



Evropský program školení školitelů pro zásahové jednotky

## Přednáška 9

# Nebezpečné vzdálenosti od vodíkových plamenů a hašení požáru

## ÚROVEŇ I

### Hasič

Informace uvedené v této přednášce jsou určeny pro úroveň **Hasič** a vyšší.

Toto téma je k dispozici také na úrovních I–III.

Tato přednáška je součástí balíčku školicích materiálů s materiály na úrovních I–IV: Hasič, velitel posádky, velitel zásahu a důstojník specialista. Viz úvod k přednášce týkající se kompetencí a očekávaných výsledků studia

Poznámka: tyto materiály jsou majetkem konsorcia HyResponder a měly by být podle toho uváděny, výstupy HyResponse byly použity coby základ





### Upozornění

Navzdory pečlivosti, která byla věnována přípravě tohoto dokumentu, platí následující odmítnutí odpovědnosti: informace v tomto dokumentu jsou poskytovány, jak stojí a leží, a jejich autoři neposkytují jakoukoli záruku, že tyto informace jsou vhodné pro jakýkoli konkrétní účel. Uživatel využívá tyto informace na vlastní nebezpečí a odpovědnost.

Dokument vyjadřuje pouze názory autorů. Společný podnik pro palivové články a vodík a Evropská unie nenesou žádnou odpovědnost za případné použití informací uvedených v tomto dokumentu.

### Poděkování

Projekt byl financován Společným podnikem pro palivové články a vodík 2 na základě grantové dohody č. 875089. Společný podnik získává podporu z programu Evropské unie pro výzkum a inovace Horizont 2020 a z Velké Británie, Francie, Rakouska, Belgie, Španělska, Německa, Itálie, Česka, Švýcarska a Norska.



## Souhrn

Tato přednáška je zaměřena na zapálené úniky vodíku. Na začátku byla zavedena užitečná terminologie. Dále je uvedena klasifikace různých typů vodíkových požárů

## Klíčová slova

Vodíkový oheň, délka plamene

## Obsah

|   |    |
|---|----|
| Souhrn.....   | 3  |
| Klíčová slova.....  | 3  |
| 1. Cílové publikum.....   | 5  |
| 1.1 Popis úlohy: Hasič.....   | 5  |
| 1.2 Úroveň odborné způsobilosti: Hasič.....                                     | 5  |
| 1.3 Předchozí učení: Hasič.....   | 5  |
| 2. Úvod a cíle.....   | 5  |
| 3. Hlavní terminologie.....   | 6  |
| 4. Typy vodíkových požárů a plamenů.....  | 8  |
| 5. Sálavé tepelné toky z tryskových požárů a ohnivých koulí.....                | 9  |
| 5.1 Sálavé tepelné toky z tryskových požárů.....                                | 9  |
| 5.2 Tryskové požáry vodíku v porovnání s tryskovými požáry obvyklých paliv..... | 9  |
| 6. Požár vozidel s pohonem na palivové články.....                              | 11 |
| Poděkování.....   | 12 |
| Literatura a odkazy.....  | 12 |

## 1. Cílové publikum

Informace uvedené v této přednášce jsou určeny pro ÚROVEŇ 1: Hasič. K dispozici jsou také přednášky na úrovních II, III a IV: velitel posádky, velitel zásahu a důstojník specialista.

Níže je uveden popis úlohy, úrovně odborné způsobilosti a očekávané znalosti na úrovni velitele posádky.

### 1.1 Popis úlohy: Hasič

Hasič je zodpovědný a očekává se, že bude schopen bezpečně provádět zásahy v osobních ochranných prostředcích, včetně dýchacích přístrojů, za použití poskytnutého vybavení, jako jsou vozidla, žebříky, hadice, hasicí přístroje, komunikační a záchranné prostředky, a to za každých klimatických podmínek, v oblastech a v nouzových situacích, u nichž lze důvodně předpokládat, že vyžadují zásah.

### 1.2 Úroveň odborné způsobilosti: Hasič

Školení v bezpečném a správném používání OOP, BA a dalšího vybavení, které se očekává, musí být podpořeno odpovídajícími znalostmi a praxí. Chování, které zajistí bezpečnost hasiče a bezpečnost ostatních kolegů, by mělo být popsáno ve standardních operačních postupech (SOP). Je vyžadována praktická schopnost dynamicky vyhodnocovat rizika pro vlastní bezpečnost a bezpečnost ostatních.

### 1.3 Předchozí učení: Hasič

EQF 2 Základní faktické znalosti v oboru práce nebo studia. Základní kognitivní a praktické dovednosti potřebné k využívání relevantních informací při plnění úkolů a řešení běžných problémů s využitím jednoduchých pravidel a nástrojů. Práce nebo studium pod dohledem s určitou mírou samostatnosti.

## 2. Úvod a cíle

O pojmu „bezpečnost“ se často hovoří jako o „netechnické“ překážce pro nové technologie FCH. Před uvedením těchto technologií na trh je však třeba vyřešit několik technických otázek. Jednou z nich je zkrácení plamene vodíkového proudu ze současné hodnoty 10 až 15 m z palubní nádrže vozidla s FC, aby byla umožněna evakuace a záchrana cestujících a jejich zabezpečení záchranáři. Dalším důležitým nevyřešeným problémem je zvýšení požární odolnosti palubních nádrží na vodík z 1–7 minut (současná hodnota pro nádoby typu IV), aby se prodloužila doba poklesu tlaku v nádrži. Tím by se zabránilo vážnému poškození stavebních objektů, jako jsou garáže, při náhodném úniku vodíku. Navíc by se tím vyloučila i možnost vzniku velkých mraků směsi vodíku se vzduchem uvnitř tunelů, které mohou v případě požáru vést k úmrtí osob v celé délce tunelu. Vyšší požární odolnost vodíkových zásobníků by umožnila bezpečnou evakuaci civilních osob z místa nehody a zajistila by bezpečnost života cestujících i záchranářů [1].



Členové zásahových jednotek se budou muset bezpochyby zabývat událostmi a nehodami, při nichž dojde k požáru vodíku, protože vodíkový požár je typickým scénářem mnoha nehod. Znalost možné délky vodíkového plamene a souvisejících separačních vzdáleností má pro členy zásahových jednotek klíčový význam. Při požáru vzniká také tepelné záření, které může ve vzdálenostech mimo délku plamene způsobit poškození zdraví osob i škody na konstrukcích, budovách, zařízeních atd. Tato přednáška pojednává o několika faktorech, které ovlivňují rozsah tryskového požáru a související sálavý tepelný tok, jako jsou tlak ve vodíkovém zásobníku a velikost úniku. Tato přednáška se mimo jiné zabývá metodami detekce vodíkového požáru a technikami jeho zmírňování a hašení.

Na konci této přednášky bude člen zásahové jednotky / frekventant schopen:

- rozlišit různé typy vodíkových požárů:  
od mikroplamenů až po tryskové požáry a ohnivé koule,
- vyhodnotit délku plamene vodíku pomocí nomogramů, rozměrových a bezrozměrových korelací,
- posoudit průměrné umístění špičky tryskového plamene,
- předvídat stanovení separační vzdálenosti pro ochranu osob a konstrukcí,
- vysvětlit vliv různých faktorů na délku plamene tryskového požáru: velikost a tvar trysky, připojení proudění, vztlak, překážky nebo stěny,
- porovnat délky plamenů a tepelné toky tryskových požárů vodíku a jiných obvyklých paliv (CNG a LPG),
- vysvětlit tlakové účinky vodíkových tryskových požárů,
- vyjmenovat hlavní metody detekce vodíkových požárů,
- rozpoznat techniky pro zmírňování následků vodíkových požárů,
- provést postup hašení vodíkového požáru,
- posoudit hlavní bezpečnostní otázky související se současným stavem technologií FCH.

### 3. Hlavní terminologie

Pro úplné pochopení vodíkových požárů a dalších souvisejících jevů (jako jsou mikroplameny, zhášení, odpojení plamene, odfouknutí a vyfouknutí, tepelné vyzařování, viditelnost plamene, délka a rychlost plamene, dopadající tryskové požáry atd. je vhodné osvojit si několik definic uvedených níže. Věnujte prosím pozornost bezrozměrným číslům, která budou v této a dalších přednáškách často používána.

*Pokles tlaku* je proces, při kterém tlak v zásobníku během úniku klesá v závislosti na čase [1].

*Odfouknutí* je rychlé zhasnutí plamene bez odpojení [2].

*Vyfouknutí* je rychlé zhasnutí plamene s odpojením [2].

*Limit vyfouknutí* je mezní hodnota rychlosti proudění paliva, při jejímž překročení bude vznikající plamen vyfouknut [2].



*Deflagrace* je proces následující po slabém zapálení hořlavé směsi, které se šíří podzvukovou rychlostí do čerstvé, nespálené směsi [3].

*Detonace* je proces, při kterém se vlna spalování šíří v dosud nezreagovaném médiu nadzvukovou rychlostí [3].

*Opětovné spojení* je spojení odpojeného plamene s tryskou v důsledku snížení oddělovací rychlosti [2].

*Účinný průměr* je průměr proudu v místě, kde dochází k expanzi až na 1 bar v nedostatečně roztržitém proudu [4].

*Roztržitý proud* je proud s tlakem, který je na výstupu z trysky roven atmosférickému tlaku [1].

*Stupeň požární odolnosti* je míra doby, po kterou pasivní protipožární systém dokáže odolávat standardní zkoušce požární odolnosti [1].

*Oddělení plamene* je stav, kdy se plamen oddělí od hořáku.

*Rychlost plamene* je rychlost plamene vzhledem ke stanovišti stacionárního pozorovatele [3].

*Bod vzplanutí* je nejnižší teplota, při které palivo vytváří dostatek par, aby se vzduchem na jeho povrchu vytvořilo hořlavou směs [1].

*Froudeho číslo ( $Fr$ )* je bezrozměrné číslo, které se rovná poměru průřezové rychlosti proudění a gravitačního zrychlení [1].

*Nebezpečná vzdálenost* je vzdálenost od (zdroje) nebezpečí k (fyzikálním nebo numerickým modelováním nebo předpisem) stanovené hodnotě fyzikálního účinku (zpravidla tepelného nebo tlakového), která může vést k určitému stupni poškození (v rozsahu od „žádné poškození“ po „maximální poškození“) zdraví osob, zařízení nebo životního prostředí.

*Laminární rychlost hoření* je rychlost šíření plamene vzhledem k rychlosti nespáleného plynu, který se nachází před ním, za daných podmínek složení, teploty a tlaku nespáleného plynu [1].

*Výška oddělení plamene* je výška od výstupu z trysky k základně odděleného plamene [2].

*Rychlost oddělení plamene* je rychlost proudění paliva, která způsobuje oddělení plamene od trysky [2].

*Machovo číslo ( $M$ )* je bezrozměrné číslo, které se rovná poměru rychlosti proudění v konkrétním místě k rychlosti zvuku v konkrétním místě [1].

*Maximální přípustný pracovní tlak ( $MAWP$ )* je maximální tlak, kterému může být vystavena jakákoli součást nebo část tlakového systému v celém rozsahu konstrukčních teplot [5].

Podmínkami *normální teploty a tlaku ( $NTP$ )* se rozumí: teplota 293,15 K a tlak 101,325 kPa [1].



*Nepremixovaný plamen* (často nazývaný též *difuzní plamen*) je plamen, ve kterém se nemísí oxidant s palivem před dosažením čela plamene. Při spalování se oxidant spojuje s palivem difuzí. Rychlost plamene je omezena rychlostí difuze.

*Přetlak* je tlak v tlakové vlně, který je vyšší než atmosférický tlak nebo tlak uvnitř ochranné konstrukce a který překračuje maximální přípustný pracovní tlak ochranné konstrukce [5].

*Premixovaný plamen* je plamen, ve kterém se oxidant mísí s palivem před dosažením čela plamene. Spalování premixovaného paliva s oxidantem vytváří tenké čelo plamene, protože reakční složky jsou snadno dostupné.

*Zhášecí spára* je jiskřiště mezi dvěma rovnoběžnými plochými elektrodami, ve kterém je potlačeno zapálení hořlavé směsi paliva a vzduchu. Zhášecí spára je rozměr průchodu, který má zabránit šíření otevřeného plamene hořlavou směsí paliva se vzduchem, která vyplňuje průchod [1].

*Reynoldsovo číslo (Re)* je bezrozměrná veličina, která měří poměr mezi setrvačnou silou a viskozitou. [1].

*Bezpečná (též separační) vzdálenost* minimální vzdálenost, která odděluje „konkrétní cíle (např. osoby, stavby nebo zařízení) od následků možných havárií souvisejících s provozem vodíkového zařízení“ [6].

*Nedostatečně roztržitý proud* je proudění, u něhož je tlak na výstupu z trysky vyšší než atmosférický tlak [1].

*Délka viditelného plamene* je osová vzdálenost od hrotu trysky ke konci plamene [2]. K měření délky plamene se často používají digitální snímky ve viditelném, infračerveném (IR) a ultrafialovém (UV) spektru, přičemž naměřené délky plamene se na různých snímcích liší [8].

## 4. Typy vodíkových požárů a plamenů

Vodík může hořet různými způsoby, mezi něž se řadí zášlehový požár, tryskový požár, deflagrace, detonace atd. Požáry vodíku se mohou pohybovat od mikroplamenů s hmotnostním průtokem  $10^{-9}$  kg/s až po plameny s vysokým hmotnostním průtokem (stovky kg/s). Uvolněný vodík může hořet jako laminární difuzní nebo turbulentní nepremixovaný plamen v závislosti na Reynoldsově čísle (Re) na výstupu z místa úniku. Plameny mohou být řízeny vztlakem a dominovány hybností. Většina nebezpečných úniků vodíku bude probíhat v režimu proudění s dominující hybností. V závislosti na podmínkách na výstupu z proudu může být tryskový požár podzvukový (Machovo číslo  $M < 1$ ), zvukový, případně nadzvukový a současně nedostatečně roztržitý. V situacích, kdy je možné selhání zásobníku s okamžitým únikem vodíku do okolní atmosféry, mohou vznikat i ohnivé koule velkých rozměrů (desítky metrů). Přítomnost překážek, povrchových ploch a krytů významně ovlivňuje tryskový plamen. Zvláštní případ představují požáry zkapalněného vodíku (LH<sub>2</sub>). V současné době je k dispozici jen málo poznatků o požárech LH<sub>2</sub>. Ve znalostech existují jisté nedostatky. Vše ale naznačuje, že



kondenzace a tuhnutí kyslíku (atmosférického) v případě úniku/rozlití LH<sub>2</sub> může za určitých podmínek způsobit vznik výbušné směsi.

## 5. Sálavé tepelné toky z tryskových požárů a ohnivých koulí

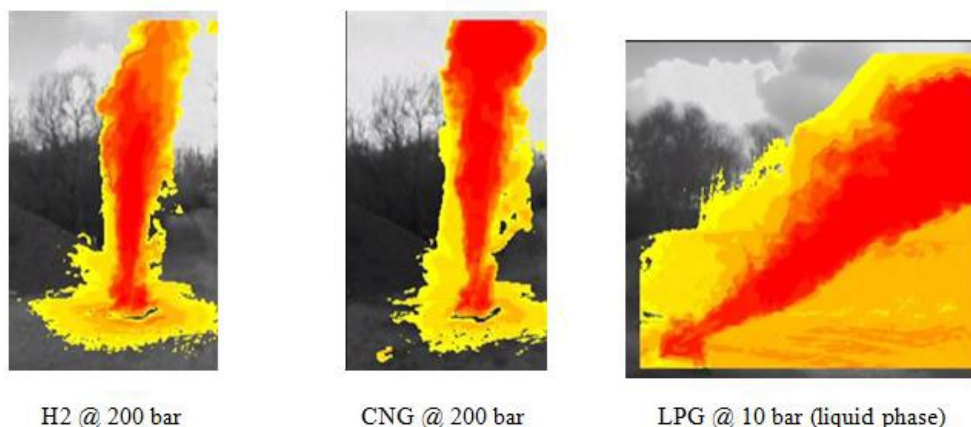
### 5.1 Sálavé tepelné toky z tryskových požárů

Vodík hoří v čisté atmosféře neviditelným plamenem. V porovnání s ostatními palivy má poněkud vyšší adiabatickou teplotu premixovaného plamene pro stechiometrickou směs ve vzduchu, a to 2 403 K. Tato teplota může být příčinou vážného poranění na místě nehody, zejména v čistém laboratorním prostředí, kde je vodíkový plamen prakticky neviditelný. Spalování vodíku a horké proudy však způsobují změny v okolí, které lze využít k detekci plamene. Ačkoli nesvítící vodíkový plamen ztěžuje vizuální detekci, na okolní atmosféru silně působí teplo a turbulence a zvedá se chochol horkých spalin. Tyto změny se nazývají *signatura požáru*.

Následující oddíl vychází z práce provedené v Ulsteru ve středisku HySAFER [7]. Než se budeme zabývat sálavým tepelným tokem, je třeba poznamenat, že vodíkový plamen vydává jen minimální množství infračerveného záření a prakticky žádné viditelné záření. Vzhledem k absenci pásem záření CO<sub>2</sub> a silné absorpci okolní vodní párou je poměr viditelných a infračervených vodíkových tryskových plamenů 0,88 a poměr ultrafialové a infračervené délky plamene činí 0,78 [9]. Konvekční a radiační tepelné toky jsou však i nadále důležitými parametry a musí být posuzovány z hlediska ochrany života, majetku a životního prostředí.

Vlivem sálavého tepelného toku na osoby, životní prostředí a konstrukce se podrobně zabývá přednáška 6 – Kritéria poškození zdraví osob a majetku.

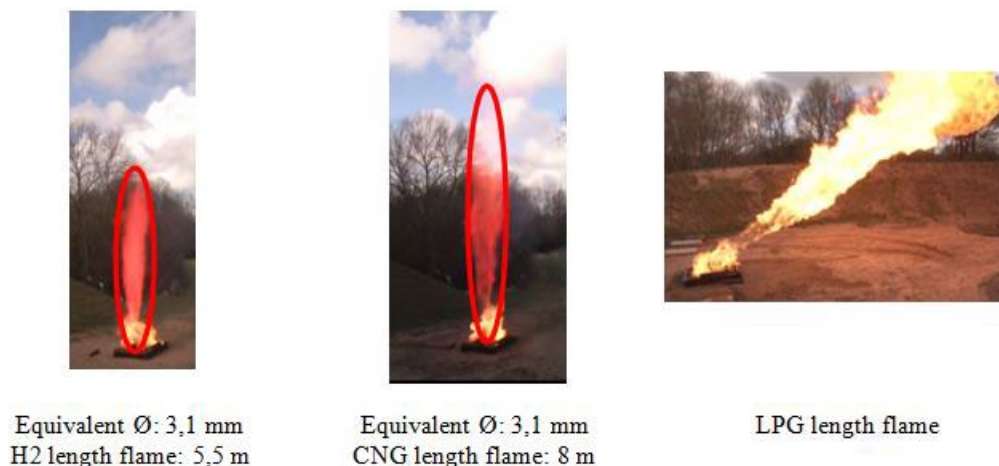
### 5.2 Tryskové požáry vodíku v porovnání s tryskovými požáry obvyklých paliv



Obrázek 1. Infračervený snímek tryskových požárů zobrazující tepelné záření vznikající při spalování vodíku (200 bar), CNG (200 bar) a LPG (10 bar).

Jak je patrné z obrázkem 1, v důsledku neúplného spalování CNG a LPG vznikají CO<sub>2</sub>, CO, saze a další produkty, které v porovnání s vodíkem více ovlivňují záření. Tento jev vysvětluje, proč

se spalování vodíku vyznačuje nižšími tepelnými účinky než jiná běžná paliva, ačkoli jeho teplota přesahuje teplotu plamene CNG. **Obrázek 1** ukazuje srovnání tepelného záření, které produkují vodík (200 bar), CNG (200 bar) a LPG (10 bar) – tepelná signatura vodíkového tryskového požáru je o něco menší než u CNG a obě jsou výrazně menší než tepelné záření z požáru LPG.



Obrázek 2. Srovnání délký plamene tryskového požáru vodíku (průměr otvoru 3,1 mm), CNG (průměr otvoru 3,1 mm) a LPG.

Vypočtené délký plamene v závislosti na průměru zařízení TPRD v několika typických případech jsou uvedeny v tabulce 1. K získání výsledků byl použit nástroj „Flame length correlation and three hazard distances for jet fires“ (Korelace délký plamene a tří nebezpečných vzdáleností tryskových požárů) v e-Laboratoři (<https://elab.hysafer.ulster.ac.uk/>).

Tabulka 1 Vypočtená délka plamene v závislosti na průměru zařízení TPRD v typických případech

| Skladovací tlak (bar) | Průměr ústí (mm) | Teplota nádrže (°C) | Délka plamene (m) |
|-----------------------|------------------|---------------------|-------------------|
| 350                   | 1,0              | 20                  | 2,6               |
| 700                   | 1,0              | 20                  | 3,3               |
| 350                   | 1,0              | 50                  | 2,5               |
| 700                   | 1,0              | 50                  | 3,2               |
| 350                   | 3,0              | 20                  | 7,8               |
| 700                   | 3,0              | 20                  | 9,9               |
| 350                   | 3,0              | 50                  | 7,5               |
| 700                   | 3,0              | 50                  | 9,6               |

|     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|
| 350 | 1,0 | 100 | 3,1 |
| 700 | 3,0 | 100 | 9,2 |

## 6. Požár vozidel s pohonem na palivové články

Vozidla s palivovými články (FCV) jsou jednou z hlavních aplikací technologií FCH, které zažívají nebývalý rozvoj. Podobně jako u bateriového elektromobilu není automobil s palivovými články vybaven spalovacím pístovým motorem. Palivové články přeměňují energii uloženou v chemické formě přímo na elektrickou energii, která pohání automobil. Na celém světě vzniklo několik tisíc vozidel FCV a malé flotily vozů s palivovými články využívají zejména firmy a státní úřady, ale i soukromé osoby. Patří mezi ně sériové modely Hyundai (iX35 s palivovými články a NEXO) a modely Toyota Mirai I a II. V Německu jezdí více než tisíc vozidel, která mají k dispozici sto čerpacích stanic! Také některá vozidla hasičské záchranné služby jsou již vybavena palivovými články.

Například podle statistik požárů ve Velké Británii [10] v letech 2011–2012 ve Spojeném království zaznamenáno 28 800 požárů silničních vozidel. Pro srovnání, v USA došlo ve stejném období ke 172 500 požárům silničních vozidel. Postiženy byly různé typy vozidel: osobní automobily, těžká nákladní vozidla, lehká nákladní vozidla, vozidla veřejné dopravy atd. Většina (65 %) požárů vznikla u osobních automobilů, 10 % u lehkých užitkových automobilů, 4 % u nákladních vozidel a 2 % u autobusů nebo minibusů [10]. Příčiny požáru mohou být náhodné, úmyslné nebo neznámé. Většina úmyslných požárů (43 %) se týkala silničních vozidel: 13 900 požárů. Počet úmrtí při požárech silničních vozidel v letech 2011–2012 činil 37 [10].

V letech 2000 až 2006 bylo zdokumentováno 20 katastrofických poruch nádrží na CNG, z nichž 11 bylo způsobeno požárem vozidla [11]. Z těchto 11 událostí vyplývá, že většina zařízení PRD se neaktivovala (v případě lokalizovaného požáru). „Zkoušky ukázaly, že všechny palivové nádrže (CNG i vodíkové) bez ohledu na pracovní tlak jsou velmi náchylné k rychlé degradaci v důsledku lokálních požárů.“ [11]. To znamená, že při posuzování rizik nelze vyloučit jejich katastrofické selhání [10].



Obrázek 3. Tryskový požár vodíku a požár benzínu: 3 s (vlevo) a 60 s (vpravo) po iniciaci požáru vozidla [13].

Nebezpečí a související rizika pro FCV by měla být prokázána a interpretována odborným způsobem, s plným pochopením důsledků všemi zúčastněnými stranami, počínaje projektanty FC systémů přes regulační orgány až po uživatele. První srovnání „závažnosti“ úniku a zapálení vodíkového a benzínového paliva provedl Swain [13]. Obrázek 3 ukazuje snímky tryskového požáru vodíku a požáru benzínu po 3 s (vlevo) a 60 s (vpravo) od vzniku požáru vozidla. Je třeba poznamenat, že tyto rané snímky NEODPOVÍDAJÍ novějšímu úhlovému provedení zařízení TPRD s menším průměrem.

Kromě toho je třeba vzít v úvahu i hladinu hluku související s únikem vodíku a výbuchem.

## Poděkování

Projekt HyResponse je všeobecně uznáván, protože zde prezentované materiály staví na původní sérii přednášek HyResponse.

## Literatura a odkazy

1. Molkov, V (2012). Fundamentals of hydrogen safety engineering (Základy bezpečnostního vodíkového inženýrství), části I a II. K dispozici na adrese: [www.bookboon.com](http://www.bookboon.com), e-kniha k bezplatnému stažení.
2. Cheng, TS, Chiou, CR (1998). Experimental investigation of the characteristics of turbulent hydrogen jet flames (Experimentální zkoumání vlastností turbulentních vodíkových trykových plamenů). Odborný časopis Věda a technologie spalování. Col. 136, s. 81–84.
3. Dorofeev, SB (2009). Evaluation of hydrogen explosion hazards: phenomenology and potential flame acceleration and DDT (Posouzení nebezpečí výbuchu vodíku: fenomenologie a potenciální urychlení plamene a přechodu od deflagrace k detonaci). 4. evropská letní škola bezpečnosti vodíku.
4. Birch, AD, Brown, MG, Dodson, MG, Swaffield, F (1984). The structure and concentration decay of high pressure jets of natural gas (Struktura a rozpad koncentrace vysokotlakých



- proudů zemního plynu). Odborný časopis Věda a technologie spalování. Svazek 36, s. 249–261.
5. NFPA®52. předpis pro palivové systémy vozidel na zemní plyn, vydání z roku 2019.
  6. LaChance, J, Tchouvelev, A a Engebo, A (2011). Development of uniform harm criteria for use in quantitative risk analysis of the hydrogen infrastructure (Vývoj jednotných kritérií škodlivosti pro použití v kvantitativní analýze rizik vodíkové infrastruktury). Mezinárodní časopis o vodíkové energii International Journal of Hydrogen Energy. Svazek 36 s. 2381–2388.
  7. Saffers, JB (2010). Principles of hydrogen safety engineering (Zásady vodíkového bezpečnostního inženýrství). Disertační práce. Ulsterská univerzita.
  8. Schefer, RW, Houf, TC, Bourne, B a Colton, J (2006). Spatial and radiative properties of an open-flame hydrogen plume (Prostorové a radiační vlastnosti vodíkového plamene s otevřeným ohněm). Mezinárodní časopis o vodíkové energii International Journal of Hydrogen Energy. Svazek 31, s. 1332–1340.
  9. Houf, WG a Schefer, RW (2007). Predicting radiative heat fluxes and flammability envelopes from unintended releases of hydrogen (Předpovídání vyzařovaných tepelných toků a hořlavých obálek při neúmyslném uvolňování vodíku). Mezinárodní časopis o vodíkové energii International Journal of Hydrogen Energy. Svazek 32, s. 136–151.
  10. Case for safety. Relative frequency of failure modes (Případ pro bezpečnost. Relativní četnost způsobů selhání). K dispozici na adrese: [http://h2safe.net/case\\_safety.html](http://h2safe.net/case_safety.html) [přístup k datu 25.11.2020].
  11. Statistiky požárů, Velká Británie, 2011–2012. Ministerstvo obcí a místní samosprávy.
  12. Gambone, LR a Wong, JY (2007). Strategie protipožární ochrany pro vozidla s pohonem na stlačený vodík. 2. mezinárodní konference o bezpečnosti vodíku, San Sebastian, Španělsko, 11.–13. září 2007.
  13. Swain, MR (2001). Fuel leak simulation (Simulace úniku paliva). Sborník příspěvků z konference DOE 2001 Hydrogen. K dispozici na adrese: <https://www1.eere.energy.gov/hydrogenandfuelcells/pdfs/30535be.pdf> [přístup k datu 25.11.2020].