákladnej a vlakovej dopravy bude ale stále závisieť od dostupnosti cenovo prijateľného vodíka a rozhodnutiach jednotlivých prepravcov, ako budú znižovať svoju uhlíkovú stopu. RFNBO vodíka v roku 2050 tvorí cca 69 tisíc ton., z toho 6 tisíc ton tvorí doprava. Podiel RFNBO vodíka v doprave klesá k roku 2050, kvôli tomu, že aj konečná energetická spotreba v doprave podľa Integrovaného národného energetického a klimatického plánu (NECP) má klesáť do 2050 (cca polovica ako v roku 2030). Konečná energetická spotreba v priemysle do 2050 narastá (kvôli elektrifikácii) a teda aj celková spotreba RFNBO vodíka narastá do roku 2050.

Vodíkové údolia vo vybraných regiónoch Slovenska, dajú možnosť a príklad ostatným regiónom, ako podporiť lokálne vodíkový ekosystém.

#### *Výskum a školstvo zamerané na transfer znalostí v oblasti vodíka*

Zapájanie sa Slovenských výskumných entít do medzinárodných prepojení a projektov spolu s výsledkami IPCEI projektov prispejú k rozvoju vodíkového ekosystému na Slovensku. Bude potrebné dopĺňať a zabezpečovať nové stimulujuce podmienky pre zapájanie sa do medzinárodných zoskupení nielen na úrovni štátov ale aj celej EÚ.

### *Financovanie a publicita*

Financovanie po roku 2030 bude musieť prejsť zmenami. Pomer medzi financovaním zo štátneho rozpočtu, zdrojov EÚ a súkromných zdrojov sa posunie ešte viac k využívaniu súkromných zdrojov. Na druhej strane bude potrebné vytvoriť motivačné podmienky aby podniky mali záujem riešiť problematiku vodíka a vodíkových technológií.

### *Negatívny scenár*

Počiatočným vstupom pre tento scenár je analytický scenár číslo 1 vývoja spotreby a výroby vodíka v SR do roku 2050.

### *Legislatíva a štandardy*

Legislatívne zmeny nebudú reflektovať potreby vodíkového ekosystému ako takého, ale vodík sa bude riešiť v rámci iných zmien alebo oblastí, napríklad ako jeden z alternatívnych pohonov.

### *Vybudovanie dodávateľsko-odberateľského reťazca pre vodík*

Spotreba vodíka vo výrobe bude veľmi mierne rásť až stagnovať. Výroba obnoviteľného vodíka nebude v dostatočnom objeme, aby pokryla potreby dopytu a teda podniky budú musieť riešiť ekonomickú efektívnosť. Vybudovaná infraštruktúra sice bude vedieť pokryť potreby záujemcov v rámci EÚ, ale ani mimo EÚ nebude dostatočný počet výrobcov obnoviteľného vodíka.

V doprave bude sice vybudovaná infraštruktúra, ale spotrebitelia dajú prednosť iným pohonom. V rámci motivačného prostredia nebudú prijaté nové nástroje. Pre dosiahnutie cieľa 1 % podiel RFNBO na energii dodanej odvetviu dopravy do roku 2050 nebude vodík z ekonomického dôvodu hrať na Slovensku dôležitú úlohu.

Projekty konkrétnych vodíkových údolí vo vybraných regiónoch Slovenska budú sice identifikované, ale pre ich realizáciu nebudú k dispozícii dostatočné finančné zdroje a ochota jednotlivých lokálnych aktérov spolupracovať.

Pre výrobu obnoviteľného vodíka bude od roku 2026, nielen na Slovensku, ale aj v celej EÚ dôležité budovanie dostatočných nových zdrojov OZE prepojených práve na výrobcov vodíka.

### *Výskum a školstvo zamerané na transfer znalostí v oblasti vodíka*

Slabšie zapájanie sa slovenských výskumných entít do medzinárodných prepojení a projektov môže do budúcnosti zapríčiniť nedostatočnú odbornú pripravenosť nielen výskumníkov, ale aj potrebných zamestnancov v podnikoch. Nedofinancovanie IPCEI projektov môže znížiť potenciál slovenského vodíkového ekosystému.

### *Financovanie a publicita*

Kontinuita financovania jednotlivých opatrení bude z dôvodu potreby znižovať štátny deficit ohrozená a vodíkový ekosystém ako taký bude podfinancovaný. Do 2030 nebudú prijaté jednoznačné stimulačné a motivačné nástroje v oblasti podpory vodíkového ekosystému.

## Záver

Jednotlivé scenáre vývoja spotreby a výroby vodíka na Slovensku a rozvoja národného vodíkového ekosystému sú definované čiastočne, keďže hlbšie relevantné dáta na Slovensku momentálne chýbajú. Po zrealizovaní niektorých opatrení Akčného plánu a štúdie realizovateľnosti sa scenáre upresnia a doplnia aj jednotlivými možnými nástrojmi. Zároveň je potrebné implementovať metodiku pravidelného zberu dát, ktorá je súčasťou tohto materiálu.

Po dosiahnutí jednotlivých potrebných opatrení a vytvorení reálneho vodíkového ekosystému na Slovensku, by mohol podiel vodíka na konečnej domácej energetickej spotrebe v r. 2050 v uhlíkovo neutrálnej spoločnosti dosiahnuť 10-30%.

## Metodické poznámky

Údaje o výrobe a spotrebe vodíka boli zbierané prostredníctvom dotazníkov zaslaných firmám, ktoré boli identifikované ako potenciálni výrobcovia a spotrebitelia vodíka. Dopytovaných bolo 11 firiem, ktoré podľa odhadu tvoria vyše 99 % spotreby a výroby vodíka na území SR. Zozbierané dotazníky obsahovali údaje o:

- ročnej výrobe a ročnej spotrebe vodíka v rokoch 2019 – 2023,
- importe a exporte vodíka v rokoch 2019 – 2023,
- očakávanej zmene vyrobeného a spotrebovaného objemu vodíka do roku 2030,
- procesoch, v ktorých sa vodík v danom podniku využíva.

Limitáciou zberu je možné opomenutie menších alebo nových firiem využívajúcich a vyrábajúcich vodík, o ktorých nie sú dostupné dostatočné informácie a firiem zameraných na výrobu a predaj technických plynov. Odchýlka vo výsledných číslach môže podľa odhadov predstavovať najviac 1 %.

Prognózovaný scenár č. 2 vývoja spotreby vodíka bol vypočítaný prostredníctvom regresie spotreby vodíka a konečnej energetickej spotreby chemického a petrochemického priemyslu. V tomto scenári sa nepredpokladajú žiadne nové významné investície do zmeny technológií ani navyšovanie výrobných kapacít. Sektorové rozdelenie spotreby zostane totožné s rokom 2023. Pri nezmenených technologických postupoch a bez investícií do zvyšovania energetickej efektívnosti môže trend medziročných zmien konečnej energetickej spotreby slúžiť ako nepriamy ukazovateľ vývoja produkcie v sektore.

### **Box 1: Prognóza energetickej spotreby chemického a petrochemického priemyslu**

Údaje o konečnej energetickej spotrebe a jej vývoji do roku 2030 vychádzajú z výsledkov modelovania vstupujúceho do aktualizácie Integrovaného národného energetického a klimatického plánu na roky 2021 - 2030.

$$KES = EN * HPH,$$

kde

KES – konečná energetická spotreba chemického a petrochemického priemyslu (SK NACE 20 – 21).

EN – energetická náročnosť chemického a petrochemického priemyslu vypočítaná na základe vytýčeného cieľa – ukazovateľ by sa mal približovať k priemeru EÚ a to dynamikou 5 krajín s najväčším progresom na obdobie posledných 10 rokov.

HPH – hrubá pridaná hodnota chemického a petrochemického priemyslu, ktorá vzhľadom na nekontinuitnú cyklickosť vnútri odvetví bola vyrátaná ako priemerná hodnota trendu existujúcich hodnôt a trendu medziročných zmien.

Scenár č. 3 bol vypočítaný prostredníctvom regresie spotreby vodíka a konečnej energetickej spotreby chemického a petrochemického priemyslu so započítaním opatrení na navýšenie výroby a spotreby vodíka z Akčného plánu opatrení úspešnej realizácie Národnej vodíkovej stratégie, započítaním projektovaných hodnôt výroby a spotreby vodíka v roku 2030 jednotlivými podnikmi a započítaním zvýšenia spotreby vodíka v sektore dopravy na základe ambiciózneho scenára vychádzajúceho z modelovaného scenára do aktualizácie Integrovaného národného energetického a klimatického plánu na roky 2021 - 2030. Tento scenár neuvažuje s primiešavaním vodíka do zemného plynu na vykurovanie budov. Na rozdiel od základného referenčného scenára je odhadovaná výroba a spotreba v sektore priemyslu vyššia (na úrovni najvyššej výroby, resp. spotreby medzi rokmi 2019 – 2023).

Pri prognózovaní je ďalšou možnou limitáciou fakt, že niektoré dopytované firmy majú vyšší trhový podiel vo svojom sektore, avšak priemysel nie je výrazne koncentrovaný. Tým sa môže výrazne zvýšiť odchýlka od prognózovaných hodnôt vplyvom nezakomponovania určitého množstva potenciálnych firiem.

Prognózované scenáre odvetvia dopravy, započítané k celkovej spotrebe vodíka a použité pri výpočte spotreby RFNBO, vychádzajú z energetického modelu Compact Primes<sup>9</sup> použitého pre modelovanie scenárov v aktualizácii Integrovaného národného energetického a klimatického plánu na roky 2021 – 2030 (NECP). Na základe jeho dekarbonizačných scenárov sa očakávajú vodíkové technológie ako v osobnej, tak aj v nákladnej doprave. Boli pripravené 2 scenáre: WEM (scenár s existujúcimi opatreniami) a WAM (scenár s dodatočnými opatreniami).

Tabuľka 3: Počet vozidiel s vodíkovým pohonom, scenáre WEM a WAM (v ks)

	2050 WEM	2050 WAM
Osobné automobily	232 013	284 091
Autobusy	716	16 199
Ťažká úžitková doprava	11 629	64 643
Ľahká úžitková doprava	16 679	57 960

Zdroj: CPS Energy Model

<sup>9</sup> Compact Primes Model je matematický systém implementovaný v prostredí GAMS (General Algebraic Modeling System). Ide o model pre matematické programovanie na vysokej úrovni. Energetický model je navrhnutý na podporu vypracovania energetickej stratégie, vrátane posúdenia politických nástrojov, plánovania dopytu po energii a ponuky energie a hodnotenia politík na zmiernenie vplyvov zmeny klímy.

## Metodika pravidelného zberu dát

Pre účely správneho nastavovania verejných politík pre podnecovanie spotreby aj výroby vodíka a politík zameraných na rozvoj vodíkoveho ekosystému, ktoré budú prispievať k napĺňaniu medzinárodných záväzkov SR voči EÚ a medzinárodných klimatických záväzkov je nevyhnutné zaviesť na úrovni SR pravidelný zber dát ako o výrobe, tak aj o spotrebe vodíka.

Zber by sa mal zamerať na údaje na energetické aj neenergetické využitie vodíka vo všetkých oblastiach hospodárstva a všetkých druhoch procesov. Pri energetickom využití ide o spotrebu na výrobu elektriny a tepla, spotrebu na ťažbu, resp. výrobu palív, prevádzkovú spotrebu v petrochémii, spotrebu na dopravu a ostatnú spotrebu. V neenergetickom využití bude potrebné vyčleniť neenergetickú spotrebu v petrochémii. V oblasti výroby by sa mal dotazník zamerať na údaje o vodíku vyrobenom na účely vlastnej spotreby, na účely predaja aj o vodíku vzniknutom ako vedľajší produkt.

IHA navrhuje zber dát na ročnej báze spôsobom rozposlania preddefinovaných dotazníkov všetkým subjektom využívajúcim a vyrábajúcim vodík na území SR, ktoré by údaje spätne zasielali Ministerstvu hospodárstva SR. Je preto dôležité si ešte pred samotným zberom vymedziť relevantné trhy a firmy, ktorým budú zasielané pilotné dotazníky na vyplnenie a zber údajov. Prvotný zber dát bude zameraný aj na predchádzajúce roky, z dôvodu lepšieho obrazu vývoja výroby, spotreby, importu a exportu vodíka na Slovensku. Ministerstvo by údaje následne spracovalo a využilo na interné účely tvorby podkladových analytických materiálov slúžiacich pre správne nastavovanie politík súvisiacich s výrobou a využívaním vodíka v SR.

Oslovené subjekty by v dotazníku mali vyplňať nasledujúci súbor údajov:

1. Názov spoločnosti,
2. NACE,
3. ročná spotreba vodíka za príslušný rok v tonách,
4. procesy, v ktorých sa vodík využíva s určenými podielmi spotreby medzi tieto procesy,
5. podiel spotrebovaného vodíka charakterizovateľného ako obnoviteľné palivo nebiologického pôvodu,
6. ročná výroba vodíka za príslušný rok v tonách,
7. zdroj a spôsob výroby vodíka,
8. podiel vyrobeného vodíka charakterizovateľného ako obnoviteľné palivo nebiologického pôvodu,
9. import vodíka zo zahraničia v tonách,
10. export vodíka do zahraničia v tonách,
11. spôsob využitia nespotrebovaného a neexportovaného vodíka.

Zozbieranú údaje by mali slúžiť na vytvorenie hĺbkového štatistického zhodnotenia stavu využívania a výroby vodíka na území Slovenska. Využívanie vodíka bude na základe spracovania údajov zo zberu rozdelené do odvetví, ktoré vodík využívajú vo všeobecne



najväčšej miere alebo je predpoklad, že majú potenciál na budúci rozvoj. Na účely tohto zberu sa dáta rozdelia do týchto odvetví:

1. Rafinácia,
2. výroba amoniaku,
3. výroba iných chemických produktov,
4. energetické využitie,
5. doprava,
6. iné.

Dáta o výrobe vodíka budú podľa spôsobu výroby agregované do kategórií:

1. Výroba vodíka prostredníctvom parného reformingu zemného plynu,
2. výroba vodíka prostredníctvom parného reformingu zemného plynu s využitím technológie CCUS,<sup>10</sup>
3. výroba vodíka elektrolyzou vody,
4. výroba spĺňajúca podmienky vodíka ako obnoviteľného paliva nebiologického pôvodu (RFNBO),
5. vodík ako vedľajší produkt výrobných procesov.

Podľa účelu výroby budú dáta o výrobe vodíka rozdelené do kategórií:

1. Výroba vodíka určeného na vlastnú spotrebu,
2. výroba vodíka určeného na predaja.

---

<sup>10</sup> CCUS – Carbon Capture Utilisation and Storage, sl.: Záchyt uhlíka s jeho následným využitím alebo uskladnením

## Zoznam použitých skratiek

CCUS - Carbon Capture Utilisation and Storage

EN - energetická náročnosť

EÚ - Európska únia

HPH - hrubá pridaná hodnota

IHA - inštitút hospodárskych analýz

IPCEI - Important Projects of Common European Interest

KES - konečná energetická spotreba

MH SR - Ministerstvo hospodárstva Slovenskej republiky

MWh - megawatthodina

NACE - Klasifikácia ekonomických činností

NECP - Integrovaný národný energetický a klimatický plán

RFNBO - Obnoviteľné palivo nebiologického pôvodu

ÚNMS - Úrad pre normalizáciu, metrológiu a skúšobníctvo Slovenskej republiky

WEM/WAM - with existing measures/with additional measures

## Zdroje

European Hydrogen Observatory. *Hydrogen Landscape*. [online]. Dostupné na internete: <https://observatory.clean-hydrogen.europa.eu/hydrogen-landscape>

EUR-LEX. *Smernica 2018/2001 Európskeho parlamentu a Rady*. [online]. Dostupné na internete:

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SK/TXT/PDF/?uri=CELEX:02018L2001-20231120>

MH SR. *Národná vodíková stratégia: Pripravení na budúcnosť*. [online]. Dostupné na internete:

<https://www.economy.gov.sk/uploads/files/rPQQPb55.pdf?csrt=1898054982386036119>

MH SR. *Akčný plán – Opatrenia pre úspešnú realizáciu Národnej vodíkovej stratégie*. [online]. Dostupné na internete:

<https://www.economy.gov.sk/uploads/files/d1dutlWq.pdf?csrt=7184783914622826063>

MH SR. *Integrovaný národný energetický a klimatický plán*. [online]. Dostupné na internete:

<https://www.mhsr.sk/uploads/files/ljkPMQAc.pdf?csrt=5678807321199981218>