

Národná vodíková stratégia *„Pripravení na budúcnosť“*

Autori:

Prof. Juraj Sinay, Ing. Martin Jesný, Mgr. Ján Weiterschütz, MSc., Ing. Peter Blaškovič,
Ing. Richard Sulík

A. Preambula

Národná vodíková stratégia (NVS) definuje strategickú úlohu štátu pri využití vodíkových technológií v Slovenskej republike (SR) v kontexte súčasného vývoja v krajinách Európskej únie (EÚ). Cieľom NVS je zvýšiť konkurencieschopnosť slovenskej ekonomiky a zároveň výrazne prispieť k uhlíkovo neutrálnej spoločnosti v súlade s Parížskou dohodou, ku ktorej sa Slovensko prihlásilo, ako aj k ďalším strategickým dokumentom únie, najmä Európskemu ekologickému dohovoru, Novej priemyselnej stratégii pre Európu a Správny čas pre Európu: náprava škôd a príprava budúcnosti pre ďalšie generácie. Stratégia definuje podmienky pre nasadenie vodíkových technológií v súlade s dlhodobým strategickým zámernom rozvoja SR^{1,2} do roku 2030, resp. 2050. Do roku 2030 sa pritom očakáva zníženie emisií skleníkových plynov EÚ o 55 %. Taktiež odporúča realizáciu vodíkových aktivít v spolupráci s ďalšími krajinami EÚ ako aj inými krajinami vo svete. Využívanie vodíka ako súčasť hospodárstva SR je celonárodným záujmom. Na jeho zavedení do praxe sa bude podieľať vláda SR v spolupráci s podnikateľskou sférou, inštitúciami výskumu, vývoja a vzdelávania a orgánmi územnej samosprávy podľa opatrení, ktoré budú špecifikované v Akčnom pláne k NVS.

A.1 Východiská

Vodík je jednou zo základných komodít budúcej vyspelej ekonomiky. Je východiskovou surovinou pri výrobe amoniaku (NH_3), kyseliny dusičnej (HNO_3), dusičnanu amónneho (NH_4NO_3), močoviny (CON_2H_4) a metanolu (CH_3OH). Významnou oblasťou využívania vodíka je petrochemický priemysel, kde je vodík základom hydrogenačných reakcií, podobne ako aj v metalurgickom priemysle. Vodík možno používať aj ako nosič energie.

S cieľom vytvorenia priestoru na odborný dialóg s praxou pre využitie vodíka usporiadalo Ministerstvo hospodárstva SR 16. júla 2020 konferenciu „Vodíková budúcnosť Slovenska“. Predstavitelia priemyslu, vedy, výskumu, akademickej obce či spoločenskej praxe pozitívne hodnotili vytvorenie platformy, v rámci ktorej boli formulované strategické zámery, ktoré sú zároveň príležitosťou pre slovenskú ekonomiku. Slovensko tak bezprostredne nadviazalo na prijatie Vodíkovej stratégie pre klimaticky neutrálnu Európu, ktorá bola prijatá Európskou komisiou (EK) 8. júla 2020.

A.2 Vodíková misia klimaticky neutrálnej Európskej únie

Krajiny EÚ realizujú opatrenia pre vytvorenie konkurencieschopnosti v technológiách na výrobu vodíka. Kumulatívne investície do výroby zeleného vodíka v rámci EÚ by do roku 2050 mali dosiahnuť výšku až 180 - 470 miliárd eur a pre nízkouhlíkový modrý vodík 3 - 18 miliárd eur. Odhaduje sa, že zelený vodík by mohol do roku 2050 pokryť 24 % svetového energetického dopytu. Ročné tržby by sa mohli pohybovať okolo 630 miliárd eur³.

Spotreba elektriny podľa prognóz na ceste ku klimatickej neutralite výrazne narastie. Podiel elektriny na konečnej spotrebe energie stúpne z dnešných 23 % do roku 2030 na približne 30 % a v roku 2050 až na 50 %. Pre porovnanie, za posledných 30 rokov tento podiel vzrástol iba o 5 %.

¹ <https://www.minzp.sk/files/oblasti/politika-zmeny-klimy/nus-sr-do-roku-2030-finalna-verzia.pdf>

² Integrovaný národný energetický a klimatický plán /INECP/, MH SR december 2019

³ https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/hydrogen_strategy.pdf

Nárast spotreby elektriny budú z veľkej časti musieť pokryť obnoviteľné zdroje. Do roku 2030 by sa mal podiel energie z obnoviteľných zdrojov v energetickom mixe EÚ zdvojnásobiť na 55 – 60 % a prognózy ukazujú do roku 2050 podiel až takmer 84 %. Chýbajúcu časť by mali doplniť iné nízkouhlíkové možnosti.

V posledných desaťročiach výrazne klesli náklady na výrobu energie z obnoviteľných zdrojov a očakáva sa, že tento trend bude pokračovať. Dostatočné kapacity výroby elektriny z obnoviteľných zdrojov sú dôležitým faktorom pre výrobu zeleného vodíka. Vhodným nastavením regulačného rámca sa vytvorí predpoklad, že trhové segmenty budú do tejto sféry čoraz viac investovať. Táto kombinácia faktorov zatriktívni zelený vodík a vďaka úsporám z rozsahu bude jeho cena klesať.

Využívanie vodíkových technológií vytvorí možnosti pre zapojenie sa väčšieho množstva slovenských firiem. Vznikne nová infraštruktúra pre výrobu a implementáciu vybraných druhov prístrojov a technologických zariadení. V rámci posilňovania medzinárodnej spolupráce bude SR participovať na projektoch a politikách EÚ.

A.3 Definícia vodíka

Vodík (H) je najľahší prvok na Zemi. Bežne sa vyskytuje vo forme dvojatómových molekúl ako divodík (H₂). Liter vodíka má hmotnosť približne 90 mg (0,09 g), teda je asi 11-krát ľahší ako vzduch. Vodík sa prirodzene vyskytuje len vo forme zlúčenín – najbežnejšia je voda, ale príkladom sú aj zmesi uhlíkovodíkov a ich zlúčenín ktorými sú napr. ropa alebo zemný plyn. Tieto sú v súčasnosti základom pre jeho priemyselnú produkciu. Dôsledkom tejto skutočnosti je aj fakt, že na rozdiel od fosílnych palív (napríklad uhlie, zemný plyn), v ktorých je energia už naakumulovaná a odtiaľ ju možno uvoľňovať, pri využití vodíkových technológií je nutné vodík vyrobiť rozkladom iných zlúčenín. To si vyžaduje vstupnú energiu vo forme elektriny alebo tepla. Použitím palivových článkov alebo priamym spálením, sa energia spätne uvoľňuje.

V súvislosti s obsahom NVS bude klasifikácia jednotlivých druhov vodíka vychádzať zo spôsobu ich výroby:

1. Sivý vodík je vyrobený v rámci procesov, ktoré využívajú ako východiskovú surovinu fosílnu palivá najmä zemný plyn alebo uhlie. Emisie skleníkových plynov počas životného cyklu sivého vodíka sú vysoké⁴.
2. Modrý vodík je vyrobený rovnakým spôsobom ako sivý vodík, no oxid uhličitý, ktorý vzniká pri výrobe, je zachytávaný, uskladnený, prípadne ďalej využitý pomocou technológie CCUS⁵. Modrý vodík je možné vyrobiť aj elektrolýzou vody alebo soľného roztoku (pri výrobe chlóru) pomocou elektrolyzéro, napájaných elektrickým prúdom z nízko uhlíkových zdrojov energie⁶. Pri výrobe modrého vodíka musia byť

⁴ Vodík z uhlia 237 g CO₂eq/MJH₂ = 28,4 kgCO₂eq/kgH₂ (Coal EU-mix, Cen gasification, Pipeline transport), vodík zo zemného plynu (NG 4000 km, Cen Ref, Pipe) 104,4 g CO₂eq/MJH₂ = 12,5 kgCO₂eq/kgH₂. Zdroj: JRC technical reports, https://ec.europa.eu/jrc/sites/jrcsh/files/wtt_appendix_2_v4a.pdf, str. 27-30

⁵ Carbon capture, utilization and storage – Využitie a zachytávanie uhlíka

⁶ Pri výrobe modrého vodíka je možné využiť aj elektrinu z jadrových elektrární. Niektoré odborné komentáre definujú takto vyrábaný vodík ako fialový, ružový alebo žltý vodík.

emisie skleníkových plynov počas životného cyklu nižšie ako 100 g CO₂eq/MJH₂⁷ (3,33 kg CO₂eq/kgH₂).

3. Zelený vodík je vyrobený elektrolýzou vody za pomoci elektrolyzéry, napájaného elektrickým prúdom z obnoviteľných zdrojov energie⁸.

V odbornej praxi sa definuje aj tyrkysový a biely vodík⁹

V ďalších častiach dokumentu sa ako vodík bude označovať zelený a modrý vodík podľa tohto delenia. Porovnávacia tabuľka pre definície druhov vodíka medzi Vodíkovou stratégiou pre klimaticky neutrálnu Európu a pojmi používanými v NVS je uvedená v prílohe č. 2.

B. Využívanie vodíka

Využívanie vodíka je jednou z možností, ako prispieť zásadným spôsobom k zmene energetického hospodárstva SR z dôvodov, že vodík:

- je možné vyrábať elektrolýzou vody a následne ho dlhodobo uskladniť,
- je univerzálny nosič energie,
- poskytuje možnosti pre dekarbonizáciu v rôznych oblastiach a obzvlášť v tých, v ktorých je použitie iných uhlíkovo neutrálnych technológií nerealizovateľné alebo ekonomicky neefektívne,
- je možné efektívne využiť ako základnú surovinu v chemickom a petrochemickom priemysle, pri výrobe ocele ako čiastočnú, alebo úplnú náhradu za tuhé fosílna palivá a koks vyrábaný z čierneho uhlia, ako aj pri výrobe cementu,
- môže byť použitý ako palivo pre pohon dopravných prostriedkov prostredníctvom palivových článkov, alebo po ďalšom spracovaní s CO₂ z neho vyrobiť syntetické palivo,
- využíva sa ako nosič energie vo výrobe tepla.

Aby využívanie vodíka reálne prispelo k dekarbonizácii priemyselných procesov a nahradilo fosílna palivá v doprave a energetike, musia byť všetky oblasti jeho efektívneho využívania riešené s minimálnymi alebo nulovými emisiami CO₂. Ide o procesy výroby vodíka, jeho prepravu, skladovanie a využívanie v koncových technológiách a výrobkoch.

Pre dosiahnutie konečného cieľa dekarbonizácie predpokladá SR vo svojich priemyselných odvetviach a vo verejnom živote využívať vodík ako nosič energie všade tam, kde priame využitie elektriny nie je možné alebo je nákladovo neefektívne.

Technológia výroby vodíka preto musí vychádzať prevažne z využitia obnoviteľných a v prechodnom období aj nízkouhlíkových zdrojov energie. Cieľom vlády SR bude podpora výroby, využitia zeleného vodíka ako aj potrebnej infraštruktúry pre realizovanie týchto aktivít. Podporovaná bude aj výroba modrého vodíka.

⁷ Sustainable Finance and EU Taxonomy: https://ec.europa.eu/finance/docs/level-2-measures/taxonomy-regulation-delegated-act-2021-2800_en.pdf

⁸ Výroba 1 kg vodíka si vyžaduje 9 l vody. Voda pritom nemusí byť pitná, môže pochádzať z čističiek odpadových vôd, podzemných a povrchových vôd, či mora. Na výrobu 10 mil. ton vodíka ročne sa spotrebuje 0,0048% vodných zdrojov v EÚ. https://hydrogen.spade.be/wp-content/uploads/2021/04/Hydrogen-production-water-consumption_fin.pdf

⁹ Tyrkysový vodík – vyrobený termickým štiepením metánu a biely vodík – vyrobený pomocou technológie hydraulického štiepenia

Vychádzajúc zo zámerov Vodíkovej stratégie pre klimaticky neutrálnu Európu¹⁰ a z finančných nástrojov podpory EU, bude vláda SR presadzovať podporu vzdelávania výskumu, vývoja a inovácií pri využívaní vodíka v slovenskej ekonomike tak, aby bola konkurencieschopná voči krajinám EÚ.

Dopyt po využívaní vodíka v strednodobom a dlhodobom horizonte bude zo súčasnej podoby, popísanej v iných častiach tejto stratégie, podstatne narastať. Preto je dôležité, aby sa SR stala adekvátnym partnerom v rámci zahraničných konzorcií. V tejto súvislosti bude dôležité stanoviť podmienky a ciele pre efektívne investovanie¹¹ do vodíkoveho hospodárstva tak, aby sa mohli na jeho rozvoji podieľať aj súkromní investori.

Cieľom SR bude vytvárať podmienky pre výrobu vodíka tak, aby slovenská ekonomika bola čo najmenej závislá na jeho dovoze. Priority budú zosúladené s Aktualizáciou Stratégie inteligentnej špecializácie pre výskum a inovácie (RIS3) pre programové obdobie 2021 - 2027.

V podmienkach SR sa bude venovať pozornosť využívaniu elektriny z jadrových elektrární, ako nízko uhlíkového obnoviteľného zdroja energie, pri výrobe modrého vodíka.

B.1 Využitie v chemickom a petrochemickom priemysle

Vodík je jednou zo surovín pre chemický priemysel, ktorú využívajú viaceré chemické spoločnosti¹². Okrem úlohy vodíka ako chemickej látky sa predpokladá, že vodík bude zohrávať v rôznych chemických procesoch aj úlohu nosiča energie v energeticky náročných výrobných procesoch.

Väčšina výroby vodíka je v súčasnosti naviazaná na využitie fosílnych surovín, zemného plynu a uhlia, čiže pri výrobe vodíka dochádza k vytváraniu CO₂ a ostatných skleníkových plynov¹³. Táto skutočnosť si vyžaduje hľadanie perspektívnych riešení pre nahradenie tohto spôsobu výroby vodíka alebo jeho doplnenie o technológie zachytávania, prípadne opätovného využitia vznikajúcich skleníkových plynov. Chemický priemysel so súčasnou spotrebou vyše 200 000 t/ročne je najväčším výrobcom aj spotrebiteľom sivého vodíka.

B.2 Využitie v oceliarskom priemysle a metalurgických procesoch

Oceliarsky priemysel a priemysel metalurgických procesov je významnou súčasťou hospodárstva SR. a je najväčším zdrojom emisií CO₂¹⁴. Podľa medzinárodných štatistík vytvára oceliarsky priemysel v rámci svetovej výroby zhruba 7 % emisií CO₂, na Slovensku 13,9% v roku 2018¹⁵.

¹⁰ Vodíková stratégia pre klimaticky neutrálnu Európu – COM /2020/ 301 z 8. júla 2020

¹¹ napr.: do parkov, klastrov, spoločných podnikov

¹² napr. Duslo, a.s. Šaľa, Slovnaft, a.s. Bratislava, Fortischem a.s. Nováky, US Steel, a.s. Košice

¹³ napr. CH₄-metán, N₂O-oxid dusíka; GHG-svetové emisie skleníkových plynov, F-plyny –fluórované plyny

¹⁴ V roku 2020 tvorili emisie z výroby ocele v US Steel Košice 37% emisií v rámci Systému obchodovania s emisnými kvótami na Slovensku, a v roku 2019 tvoril 19% celkových emisií v SR

¹⁵ Eurostat https://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=env_air_gge&lang=en, <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/dashboards/emissions-trading-viewer-1>

V podmienkach SR sa v metalurgických procesoch využíva vodík ako inertný plyn v ochranných atmosférach pri tepelnom spracovaní ocelových výrobkov alebo pri priamej redukcii železnej rudy ako náhrady za vysokopecné technológie^{16,17,18}, ktoré sa vyznačujú vysokými hodnotami emisií.

B.3 Využitie v sektore plynárenstva

Rozvoj trhov pre využívanie vodíka v SR si vyžaduje vytváranie inovatívnych logistických riešení pre jeho prepravu, distribúciu a skladovanie. Využije sa existujúca kapacita prepravnej a distribučnej siete zemného plynu. Pre skladovanie vodíka sa využijú možnosti jeho uskladňovania v súčasných podzemných zásobníkoch.

V budúcnosti sa budú hľadať riešenia pre technologickú úpravu slovenskej prepravnej siete zemného plynu na prepravu vodíka, jej rozšírenie a prepojenie na plynovodné siete v rámci európskeho priestoru.

Vláda preverí možnosti prepravnej siete zemného plynu za účelom jej využitia aj na prepravu vodíka, pokiaľ sa jej kapacita nebude plne využívať pre prepravu zemného plynu. Súčasne sa budú hľadať riešenia technologickej úpravy plynárenskej distribučnej siete na možnosti vnútroštátnej distribúcie vodíka v závislosti od vývoja trhu s vodíkom.

Vodík v plynnom skupenstve je možné primiešať do distribučnej siete zemného plynu, ktorú má SR veľmi dobre rozvinutú. Použiť ju na prepravu a distribúciu vodíka bude možné po technických úpravách, ktorým bude predchádzať podrobná expertná analýza technického stavu potrubí. Používanie vodíka a rôznych foriem plynných zmesí obsahujúcich vodík, bude zohrávať významnú úlohu pri dekarbonizácii tepelného hospodárstva¹⁹.

Osobitnú skupinu výroby vodíka tvoria zariadenia využívajúce princípy vysokoteplotnej pyrolýzy a splyňovania, pri ktorých sa spracujú nerecyklovateľné odpady rôzneho druhu. Syntézny a pyrolýzny plyn bohatý na vodík so spracovaním (CCU) CO₂ predstavuje zdroj modrého vodíka. Tento plyn nachádza uplatnenie aj ako palivo pre iné energetické a petrochemické aplikácie²⁰. Dôležitú úlohu zohráva technológia pyrolýzy zemného plynu, pri ktorej okrem vodíka vzniká aj pevný uhlík.

¹⁶ IEA – Iron and Steel Technology Roadmap (October 2020), <https://www.iea.org/reports/iron-and-steel-technology-roadmap>

¹⁷ Pei, M., Petäjäniemi, M., Regnell, A., Wijk, O.: Toward a Fossil Free Future with HYBRIT: Development of Iron and Steelmaking Technology in Sweden and Finland. *Metals* 2020, 10, 972

¹⁸ LEGEMZA, Jaroslav - FRÖHLICHOVÁ, Mária - FINDORÁK, Róbert: Biomass and Carbon Fuels in Metallurgy / 1. vyd. - London : Taylor & Francis Group - 2020. - 292 s. [print, online]. - ISBN 978-0-367-22242-0

¹⁹ Vodík v plynnom skupenstve je možné primiešať do distribučnej siete zemného plynu, ktorú má SR veľmi dobre rozvinutú. Stanoveniu maximálnej bezpečnej úrovne primiešavania vodíka bude predchádzať podrobný výskum a testovanie vplyvu vodíka na používané materiály a komponenty plynárenských zariadení. Identifikujú a zrealizujú sa potrebné technické úpravy plynárenskej siete. Použiť ich na prepravu vodíka bude možné po technických úpravách, ktorým bude predchádzať podrobná expertná analýza technického stavu plynárenských sietí (napr. potrubia, zariadenia na znižovanie/zvyšovanie tlaku, armatúry, meranie prietoku, atď.) s doplnením návrhov na bezpečnostné prvky a komponenty potrebné pre vodíkové hospodárstvo ak budú potrebné. Používanie vodíka a rôznych foriem plynných zmesí obsahujúcich vodík, bude zohrávať významnú úlohu pri dekarbonizácii tepelného hospodárstva. Dôležitým prvkom výskumu a vývoja bude identifikácia vhodných technológií a postupov primiešavania a naopak následnej separácie vodíka zo zmesi so zemným plynom.

²⁰ Ohrev odpadov s prístupom vzduchu (splyňovanie) alebo bez prístupu vzduchu (pyrolýza) umožňuje jeho termický rozklad, pričom vzniká plyn obsahujúci hlavne vodík, CO, CO₂ a N₂. Obsah vodíka je až do 55 %.

B.4 Využitie v tepelnom hospodárstve

V oblasti tepelného hospodárstva sa Slovensko v INECP zaviazalo využiť opatrenia na dosiahnutie národného príspevku SR v oblasti energetickej efektívnosti s cieľom jej zvýšenia o 30,3 %, do roku 2030, čo je mierne nižšia hodnota ako je európsky cieľ 32,5 %. Pre dosiahnutie týchto cieľov budú kľúčové sektory priemyslu a technológie stavieb.

V porovnaní s výrobou tepla konvenčným spôsobom v teplárňach a kogeneráciou, môže mať využitie vodíka vyrobeného z variabilných obnoviteľných zdrojov energie za určitých podmienok pozitívny dopad na zníženie primárnej energetickej spotreby SR. Jednou z týchto podmienok je využitie sezónnej akumulácie, teda akumulácie vodíka v obdobiach prebytku elektriny v sústave a jeho odloženým využitím v tepelnom hospodárstve počas nedostatku elektriny, resp. zvýšenej spotrebe tepla, v zimnom období. Pre nedostatok elektriny a jej vysoké ceny, ktoré sú charakteristické pre európsky trh s elektrinou v období vykurovacej sezóny, by s ohľadom na dopad využívania vodíka na koncové ceny energií musela akumulácia vodíka prebiehať v letnom období.

Kvantifikácia efektívnej miery náhrady zemného plynu vodíkom pre využitie v tepelnom hospodárstve si vyžiada ďalšie analýzy zamerané na schopnosť elektrizačnej sústavy pokryť vyvolanú dodatočnú spotrebu elektriny a plynárenskej siete akumulovať a dlhodobo uskladniť potrebné objemy vodíka.

B.5 Využitie v doprave

Zavedenie palivových článkov v doprave umožňuje vytvoriť trh pre nové pohony. Ich využitie je efektívne pre prostriedky verejnej hromadnej dopravy, nákladné a úžitkové automobily pre diaľkovú dopravu, ale aj vlaky, lietadlá, lode a ďalšiu techniku v stavebníctve, poľnohospodárstve, lesnom hospodárstve či obrannom priemysle. Logistika vo firmách tiež vytvára podmienky pre využitie dopravných prostriedkov s vodíkovým pohonom, napríklad vysokozdvížne vozíky a iná manipulačná technika či železničné posunovacie rušne, ktoré sú v súčasnosti vo veľkej miere poháňané spaľovacími motormi²¹.

Vývoj v oblasti pohonov dopravných prostriedkov naznačuje, že aplikácie palivových článkov sa stávajú možnou alternatívou k spaľovacím motorom a batéριοvej /akumulátorovej/ elektromobilite, s ktorou však vzhľadom na technologické súvislosti²² fungujú v prepojenosti²³. Pre využitie vodíka v doprave sa na území SR vybuduje sieť čerpacích staníc. Kritériom bude koncentrácia dopravy v regióne a s tým súvisiaca očakávaná spotreba vodíka. Dekarbonizácia s využitím vodíka znižuje niektoré negatívne vplyvy mobility na životné prostredie. Je možné ju dosiahnuť:

- využívaním dopravných prostriedkov s vodíkovým pohonom v bežnej prevádzke,
- výrobou dopravných prostriedkov s vodíkovým pohonom, hľadaním inovačných príležitostí v domácom vývoji,
- transformáciou výrobných programov výrobcov dielov a modulov pre pohony s využitím vodíka, pričom preferované bude využitie výsledkov domáceho vývoja.

²¹ Možnou alternatívou k vodíkovým pohonom je aj pohon so syntetickými palivami.

²² Stratégia rozvoja elektromobility v SR a jej vplyv na národné hospodárstvo SR, UV-29689/2015

²³ Revízia a aktualizácia Národného politického rámca pre rozvoj trhu s alternatívnymi palivami, UV 557/ 2019

To zároveň ponúka rozsiahly priestor pre transformáciu výroby dopravných prostriedkov, ako jednej z nosných častí slovenského priemyslu.

B.6 Odhadovaná spotreba vodíka

Domácu spotrebu vodíka budú v budúcnosti pokrývať vybudované elektrolyzéry a iné nízkoemisné spôsoby výroby vodíka²⁴.

Najvýznamnejší podiel na rast spotreby vodíka v SR bude mať sektor priemyslu a dopravy a neskôr aj energetiky. Hlavným cieľom bude pokryť čo najväčšiu časť spotreby vodíka z domácich zdrojov, avšak vzhľadom na energetické nároky súvisiace s výrobou vodíka a jeho predpokladanú spotrebu v SR, bude v dlhodobom horizonte potrebné pokryť časť spotreby dovozom zo zahraničia.

Na základe existujúceho využitia vodíka možno predpokladať, že sa v SR do roku 2030 spotrebuje 200 kiloton vodíka ročne. Intenzívne využívanie vodíka predpokladá do roku 2050 nárast jeho celkovej spotreby na hodnotu 400 až 600 kiloton, z toho až 90% z nízkouhlíkových zdrojov.²⁵

Zvyšovanie cien emisných povoleniek a znižovanie nákladov na výrobu vodíka, môže v budúcnosti viesť v segmente vykurovania a chladenia k čiastočnej náhrade spotreby zemného plynu za vodík²⁶. Prioritným záujmom bude snaha o čo najväčšie pokrytie domácej spotreby vodíka v priemysle.

Rast spotreby vodíka pre rôzne scenáre intenzity jeho využívania je vhodné zohľadniť pri plánovaní rozširovania a modernizácie energetickej infraštruktúry. Predmetom ďalších analýz bude rovnako dopad výroby vodíka na spotrebu elektriny v SR. Scenáre využitia vodíka bude tiež potrebné zohľadniť v plánovaných revíziách Integrovaného národného energetického a klimatického plánu na roky 2021-2030²⁷.

C. Transformácia slovenského priemyslu

Slovensko sa v rámci INECP a Národného politického rámca pre rozvoj trhu s alternatívnymi palivami zaviazalo k postupnej dekarbonizácii národného hospodárstva. Hlavnými kvantifikovanými cieľmi INECP v priemysle do roku 2030, v porovnaní s rokom 1990 sú:

- zníženie emisií skleníkových plynov v sektore priemyslu a energetiky o 43 %²⁸ (EU ETS),
- zníženie emisií skleníkových plynov v ostatných sektoroch národného hospodárstva (budovy, doprava, poľnohospodárstvo a odpadové hospodárstvo) o 20 % (non EU ETS),
- cieľ energetickej efektívnosti 30,3 %,
- podiel OZE 19,2 %,
- zvýšenie podielu OZE v doprave do roku 2030 o 20 %.

²⁴ Zo zemného plynu so zachytávaním a využívaním uhlíka, z biomasy alebo komunálneho netriedeného odpadu

²⁵ Prognóza spotreby a výroby vodíka v hospodárstve SR do roku 2050 bude súčasťou Akčného plánu opatrení pre úspešnú realizáciu Národnej vodíkovej stratégie.

²⁶ SPP-d testuje vplyv primiešavania až 20% vodíka do zemného plynu na distribučnú sieť

²⁷ [Integrovaný národný energetický a klimatický plán na roky 2021-2030](#)

²⁸ Platný národný cieľ, ktorý sa bude v krátkej dobe revidovať

C.1 Transformačné možnosti

V dlhodobom výhľade sú vodíkové technológie jedným z prostriedkov ako transformovať priemyselné procesy na uhlíkovo neutrálne a ako udržať konkurencieschopnosť slovenského priemyslu. Ich pridaná hodnota je v tom, že:

- umožnia vytvárať produkty a priemyselné postupy, pri ktorých využitie vodíka ako výrobného vstupu alebo spracovanie vo forme medziproduktu umožňuje znižovať emisie,
- firmy v strojárskom a elektrotechnickom priemysle získajú príležitosť produkovať zariadenia na výrobu a využitie vodíka. To prinesie podnikom v slovenskom priemysle do ich výrobných programov nové výrobky a priemyselné riešenia s vysokou pridanou hodnotou, ideálne z vlastného vývoja. Tie budú, vzhľadom na hlavné priemyselné trendy, s veľkou pravdepodobnosťou fungovať na základe princípov tzv. inteligentného priemyslu²⁹. Vzhľadom na očakávanú dynamiku rozvoja využitia vodíka vzniká príležitosť pre priemyselné subjekty s exportným potenciálom. Pre vznik technologických riešení bude dôležitá spolupráca s výskumnými kapacitami univerzít s vedeckými inštitúciami,
- v chemickom a metalurgickom priemysle, ale aj v energetike, umožnia priame zapracovanie vodíka do produkčných procesov,
- vzniknú nové priemyselné riešenia s využitím vodíka v elektroenergetike, teplárenstve a plynárenstve. Využitie lokálnej energie vo výrobných procesoch zvyšuje pridanú hodnotu³⁰ finálneho produktu.

C.2 Zvýšenie výroby vodíka a jeho využitie

Pre efektívnu a rýchlu aplikáciu vodíkových technológií v SR je rozhodujúca udržateľnosť výroby vodíka. Významný domáci trh môže byť pre partnerov v zahraničí signálom, ktorý poukáže na schopnosť slovenského vodíkového hospodárstva zapojiť sa do medzinárodných aktivít pri využívaní vodíka. V tejto súvislosti bude potrebné venovať pozornosť novej produkcii elektrolyzérov, ich výstavbe a následnému využitiu pri výrobe vodíka.

V strategickej vízii o klimaticky neutrálnej EÚ definovanej v oznámení EK „Čistá planéta pre všetkých“ z novembra 2018 sa predpokladá, že podiel vodíka v energetickom mixe Európy vzrastie do roku 2050 zo súčasných necelých 2 % na úroveň 13 – 14 %.

Pre výrobu vodíka bude dôležité budovať zariadenia na výrobu elektriny z obnoviteľných a nízkoemisných zdrojov energie. V podmienkach SR sa bude venovať pozornosť využívaniu elektrickej energie z rezerv jadrových elektrární.

Ďalšou oblasťou, s možným významným príspevkom SR k rozvoju globálneho vodíkového hospodárstva je vývoj a výroba materiálov určených pre transport a uskladnenie vodíka.

²⁹ kľúčový priemyselný megatrend, ktorý vychádza z princípov Industry 4.0 a aj slovenskej stratégie Smart Industry

³⁰ napríklad v spracovateľských odvetviach vytvorenie nových prevádzok na prvotné spracovanie surovín; výroba celulózy a papiera, metalurgia, zlievarenstvo a tlakové lisovanie, sklárstvo, výroba primárnych plastov a pod.

C. 3 Transformačný cieľ uhlíkovo neutrálnej mobility

EÚ ako aj Slovensko sa v oblasti dopravy zaviazali k významnému zníženiu skleníkových plynov a dekarbonizácii³¹. Sektor dopravy, ktorý sa zavádzaním inteligentných technológií a nových obchodných modelov postupne transformuje na komplexnejší sektor mobility, ponúka široký priestor pre využívanie vodíka. V oblastiach, kde nie je možné alebo je veľmi nákladné využitie priamych alebo nepriamych (batériových) riešení s použitím elektriny, sú práve vodíkové technológie vhodnou alternatívou.

D. Vládne opatrenia

Prostredníctvom NVS vytvorí vláda SR koherentný rámec pre využitie vodíka v celom jeho reťazci. Bude zahŕňať výrobu vodíka, jeho prepravu, distribúciu a skladovanie, ako aj využitie a výrobu produktov, technológií a komponentov pre vodíkové hospodárstvo vrátane všetkých potrebných bezpečnostných prvkov a súčastí.

Možnosti využívania vodíka ako nosiča energie ponúkajú riešenia na dekarbonizáciu energetiky a priemyselných procesov. V prípade využívania nízkouhlíkového vodíka je možné efektívne dekarbonizovať celé spektrum hospodárstva, najmä ak sú obmedzené možnosti pre efektívnejšiu priamu elektrifikáciu priemyselných procesov, ako aj dopravy v jej nových formách.

To umožní Vláde SR realizovať politiky umožňujúce adresovanie výziev súvisiacich s ochranou životného prostredia, najmä dekarbonizáciou. Súčasne sa vytvorenia podmienky pre zefektívňovanie fungovania priemyslu, energetiky a dopravy. Pomocou vedy a inovácií sa bude cielene rozvíjať konkurencieschopnosť podnikov v jednotlivých sektoroch hospodárstva SR.

Pre realizáciu vládnych politik bude Vláda SR akcelerovať vytvorenie legislatívneho rámca a finančných podmienok pre realizáciu vodíkových technológií. V EÚ sa očakáva rýchly nárast spotreby a využitia vodíka v relevantných oblastiach priemyselných technológií, energetiky a plynárenstva. NVS vytvorí podmienky na to, aby sa SR stala jednou z krajín, v ktorých budú vodíkové technológie súčasťou opatrení na zabezpečenie konkurencieschopnosti s cieľom dosiahnuť uhlíkovo neutrálnu spoločnosť v roku 2050 v rámci EÚ.

Stanovené ciele sa podarí dosiahnuť len efektívnym zapojením výskumu, vzdelávania a inovácií v súvislosti s využívaním vodíka a vodíkových technológií a v tesnej spolupráci s priemyslom. To povedie k transformácii viacerých sektorov v rámci štrukturálnej zmeny slovenskej ekonomiky, v dôsledku excelentnosti konkurenčne najsilnejších sektorov v súlade so Stratégiou výskumu a inovácií pre inteligentnú špecializáciu SR 2021 – 2027 (SK RIS3 2021+).

Vláda SR sa bude podieľať na:

- zavedení opatrení pre využívanie nízkouhlíkového vodíka a jeho zlúčenín v doprave,
- realizácii politik na využívanie nízko uhlíkových vodíkových technológií v relevantných oblastiach národného hospodárstva,

³¹ Podiel energie z obnoviteľných zdrojov na hrubej konečnej spotrebe energie v doprave vzrastie z odhadovaných 8,9% v roku 2021 na 14% v roku 2030 (INECP 2019), [Stratégia pre udržateľnú a inteligentnú mobilitu](#) – nasmerovanie európskej dopravy do budúcnosti

- vypracovaní spoločnej normy pre nízke emisie CO₂ v rámci realizačného reťazca nízkouhlíkového vodíka,
- zavedení všeobecnej terminológie a kritérií na certifikáciu kvality procesov založených na využívaní nízko uhlíkového vodíka v celom životnom cykle od výroby, prepravy, distribúciu po využitie.
- zavedení legislatívnych a regulačných opatrení a bezpečnostných predpisov pre podporu pripravenosti plynárenskej infraštruktúry na prepravu, distribúciu a skladovanie vodíka;
- podpore výskumu, vývoja a inovácií vodíkových technológií

Pre zabezpečenie dostatočného množstva vodíka vyrobeného na území SR, prípadne pre jeho nákup z krajín, v ktorých ho bude možné vyrobiť s nižšími nákladmi, ako aj jeho rozsiahleho využitia je potrebné zo strany vlády SR urobiť tieto opatrenia:

- vypracovať politiky na stimuláciu dopytu v sektoroch konečného využitia vodíka, v ktorých budú prepojené ciele v oblasti dekarbonizácie,
- realizovať podporné opatrenia ktoré zjednodušia vznik inovatívnych produktov, technológií a priemyselných riešení pre výrobu vodíka a jeho spracovanie v rámci procesov v slovenskom priemysle a energetike,
- podieľať sa na vypracovaní spoločnej normy pre nízke emisie CO₂ počas výroby vodíka, ako aj v rámci jeho realizačného reťazca a jej zakotvenie v príslušných právnych normách,
- zaviesť všeobecnú terminológiu a kritéria na certifikáciu vodíka,
- zabezpečiť účasť SR na tvorbe pilotného programu na podporu výroby nízkouhlíkovej a recyklovanej ocele a základných chemikálií,
- zohľadniť v národných strategických dokumentoch a vládnych politikách scenáre výroby vodíka z hľadiska dopadu na spotrebu elektriny a rozvoj energetickej infraštruktúry, ako aj z hľadiska zdroja elektriny
- vytvoriť v rámci úpravy právneho rámca pre podporu obnoviteľných zdrojov energie podmienky pre vydávanie záruk pôvodu pre vodík vyrobený z OZE vo forme samo spotreby a vytvoriť predpoklady pre rozšírenie vydávania záruk pôvodu aj pre vodík vyrobený nízkouhlíkovým spôsobom,
- posúdiť a navrhnuť podporné opatrenia stimulujúce pripravenosť plynárenskej infraštruktúry na prepravu, distribúciu a skladovanie vodíka.

D.1 Finančné nástroje NVS

Európska zelená dohoda plán Európskej komisie na zelenú transformáciu hospodárstva Európskej únie v záujme udržateľnej budúcnosti - European Green Deal³² uznáva schopnosť vodíkových technológií pomôcť naplniť ciele EÚ pri dosahovaní klimateckej neutrality. Rozvoj vodíkového priemyslu je pre Európu obzvlášť zaujímavý predovšetkým ako rýchlo rozvíjajúci sa trh. EK očakáva, že sa Európa stane svetovým lídrom vo využívaní zeleného vodíka. Členské štáty tiež uznali potenciál tohto rastúceho segmentu trhu tým, že odporúčajú podporu vodíkových technológií na úrovni štátov EÚ. Finančné nástroje na podporu realizácie cieľov NVS sú:

³² https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en

- Mechanizmus na podporu obnovy a odolnosti³³ určený na investície a reformy s dôrazom na zelenú a digitálnu ekonomiku;
- Fondy Európskej únie pre programové obdobie 2021 – 2027³⁴;
- Fond na spravodlivú transformáciu, ktorý bol doteraz spájaný s uhľovými regiónmi, a tiež má (Košice) širší záber na regióny s energeticky náročným priemyslom;
- Nástroj pre strategické investície, ktorý má mobilizovať súkromné investície za pomoci Európskej investičnej banky a národných podporných bánk;
- Nástroj na prepájanie Európy (Connecting Europe Facility) – granty na financovanie príslušnej infraštruktúry, čerpacích staníc na vodík alebo prispôbenie plynárenských sietí;
- Inovačný fond ETS naviazaný na obchodovanie s emisiami má v rokoch 2020 až 2030 mobilizovať investície do inovatívnych nízkouhlíkových technológií v objeme asi 10 miliárd eur (v závislosti od ceny uhlíka), pričom prvá výzva bola vyhlásená 3. júla 2020;
- Modernizačný fond, ktorý je nástrojom na financovanie investícií do modernizácie energetických systémov a zvyšovania energetickej efektívnosti;
- Európska komisia bude zároveň propagovať cezhraničné projekty pokrývajúce celý hodnotový reťazec tým, že povolí štátnu pomoc pre takzvané dôležité projekty spoločného európskeho záujmu - IPCEI;
- Fond InvestEU, z ktorého sa použije 30 % na aktivity na podporu riešení pre realizáciu klimatických zmien³⁵;
- Mechanizmus EÚ na financovanie spoločných projektov využitia energie z obnoviteľných zdrojov, pomocou ktorého bude možné podporiť plošné zavádzanie inovačných technológií. Mechanizmus je možné kombinovať s inými nástrojmi EÚ³⁶;
- Envirofond,
- Investičná pomoc zo štátneho rozpočtu.

Realizácia vodíkového reťazca v rámci relevantných priemyselných odvetví v krajinách EÚ umožní vytvoriť priamo alebo nepriamo milión pracovných miest³⁷.

V súlade s politickými prioritami EÚ je Plán obnovy a odolnosti navrhnutý na podporu oživenia ekonomík s prioritou investícií do zelených a digitálnych technológií. Vytvára možnosti na financovanie nových investícií a reforiem, ktorých priority sú uvedené v dokumente Formovanie digitálnej budúcnosti Európy³⁸.

Ďalšie alternatívy a možnosti financovania pre dosiahnutie cieľov NVS ponúkajú verejno-súkromné partnerstvá, vhodné pre veľké infraštruktúrne projekty.

³³ Recovery and Resilience Facility - https://ec.europa.eu/info/business-economy-euro/recovery-coronavirus/recovery-and-resilience-facility_en

³⁴ Podpora aktivít v oblasti výskumu, vývoja a inovácií je možná len na opatrenia/projekty, ktoré budú v súlade s prioritami aktualizovanej stratégie inteligentnej špecializácie pre Slovensko (SK RIS3 2021+) a budú realizované formou spolupráce verejných výskumných organizácií s podnikmi

³⁵ <https://eur-lex.europa.eu/legalcontent/SK/TXT/PDF/?uri=CELEX:52018DC0773&from=EN>

³⁶ <https://eur-lex.europa.eu/legalcontent/SK/TXT/PDF/?uri=CELEX:52020DC0564&from=EN>

³⁷ http://ec.europa.eu/energy/sites/files/hydrogen_strategy.pdf

³⁸ Formovanie digitálnej budúcnosti Európy (Shaping Europe's Digital Future)

Medzi zdroje financovania patrí aj rizikový kapitál (Venture Capital), ako druh kapitálového financovania, ktorý dáva začínajúcim podnikom a výskumných organizáciám možnosť získať financovanie skôr než začnú svoju činnosť alebo začnú generovať príjmy alebo zisky.

D.2 Ďalšie nástroje vlády SR

Okrem finančnej podpory sa vláda SR sústreďí na ďalšie druhy podpory rozvoja vodíkových technológií. Podľa Medzinárodnej energetickej agentúry³⁹ môžu vlády jednotlivých krajín pomôcť rozvoju tejto oblasti aplikovaním týchto politických opatrení:

- harmonizovaním noriem a odstránením legislatívnych prekážok pre zavádzanie riešení s využitím vodíka,
- efektívnym využívaním regulačných nástrojov,
- podporovaním výskumu, vývoja a zdieľania poznatkov v oblasti aplikácie vodíkových technológií,
- vytváraním dlhodobých signálov, ktoré podporia dôveru investorov,
- stimulovaním komerčného dopytu po vodíku,
- zavedením opatrení na znižovanie rizík, ktoré vyplývajú z využívania novej technológie, v celom realizačnom reťazci vodíka⁴⁰,
- odstraňovaním bariér a prijímaním opatrení na znižovanie ceny spotrebovanej vlastnej elektrickej energie.

E. Úlohy výskumu a vývoja

Vo všeobecnosti platí, že výsledky súčasného výskumu sa stanú inováciami budúcnosti. V rámci vodíkových technológií budú aktivity v tejto oblasti v súlade s implementáciou stratégie inteligentnej špecializácie pre Slovensko RIS3 a aplikácie politík Európskej únie zamerané na:

- riadenie kľúčových pilotných projektov v oblasti vedy a výskumu, ktoré podporujú hodnotové reťazce vodíka,
- predkladanie návrhov na výzvy v rámci Inovačného fondu, ktorý bude podporovať riešenia pre zlepšovanie systému obchodovania s emisnými kvótami skleníkových plynov v EÚ,
- prípravu výziev zameraných na inovácie v oblasti vodíkových technológií v regiónoch, kde sa využíva sivý vodík,
- vytváranie medzinárodných partnerstiev a následnú prípravu výziev na projekty bilaterálneho/multilaterálneho aplikovaného výskumu a priemyselného vývoja,
- vytváranie partnerstiev v oblasti využívania vodíka,
- zapojenie Slovenska do programov EÚ (Asociácia Hydrogen Europe, ktorá je partnerom EK v programe Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking - FCH JU) a International Energy Agency (Technology Cooperation Programme H2 – TCP H2), Horizon Europe.

³⁹ The Future of Hydrogen – International Energy Agency - <https://www.iea.org/reports/the-future-of-hydrogen>

⁴⁰ Napríklad samotné prijatie tejto Stratégie ako prihlásenie sa Vlády SR k rozvoju využitia vodíka, úprava legislatívy, noriem a ďalších faktorov prostredia pre podnikanie v oblasti vodíka, zosúladenie s vládnyimi a hospodárskymi politikami a inými strategickými dokumentmi pre konzistentnú podporu výskumu, vývoja a inovácií, ako aj ďalších faktorov prostredie, umožňujúceho trhovú návratnosť investícií

Aktívne zapojenie Slovenska do uvedených oblastí zrýchli transformáciu viacerých priemyselných sektorov. Súčasťou bude vytváranie podmienok pre vznik sietí výskumných aktivít v oblasti vodíka s partnermi zo zahraničia. Zapájanie do funkčných konzorcií pre riešenie projektov vedy a výskumu bude financované zo zdrojov EÚ. Tieto podmienky by mali viesť k motivácii univerzít, výskumných inštitúcií, ako aj verejného a súkromného sektora sa aktívne zapájať do prípravy a realizácie nových študijných programov so zameraním na aplikácie vodíkových technológií v podmienkach Slovenskej republiky.

Na rozvíjanie iniciatív pre využívanie vodíkových technológií v SR budú zo strany EÚ definované schémy podpory aplikovaného výskumu s cieľom využitia výsledkov výskumného procesu v podnikateľskej praxi⁴¹. Pozornosť bude venovaná motivačným opatreniam pre subjekty vo vede a výskume, aby sa aktívne podieľali na zavádzaní inovácií a aplikácii dosiahnutých výsledkov do praxe⁴².

E.1 Základný a aplikovaný výskum

S cieľom zabezpečiť a sústrediť disponibilné kapacity v oblasti základného a aplikovaného výskumu a inovácií bolo iniciované založenie Centra výskumu vodíkových technológií SR (CVVT) so sídlom v Košiciach. Centrum bude pôsobiť ako otvorená organizačná štruktúra, ktorá umožní členstvo v štruktúrach všetkým akademickým a výskumným inštitúciám z priemyselného a verejného sektora v SR, prípadne aj zo zahraničia. CVVT bude viesť aktívny dialóg s priemyselnou praxou. Niektoré prioritné oblasti základného a aplikovaného výskumu sú uvedené v prílohe č. 3 a.

Pre konkrétne výskumné a inovačné projekty bude môcť centrum zriaďovať v regiónoch Slovenska kompetenčné centrá.

CVVT má ambíciu aktívne pôsobiť pri zriaďovaní a formulovaní obsahu študijných programov zahrňujúcich všetky etapy vodíkového reťazca v rámci slovenského vysokoškolského priestoru, ako aj v oblasti duálneho vzdelávania na rôznych stupňoch prípravy odborníkov v jednotlivých oblastiach vodíkového reťazca. Centrum bude aktívne pri vytváraní podmienok pre podporu excelentných vedcov⁴³, talentovanú mladú generáciu odborníkov, napr. využitím výmenných programov v rámci európskeho vzdelávacieho a výskumného priestoru. Bude hľadať nové možnosti prepojenia vzdelávania a výskumu na vysokých školách v spolupráci s partnermi z priemyselnej praxe.

Financovanie aktivít CVVT bude vychádzať z viaczdrojového princípu (verejné zdroje, súkromné zdroje, zdroje EU).

⁴¹ napr.: fondy EÚ, IPCEI projekty, Finančný mechanizmus EHP, Nórsky finančný mechanizmus, Švajčiarsky finančný mechanizmus, Agentúra pre podporu vedy a výskum SR, agentúry MŠVVaŠ SR VEGA a KEGA, stimuly pre podporu vedy a výskumu, schémy štátnej podpory výskumu a vývoja vodíkových technológií, projekty v rámci PPP schémy

⁴² Aplikovaný výskum, ako aj vývoj a inovácie vo výrobe, doprave, distribúcii a skladovaní vodíka, detailne uvedené v prílohe 3a a 3b

⁴³ napr.: programy Erasmus+, Horizont Europa

E.2 Vývoj a inovácie

Pozornosť bude venovaná projektom, ktoré budú podporovať rozširovanie slovenského inovačného ekosystému a prinesú tak rozvoj vodíkových startupov⁴⁴ a spin-off spoločností⁴⁵ v oblastiach aplikácie vodíkových technológií, ako aj výrazný nárast existujúcich podnikov (scale-up)⁴⁶. Kľúčovým cieľom je využitie poznatkov domáceho výskumu a vývoja v prospech trhovej konkurencieschopnosti podnikových inovácií.

Výsledkom bude posilnenie pozície v medzinárodných vývojovo-inovačných partnerstvách s vysokým podielom pridanej hodnoty na Slovensku a tvorba udržateľných a dobre platených pracovných miest.

Príklady projektov v rámci inovačných aktivít ako súčasť rozvoja vodíkových technológií sú uvedené v prílohe č. 3 b.

E.3 Ochrana duševného vlastníctva

Vodíkové technológie v SR budú ako jeden zo strategických hospodárskych záujmov štátu podporované Úradom priemyselného vlastníctva SR, ktorý bude prihláškam ochrany priemyselného vlastníctva venovať prioritnú pozornosť. Vyvinie pritom maximálne úsilie, aby od podania prihlášky, do ukončenia správneho konania o predmete priemyselného práva, uplynul len nevyhnutne potrebný čas.

F. Záverečné ustanovenie

NVS predstavuje dokument, z ktorého budú vychádzať implementačné materiály, najmä Akčný plán NVS. Vypracovaním a následne koordináciou Akčného plánu vláda SR poverí Ministerstvo hospodárstva SR.

V Akčnom pláne budú stanovené podmienky, ciele, časový harmonogram a ukazovatele plnenia jednotlivých opatrení na zavedenie obsahu NVS do realizácie v podmienkach slovenskej ekonomiky, najmä:

- vyhodnotenie príspevku opatrení k deklaroványm cieľom,
- posúdenie vplyvu jednotlivých opatrení na rozpočet verejnej správy a ďalšie oblasti (podnikateľské prostredie, životné prostredie, informatizáciu spoločnosti a služby pre občana),
- stanovenie termínov jednotlivých opatrení ako aj predpokladaný termín začatia prípravy a realizácie investičných projektov,
- zabezpečenie, v prípade, keď investičné náklady opatrení presiahnu 1 mil. eur, resp. 40 mil. eur (10 mil. eur v IT), vykonanie prislúchajúceho hodnotenia zo strany MF SR podľa úloh C.5 a C.6 uznesenia vlády č. 649/2020 a podľa § 19a zákona č. 523/2004 Z. z. o rozpočtových pravidlách verejnej správy.

⁴⁴ startup - novovznikajúci projekt či začínajúca firma

⁴⁵ spin-off - podnikateľský subjekt založený za účelom komercializácie duševného vlastníctva vytvoreného vo výskumnej organizácii

⁴⁶ scale-up – existujúci podnikateľský subjekt s potenciálom rozširovania

PRÍLOHY:

Príloha č. 1 – Definovanie použitých skratiek v texte:

EK	Európska komisia
EÚ	Európska únia
SR	Slovenská republika
NVS	Národná vodíková stratégia
CVVT	Centrum výskumu vodíkových technológií
ÚPV	Úrad priemyselného vlastníctva
Wh, KWh, TWh	watthodina, kilowatthodina, terawatthodina
gW	gigawatt
t, kt	tona, kilo tona
POWER to Gas	technológia, ktorá využíva elektrickú energiu na výrobu plynného paliva
SPP	Slovenský plynárenský priemysel
Plán SET	Európsky strategický plán pre energetické technológie
Fond ETS	Investičný fond pre obchodovanie s emisiami
Best Practice	najlepšie skúsenosti
Power-to-X	spôsoby premeny, skladovania a premeny elektrickej energie, pri ktorých sa využíva prebytočná elektrická energia
SK RIS3 2021+	Stratégia inteligentnej špecializácie pre Slovensko ⁴⁷ .

⁴⁷ <https://www.mirri.gov.sk/sekcie/cko/strategia-vyskumu-a-inovacii-pre-inteligentnu-specializaciu-sr/institucionalna-struktura-riadenia-ris3/index.html>

Príloha č. 2 - Tabuľka porovnania definícií jednotlivých druhov vodíka

Pojmy používané v Národnej vodíkovej stratégii SR	Pojmy používané vo Vodíkovej stratégii pre klimaticky neutrálnu Európu z 8. júla 2020
<p>Zelený vodík je vodík vyrábaný elektrolýzou vody pomocou elektrolýzéri, kde je napájanie zabezpečené elektrickým prúdom vyrobeným obnoviteľnými zdrojmi (slnečná a veterná energia - vetrené turbíny, fotovoltické panely), emisia skleníkových plynov počas celého životného cyklu výroby obnoviteľných energie sa približujú k nule.</p>	<p>„Čistý vodík“ je obnoviteľný vodík, taktiež označovaný ako zelený vodík. „Obnoviteľný vodík“ je vodík vyrábaný elektrolýzou vody (v elektrolýzéri s napájaním elektrickým prúdom) a elektrinou získanou z obnoviteľných zdrojov. Emisie skleníkových plynov počas celého životného cyklu pomocou obnoviteľných zdrojov energie sa blížia k nule. Obnoviteľný vodík sa môže vyrábať aj reformáciou bioplynu (namiesto zemného plynu) alebo biochemickou premenou biomasy ak je to v súlade s požiadavkami trvalej udržateľnosti.</p>
<p>Sivý vodík je vodík vyrábaný prostredníctvom procesov využívajúcich fosílnu palivá ako východiskovú surovinu (zemný plyn, splyňovanie uhlia), emisie skleníkových plynov počas životného cyklu výroby fosílného paliva sú vysoké.</p>	<p>„Vodík z fosílnych palív“ charakterizuje vodík vyrábaný prostredníctvom rôznych procesov využívajúcich fosílnu palivá ako východiskovú surovinu, najmä reformovanie zemného plynu alebo splyňovanie uhlia. Je to vodík, ktorý je v súčasnosti najčastejšie vyrábaný. Emisie skleníkových plynov počas životného cyklu výroby fosílného vodíka sú vysoké, označovaný ako sivý vodík.</p>
<p>Modrý vodík je vodík vyrobený na báze fosílnych palív so zachytávaním CO₂, emisie skleníkových plynov sú podstatne nižšie ako u sivého vodíka vyrobeného z fosílnych palív.</p>	<p>„Vodík z fosílnych palív so zachytávaním CO₂“ je zo skupiny fosílného vodíka, ale zachytávajú sa skleníkové plyny emitované ako súčasť procesu výroby vodíka. Emisie skleníkových plynov z výroby fosílného vodíka pri zachytávaní alebo pyrolýze uhlíka sú nižšie ako v prípade vodíka vyrobeného na báze fosílnych palív, je však potrebné zohľadniť premenlivú účinnosť zachytávania skleníkových plynov (maximálne 90%) - modrý vodík.</p> <p>„Vodík s nízkym obsahom CO₂“ je vodík vyrobený na báze fosílnych palív so zachytávaním uhlíka a vodík na báze elektriny s výrazne zníženými emisiami skleníkových plynov počas celého životného cyklu v porovnaní s existujúcou výrobou vodíka – modrý vodík.</p>

Príloha č. 3.a – Projekty pre základný a aplikovaný výskum:

Materiálový výskum:

- nové metalhydridové a absorpčné materiály pre uskladnenie vodíka,
- nové nanopórovité a metaloorganické materiály na uskladnenie vodíka,
- pôsobenie vodíka na rozvodné a prepravné potrubné systémy a elimináciu nežiaducich vplyvov pri zohľadnení nákladov na prechod zo zemného plynu na vodík v potrubných systémoch,
- výskum keramických materiálov pre vysokoteplotné elektrolyzéry a palivové články,
- výskum vplyvu vodíka na geologické štruktúry, minerály, geochemické a biochemické procesy

Palivové články:

- spôsoby kompresie vodíka s nízkou spotrebou energie
- optimalizácia a zvyšovanie účinnosti zariadení pre spaľovanie vodíka,
- vývoj palivových článkov a zariadení pre spaľovanie vodíka,
- implementácia palivových článkov do pohonných jednotiek mobilných prostriedkov.

Výroba, preprava, distribúcia a skladovanie vodíka:

- vývoj elektrolyzérov a zariadení na výrobu vodíka,
- výroba zeleného vodíka,
- separácia vodíka zo syntéznych plynov,
- výskum možnosti využitia a úpravy súčasnej plynárenskej infraštruktúry pre dopravu, distribúciu vodíka alebo zmesi vodíka s inými plynmi,
- výskum veľkokapacitného skladovania energie vo forme zmesi vodíka s metánom (a CO₂) v podzemných geologických štruktúrach,
- procesy uskladňovania energetických plynov v kryogénnych podmienkach.
- výskum možností geologického skladovania CO₂ (CCS) pre splnenie požiadaviek výroby a využitia modrého vodíka,
- výskum možností skladovania energetických plynov vo vydobytých podzemných banských priestoroch,
- vývoj zariadení na pyrolýzu zemného plynu pre výrobu bezuhlíkového vodíka,
- výskum a vývoj technológii na separáciu vodíka zo zmesi plynov.

Ostatné oblasti:

- vývoj systémov riadenia rizík pri výrobe, prevádzke, údržbe a zneškodňovaní zariadení vodíkových technológií,
- energetická a materiálna optimalizácia využitia vodíka v hutníckom a chemickom priemysle.
- Výskum a vývoj v oblasti detekčných zariadení na vodík a bezpečnostných systémov ochrany

Príloha č. 3.b – Projekty pre inovácie:

Výroba, doprava, distribúcia a skladovanie vodíka:

- metódy výroby zeleného vodíka,
- progresívne získavanie vodíka orientované na jeho separáciu zo syntéznych plynov,
- zvyšovanie účinnosti výroby vodíka elektrolýzou vody a vodnej pary,
- zvyšovanie účinnosti dopravy a distribúcie vodíka,
- inovatívne technológie skladovania vodíka vo vyťažených podzemných ložiskách plynu,
- termické hĺbenia eFusion s využitím vodíka.
- ďalšie využitie vodíka (napr. výroba syntetického metánu z bioplynu)

Technológie využitia vodíka:

- hybridné systémy (vodíkové technológie a iné formy zdrojov energie),
- implementácia vodíka pre rôzne oblasti priemyselných technológií, zvýšenie efektívnosti vyvíjajúcej sa technológie „Power to Gas“, Power to X a X to H₂,
- aplikácie v oblasti energetickej a environmentálnej politiky SR v aktuálnych doménach a cieľoch SK RIS3 2021+ s výhľadom do roku 2030,
- využitie čistého vodíka pri spracovaní odpadov,
- výmena dieselového pohonu v regionálnych vlakoch za elektrický prostredníctvom palivových vodíkových článkov,
- aplikácia vodíka vo výrobných/energetických procesoch v metalurgickom priemysle, chemickom priemysle,
- syntetické palivá vyrábané z vodíka.

