

VYUŽITIE VODÍKA V SPOTREBIČOCH NA ZEMNÝ PLYN PRE DOMÁCNOSŤ (2021)

ÚVOD

Vodík (ďalej aj H₂) je v súčasnosti považovaný za perspektívny univerzálny energonosič, ktorý by postupne v priebehu niekoľkých dekád mohol z veľkej časti nahradiť aktuálne používané fosílné palivá. Hoci dnes sa väčšina vodíka – cca 95 % - vyrába najmä neekologickou technológiou reformácie metánových pár, vytvorenie vodíkovej ekonomiky, ktorá by zabezpečila efektívne využívanie OZE je veľkou nádejou pre budúcnosť trvalo udržateľnej energetiky.

Rozvoj infraštruktúry pre výrobu, distribúciu a využívanie vodíka ako nového zdroja energie má preto aj výraznú politickú podporu. Začiatkom júla 2020 Európska komisia predstavila svoju vodíkovú stratégiu, pričom členské štáty EÚ ako aj iné vyspelé ekonomiky sveta tiež postupne prezentujú a následne implementujú svoje národné a regionálne vodíkové stratégie a politiky.

Vláda SR v tejto súvislosti v júni 2021 schválila rámcový strategický dokument: Národná vodíková stratégia „Pripravení na budúcnosť“, ktorý definuje strategickú úlohu štátu pri využívaní vodíkových technológií na Slovensku v kontexte súčasného vývoja v krajinách Európskej únie. Cieľom prijatej stratégie je zvýšiť konkurencieschopnosť slovenskej ekonomiky a zároveň výrazne prispieť k uhlíkovo neutrálnej spoločnosti v súlade s Parížskou deklaráciou, ku ktorej sa Slovensko prihlásilo. V dokumente sú definované podmienky pre realizáciu vodíkových technológií v súlade s dlhodobým strategickým zámerom rozvoja SR do roku 2030, resp. 2050. Do roku 2030 sa pritom očakáva zníženie emisií skleníkových plynov EÚ o 55 %. Stratégia taktiež odporúča realizáciu vodíkových aktivít v spolupráci s ďalšími krajinami EÚ.

Odborníci prikladajú CO₂ neutrálnemu vodíku zvláštny význam. Podľa štúdie nemeckej energetickej agentúry DENA by ušetrilo využívanie vodíka vo všetkých troch hlavných odvetviach spotreby energie – doprava, zásobovanie elektrinou a zásobovanie teplom – do roku 2050 asi 360 miliárd eur. Okrem toho je možné nový zdroj energie použiť na dosiahnutie významných úspechov pri znižovaní emisií CO₂ už v pomerne krátkom časovom horizonte. Primiešavaním 20 % vodíka do zemného plynu (ďalej aj „ZP“) bežne používaného v plynárenskej sieti, by už dnes bolo možné znížiť emisie skleníkových plynov o 7 % ročne.

Domáce spotrebiče na zemný plyn sú tiež jedným zo segmentov trhu s významnými možnosťami pre využitie obnoviteľného vodíka za účelom dekarbonizácie hospodárstva SR. Potenciál využitia vodíka v obývaných rodinných a bytových domoch na Slovensku na základe odhadu, ktorý vychádza zo Sčítania obyvateľov, domov a bytov v SR z roku 2011 predstavuje zhruba 550 000 plynových kotlov a 1,8 milióna plynových sporákov s celkovým inštalovaným výkonom cca 25 000 MW.

Vplyv vodíka v zmesiach so zemným plynom na prevádzku domácich spotrebičov

Aby bolo možné v domácich spotrebičoch nahradiť dnes bežne používaný zemný plyn zmesou zemného plynu s vodíkom musí byť predovšetkým splnená podmienka možnosti bezpečného spaľovania bez potreby konštrukčných úprav spotrebičov – t. j. aj pri zachovaní súčasných tlakov plynu v zariadeniach. Potreba akýchkoľvek úprav spotrebičov (napr. zväčšenie priemeru trysiek alebo zvýšenie tlaku) by totiž predstavovali zásah do miliónov domácich spotrebičov, čo je rozsahom prác a nákladov porovnateľné s prevodom týchto spotrebičov zo svietyplynu na zemný plyn, ktorý prebiehal najmä v 70 – tých a 80 – tých rokoch minulého storočia.

Zmes zemného plynu a vodíka je dodávaná spotrebičom, či už sú to plynové sporáky, prietokové ohrievače vody, plynové kotly, alebo lokálne zdroje tepla („gamatky“). Staršie spotrebiče boli konštruované na spaľovanie ZP, v ktorom prevažuje metán. Nové spotrebiče sú testované skúšobným plynom G222 (23 % obsah H₂ v ZP) podľa STN EN 437:2021-08 (06 1001) – Skúšobné plyny. Skúšobné tlaky. Kategórie spotrebičov. Táto povinnosť vyplýva z legislatívy prijatej od roku 2004 (prijatie EN noriem). V krajinách západnej Európy sú plynom G222 testované plynové spotrebiče už od začiatku 90. rokov. Podľa vyjadrení výrobcov sú už všetky nové spotrebiče pripravené na zmes ZP a 20 % H₂. V odborných publikáciách renomovaných spoločností zároveň platí všeobecná zhoda – obsah vodíka do 10 % nepredstavuje žiadne resp. zanedbateľné technické riziko pre existujúce domáce spotrebiče .

Hlavné typy domácich plynových spotrebičov používané na Slovensku:

- plynové sporáky, variče a plynové varné dosky,
- plynové kotly,
- prietokové a zásobníkové ohrievače vody,
- lokálne plynové ohrievače.

Najväčší vplyv na prevádzku uvedených domácich spotrebičov, v prípade primiešavania vodíka do zemného plynu majú najmä nasledujúce parametre:

- výkon horáka (príkion spotrebiča),
- násobok stechiometrického objemu spaľovaného vzduchu,
- účinnosť spotrebičov,
- stabilita spaľovania zmesi zemného plynu s vodíkom,
- vplyv spaľovacích teplôt zmesi zemného plynu s vodíkom na funkciu plynových spotrebičov,
- zameniteľnosť zmesi zemného plynu s vodíkom za zemný plyn.

Výkon horáka:

- so zvyšovaním podielu vodíka v zmesi so zemným plynom klesá jej objemový energetický obsah (spalné teplo a výhrevnosť) a pri zachovaní tlakových parametrov zmesi klesá aj výkon horákov a tým aj príkion spotrebiča,
- súčasne v dôsledku znižovania hustoty zmesi rastie výtoková rýchlosť a tým aj množstvo zmesi pretekajúce tryskou horáka,
- priamo úmerne s rastúcim podielom vodíka v zmesi sa znižuje aj výkon domácich spotrebičov a to nasledovne:
 - a) plynové kotly: Pri 10 % obsahu H₂ poklesne výkon kotla o cca 2,7 %. Pri bežných plynových kotloch, ktoré sú inštalované v starších rodinných domoch klesne výkon

$P_{100\%ZP} = 24 \text{ kW}$ kotla na $P_{90\%ZP}$, $10\%H_2 = 23,35 \text{ kW}$. Pokles výkonu plynového kotla je zanedbateľný (spravidla je výkon kotla vyšší, ako je tepelná strata rodinného domu).

- b) kuchynské sporáky: V prípade sporákov dochádza takisto k poklesu výkonu – horák s výkonom $P_{100\%ZP} = 3 \text{ kW}$ (veľký horák) – vplyvom zmesi stratí výkon a konečný výkon bude $P_{90\%ZP}$, $10\%H_2 = 2,9 \text{ kW}$. Aj v tomto prípade dôjde k poklesu o zanedbateľnú hodnotu, ktorá nemá reálny vplyv na jeho prevádzkovanie.

Násobok stechiometrického objemu spaľovaného vzduchu:

- v prípade zmesi zemného plynu s vodíkom sa spalné teplo znižuje úmerne s rastúcim podielom vodíka v zmesi),
- so zvyšovaním podielu vodíka v zmesi rastie výtoková rýchlosť, klesá hmotnosť zmesi, zvyšuje sa nasávané množstvo primárneho vzduchu a zároveň klesá teoretické množstvo potrebné pre spálenie 1 m^3 zmesi,
- pri znižovaní spalného tepla zmesi pod menovitú hodnotu zemného plynu rastie násobok stechiometrického objemu spaľovaného vzduchu nad hodnotu pre zemný plyn, na ktorú bol horák konštruovaný. V spalinách tak rastie objemový podiel kyslíka a vzduchu, čo vedie k zvýšeniu straty výkonu spotrebičov teplom odchádzajúcich spalín a následnému zníženiu ich účinnosti.

Účinnosť spotrebičov:

S rastúcim obsahom vodíka v zmesiach so zemným plynom klesá vplyvom zvyšujúceho sa násobku stechiometrického množstva vzduchu a tým aj zvyšujúcej sa straty citeľným teplom spalín (tzv. komínová strata) aj účinnosť spotrebičov, pričom veľkosť tejto straty sa líši v závislosti od typu spotrebiča. U zatvorených typov spotrebičov (kotly, ohrievače a rúry sporákov) je táto strata vyššia ako napr. sporákových horákov na varenie. Je možné predpokladať, že v praxi sa pri spaľovaní zmesi zemného plynu s podielom 25 % vodíka dôjde v porovnaní so spaľovaním čistého zemného plynu k zhoršeniu účinnosti o 1 až 3 % v závislosti od typu spotrebiča.

Stabilita spaľovania zmesi zemného plynu s vodíkom:

Stabilné spaľovanie plynného paliva so vzduchom sa vyznačuje stálou polohou čela plameňa vzhľadom k ústiu horáka. Nestabilné spaľovanie sa v prípade nízkych spaľovacích rýchlostí prejavuje odtrhnutím plameňa od ústia horáka alebo tzv. „prešľahnutím“ plameňa do telesa horáka v oblasti minimálneho výkonu, kedy je spaľovacia rýchlosť vyššia ako výtoková rýchlosť zmesi plynu so vzduchom z ústia horáka.

Vplyv spaľovacích teplôt zmesi zemného plynu s vodíkom na funkciu plynových spotrebičov:

Pri spaľovaní zmesí zemného plynu s vodíkom budú hodnoty adiabatických teplôt aj skutočných spaľovacích teplôt v horákoch domácich spotrebičov vyššie ako v prípade spaľovania čistého zemného plynu, pretože, vodík má za rovnakých podmienok spaľovania vyššie spaľovacie teploty ako zemný plyn. Avšak, spaľovacie teploty svietiplynu, používaného v rovnakých konštrukciách domácich spotrebičov pred zámenou za zemný plyn boli vyššie ako v prípade zmesi zemného plynu s vodíkom, pričom nedochádzalo k žiadnym problémom z hľadiska funkčnosti spotrebičov. Navyše, pri spaľovaní zmesi zemného plynu s vodíkom dôjde k zvýšeniu násobku stechiometrického objemu spaľovacieho vzduchu a tým k zníženiu

teploty spalín. Zvýšenie spaľovacích teplôt zmesí zemného plynu s vodíkom preto nebude mať žiadny vplyv na funkčnosť domácich plynových spotrebičov.

Zameniteľnosť zmesi zemného plynu s vodíkom za zemný plyn:

Zameniteľnosť plyných palív je vlastnosť, ktorá umožňuje náhradu jedného druhu plyného paliva iným plyným palivom. Z hľadiska náročnosti úprav sa plyné palivá rozdeľujú na zameniteľné – t. j. také, ktoré možno vzájomne nahradiť bez potreby akejkoľvek úpravy spotrebičov a na palivá, pri ktorých vzájomnej zámene je nevyhnutné vykonať úpravy (zmena tlaku plynu, výmena horákov alebo ich častí, prípadne celých spotrebičov). Najcitlivejšou skupinou plynových spotrebičov z hľadiska zameniteľnosti rôznych druhov spotrebičov domáce plynové spotrebiče. Pri hodnotení zameniteľnosti rôznych druhov plyných ide v podstate o stanovenie povoleného rozsahu zmien parametrov plyných palív, v rámci ktorého je možné plyné palivá bezpečne a hospodárne spaľovať vo všetkých typoch domácich spotrebičov. Niektoré, najmä novšie typy domácich spotrebičov dovoľujú zmenu parametrov plyných palív v širšom rozmedzí ako iné, obvykle staršie typy spotrebičov. Dodávatelia plyných palív však môžu do rozvodných sietí dodávať len také palivá, ktoré je možné bezpečne a hospodárne spaľovať vo všetkých domácich spotrebičoch používaných v súčasnosti.

Technológia vodíkových kotlov

Odhaduje sa, že na celom svete je nainštalovaných asi 150 miliónov kotlov v domácnostiach. S príchodom technológie vodíkových kotlov je potrebné počítať s narastajúcim dopytom po výmene existujúcich kotlov za nové, ktoré sú schopné spaľovať vodík ako bezemisné palivo. Hoci zatiaľ sú legislatíva a nedostatočná infraštruktúra hlavnými prekážkami nasadenia vodíkových kotlov, veľkí výrobcovia kotlov sa pokúšajú využiť príležitosť čo najskôr. Aby boli tieto kotly ziskové a nákladovo efektívne, je potrebné ich vyrábať vo veľkom. Budúcnosť vodíkových kotlov vyzerá sľubne a môže byť najlepšou alternatívou ku kotlom na zemný plyn na zníženie emisií uhlíka. Výrobné náklady na zelený vodík však musia klesnúť.

Jednou z technológií, ktoré sú v súčasnosti dostupné na trhu, je integrovaný kotol – t. j. kotol, ktorý vyrába a spaľuje vodík, čo z hľadiska znižovania emisií predstavuje ideálne technické riešenie. Technológia však zatiaľ nezožala veľký úspech, predovšetkým z dôvodu vysokých nákladov.

Talianška spoločnosť Giacomini už v roku 2011 ako prvá uviedla na trh integrovaný vodíkový kotol s označením H₂hydroGEM. Katalytický vodíkový kotol je obdoba plynového kondenzačného kotla, pričom v tomto prípade je spaľovaným palivom plyný vodík. Kotol je vhodný najmä na nízkotepelné podlahové, stenové alebo stropné vykurovacie systémy.

Spaľovanie je vďaka použitiu odpovedajúceho katalyzátora bezplameňové. Koncentrácia vodíka v reakčnej komore je kontrolovaná a udržiavaná na bezpečných hodnotách. Reakčná teplota sa pohybuje v rozmedzí 250 °C – 300 °C, pretože kotol dosahuje vďaka väčšej návratnosti tepla na výstupe vynikajúcu účinnosť. Pracuje s maximálnou účinnosťou a bez splodín, pričom jedinou odpadovou látkou je voda. Pri výrobe vodíka elektrolýzou vzniká ako vedľajší produkt kyslík voľne vypúšťaný do atmosféry a vodík, ktorý je akumulovaný do nádrže, ktorá je súčasťou kotla. Voliteľnou súčasťou kotla sú aj vodíkové palivové články, ktorými je možné z vodíka vyrobeného v kotle následne vyrábať elektrickú energiu. Prevádzkové náklady kotla H₂hydroGEM sú takmer nulové.

Kotly na vodíkový pohon sa nazývajú aj „hybridné kotly“, pretože sú kompatibilné so zemným plynom a 100 % čistým vodíkom. Britský Worcester Bosch - súčasť spoločnosti Robert Bosch

GmbH a BDR Thermea Group stoja v popredí vývoja takýchto kotlov. Už vyvinuli a testovali kotly, ktoré môžu 100% fungovať na vodík. V pilotných projektoch už nainštalovali vodíkové kotly na rôznych miestach.

Vodíkové kotly, ktoré vyvíjajú Worcester Bosch a BDR Thermea, sú aj fyzicky podobné existujúcim plynovým kotlom a môžu byť v domácnostiach inštalované bez ďalších dodatočných úprav. Worcester Bosch testuje svoju technológiu kotlov v neobývaných domoch vo Veľkej Británii. Je súčasťou nemeckej nadnárodnej strojárkej a technologickej spoločnosti Robert Bosch GmbH.

Skupina BDR Thermea Group v holandskom Rozenburgu v júni 2021 uviedla do bežnej prevádzky v domácnosti prvý domáci vysokoúčinný kondenzačný vodíkový kotol, vyvinutý v talianskom výskumno – vývojovom pracovisku firmy. Firma plánuje ďalšie pokusy v teréne a v najbližších rokoch sa plánuje zamerať na inštaláciu stoviek vodíkových kotlov. V súčasnosti spoločnosť pracuje na vývoji celého sortimentu nízkouhlíkových riešení v oblasti vykurovania od kotlov využívajúcich zmes vodíka so zemným plynom, kotly spaľujúce 100 % čistý vodík či kotly s vodíkovými palivovými článkami, až po tepelné čerpadlá.

Ďalším z významných výrobcov, ktorí sa aktívne zaoberajú vývojom vodíkových kotlov je nemecká spoločnosť Viessmann. Moderné kotly Viessmann sú schopné v súčasnosti spaľovať zemný plyn s 20 až 30 percentnou prímесou vodíka. Na ceste k nízkouhlíkovej budúcnosti spoločnosť Viessmann vyvíja s označením H2ready kondenzačný kotol na čistý vodík. Spotrebič je založený na osvedčenej technológii kondenzačných plynových kotlov a ako palivo môže využívať buď zemný plyn alebo zmes zemného plynu s vodíkom. Prevádzkovatelia vykurovacích systémov tak nebudú závislí na príslušnom dodávateľovi a jeho zmesi zemného plynu a vodíka. Prvé prototypy sú v súčasnosti detailne testované vo výskumnom a vývojovom centre Technikum v sídle spoločnosti v Allendorfe. Očakáva sa, že zariadenia budú uvedené na trh od roku 2024, kedy budú v Nemecku k dispozícii prvé plynové siete na vodík.

Pilotný projekt vykurovania bytových budov zmesou zemného plynu s vodíkom

Univerzita Keele vo Veľkej Británii realizuje projekt s názvom HyDeploy na posúdenie využiteľnosti zmesi 20 % vodíka so zemným plynom v národnej plynárenskej sieti. Realizátori štúdie predpokladajú, že pre používanie takejto zmesi nie je vo väčšine britských domov potrebná výmena kotla ani rekonštrukcia vykurovacieho systému. Ak sa potvrdí predpoklad, že väčšina moderných kotlov je pripravená využívať zmes vodíka so zemným plynom v pomere 20 : 80, Veľká Británia má ambície prejsť na využívanie tejto zmesi v plynárenskej sieti do roku 2025.

V auguste 2021 v rámci projektu HyDeploy britská vláda spustila projekt vykurovania 688 bytových budov, miestnej školy niekoľkých ďalších prevádzok v malej britskej dedine neďaleko Liverpoolu s názvom Winlaton. Budovy sú vykurované zmesou vodíka a zemného plynu v pomere 20 : 80, ktorý je do miestnej distribučnej siete dodávaný v skúšobnej prevádzke po dobu 10 mesiacov. Vzhľadom na skutočnosť, že v Británii legislatíva už od polovice 90 – tých rokov dvadsiateho storočia vyžaduje, aby všetky plynové spotrebiče boli schopné spaľovať zemný plyn s prímесou vodíka až do 23 % objemu, nie sú potrebné žiadne ďalšie úpravy plynových spotrebičov, ktoré sú inštalované v budovách zapojených do projektu. Legislatíva Spojeného kráľovstva zatiaľ nepovoľuje na národnej úrovni pridávať do plynárenskej siete vyšší podiel vodíka v zmesi so zemným plynom ako 0,1 %.

ZÁVER

Podpora výroby zeleného vodíka bude predmetom podpory z programového obdobia európskych a štrukturálnych a investičných fondov prostredníctvom programu Slovensko 2021-2027.

Zoznam použitej literatúry

- [1] Národná vodíková stratégia „Pripravení na budúcnosť“
- [2] <https://www.minzp.sk/files/oblasti/politika-zmeny-klimy/nus-sr-do-roku-2030-finalna-verzia.pdf>
- [3] <https://vytapani.tzb-info.cz/vytapime-plynem/21312-vyuziti-noveho-energonosice-vodiku-ve-vytapani-se-priblizuje>
- [4] Illith R., Csövari L., Kleman T., Bíro D.: Integrácia vodíka do distribučnej siete plynu – vplyv na domáce spotrebiče a meranie energetickej hodnoty zmesi, vplyv na tesnosť infraštruktúry, Slovgas 2/2021
- [5] <https://www.tzb-info.cz/108789-stahnete-si-technickou-dokumentaci-k-vodikovemu-kotli>
- [6] <https://www.brdthermeagroup.com/en/stories/first-real-life-application-of-a-hydrogen-boiler-in-the-world>
- [7] <https://www.viessmann.family/en/newsroom/sustainability/hydrogen-as-new-energy-source-how-will-we-heat-in-the-future>
- [8] <https://hydeploy.co.uk/about/news/green-light-for-first-hydrogen-blending-on-a-public-gas-network>
- [9] Iné zdroje údajov, uvedené v poznámkach pod čiarou