

Konspekt

4-2-05

DOPRAVNÍ NEHODY

**Zásah u vozidel s alternativními
pohony
[LPG, CNG, LNG, Bio DME, Hybrid,
Fuel Cell, H₂(g, l)]**

Vypracoval: Ing. FIURÁŠEK Petr
HZS MSK, ÚO NJ

Doporučený počet Hodin: 4 hod.

Obsah

| | |
|--|----|
| 1. ÚVOD | 4 |
| 2. VOZIDLA S BĚŽNÝMI PLYNNÝMI PALIVY..... | 4 |
| 2.1. NEBEZPEČÍ PLYNNÝCH PALIV..... | 4 |
| 2.1.1. BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion)..... | 5 |
| 2.2. IDENTIFIKACE VOZIDEL S PLYNOVOU SOUSTAVOU (LPG, CNG)..... | 6 |
| 2.3. ZÁSAH U VOZIDEL S PLYNOVOU SOUSTAVOU (CNG, LPG) | 6 |
| 2.4. CNG..... | 7 |
| 2.4.1. FYZIKÁLNĚ CHEMICKÉ PARAMETRY CNG | 8 |
| 2.4.2. Prvky CNG soustavy ve vozidlech | 8 |
| 2.4.3. Případy požárů a výbuchů vozidel s CNG | 10 |
| 2.5. LPG..... | 11 |
| 2.5.1. FYZIKÁLNĚ CHEMICKÉ PARAMETRY LPG | 11 |
| 2.5.2. Prvky LPG soustavy ve vozidlech | 11 |
| 2.5.3. Případy požárů a výbuchů vozidel s LPG | 13 |
| 2.5.4. Rozbor video souborů požárů vozidel s LPG | 14 |
| 2.6. Bio DME | 15 |
| 3. HYBRIDNÍ VOZIDLA | 15 |
| 3.1. NEBEZPEČÍ..... | 15 |
| 3.2. IDENTIFIKACE | 16 |
| 3.2.1. Přímé označení | 16 |
| 3.2.2. Nepřímé označení..... | 16 |
| 3.3. DŮLEŽITÉ PRVKY HV SOUSTAVY | 18 |
| 3.3.1. Elektrické soustavy ve vozidle | 18 |
| 3.3.2. Start / Stop tlačítko | 19 |
| 3.3.3. Vysokonapěťové baterie. | 19 |
| 3.3.4. Vysokonapěťové kabely | 20 |
| 3.3.5. Elektromotory..... | 20 |
| 3.3.6. Klíčky zapalování..... | 20 |
| 3.4. ZÁSAH | 21 |
| 3.4.1. Základní pokyny pro zásah | 21 |
| 3.4.2. Požár | 22 |
| 3.4.3. Ponoření vozidla do vody..... | 24 |
| 3.4.4. Odpojení zdrojů elektrické energie..... | 24 |

| | | |
|--------|---|----|
| 3.5. | HYBRIDNÍ SYSTÉMY, ODLIŠNOSTI ZNAČEK – ODPOJENÍ HV SOUSTAVY | 27 |
| 3.5.1. | Toyota, Lexus, (Nissan)..... | 27 |
| 3.5.2. | HONDA | 27 |
| 3.5.3. | BMW | 28 |
| 3.5.4. | Mercedes Benz | 28 |
| 3.5.5. | Porsche..... | 29 |
| 3.5.6. | Volkswagen | 29 |
| 3.5.7. | Některé další značky: | 30 |
| 3.6. | Nebezpečí úrazu elektrickým proudem u hybridních a elektrických vozidel | 30 |
| 4. | VOZIDLA S PALIVOVÝMI ČLÁNKY..... | 31 |
| 4.1. | Identifikace..... | 31 |
| 4.2. | Toyota FCHV..... | 32 |
| 4.2.1. | Toyota FCHV používá tyto základní komponenty | 32 |
| 4.2.2. | Bezpečnostní informace o vozidle Toyota FCHV | 33 |
| 5. | VOZIDLA S VYSOCE PODCHLAZENÝMI ZKAPALNĚNÝMI PLYNY..... | 34 |
| 5.1. | NEBEZPEČÍ..... | 35 |
| 5.2. | IDENTIFIKACE | 35 |
| 5.3. | ZÁSAH U VOZIDEL S PODCHLAZENÝMI ZKAPALNĚNÝMI PLYNY | 35 |
| 5.4. | Nádrže na zkapalněný vodík (LH2, CoolLH2)..... | 37 |
| 5.5. | BMW Hydrogen 7 | 39 |
| 5.5.1. | Identifikace BMW Hydrogen 7 | 39 |
| 5.5.2. | Bezpečnostní informace o vozidle | 40 |
| 5.6. | VODÍK (H ₂) - BEZPEČNOSTNÍ INFORMACE | 42 |
| 6. | ZÁVĚR..... | 43 |
| 7. | POUŽITÉ ZKRATKY..... | 43 |
| 8. | POUŽITÁ LITERATURA | 44 |

1. ÚVOD

Jako důsledek stále rostoucích cen ropy a také společenského tlaku na čistotu životního prostředí došlo za uplynulých několik let na silnicích k nárůstu počtu automobilů s tzv. alternativními pohony. Existuje velké množství druhů těchto vozidel. Konspekt se zabývá pouze vybranými druhy, které se v současném provozu vyskytují nejčastěji (LPG, CNG, hybridy), nebo je u nich velký předpoklad rozvoje do budoucna (např. vozidla s pohonem na el. proud z palivových článků, nebo vozidla s vysoce pochlazenými zkapalněnými plyny).

Tyto konspekty jsou zaměřeny především na osobní vozidla.

2. VOZIDLA S BĚŽNÝMI PLYNNÝMI PALIVY

Plynná paliva jsou v osobních vozidlech široce používána. Většinou se používají u vozidel v kombinaci se spalovacím motorem, kdy malá úprava běžného spalovacího motoru na benzín, nebo naftu a přidání potřebných komponent umožní provoz jak na běžná paliva, tak i na plynná paliva dle potřeby. Tato vozidla jsou označována jako „Bi-Fuel“ vozidla (mají jeden motor spalující dva druhy paliv), běžně se zde používají paliva jako LPG, CNG a do budoucna nejspíš i nově vzniklé palivo bio DME. Plynná paliva se používají také u elektrických vozidel s palivovými články. Všechny tři zde popsané typy paliv budou v této práci rozebrány.

2.1. NEBEZPEČÍ PLYNNÝCH PALIV

- Výbuch popř. požár plynové nádrže, nebo soustavy.
- Únik plynu, tvorba výbušné koncentrace.
- Možný dvoufázový únik paliva (LPG, DME).
- Výbuch oblaku uniklého plynu.
- Výšleh dlouhého plamene (6m., popř. i více) při aktivaci bezpečnostních pojistek (tlaková, tepelná) na multiventilu.
- Nebezpečí vzniku BLEVE (LPG, DME).
- Vozidlo může být špatně označeno, nebo označení nemusí být po nehodě znatelné.
- Nebezpečí kumulace plynu v uzavřených prostorech – např. v zavazadlovém prostoru vozidla, v kabině,...

U plynných paliv je několik nebezpečných prvků. Nejnebezpečnější článek soustavy je plynotěsná nádrž. Tato plynná paliva bývají v nádrži pod tlakem stlačena, nebo zkapalněna. LPG je tlakem několika málo bar zkapalněno, CNG je při 200 bar v nádrži stlačeno, DME je při 5 bar zkapalněno, obdobně jako LPG.

V případě netěsnosti plynové palivové soustavy v kterémkoliv místě dochází k samovolnému úniku plynu z netěsného místa, nejčastěji se může jednat o ventily a spojovací prvky kolem nádrže a potrubí kolem vysokotlaké části soustavy.

V případě úniku by mohly nastat tyto situace:

1. Unikající plyn ve směsi se vzduchem se iniciuje ihned, nebo po chvíli od úniku. Dochází k odhořívání plynu unikajícího z poškozené části, nedochází k vytváření výbušné koncentrace. Může docházet k nežádoucímu zahřívání dalších konstrukcí vozidla a plynové soustavy.

2. Unikající plyn se akumuluje v uzavřeném prostoru.

Vytváří se výbušná koncentrace. V případě výbuchu dosahují výbuchové parametry značných hodnot.

3. Unikající plyn uniká do otevřeného prostoru.

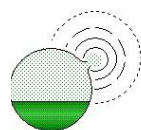
Vytváří se výbušná koncentrace, plyn se šíří po větru, rozptyluje se. Případný výbuch nedosahuje takových tlakových účinků, jako v uzavřeném prostoru.

Jedná-li se o plyn těžší než vzduch (LPG), dochází k zatékání a hromadění plynu do níže položených prostor. Jedná-li se o plyn lehčí než vzduch, stoupá vzhůru do atmosféry, popř. se hromadí pod stropem.

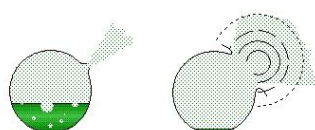
Plyny v kapalném skupenství (LPG) se od běžných plynů chovají odlišně. Pokud by např. došlo k porušení těsnosti nádrže, zkapalněné plyny by v případě velkého, prudkého úniku mohly unikat dvoufázově, tedy unikala by plynná fáze i kapalná fáze, která by se ihned odpařovala. Rychlost odpařování bude závislá na teplotě prostředí. Čím větší bude teplota prostředí od teplotního bodu varu plynu, tím bude odpařování rychlejší.

2.1.1. BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion)

BLEVE (výbuch expandujících par vroucí kapaliny) je jev způsobený vysokým nárůstem tlaku, který výrazně převyšuje tlak uvolňovaný přetlakovými pojistnými zařízeními při nárůstu tlaku v uzavřené nádobě na takovou míru, že dojde k mechanickému roztržení nádoby. Jinými slovy to znamená, že i když má např. určité zařízení pojistné ventily, při BLEVE (obr. 1) dochází v zařízení k takovému nárůstu tlaku, že jej dané pojistné ventily nestačí snižovat. Tím dojde k nárůstu tlaku v nádobě nad kritickou mez, k roztržení nádoby a k vyvržení jejího obsahu do prostoru. Pokud byla vyvržená kapalina hořlavá, zpravidla dojde ihned po roztržení nádoby k iniciaci a vzniku tzv. Fire Ballu („ohnivá koule“, obr. 2).



Obr. 1, [3]



Obr. 2, [81]

K tomuto jevu dochází u uzavřených nádob naplněných z části kapalinou s parním prostorem. K tomuto jevu dochází zejména u zkapalněných uhlovodíkových plynů (např. LPG) a vysoce podchlazených zkapalněných plynů (LNG, LH2) apod.

K nárůstu tlaku dochází vlivem prudkých fyzikálních změn (teplota, tlak). Např. pokud je látka, která je za normálních podmínek plynná s nízkým teplotním bodem varu zkapalněna tím, že je ochlazená pod svou teplotu varu, čímž je zkapalněna, a je např. požárem zahřívána, dojde k tomu, že daná látka se začne odpařovat, její plyny se pak začnou v nádobě rozpínat a v nádobě se zvyšuje tlak.

U nádob s plyny (např. tlakové nádoby) dochází při zahřívání k rozpínání plynu a tím k nárůstu tlaku. Pokud je látka v uzavřené nádobě zkapalněna nízkou teplotou, tak při zahřívání nad teplotu varu látky dochází nejprve k vypařování, a dále k rozpínání vypařeného plynu, (např. při vypaření 1 l vody vznikne 1700 l páry a při dalším zahřívání se pára dále v uzavřené nádobě rozpíná a zvyšuje tlak). Čím

je rozdíl teplot uvnitř nádoby a v okolí větší a změna teploty uvnitř nádoby rychlejší, tím dojde k rychlejšímu nárůstu tlaku a k větší pravděpodobnosti vzniku BLEVE.

Při zahřívání, kdy je část kapalné látky v nádrži v plynné fázi a část zůstane kapalná, a zahřívá se v části, kde není kapalina ale plyn, není v té části nádrže teplo odváděno kapalinou a konstrukce nádoby v této části se zahřívá rychleji, než v části, kde je teplo částečně odváděno kapalinou. Tím vzniká rozdílné materiálové pnutí, což může mít za následek trhliny, porušení nádrže apod.

Při zahřívání se zvětšuje tlak uvnitř nádoby a zároveň se snižuje pevnost nádoby.

Při BLEVE je nebezpečí zejména vysokého tepelného působení (při odhořívání Fire ballu, pokud byla vyvržená látka hořlavá), ohrožení odmrštěnými částicemi nádrže a předměty, a tlakovou vlnou. [3, 81, 82].

2.2. IDENTIFIKACE VOZIDEL S PLYNOVOU SOUSTAVOU (LPG, CNG)



Obr. 3, [66, 67]



Obr. 4, [66, 67]

- Jedna tlaková nádrž (u CNG i více, např. čtyři. Nádrže bývají vzájemně propojeny, každá samostatně uzavíratelná s bezpečnostními prvky). Umístění nejčastěji v zavazadlovém prostoru, popř. pod vozidlem. (Obr. 11, 22, 32-36)
- Plnicí ventil plynové soustavy. Bývá umístěn buď samostatně (obr. 15), nebo vedle otvoru nádrže klasického kapalného paliva (obr. 14, 16, 17), popř. v motorovém prostoru (obr. 13), v některých případech i jinde (obr. 27-31).
- Nálepka s nápisem CNG (LPG) v pravém horním/dolním rohu zadního skla, obr. 3. U vozidel kategorie M2 a M3 se tato vozidla označují podle obr. 4, vpředu, vzadu a po vnější straně pravostranných dveří.
- Přepínač pro volbu pohonu s CNG (LPG) / benzin (nafta) v kabině vozidla (obr. 8).
- Mírně odlišný motorový prostor – je tam „něco navíc“ (obr. 5, 6, 7).

Nemusí se shodovat ve všech uvedených bodech, popř. mohou být i jiné zvláštnosti.



Obr. 5, [28]



Obr. 6, [28]



Obr. 7, [28]

2.3. ZÁSAH U VOZIDEL S PLYNOVOU SOUSTAVOU (CNG, LPG)

- K vozidlu vždy přistupovat po větru, s expozimetrem, měřit koncentraci.
- Všimnout si charakteristických známek úniku plynu – syčení, zápach...
- LPG se drží při zemi, CNG stoupá vzhůru.
- Dávat pozor na možný výsledek plamene, výbuch, nebo vytváření výbušné koncentrace.

- Při úniku plynu, popř. požáru uzavřít místo zásahu, zamezit přístupu nepovolaných osob.
- Uzavřít ruční uzavírací ventily na plynových nádržích, popř. na multiventilu, obr. 9, 10, 18-21, 37-41.
- U některých vozidel špatný přístup k nádržím (např. nutno zespod odšroubovat kryty nádrží).
- U některých vozidel nelze uzavírací ventily uzavřít pouze rukou, ale je nutno jednotlivé ventily uzavřít např. klíčem, nebo imbusem (např. Opel CNG), obr. 12.
- Při překročení nastavené teploty (u CNG, 90 až 110 °C), nebo tlaku (CNG, LPG) dojde k otevření bezpečnostních pojistných ventilů (tlakový, tepelný), dojde k upuštění plynu z plynové nádrže – tvorba výbušné koncentrace, popř. výšleh dlouhého plamene – ohrožení zasahujících jednotek.
- Směr výšlehu plamene je ve směru otevření pojistek, popř. může být ovlivněn změnou tvaru konstrukce vozidla po nehodě, atd.
- V případě selhání bezpečnostních ventilů by mohlo dojít k explozi plynových nádrží – zasahovat z bezpečné vzdálenosti, krýt se za překážky, popř. použít přenosné monitory.
- V případě požáru při úniku plynu, je vhodné nechat plyn kontrolovaně vyhořet a ochlazovat nádrže, vozidlo a okolní objekty. Zamezí se tak vytváření výbušné koncentrace.
- Počítat s možností kumulace plynu ve vnitřních částech vozidla, otevřít dveře vozidla, aby se plyn odvětral, popř. aby se dostal čerstvý vzduch k cestujícím. POZOR NA INICIACI.



Obr. 8, [28]



Obr. 9, [76]



Obr. 10, [76]



Obr. 11



Obr. 12

V případě požáru vozidla je vhodné použít termokameru na zjištění teploty plynové nádrže a soustředit se na její ochlazování. Jako nejvhodnější se jeví použití vody ve formě sprchy, popř. mlhy. Při hašení unikajícího plynu z plynové soustavy je vhodné buď uzavřít přívod plynu z nádrže (zkontrolovat její teplotu), nebo nechat plyn kontrolovaně vyhořet, aby se nevytvářela výbušná koncentrace a z bezpečné vzdálenosti chladit nádrž a ohrožené konstrukce vozidla vodou. Pokud necháváme plyn kontrolovaně vyhořet, je vhodné použití přenosných monitorů, aby se eliminovalo nebezpečí ohrožení zasahujících jednotek, a zároveň dát pozor, aby zasahující jednotky nehasily plamen (pokud to není záměr), čímž by se unikající plyn mohl začít akumulovat a tvořit výbušné koncentrace, pak by mohlo dojít k opětovnému vznícení, popř. iniciaci nahromaděné směsi a následnému výbuchu. Zvláště v uzavřených místnostech (garáže, ...).

2.4. CNG

CNG (Compressed Natural Gas; stlačený zemní plyn). Zemní plyn je z více než 90% tvořen metanem. Vozidla na CNG představují čistější formu paliva, vzniká méně emisí a nevznikají při spalování pevné částice, ani síra. Má lepší odolnost vůči klepání motoru (oktanové č. 130). Zemní plyn je levnější o cca 50% než benzín, ovšem vzhledem k vyšším pořizovacím cenám soustav CNG, a jejich pravidelným kontrolám se tyto cenové výhody mnohdy velmi snižují, [8, 17, 19, 21, 22].

2.4.1. FYZIKÁLNĚ CHEMICKÉ PARAMETRY CNG

| | | | |
|--------------------|--------|----------------------|-------------------------|
| Teplota vzplanutí: | 152 °C | Teplota varu: | -162 °C |
| Teplota hoření: | 650 °C | Hustota plynné fáze: | 0,678 kg/m ³ |
| Teplota vznícení: | 537 °C | Meze výbušnosti: | 4,4 - 15 % obj. |

Tabulka 1, [14]

2.4.2. Prvky CNG soustavy ve vozidlech

Složení CNG soustavy se může mírně lišit dle typu motoru vozidla (karburátor, vstřikování,...), princip funkce je však v podstatě shodný.

Plnicím ventilem dochází k plnění CNG nádrže z plnicí stanice. Na CNG nádrži je instalován nejdůležitější bezpečnostní prvek – multifunkční bezpečnostní ventil (dále jen multiventil). Z nádrže je CNG vedeno vysokotlakým potrubím k motorovému prostoru, kde je v regulátoru snížen tlak na potřebnou hodnotu. Od regulátoru jde potrubím plyn do vstřikovačů, popř. do směšovače, kde je vytvořena směs plynu se vzduchem a dále do válců motoru ke spálení. **Od nádrže je tedy v CNG soustavě až po regulátor vysoký tlak, jako v nádrži.** Vše je automaticky řízeno přes elektronickou řídicí jednotku systému CNG a centrální řídicí jednotky vozidla. Celý systém musí být dokonale plynotěsný.

1. Plnicí ventil - bývá umístěn buď samostatně (obr. 15), nebo vedle otvoru nádrže klasického kapalného paliva (obr. 14, 16, 17), nebo bývá umísťován také pod kapotu, do motorové části vozidla (obr. 13). Není vyloučeno i jiné umístění.



Obr. 13



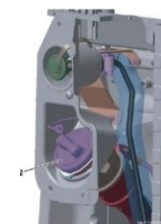
Obr. 14



Obr. 15, [77]

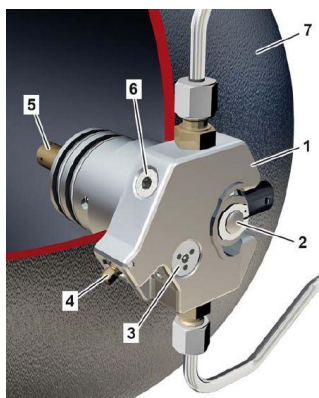


Obr. 16, [102]



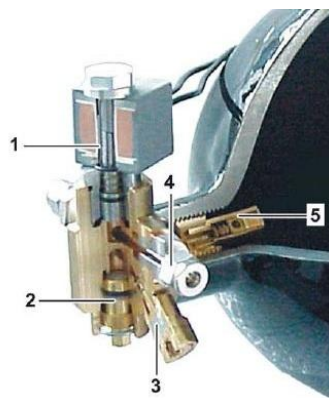
Obr. 17, [102]

2. CNG nádrž – válcová (obr. 11, 12, 22), je v ní uskladněn plyn při tlaku cca 200 bar. Bývá jich více (cca 4). V hrdle nádrže je instalován multifunkční bezpečnostní ventil (obr. 18-21), [77, 13, 15, 22,]
3. Multifunkční bezpečnostní ventil (dále jen multiventil) (obr. 18-21). V tomto multiventilu bývají integrovány nejdůležitější bezpečnostní prvky CNG soustavy. Multiventil sdružuje několik integrovaných prvků, zaručujících funkčnost a bezpečnost celého systému. Konstrukční prvky multiventilu jsou [11, 13, 22, 106, 101]:
 - A) Elektromagnetický ventil – automaticky uzavírá plynový systém při provozu na benzín, při vypnutí klíčku zapalování a na impuls řídicí jednotky v případě nehody. (další elektromagnetický uzavírací ventil je na regulátoru, který automaticky uzavírá přívod plynu k motoru při provozu na benzín, zastavení, nebo nehodě). [11, 13, 106, 22]



Obr. 18, [101].

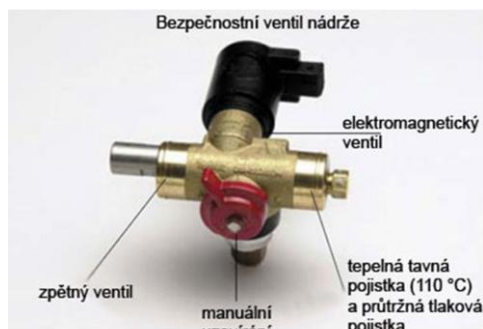
1. multifunkční bezpečnostní ventil
2. elektromagnetický ventil
3. tepelná pojistka
4. ruční uzavírací ventil
5. omezovač průtoku
6. průtržný disk (tlaková pojistka)
7. plynová láhev



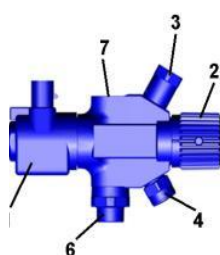
Obr. 19, [101]

- | | |
|-----------------------------|---------------------|
| 1. elektromagnetický ventil | 4. závit připojení |
| 2. ruční uzavírací ventil | 5. omezovač průtoku |
| 3. pojistný ventil | |

- B) Zpětný ventil – zamezuje úniku plynu přes plnicí ventil a při tankování.
- C) Ruční uzavírací ventil plynové nádrže – umožňuje ruční uzavření plynu z nádrže, důležitý je zejména při nehodě a zásahu JPO, kdy se nelze spolehnout na automatické uzavření.
- D) Omezovač průtoku – při úniku plynu z potrubí, [13].
- E) Tlaková pojistka – v případě nárůstu tlaku uvnitř tlakové nádoby nad nastavenou mez, dojde k otevření této pojistky a k řízenému vypuštění plynu ve směru této pojistky. Může pracovat např. na principu pojistného ventilu (upustí přetlak a zase se uzavře – v případě požáru pulzující výšlehy plamene), nebo průtržného disku, apod.
- F) Tepelná pojistka – např. v provedení s Woodovým kovem – Woodův kov je nízkotavitelá slitina, teplota tání tohoto kovu závisí na jejím složení. Používá se zde slitin, které tají při teplotách 90 až 110 °C, jelikož se ve vozidle těchto teplot běžně nedosahuje. Tato pojistka je konstruována na bezpečnostním ventilu tak, že jej nelze v žádném případě uzavřít a je pouze zalitá Woodovým kovem ještě před nasazením ventilu na lahev. Dojde-li tedy v prostoru tlakové lahve k nárůstu teploty nad teplotu tání Woodova kovu, kov roztaje a uvolní cestu plynu, aby unikl. V případě úniku plynu dojde ke stejným situacím, popsaným výše u tlakové pojistky, [9].



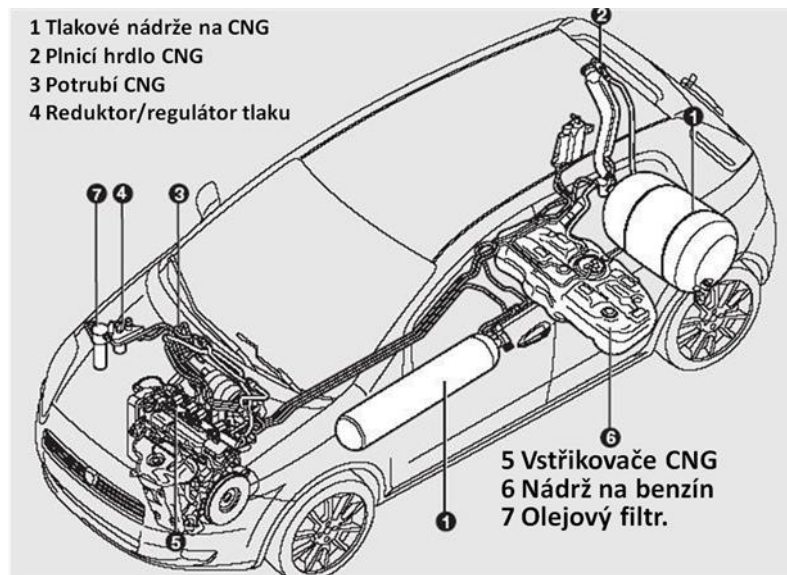
Obr. 20 [13]



Obr. 21
Multiventil Fiat
[22]

1. elektromagnetický uzavírací ventil a zpětný ventil
2. ruční uzavírací ventil
3. tepelná pojistka
4. tlaková pojistka
6. přípojka plnění tlakových láhví (vstup CNG)
7. přípojka vysokotlakého potrubí pro zadní tlakovou lahev

4. Regulátor – snižuje vysoký tlak plynu na hodnotu potřebnou pro provoz vozidla. V celém CNG systému je od nádrže až po regulátor vysoký tlak. Z regulátoru jde potrubím plyn přes vstřikovače do válců. Nachází se v motorovém prostoru (obr. 5, 22).



Obr. 22 Vozidlo Fiat Punto se dvěma CNG nádržema [22].

2.4.3. Případy požárů a výbuchů vozidel s CNG

1. V roce 2007 v USA došlo k výbuchu vozidla Honda Civic CNG [16, 18], (obr. 23). Vozidlo explodovalo po 20 min. působení požáru při teplotách 600 až 800 °C. Části vozu byly výbuchem odmrštěny až 100 m daleko. Výbuchem bylo zničeno, nebo poškozeno dalších 12 vozidel. Na obr. 23 lze vidět sílu výbuchu – odmrštěná nádrž, utržená střecha a další konstrukce vozidla, široce ohnuté sloupky vozidla do vnějších stran. Červená šipka ukazuje na konzolu v zavazadlovém prostoru, kde byla umístěna CNG láhev (láhev typu 3).



Obr. 23, [16, 18].

2. V ČR v r. 2006 byl proveden test starších vozidel přestavěných na CNG, [13, 11, 9]. Simulovány 3 druhy požárů (okolo, pod a v kabině) Všechny testy byly provedeny 2x. Pět vozidel testům vyhovělo, jedno vozidlo explodovalo – selhal bezpečnostní pojistný prvek (tlaková/tepelná pojistka). U vyhovujících vozidel došlo k vypuštění plynu během 3 až 4 min. U jednoho vozidla při

působení 18 min. požáru selhaly bezpečnostní prvky CNG nádrže a došlo k jeho celkové destrukci (obr. 24, 25).



Obr. 24, [11, 13].

Obr. 25

- Požární test CNG vozidla v Rakousku [23] – po 11 min. působení požáru došlo k otevření bezpečnostních pojistek, pojistné prvky CNG soustavy fungovaly, nedošlo k výbuchu.

2.5. LPG

LPG (Liquefied Petroleum Gas; zkapalněný ropný plyn; směs propan-butan) vzniká jako vedlejší produkt při zpracování ropy. LPG je ve vozidle tlakem zkapalněný plyn. LPG není tak ekologické palivo, jako zemní plyn, nebo vodík. Při spalování vznikají stejné vedlejší produkty, jako u benzínu, nebo nafty, i když v menším množství.

2.5.1. FYZIKÁLNĚ CHEMICKÉ PARAMETRY LPG

| | | | | |
|--------------------|----------------|--|-----------------------|-------------------------------|
| Teplota vzplanutí: | -69 až -60 °C | | Hustota kapalné fáze: | 502 až 579 kg/m ³ |
| Teplota vznícení: | 400 až 450 °C | | Hustota plynné fáze: | 2,02 až 2,7 kg/m ³ |
| Teplota varu: | -42 až -0,5 °C | | Meze výbušnosti: | 1,5 až 9,5 % obj. |

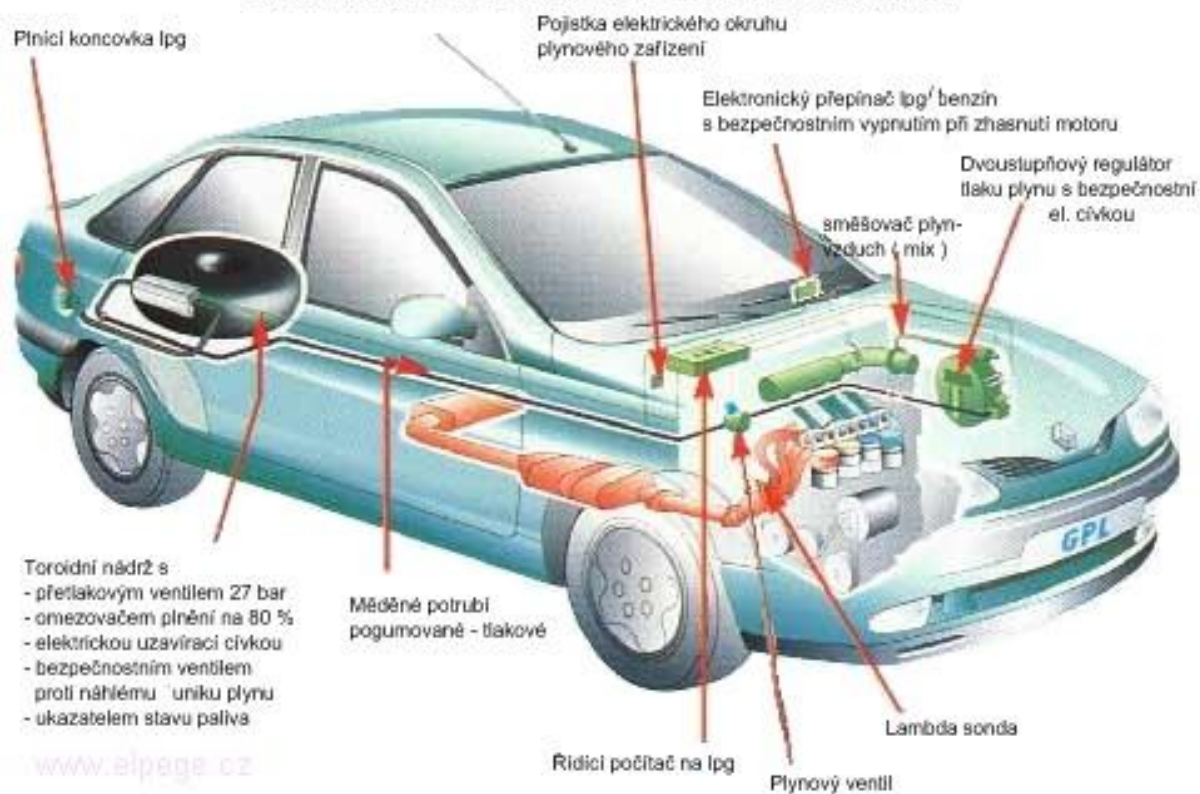
Tabulka 2, [14, 105]

2.5.2. Prvky LPG soustavy ve vozidlech

Složení LPG soustavy se může mírně lišit dle typu motoru vozidla (karburátor, vstřikování,...), princip funkce je však v podstatě shodný. [24, 27].

Plnicím ventilem dochází k plnění LPG nádrže z plnicí stanice. Na LPG nádrži je instalován nejdůležitější bezpečnostní prvek – multiventil v plynotěsné skříni. Z LPG nádrže je LPG vedeno tlakovým potrubím k motorovému prostoru, kde je v regulátoru s výparníkem zkapalněná fáze převedena na plyn a tlak snížen na potřebnou hodnotu. Odtud jde potrubím plyn do vstřikovačů, popř. do směšovače, kde je vytvořena směs plynu se vzduchem a dále do válců motoru ke spálení. **Od nádrže je tedy v LPG soustavě až po regulátor s výparníkem, pod tlakem kapalná fáze.** Vše je automaticky řízeno přes elektronickou řídicí jednotku systému LPG a centrální řídicí jednotky vozidla. Celý systém musí být dokonale plynotěsný. Základní schéma je na obr. 26.

SCHÉMATICKÉ ZNÁZORNĚNÍ ZÁSTAVBY LPG DO AUTA



Obr. 26 [25]

1. Plnicí ventil - plnicí ventil bývá umístěn v různých částech vozidla poblíž LPG nádrže, (obr.27-31), [28].



Obr. 27, [28]



Obr. 28, [28]



Obr. 29



Obr. 30, [28]



Obr. 31, [28]

2. LPG nádrž – válcová (obr. 32, 34), nebo toroidní (obr. 33, 35, 36). Je v ní uskladněn tlakem zkvalněný plyn. Válcová nádrž bývá umístěna nejčastěji v zavazadlovém prostoru, popř. pod vozem vzadu, multiventil je zde instalován v plynotěsné skříni z boku na válcové části nádrže. Toroidní nádrž bývá umístěna místo rezervního kola, multiventil je zde instalován uprostřed.



Obr. 32, [28]



Obr. 33, [28]



Obr. 34, [28]

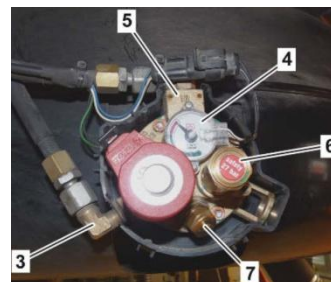


Obr. 35, [28]



Obr. 36, [102].

1. plynová nádrž
2. multiventil s krytkou (pod vozem)
3. plynové potrubí
4. manometr
5. plnicí potrubí ventil
6. přetlakový pojistný ventil
7. ruční uzavírací ventil



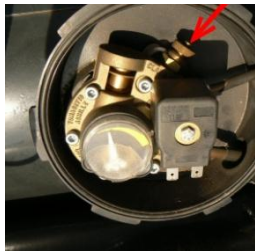
Obr. 37, [102]

3. Multiventil - na nádrži LPG je v plynotěsné skříni s odvětrávacím potrubím instalován multiventil. V multiventilu bývá integrováno několik nejdůležitějších prvků zaručujících funkčnost a bezpečnost celé LPG soustavy. Je několik provedení multiventilů, např. viz. obr. 37-41. Konstrukční prvky a funkce multiventilu [24]:

- A) Plovák - hlídá plnění lahve; při dosažení 80% naplněnosti nádrže automaticky ukončí její plnění.
- B) Elektromagnetický ventil - automaticky uzavře přívod paliva při úniku nad 6 l/min., dále pak při vypnutém motoru, nebo při provozu na jiné palivo (benzín).
- C) Tlaková pojistka - při přetlaku v lahvi vypustí část plynu z lahve, aby v ní nedošlo ke kritickému tlaku plynu.
- D) Ruční uzavírací ventily - umožní ruční uzavření lahve ventilem (na obr. 38, 39 označeny červenou šipkou, dále obr. 37, 40, 41).



Obr. 38



Obr. 39



Obr. 40



Obr. 41

2.5.3. Případy požárů a výbuchů vozidel s LPG

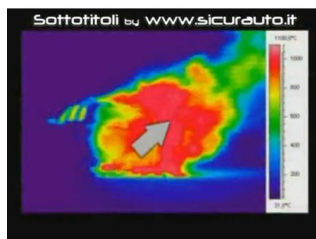
ADAC provedl 2 testy vozidla na LPG s toroidní nádrží [23]. Jeden test byl proveden na náraz do zadní části vozidla při rychlosti 60 km/h a druhý test simuloval požár. Záznam lze shlédnout na videu [108].

Nárazový test - ve vozidle byla toroidní nádrž umístěna na běžném místě – místo rezervy. Před testem byla z důvodu bezpečnosti plynová nádrž vypuštěná a nádrže na benzín byly napuštěny vodou. Po testu se nádrž naplnila plynem, aby se zjistila těsnost nádrže po nárazu. Při následné bližší kontrole se ukázalo, že nedošlo k poškození nádrže ani potrubí, které by způsobilo únik plynu.

Požární test - pod vozidlo se umístila nádoba s benzinem (za zadní nápravu), který měl simulovat únik benzínu z vozidla. Ten se zapálil, pomocí termokamery bylo sledováno rozložení teplot v požáru. Nejprve explodovala pneumatika, po určité době došlo ke spuštění bezpečnostních pojistných ventilů nádrže a plyn byl vypouštěn z nádrže, aby nedošlo k její explozi. K roztržení plynové nádrže nedošlo, pojistné ventily fungovaly spolehlivě (obr. 42-44). Nárazový test je na obr. 45.



Obr. 42, [23].



Obr. 43, [23].



Obr. 44, [23].



Obr. 45, [23].

2.5.4. Rozbor video souborů požárů vozidel s LPG

V tabulce 3 byla snaha vyzorovat přibližně časy, které jsou u těchto vozidel důležité z hlediska bezpečnosti, tedy např. čas za jak dlouho dojde k aktivaci pojistných bezpečnostních prvků plynové soustavy vozidla, zda fungovaly spolehlivě, popř. za jak dlouhou dobu došlo k explozi.

Pozn.: Pojem „celkem (min)“ = součet časových hodnot (min) „od začátku videa“ a odhadu doby působení požáru před začátkem videa. Je to tedy odhad doby, za kterou dojde k výbuchu, nebo ke spuštění bezpečnostních pojistek od začátku požáru.

Pojem „Sestřih“ znamená, že je video sestříhané a nedají se tedy spolehlivě odhadnout časové hodnoty.

Uvedená videa je vhodné shlédnout.

| Palivo | Odhad doby působení požáru před začátkem videa [min] | Fáze požáru, ve které se vozidlo nacházelo na začátku videa | Doba do prvního spuštění bezp. pojistek (od začátku videa / celkem) [min] | Čas od prvního spuštění bezp. pojistek do výbuchu (od začátku videa / celkem) [min] | Hašeno / nehašeno [ano / ne] | Poznámky | Zdroj videa |
|--------|--|---|---|---|------------------------------|------------------|-------------|
| LPG | 5:40 | 3. | 0:37 / 6:17 | 2: 41 / 8:21 | Ne | Test | [1v] |
| LPG | 0 | 1.-iniciace | Sestřih / 1:30 | neexplodovalo | Ano- po 20 min | Test | [2v] |
| Benzin | Test 3 vozidel, sestřih | | Sestřih / 12 | neexplodovalo | Ne - test | Roztržení nádrže | [3v] |
| LPG | | | - | Sestřih / 14 | | Špatná montáž | |

Tabulka 3

Zdroj videa:

[1v] <http://www.youtube.com/watch?v=GQbQUza0WIM>

[2v] <http://www.youtube.com/watch?v=6ltIJjsWzLk&feature=related>

[3v] <http://www.youtube.com/watch?v=fBXS21uh6lc&feature=related>

Na videu [1v] a [2v] jsou vozidla podrobena požárnímu testu, je zde vidět, jak se vozidla chovají při spuštění pojistných bezpečnostních prvků plynové soustavy, jak dlouhý plamen vyšlehne, jakým směrem jde plamen při spuštění pojistných prvků (v [1v] jde plamen přes kabinu) a zda vozidlo exploduje.

Na zdroji [3v] jsou srovnávána 3 vozidla, opět z požárního pohledu – 1. vozidlo je benzínové, 2. LPG, 3. LPG s poškozenými pojistnými prvky plynové soustavy – to nakonec exploduje.

2.6. Bio DME

Jedná se o nový druh paliva, které se zatím testuje ve spolupráci firem Volvo a Preem. Předpokládá se, že by do budoucna mělo nahradit až 50% spotřeby nafty. Testy by měly trvat cca 3 roky. [78, 79, 80].

- DME – Di Methyl Ether, C_2H_6O
- Bezbarvý plyn
- Teplota varu: $-23,6\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Teplota tání: $-138,5\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Hustota: $1,97\text{ kg/m}^3$ (plyn), 668 kg/m^3 (kapalina)
- Teplota vznícení $350\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Jedná se o nový druh paliva, v současnosti není zařízena infrastruktura
- DME se udržuje kapalné v tlakových nádržích při 5 bar až po vstřikovače

3. HYBRIDNÍ VOZIDLA

Jedná se o vozidla se dvěma i více druhy motoru a s příslušnými dvěma i více druhy paliv, nebo zdrojů energie (nejčastěji benzínový motor v kombinaci s elektromotory se zásobou energie ve vysokonapěťových bateriích). Kombinací pohonných jednotek v hybridních vozidlech může být mnoho. Většina sériově vyráběných vozidel však využívá elektrického pohonu v kombinaci se spalovacím motorem. V současnosti se používají zejména tyto tři typy hybridních vozidel: **částečný hybrid (mild hybrid -Honda, Mercedes)**, **plný hybrid (full hybrid - Toyota, Lexus,...)**, a **plug-in hybrid**. Plné hybridy mohou být provozovány buď na elektrický pohon, nebo na benzínový (naftový) pohon, nebo jejich kombinováním a je tedy schopen jízdy pouze pomocí elektromotorů, s vypnutým spalovacím motorem. Částečný hybrid využívá elektrického pohonu pouze ke zrychlování a k rozjíždění, není schopen samostatné jízdy pouze na elektromotor. Plug-in hybrid je plný hybrid, který lze nabíjet kromě generátorů ve vozidle a rekuperací při brzdění i napojením na domovní elektrickou zásuvku, nebo nabíjecí stanici.

3.1. NEBEZPEČÍ

Vzhledem ke konvenčním automobilům představují hybridní vozidla nebezpečí zejména kvůli vysokonapěťové elektrické soustavě a nebezpečí s ní související. Jedná se zejména o úraz el. proudem a fakt, že vozidlo může být v provozu i když nemá zapnutý spalovací motor – není tedy slyšet a přesto se vozidlo může nečekaně rozjet pomocí elektromotorů. Hlavní nebezpečí oproti běžným vozidlům tedy jsou:

- A. Úraz el. proudem – vozidlo využívá vysokonapěťové (dále jen HV) systémy. Může zde být až několik set Voltů. Nedotýkat se HV kabelů a komponent.
- B. Nečekaný rozjezd - když vozidlo stojí a má vypnutý spalovací motor, vypadá tedy, že je mimo provoz a nehrozí náhlé rozjetí. Ve skutečnosti však může být v tzv. „READY“ stavu a je

připraveno k jízdě (při rozjíždění se využívá elektromotorů, spalovací motor je vypnut – není slyšet motor – falešný pocit, že je vozidlo mimo provoz), tzn., po sundání nohy z brzdy a zmáčknutí plynu se vozidlo ihned rozjede a nemusí být slyšet. Z tohoto důvodu je nutné k vozidlu přistupovat z boku (pro případ náhlého rozjetí), ne zepředu ani zezadu. Při stabilizaci vozidlu dát klíny pod kolo zepředu i zezadu.

- C. „Výbuch“ HV baterie - v současnosti existuje mnoho typů baterií a jejich vývoj neustále pokračuje. Z požárního hlediska není s těmito bateriemi mnoho zkušeností, proto je i zde vhodné postupovat opatrně. Některé baterie (např. lithium-polymerové) jsou schopny při požáru uvolňovat takové množství plynů z jejich tepelného rozkladu, že může dojít až k jejich roztržení a vyvržení obsahu, následkem toho pak např. k popálení, nebo poleptání elektrolytem... Přestože jsou jednotlivé moduly HV baterií většinou společně chráněny v jednotném kovovém pouzdře, je třeba i s touto možností počítat.

Pozn.: **READY stav – vozidlo je v provozu (je „nastartováno“ i když je spalovací motor vypnut). Když je hybridní vozidlo připraveno k jízdě, zobrazuje se na palubní desce řidiče tzv. indikátor provozu, nejčastěji nápis READY (popř. jiný symbol). Při READY stavu stačí zmáčknout plyn a vozidlo se rozjede, většinou pomocí elektromotorů (spalovací motor je vypnut – není tedy slyšet).**

3.2. IDENTIFIKACE

Problém při identifikaci hybridních vozidel spočívá v tom, že nemusí být shodný způsob značení těchto vozidel. Většina automobilek svá hybridní vozidla označuje, a to většinou „standardně“ logy HYBRID na víku zavazadlového prostoru, popř. na dveřích, nebo nad předními blatníky, na plastovém krytu motoru apod. K identifikaci hybridních vozidel lze využít tzv. přímého označení, nebo nepřímého označení, což jsou určité znaky napovídající, že se jedná o hybridní vozidlo.

3.2.1. Přímé označení

Přímé označení je označení přímo od výrobce, sloužící k identifikaci hybridního vozidla. Jedná se většinou o loga a nápisy. U některých vozidel takovéto označení zcela chybí. Jedná se většinou o štítky, nápisy na víku zavazadlového prostoru, dveřích, krytu motoru, atd., většinou s nápisem HYBRID (obr. 46-48), nebo vlastním označením od výrobce – např. IMA (Honda, obr. 50), ActiveHybrid (BMW, obr. 48), Lexus a Toyota mají logo „Hybrid Synergy Drive“, Lexus má navíc za typovým označením písmeno „h“ (obr. 49). Podobné je to u dalších značek. Některé typy hybridních vozidel nejsou označeny žádným „standardním“ způsobem. Přímé označení na vozidle může být po nehodě nečitelné, nebo zcela chybět, proto bychom se na takové znaky neměli při zásahu spoléhat.



Obr. 46



Obr. 47



Obr. 48



Obr. 49



Obr. 50

3.2.2. Nepřímé označení

Jedná se o určité znaky, které napovídají, že se jedná o hybridní vozidlo. Jsou to prvky, související s provozem hybridních systémů ve vozidle, jako např.:

- Vysokonapětové (> 60 V DC; > 30 V, AC) kabely. Jsou obarveny **výrazně oranžově**. V podvozkové části mohou být zakryty (obr. 66-69).
- Některá vozidla (např. GM) mívají modře (popř. žlutě) označeny středně-napětové (30-60 V, DC; 15-30 V, AC) kabely.
- Otvory v neobvyklých částech karoserie obr. 53-57, – např. za, nebo pod zadními sedadly, v oknech nad zavazadlovým prostorem, apod. Tyto otvory se nacházejí poblíž vysokonapětové baterie – slouží k odvedení tepla od této baterie. U některých vozidel (např. BMW X6 ActiveHybrid) tyto otvory chybí - baterie je chlazena médiem z klimatizace,
- Neobvyklé kontrolky, ukazatele palubní desky. Např. ukazatel stavu nabití HV baterie, wattmetr, **nápis READY**, Stop vehicle... (obr. 50-52, 74).
- Zcela, nebo z větší části digitální palubní deska.
- Nahrazení otáčkoměru wattmetrem, ukazatel stavu nabití baterií na palubní desce, apod. (obr. 51, 52, 73, 74).
- **Štítky** varující před vysokým napětím.
- HV baterie, umístěna nejčastěji v zavazadlovém prostoru, popř. pod zadními sedadly (obr. 62-65, 76, 78, 81, 83, 86, 92).
- Startovací tlačítko „Start/Stop“ (obr. 58-61).
- Odpojovač HV systému od HV baterie – umístěn na HV baterii (obr. 63, 64, 76-79, 82-84, 87, 90-94).
- Některé modely mají „dálkové bezkontaktní“ startovací klíče (obr. 70-72, nezasouvají se do zapalování, některé se nemusí ani nikam vkládat, může je mít řidič pouze u sebe).
- Zvláštnosti ve VIN kodu – u různých automobilek různé písmenné označení.
Nemusí se shodovat ve všech uvedených bodech, popř. mohou být i jiné zvláštnosti.



Obr. 51



Obr. 52



Obr. 53, [83]



Obr. 54, [85]



Obr. 55, [41]



Obr. 56



Obr. 57

3.3. DŮLEŽITÉ PRVKY HV SOUSTAVY

Vysoké napětí je v plně hybridních vozidlech vyráběno generátory využívajícími přebytek energie při pohonu spalovacím motorem, nebo také regenerací energie při brzdění. Vyrobená elektrická energie se buď přímo využije elektromotory na pohon vozidla, např. při rozjíždění, prudkém zrychlování, nebo při jízdě pouze pomocí elektromotorů apod., nebo se ukládá do vysokonapěťové baterie, odkud je energie v případě potřeby čerpána pro pohon elektromotorů. Vysoké napětí je přenášeno vysokonapěťovými kabely.

3.3.1. Elektrické soustavy ve vozidle

V hybridních vozidlech se nacházejí většinou 2 elektrické soustavy: nejčastěji je to **12 V** a **vysokonapěťová** (dále jen **HV**). Na 12 V soustavu (napájená běžnou 12V baterií) jsou napojeny běžné systémy vozidla, včetně pasivních bezpečnostních systémů (airbagy, předpínače pásů, atd., dále jen **PBS**). 12 V soustava není s HV soustavou spojena a vzájemně se až na určité výjimky neovlivňují. Na HV soustavu jsou napojeny pouze komponenty potřebné pro „provoz“ vozidla (jako je HV baterie, HV elektromotory, generátory, popř. klimatizace, řídicí jednotka HV soustavy, HV měniče el., apod.). HV elektr. soustava bývá převážně stejnosměrná (DC), ve vozidle se pak dále může měnit dle použitých elektr. komponent na střídavou (AC), atd. Velikosti napětí HV systémů vozidel jsou různé, dle typu vozidla, [89, 44-47, 39].

Např. Nissan Altima hybrid: HV baterie: 254 V - DC, NiMH. Převod DC na AC → 650 V, AC. [41, 92].

Aby nedošlo k úrazu el. proudem jsou + a – vysokonapěťové kabely izolovány od podvozku. V případě zkratu systému, vyplývajícího z kontaktu kabelu s podvozkem, nebo karoserie, se aktivuje vysokonapěťová pojistka. Kromě této pojistky zajišťuje stav el. systému kontrolní diagnostický systém. V případě abnormality, nebo poruchy by se měl systém automaticky vypnout [39, 45].

Při zásahu, kdy nedojde k poškození HV baterie, nebo HV soustavy by nemělo dojít k úrazu el. proudem. I přesto se z důvodu bezpečnosti nesmí sahat na HV kabely a komponenty, porušovat jejich izolace, poškozovat HV baterii, nebo odstraňovat její kryt, apod. V případě, kdy dojde k velkému poškození HV baterie (např. jsou odhaleny moduly, utržený kryt, atd.) nedoporučuje se s ní manipulovat – ani odpojovat HV soustavu odpojovačem. V tomto případě by se mělo upřednostnit odpojení klasické 12V baterie (minus kabel), popř. příslušných pojistek (ty, které odpojují HV soustavu od HV baterie, např. obr. 75) – pokud nevíme, o které pojistky se jedná (různí výrobci mají různé umístění a označení těchto pojistek), vytáhnout všechny pojistky z pojistné skříně.

Odpojení 12V baterie má za následek odpojení 12 V soustavy a zároveň rozeptnutí relé, které ovládá průtok el. proudu z HV baterie do HV soustavy, což způsobí zastavení průtoku el. proudu z HV baterie do HV soustavy. Odpojením 12 V soustavy se tedy odpojí kromě HV soustavy také samozřejmě 12 V soustava – tzn. veškerá elektroinstalace vozidla (kromě HV baterie – ta je stále pod napětím), [39]. Odpojení HV systému však není okamžité a trvá nějakou dobu, než se vybijí HV soustava i 12V

soustava od zbytkové el. energie. Např. 10 min. trvá vybití HV soustavy a 90s deaktivace PBS u Toyota Prius 3, [35]. Pro urychlení vybití se mohou zapnout např. světlá apod. HV baterie zůstává stále pod napětím. **POUŽÍVAT INDIKÁTOR NAPĚTÍ !**

Jakým způsobem je možné odpojit el. soustavy v těchto vozidlech jsou popsány v části: 3.4.4. Odpojení zdrojů elektrické energie.

3.3.2. Start / Stop tlačítka

Pokud není klasický startovací klíč, ale např. „dálkový“ klíč, startování a vypínání vozidla se zpravidla provádí stisknutím tohoto tlačítka. Tyto startovací tlačítka již ale bývají často i v klasických „nehybridních“ vozidlech (obr. 58-61).



Obr. 58



Obr. 59



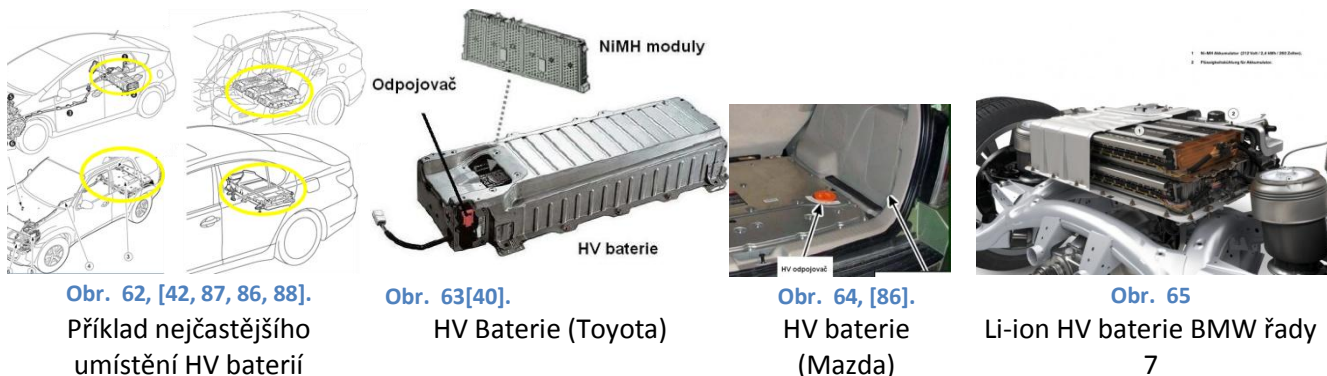
Obr. 60



Obr. 61

3.3.3. Vysokonapěťové baterie.

V současnosti se nejvíce, jako vysokonapěťové baterie používají Nikl-Metal-hydridové baterie (NiMH), popř. Lithium-iontové (Li-ion) baterie. HV baterie je složena z několika nízkonapěťových modulů, které se podobají bateriím z mobilů, foťáků, apod. Např. NiMH HV baterie v Toyota Prius 3 se skládá z 28 nízkonapěťových (7,2V) bateriových modulů zapojených v sérii, dohromady tedy cca 201 V, [35]. Vysokonapěťové NiMH baterie mívají provozní napětí nejčastěji od 140 do 330 V, DC, [39]. Tyto baterie se považují za „suché“ a při dopravních nehodách nepředstavují významné riziko úniku elektrolytu a znečištění životního prostředí. V NiMH HV baterii je gel absorbovaný uvnitř modulů, který při poškození obvykle neuniká. I při velkém rozdrcení baterií by mělo z HV baterie uniknout jen malé množství tekutiny, [38, 39, 89, 92,...]. pH elektrolytu je cca 13,5 a dá se neutralizovat roztokem kyseliny borité, popř. i octem, [33, 38, 42, 87, 88, ...]. Dalším používaným druhem HV baterie je Li-ion. Kromě těchto baterií je ještě několik dalších druhů baterií a mnoho baterií se ještě vyvíjí. K dobíjení vysokonapěťových baterií, se využívá generátoru poháněného spalovacím motorem, kdy je přebytečná energie využita pro nabíjení, nebo také rekuperace, kdy při jízdě z kopce, nebo brzdění pomáhají generátorům při dobíjení také elektromotory. Baterie bývají umístěny většinou v zavazadlovém prostoru, za zadními sedadly, nebo pod nimi, obr. 62-65, 76, 78, 81, 86, 92. Místo HV baterií se v některých vozidlech využívají také např. ultrakapacitory, apod.



Obr. 62, [42, 87, 86, 88].
Příklad nejčastějšího umístění HV baterií

Obr. 63[40].
HV Baterie (Toyota)

Obr. 64, [86].
HV baterie (Mazda)

Obr. 65
Li-ion HV baterie BMW řady 7

3.3.4. Vysokonapět'ové kabely

Jedná se o kabely výrazné oranžové barvy větších průměrů, obr. 66-69. Vedou od HV baterie k el. motorům a HV komponentům. Jsou vedeny většinou pod autem středem u spolujezdce v místech, kde není předpoklad dělení karoserie při vyprošťování stříháním apod. Mohou být i zakryty. U některých systémů se DC převádí na AC (např. 650 V, AC). Rovněž se používají také kabely středního napětí – 36 až 42 V DC, tyto kabely jsou dle dohody označovány (u některých značek – např. GM) modře, popř. žlutě [89, 39].



Obr. 66



Obr. 67, [41].



Obr. 68, [84].



Obr. 69

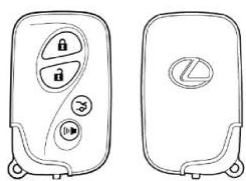
3.3.5. Elektromotory

Jsou umístěny většinou mezi převodovkou a motorem, nejsou tedy vidět, vedou k nim vysokonapět'ové (oranžové) / středněnapět'ové (modré) kabely. Pohání, nebo pomáhají pohánět vozidlo, popř. rekuperují přebytečnou energii, které se pak ukládá do HV baterie.

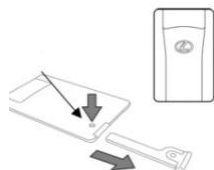
3.3.6. Klíčky zapalování

Některé klíče k zapalování hybridních vozidel, se od klíčů běžných vozidel odlišují. Např. Toyota Prius druhé generace používá klíčenku, která se vloží do otvoru v palubní desce namísto běžného klíče a pro nastartování se musí stisknout startovací „start/stop“ tlačítko. Jiný je systém u Toyoty Camry, Nissan Altima, Lexus RX 450h atd., jedná se o „inteligentní bezdotykový dálkový klíč“ (obr. 70-72). Jakmile se tento klíč nachází ve vozidle, nebo v dostatečné vzdálenosti od něj, aktivují se některé běžné funkce (např. odemknutí dveří, po stisknutí startovacího tlačítka je nastartován motor,...). Tyto klíče se většinou nezasunují do spínací skříňky. Některé typy klíčů se vkládají do slotu, některé klíče se nikam nevkládají, stačí je mít pouze u sebe (Prius 3), ve vozidle. Proto při vyprošťování musíme tento klíček (může jich být i více) odnést z dosahu senzorů vozidla (min. 15m). Pokud by tento klíček při jízdě vypadl z vozidla, vozidlo automaticky motory nevypne a pořád může jet, pokud ale vypneme motor, bez klíčku už vozidlo nenastartujeme. Abychom tedy zabránili nežádoucímu rozjetí vozidla, je třeba vozidlu vypnout motory (Start/stop tlačítkem, popř. obyč. klíčem) a „inteligentní dálkový klíč“

odnést z vozidla dostatečně daleko. Výrobci uvádějí tuto vzdálenost většinou kolem 5 m od vozidla, některé zahraniční organizace však uvádějí i z důvodu bezpečnosti vzdálenost cca 15 m.



Obr. 70, [88].



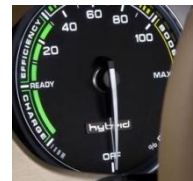
Obr. 71, [88].



Obr. 72



Obr. 73



Obr. 74

3.4. ZÁSAAH

Zásah u těchto vozidel je oproti běžným vozidlům o něco komplikovanější, vzhledem k novým rizikovým prvkům, zejména HV soustavy.

3.4.1. Základní pokyny pro zásah

- K vozidlu přistupovat z boku, ne zepředu ani zezadu – pro případ možného náhlého rozjetí vozidla.
- Stabilizovat vozidlo, klín pod kola z obou stran.
- Aktivovat parkovací brzdu (ruční/nožní/tlačítkem „P“), zařadit „N“ na řadicí páce, popř. neutrál.
- Pokud je vozidlo v provozu (svítí palubní deska, svítí indikátor provozu - např. „READY“, nebo jiný ukazatel na palubní desce) vypnout vozidlo stiskem tlačítka Start/Stop, popř. vypnout klíček zapalování do polohy 0 a vyjmout jej.
- Odstranit „dálkový“ startovací klíč od vozidla (doporučuje se vzdálenost cca 15m). „Dálkový“ startovací klíč (obr. 70-72) bývá odlišný od běžného startovacího klíče (místo něj může být i obyčejný klíč), většinou se nemusí vsunovat do zapalování, ani do slotu, může ho mít řidič u sebe v kapse, nebo být někde ve vozidle. Nemusí být ve vozidle pouze jeden.
- Při vyprošťování je vhodné před odpojením 12V soustavy nejdříve vhodně posunout el. ovládaná sedadla, popř. otevřít el. ovládaný zavazadlový prostor (bývá v něm HV baterie + odpojovač HV soustavy) - po odpojení by už nemuselo být možné s nimi manipulovat.
- Odpojení elektr. energie ve vozidle. Nejdříve 12 V, poté HV (pokud není HV baterie vážně poškozena, popř. nehrozí úraz el. proudem, např. utržený kryt, odhalené moduly HV baterie apod.) podle pokynů níže, v části: 3.4.4. Odpojení zdrojů elektrické energie.
- Pro urychlení vybití se mohou zapnout např. světlá, apod. HV baterie zůstává stále pod napětím.

POUŽÍVAT INDIKÁTOR NAPĚTÍ !

- Pokud je HV baterie porušena, nemělo by se s ní z důvodu bezpečnosti manipulovat – ani odpojovat odpojovačem.
- Při odpojení 12V baterie dojde u některých vozidel k aktivaci parkovací brzdy a zablokování řazení (např. BMW X6 ActiveHybrid), s vozidlem pak nelze manipulovat [44].
- Elektrolyt HV baterie NiMH – pH cca 13,5, po nehodě běžně neuniká. V případě úniku je vhodné jej zneutralizovat (ocet, zředěná kys. boritá) [35, 38, 39]. Používat osobní ochranné prostředky.
- Pokud by HV baterie byla velmi poškozena (např. rozlomena, odhaleny moduly, odtržený kryt apod.) neměli bychom s ní z důvodu bezpečnosti manipulovat – ani vytahovat odpojovač.

Nedotýkat se HV kabelů a HV komponentů – ani po odpojení - hrozí úraz el. proudem. POUŽÍVAT INDIKÁTOR NAPĚTÍ !

3.4.2. Požár

Různí výrobci a organizace doporučují různé způsoby zásahu v případě požáru a ponoření, proto zde bohužel nemůže být popsána jednotná taktika pro zásah. Největší komplikace představuje požár, popř. i ponoření vozidla pod vodu. Tyto komplikace způsobuje HV soustava, jelikož zde může být i více než 600 V a v případě úrazu elektr. proudem by mohly být následky smrtelné. Jak bylo psáno výše, se zásahy s hybridními, popř. elektrickými vozidly, nebo vozidly s palivovými články nejsou téměř žádné zkušenosti, proto je nutné zde zasahovat velmi obezřetně, s ohledem na situaci a pokud to není nezbytně nutné, neprovádět žádné nebezpečné úkony a nijak nezasahovat do vysokonapěťové soustavy vozidla. Nebezpečí úrazu elektrickým proudem představují minimálně vždy poškozené odhalené živé části, poškozené HV komponenty, HV baterie a HV kabely. Na takovéto části se nesmí v žádném případě sahat a to ani po odpojení, ani po požáru, apod.

Níže jsou popsána jednotlivá doporučení několika výrobců vozidel a organizací, které se podařilo získat. Jednotlivé uvedené zdroje (podrobněji rozepsány v použité literatuře) jsou většinou doporučení jednotlivých výrobců ke konkrétním modelům vozidel, doporučení zahraničních organizací apod. Jak je vidět, doporučené postupy pro hašení se u jednotlivých zdrojů odlišují. Vyjádření některých výrobců (např. BMW, Mercedes-Benz) ohledně doporučeného postupu v případě požáru, nebo ponoření se do termínu vyhotovení těchto konspektů nepodařilo získat. Z těchto důvodů tato níže popsaná doporučení nemusejí být vhodná pro všechna již vyráběná vozidla, nebo vozidla, která se vyrobí v pozdější době, což platí i v případě ponoření vozidla, nebo jiné nebezpečné situace.

Zdroje [32, 34, 36] uvádějí, že hybridní vozidla v případě požáru nepředstavují žádná neobvyklá nebezpečí (což se neslučuje s některými názory jiných zdrojů).

Zdroje [71] doporučují jako vhodné hasivo vodu. V případě požáru HV baterie zdroj uvádí jako vhodné hasivo prášek, popř. CO₂.

Zdroje [87, 42, 89, 92] doporučují jako vhodné hasivo vodu, kromě požáru, kdy požár zasáhl i HV baterie (viz níže: A. POŽÁRNÍ ÚTOK a B. POŽÁRNÍ OBRANA).

Dle [68] se mohou NiMH baterie v případě požáru hasit „normálním“ způsobem (dle jejich slov). Hybridní vozidla VW je možno hasit práškem, pěnou i vodou.

Zdroj [33] doporučuje jako vhodné hasivo ABC prášek, popř. zalití velkým množstvím vody. V závislosti na místě požáru se může stát, že nedojde k vypnutí HV soustavy, proto je nutné po uhašení požáru HV systém odpojit (dle 3.4.4. Odpojení zdrojů elektrické energie). Zdroj dále uvádí, že žádná součást v systému IMA není výbušná.

Zdroj [37] uvádí, že pro malé požáry Li-ion HV baterií jsou vhodná suchá hasiva, CO₂, vodní sprcha, nebo pěna. U rozsáhlejších požárů se doporučuje vodní sprcha, mlha, nebo pěna.

Zdroje [86, 90, 91] doporučují jako vhodné hasivo prášek ABC, pokud je použita voda, je jí potřeba velké množství z bezpečné vzdálenosti

Při požáru HV baterie může docházet k vývoji vodíku, dle [90, 91, 30] – nutno zajistit větrání uzavřených prostor.

Zdroj [30] uvádí, že vhodným hasivem je prášek, suchá hasiva, popř. voda. Při hašení vodou může docházet k vývoji H₂. Některé druhy D prášků, které obsahují kovy (např. měď) mohou údajně při hašení HV baterií způsobovat nežádoucí reakce a rovněž vývoj plynného H₂.

Dle [31], pokud se požár nachází v místě vedení HV, mělo by se postupovat a doporučuje nechat daný HV komponent vyhořet. Neznamená to ale nechat dané vozidlo celé vyhořet, týká se to pouze částí s vysokým napětím. Má se udržovat bezpečný odstup a postupovat velmi opatrně při hašení sousedících součástí vodou.

Dle [87, 92, 30, 31, 38, 42] v případě požáru, kdy plameny zasáhly i HV baterii, nebo HV komponenty se doporučuje, aby velitel dle situace zvolil požární útok, nebo obranu:

A. **POŽÁRNÍ ÚTOK** – Zdroje [38] uvádějí, jako možnost z bezpečné vzdálenosti zaplavit HV baterii velkým množstvím vody.

Další zdroje [87, 92, 31, 42] uvádějí možnost v případě požáru zaplavit HV baterii vodou z bezpečné vzdálenosti, což ale vzhledem ke konstrukci HV baterie a bezpečnosti nedoporučují a raději doporučují ji nechat vyhořet. Konstrukce HV baterií způsobuje, že voda se k hořícím modulům NiMH baterie dostává jen obtížně, spíše by ochlazovala pouzdro baterie, ve kterém jsou jednotlivé moduly. Voda ochladí přiléhající NiMH moduly. Zbývající moduly, pokud se tímto neuhasí, samy vyhoří.

B. **POŽÁRNÍ OBRANA** - Některé zdroje uvádějí možnost nechat moduly NiMH HV baterie vyhořet [87, 92, 38, 42] a využívat proud vody k ochraně expozic, chladit okolní konstrukce.

Některé zdroje [89, 92, 37] doporučují, pokud hoří HV baterie, ji nechat vyhořet a využívat proud vody k ochraně expozic, chladit okolní konstrukce. Vedou je k tomu nejspíš tyto důvody:

1. Z důvodu bezpečnosti – HV systémy mohou pracovat s napětím např. i přes 600 V.
2. Moduly HV baterie jsou uvnitř kovového pouzdra, kde je pouze malý otvor, voda by se zde obtížně dostávala a hašení by bylo problematické. Za žádných okolností se nedoporučuje odstraňovat, odmontovávat, nebo nějak porušovat kryt HV baterie – hrozí úraz el. proudem.
3. Moduly NiMH HV baterie hoří rychle a rychle i vyhoří, [87, 92, 38].
4. Pokud necháme HV baterii vyhořet, nehrozí navíc únik a kontaminace elektrolytem.

VW uvádí [74] (jedná se pouze o příručku pro techniky VW), že na HV komponenty jejich vozidel nikdy nesmí být nikdy stříkána voda. Dle [68], ale smí být hybridní vozidla VW hašena i vodou.

Při požáru se nikdy nemůžeme stoprocentně spoléhat na spolehlivou funkci bezpečnostních prvků HV elektro-soustavy. Dle [89, 39, 37] může při požáru dojít k roztavení relé, které odpojuje v případě potřeby HV soustavu, v poloze, kdy je nefunkční... Dle [89, 39] bylo při testech zjištěno, že vozidlo zůstalo pod proudem i po požáru.

V metodickém listu 25/P Bojového řádu JPO, je zakázáno hašení el. zařízení nad 400 V vodou a do 400 V je hašení vodou povoleno jen ve zvláštních případech se speciálními technickými prostředky.

Při hašení by měla být voda odtékající z požářiště odkloněna od vodních zdrojů [87, 92, 31, 38].

Při požáru vždy používat DP !!

3.4.3. Ponoření vozidla do vody

V případě ponoření vozidla do vody jednotlivé zdroje rovněž doporučují rozdílné postupy.

Zdroj [86, 90, 91] uvádí, že pokud jsou tato vozidla ponořena ve vodě, nemají se odstraňovat z vody, dokud není jistota, že došlo k vybití HV soustavy (baterie). Ponořené HV soustavy (popř. HV baterie) údajně může provázet bubláni / syčení. HV soustava (popř. baterie) by mohla být vybitá v momentě, kdy přestane bubláni / syčení.

Dle zdrojů [87, 89, 71, 32, 34, 36, 39, 42] nepředstavuje ponořené hybridní vozidlo riziko úrazu elektrickým proudem a doporučuje se vozidlo vytáhnout z vody, vypustit vodu a odpojit standardním způsobem.

Zdroj [92] doporučuje vytáhnout vozidlo z vody, odpojit standardním způsobem.

V případě ponoření raději z důvodu bezpečnosti neodpojovat HV baterii od HV systému HV odpojovačem, ale spíše odpojit pouze 12V soustavu (klíček, 12V baterie, popř. pojistky) a v případě potřeby vyčkat na vybití HV systému. Opět zde samozřejmě platí pravidlo nesahat na HV kabely, HV baterie a HV komponenty, ani je nerozebírat, nedemontovat, nestříhat apod. Používat vhodné osobní ochranné pomůcky pro práci s el. zařízeními.

Pozor: pokud je vozidlo ponořeno ve vodě, nemusejí být jednotky schopny zjistit, zda bylo vozidlo automaticky odpojeno... [87]

3.4.4. Odpojení zdrojů elektrické energie

Způsoby odpojení elektr. energie ve vozidle:

Základem je vypnutí zapalování (klíčkem, start/stop tlačítkem), odnesení „dálkového“ klíčku od zapalování (pokud je jím vozidlo vybaveno), poté odpojit 12 V soustavu a potom v případě nutnosti, pokud je to možné (a pokud to doporučuje ERG příslušného vozidla) i HV soustavu pomocí HV odpojovače. Způsob odpojení elektr. soustav v různých vozidlech se může mírně lišit, principiálně by způsob odpojení mohl vypadat asi takto:

1. Vypnutí zapalování a odnesení „dálkového“ startovacího klíčku od vozidla (cca 16m)

2. Odpojení 12 V systému

A) Odpojíme mínus kabel 12 V baterie. To odpojí el. soustavu napojenou na 12 V baterii a zároveň rozezne relé, které odpojí HV baterii od HV soustavy. Tímto se vypne veškeré napájení ve vozidle (12 V i HV). Vozidlo ale není bez napětí okamžitě po odpojení, musí se nechat tzv. „vybít“. Vybití HV i 12 V soustavy trvá různě dlouhou dobu, dle typu vozidla. Např. u Toyoty Prius III trvá vybití 12 V soustavy cca 90 s a doba do vybití HV systému trvá cca 10 min., po odpojení 12 V baterie. HV baterie zůstává stále pod napětím.

B) Pokud nelze 12 V baterii odpojit, nebo nelze vypnout zapalování a odstranit klíček, vytáhneme příslušné pojistky z pojistné skříně (např. obr. 75), které odpojují HV soustavu od HV baterie. Pokud nevíme, o které pojistky se jedná (různí výrobci mají různé umístění a označení těchto pojistek), vytáhneme všechny pojistky z pojistné skříně. Vozidlo ale není bez

napětí okamžitě po odpojení, musí se nechat tzv. „vybít“. I přesto, že je 12 V soustava odpojena a tím by mělo dojít k odpojení celé elektrosoustavy ve vozidle (12V i HV), zůstává HV baterie stále pod napětím.

- 3. Odpojení HV systému od HV baterie (pomocí HV odpojovače)** – Vytáhneme speciální „HV odpojovač“ (dále jen odpojovač, obr. 63-64, 76-79, 63, 64, 82-84, 87, 90-94), který je umístěn na HV baterii, z jejího pouzdra. V HV odpojovači je HV pojistka. Po odstranění HV odpojovače dojde k přerušení průtoku el. proudu HV soustavou. HV soustava je tímto přerušena a rychleji vybitá, než při odpojení 12 V baterie a nemusí se čekat tak dlouhou dobu na „vybití“ systému. Odpojení HV soustavy neovlivní vybití 12 V soustavy, která je na HV téměř nezávislá. Tzn. když odpojíme HV soustavu od HV baterie, zůstává po tomto odpojení 12 V soustava (tedy i běžné systémy vozidla včetně PBS) napájena stále 12 V baterií. HV baterie je stále pod napětím.

Umístění a způsob manipulace s HV odpojovačem je u různých značek vozidel odlišný, proto jsou v části: 3.5. HYBRIDNÍ SYSTÉMY, ODLIŠNOSTI ZNAČEK – ODPOJENÍ HV SOUSTAVY, popsány a znázorněny způsoby odpojení HV systémů různých značek.

Některé zdroje neuvádějí v „příručkách pro hasiče“ možnost odpojit HV soustavu od HV baterie pomocí HV odpojovače, i když u většiny vozidel takovýto odpojovač je instalován. Je to pravděpodobně z toho důvodu, že u některých značek může s tímto odpojovačem manipulovat pouze jimi vyškolená osoba (technik dané značky) s odpovídajícími ochrannými prostředky, která před prací na HV systému zároveň potvrdí odpojený stav, což v podmínkách zásahu není reálné. Proto jsou zde níže popsány způsoby, jak manipulovat s odpojovačem u většiny značek, které se podařilo získat. Je třeba mít na paměti, že se jedná o systémy, kde bývá napětí někdy převyšující i 600 V a proto bychom se k tomu měli chovat odpovídajícím způsobem. Pokud se i přesto rozhodneme manipulovat s HV odpojovačem, měli bychom mít k tomu vhodné ochranné pracovní prostředky a vhodné podmínky.....

Odpojením HV soustavy od HV baterie - jak 12 V baterií, tak i HV odpojovačem, nijak neovlivníme fakt, že HV baterie je stále pod napětím. Odpojením jsme pouze zabránili průtoku el. proudu z HV baterie do ostatního HV systému.

Nejprve je tedy vhodné odpojit 12 V baterii (odpojí se tímto 12 V i HV soustava) a poté v případě nutnosti HV soustava pomocí HV odpojovače (jak bylo psáno výše, u některých značek vozidel by měla s HV odpojovačem manipulovat pouze jimi proškolená osoba).

Ke zjištění stavu vybití el. soustavy a v případě nejasností je vhodné používat vhodný indikátor napětí

Před odpojením elektrosoustavy je vhodné, pokud je potřeba, otevřít el. otevíratelný kufr, posunout podle potřeby el. ovládaná sedadla, stáhnout el. ovl. okna. Pokud bychom to neprovedli, nepůjde s nimi poté pravděpodobně již manipulovat (můžeme potřebovat při vyprošťování. V kufru je většinou HV baterie s HV odpojovačem, lze jej většinou ještě otevřít i zevnitř), apod.

Příklady doporučených postupů odpojení konkrétních vozidel:

Postup, jak odpojit elektrické soustavy ve vozidlech, popsaný výše, je obecný. Jak již bylo psáno, konkrétní modely vozidel mívají od svých výrobců doporučovány způsoby odpojení, které se od výše popsaného způsobu mohou mírně odlišovat. Abych zde popsal přesné postupy doporučované výrobcí ke všem konkrétním modelům vozidel, není účelné, jelikož je jich mnoho a stále nová vznikají. Přesto jsou níže ve zkrácené formě uvedeny postupy odpojení doporučované několika konkrétními zdroji.

Dle [83, 41, 86, 90, 91], 1. Vypnout zapalování + odstranit klíček; 2. Odpojení 12V baterie; 3. Vyjmutí HV odpojovače

Dle [92], 1. Vypnout zapalování + odstranit klíček; 2. Odpojení 12V baterie; 3. Vyjmutí HV odpojovače. Pokud nelze provést krok 1, nebo 2, tak vytáhnout příslušné pojistky z pojistné skříně (popř. všechny).

Dle [84, 85], 1. Vypnout zapalování + odstranit klíček; 2. Odpojení 12V baterie; 3. Vyjmutí HV odpojovače, pokud to doporučuje ERG daného vozidla.

Zdroje [35, 42, 87,89] doporučují tyto 2 varianty:

A: 1. vypnout zapalování + odstranit klíček (5m); 2. odpojení 12V baterie, nebo:

B: (pokud není přístup k „zapalování“): 1. odpojení 12V baterie, 2. vyjmutí příslušných pojistek z pojistné skříně (popř. všechny, pokud nevíme které to jsou, obr. 75)

U některých modelů je možnost v případě potřeby odpojit HV odpojovač, ale někteří výrobci to v „doporučeném postupu pro hasiče“ neuvádějí, jelikož by s tímto měla manipulovat odborně vyškolená osoba s vhodnými ochrannými prostředky.

Dle [71], 1. Vypnout zapalování + odstranit klíček; 2. Odpojení 12V baterie; 3. Nutno odpojit 12V konektor (nachází se na levé straně HV baterie – v zavazadlovém prostoru). Jakékoliv další způsoby odpojení by měl provádět vyškolený personál.

Dle [75], 1. Vypnout zapalování, (2. odpojení 12V bat. – není uvedeno), 3. HV odpojovač.

Dle [32, 34, 36], 1. Vypnout zapalování + odstranit klíček; 2. Odpojení 12V baterie; (nebo odpojit 12V baterii a vyjmout příslušné pojistky z pojistné skříně, popř. všechny, pokud nevíme, které to jsou), nebo u Hondy CR-Z a Insight (2010-2011) doporučuje odpojit 12V baterii a odpojit kabel DC-DC měniče z kladného polu 12V baterie.

Dle [38], 1. Vypnout zapalování + odstranit klíček; 2. Odpojení 12V baterie; 3. vyjmout příslušné pojistky z pojistné skříně, popř. všechny, pokud nevíme, které to jsou.

Některá vozidla jsou vybavena (nejčastěji na střeše, např. Toyota Prius III) solárními „panely“. Dle [35, 42] solární panely na Toyotě Prius III dodávají max. 27V a 3,6 A, nejsou propojeny s HV soustavou ani 12 V baterií a slouží pouze pro napájení ventilátoru klimatizace. Abychom zabránili solárnímu systému vyrábět elektřinu, musíme tyto solární „panely“ zakrýt, pak by během chvíle měly být bez energie.



Obr. 75, [35].

Obr. 76

Obr. 77

Obr. 78, [83].

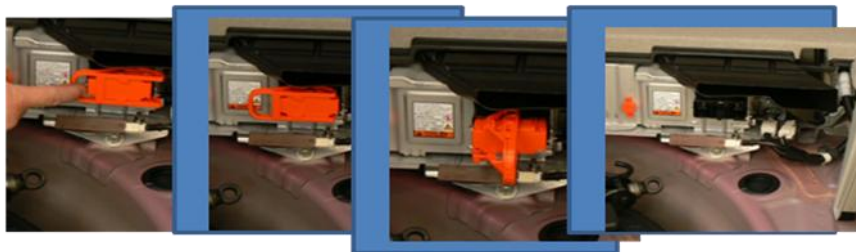
3.5. HYBRIDNÍ SYSTÉMY, ODLIŠNOSTI ZNAČEK – ODPOJENÍ HV SOUSTAVY

Každá značka automobilů vyrábějící hybridní vozidla (např. Toyota, Honda, ...), používá u svých modelů (např. Prius, CR-Z, Camry, ...) v podstatě stejný hybridní systém, který se ale u různých značek odlišuje. Odlišnosti bývají spíše pouze u velikosti a rozmístění hybridních komponent (různě velké napětí, umístění HV baterií, apod.) s ohledem na potřeby konkrétního typu vozu. To je pro nás výhodou, protože se nemusíme zabývat přímo konkrétními typy, ale víme, které značky mají jaké zvláštnosti a bezpečnostní komponenty a jak se k nim zachovat. Jak bylo psáno v části 3.4.4. Odpojení zdrojů elektrické energie, tyto způsoby odpojení HV systému od HV baterie (pomocí HV odpojovače) nemusejí být v souladu s některými doporučeními od výrobce daného vozidla pro hasiče. U některých značek by totiž měla s HV odpojovačem manipulovat pouze jimi proškolená osoba, která však na místě zásahu jistě nebude... Proto jsou zde pro přehled uvedeny HV systémy hybridních vozidel vybraných konkrétních značek, které se v současnosti používají a způsob jejich odpojení (nebete se zde v potaz odpojení 12V soustavy), který je potřeba znát pro případ zásahu JPO.

3.5.1. Toyota, Lexus, (Nissan)

Přímé označení: Hybrid Synergy Drive. U Lexus je za typovým označením malé písmeno „h“ (např. RX 450h)

Na HV baterii se nachází HV odpojovač. HV baterie se nachází většinou pod zadními sedadly, nebo v zavazadlovém prostoru. Způsob odpojení: viz. obr. 79, odjistit úchop posunutím do strany, sklopení úchyty o 90° (kolmo k baterii) a vytáhnout odpojovač tahem k sobě (kolmo k baterii). [47].



Obr. 79

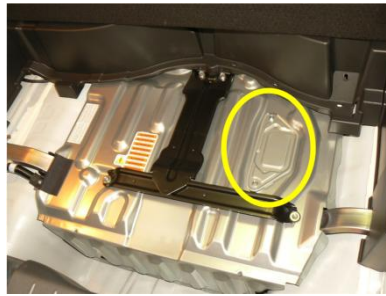
3.5.2. HONDA

Přímé označení: IMA, Hybrid

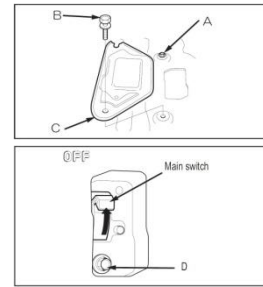
HV systém se od HV baterie odpojuje přepnutím spínače na HV baterii. Spínač bývá umístěn pod krytem na vrchní straně HV baterie (obr. 81 -ve žlutém kolečku, obr. 82), který je nutno odšroubovat. HV baterie se nachází v zavazadlovém prostoru [46, 33].



Obr. 80



Obr. 81



Obr. 82, [33, 46].

3.5.3. BMW

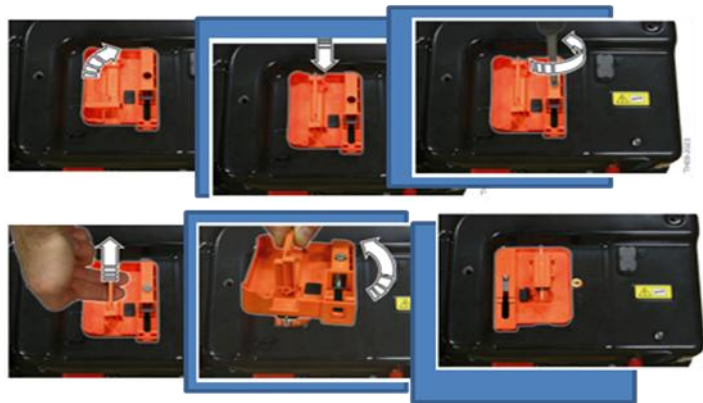
Přímé označení: ActiveHybrid

Používá Li-ion (X6) i NiMH (7 řada) HV baterie. Pro chlazení HV Baterie se používá medium z klimatizace – vozidla tedy nepotřebují (a nemají) otvory v konstrukcích poblíž HV baterie pro její chlazení.

Odpojovač HV baterie se nachází na HV baterii a je nutno nejprve 1. odklopit držák, 2. posunout konektor, 3. odšroubovat z něj šroub, 4. vyjmout odpojovač, 5. zajistit, aby ho nikdo nevložit omylem zpět..., dle obr. 84 (BMW X6 ActiveHybrid). Dalším prvkem odpojujícím HV soustavu je u BMW X6 ActiveHybrid konektor na krytu motoru, který je před sundáním krytu nutno odpojit, jinak nelze kryt odstranit – tento konektor je však nenápadný, není nijak označen a neměli bychom se na něj tedy spoléhat [44, 73, 103]. U hybridního modelu BMW řady 7 ActiveHybrid je HV systém mírně odlišný, není zde klasický HV odpojovač, jako u modelu X6. Pro odpojení je nutno rozpojit černý 12V konektor u HV baterie, obr. 83 - nahoře odpojovací konektor, dole HV baterie, [44, 103].



Obr. 83, [103].



Obr. 84, [73].

3.5.4. Mercedes Benz

V Evropě je v současnosti k dispozici pouze model S 400 Hybrid. Jedná se o mild-hybrid. HV baterie (obr. 85, 86) se nachází v motorovém prostoru a nemá žádný konstrukční HV odpojovač, který by bylo možno vyjmout. Veškerá elektroinstalace by se měla odpojit s vytažením startovacího klíče ze zapalování, nebo automaticky po signálu z řídicí jednotky (např. při nárazu). Odpojení probíhá automaticky stykači a v případě nehody zasáhnou rychlovybíjecí systémy, vozidlo by mělo být „vybito“ [45] do několika s., s bezpečnostní rezervou do 1 až 2 min.



Obr. 85 – HV baterie je pod č. 1, [72, 101].



Obr. 86, [72, 101].

3.5.5. Porsche

Porsche má v současné době hybridní modely Cayenne (obr. 87-89) a Panamera.

Pro odpojení HV soustavy je nutno odpojit 12V konektor (nachází se na levé straně HV baterie – v zavazadlovém prostoru), obr. 87.

HV soustava by se měla vybit do 20 s od odpojení. Z důvodu bezpečnosti počítejte s časovou rezervou. Jako u ostatních hybridních vozidel, i zde po odpojení HV soustavy je až do odpojení 12 V baterie, pod napětím 12 V soustava, tedy i PBS.



Obr. 87, [71].



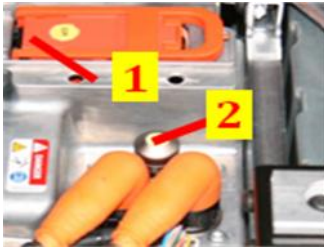
Obr. 88, [71].



Obr. 89, [71].

3.5.6. Volkswagen

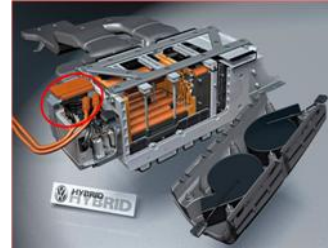
HV baterii (v zavazadlovém prostoru) je možno od HV systému odpojit vytažením „údržbového“ konektoru (=HV odpojovač, obr. 90, 92) (na obr. 90, pod č. 1), tento konektor je stejný jako u vozidel Toyota / Lexus, tedy se s ním i stejně manipuluje. Na obr. 91 je 12V konektor od řídicí jednotky HV baterie – pokud ho rozpojíme, rovněž by mělo dojít k odpojení HV soustavy od HV baterie – v tomto případě ale nejde o fyzické rozpojení soustavy jako v případě HV odpojovače, ale pouze by se tímto měla soustava automaticky odpojit, [75, 68, 104].



Obr. 90, [75]. 1-Údržbový – (odpojovací) konektor



Obr. 91, [104].



Obr. 92, [75].

3.5.7. Některé další značky:



Obr. 93 Mazda, Ford[85].

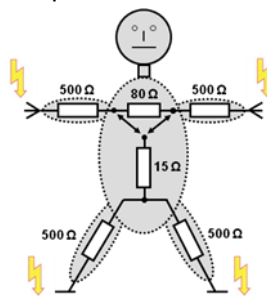


Obr. 94 – Saturn

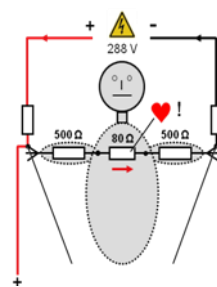
3.6. Nebezpečí úrazu elektrickým proudem u hybridních a elektrických vozidel

Dle [74].

- Pozor na vlhké HV komponenty, zejména, když jsou znečištěny solí (sůl s vodou vytváří elektrolyt)
- Nebezpečné je střídavé napětí od 25 V a stejnosměrné napětí od 60 V.
- Maximální dotykové napětí (platné v Německu) je 50 V střídavých a 120 V stejnosměrných.
- Při průchodu tělem průchodovým proudem od 5mA („elektrizace“), je cítit svědění/ svrbění, zdroje se lze pustit.
- Při průchodu tělem průchodovým proudem od cca 10 mA a výše probíhají stahy těla/ svalů, zdroje se nelze pustit, čímž se značně prodlouží doba, kdy působí proud na organismus.
- Působení střídavého proudu 30-50 mA po delší dobu způsobuje zástavu dýchání a poškozuje krev
- Cca 80 mA je smrtelná dávka.
- Při elektrizaci působí elektr. proud na různé části těla rozdílně (obr. 95).



Obr. 95, [74].



Obr. 96, [74].

Příklad: zranění stejnosměrným proudem 288 V, dle [74], (obr. 96).

Hlavní odpor je velmi rozdílný (rohovina, vlhkost, vodivost...)

Odpor kůže se při napětí **vyšším jak 100 V blíží 0 Ω!**

Příklad proud v těle:

$$I = U/R = 288 \text{ V}/1080 \text{ } \Omega = \mathbf{0,27 \text{ A (270mA)!}$$

U střídavého proudu je čas působení již po cca. 10–15 ms na srdce smrtelný! (vibrace komor srdce)

Působení elektrického proudu na organismus, dle [74]:

- Při průchodu vyššího proudu tělem dojde ke křečovitým reakcím svalů. Při zasažení hrudníku elektrickým proudem dochází k srdeční fibrilaci a k zástavě dechu. Nejnebezpečnější je spojení přes levou ruku a pravou nohu! Šoková reakce způsobuje nekontrolovatelné pohyby, vrávorání. Dochází rovněž k popáleninám, zuhelnatění v místech kontaktu a přetížení ledvin. Krev se začne rozkládat, vzniká silná otrava, která se může projevit až po několika dnech.

Působení elektrického proudu na materiály, dle [74]:

- Používané nářadí se může prudce ohřát až k tavení materiálu.
- Při krátkém spojení se kovové části se prudce nataví, tvorba jisker s teplotou drobných částic až 5000°C!
- Při připojování a odpojování HV vedení, která jsou pod proudem může vznikat elektrický oblouk

4. VOZIDLA S PALIVOVÝMI ČLÁNKY

Jedná se o vozidla poháněná elektromotory, kde elektrickou energii vyrábějí palivové články spalováním plynného paliva (nejčastěji stlačený H₂, popř. CNG). Může se jednat o vozidla s jen elektrickým pohonem, nebo vozidla s elektromotory i se spalovacím motorem. Jsou to v podstatě speciální hybridní (popř. elektrická) vozidla mající vysokonapěťovou soustavu i plynovou soustavu.

Vysokonapěťové palivové články pracují na principu reakce paliva (nejčastěji se jedná o plynný vodík, popř. zemní plyn) se vzdušným kyslíkem. Vedlejšími produkty jsou v případě paliva vodíku vznik tepla a vody.

Základní princip funkce vozidel s paliv. články: z plynové nádrže jde plyn (např. vodík) do palivového článku, kde při reakci se vzduchem vzniká elektrická energie. Elektrickou energii využívají elektromotory, které primárně pohánějí vozidlo. Přebytek el. energie „jde“ HV kabelama do HV baterie (popř. ultrakapacitoru, apod.), odkud ji elektromotory a ostatní HV komponenty zase v případě potřeby odebírají. Rozdíl oproti hybridním vozidlům je v tom, že elektrickou energii nevyrábí spalovací motor, ale palivový článek, který je zde vzhledem k hybridům „navíc“.

Princip manipulace s těmito vozidly by měl být obdobný, jako u hybridních vozidel, ovšem s ohledem k plynové soustavě, zejména pokud se jedná o vodík. Více o vodíku je popsáno v části: 5.6. VODÍK (H₂) – BEZPEČNOSTNÍ INFORMACE.

4.1. Identifikace

Jelikož se jedná v podstatě o speciální hybridní vozidla (popř. elektrická), jsou zde identifikační prvky podobné jako u hybridních vozidel. Navíc jsou zde tyto prvky:

- Loga a nápisy na vozidle - zkratky slov Fuel Cell Hybrid (Electric) Vehicle: FCHV, FCEV, FCV,... (Fuel Cell = palivový článek)
- Neobvyklý motorový prostor.

- Plynová nádrž (jedna, nebo více) – pod vozidlem, popř. v zavazadlovém prostoru (obr. 99).
- Vozidla na vodík mívají senzory pro detekci úniku vodíku – signalizace blikáním diod, pípáním, popř. nápisy na palubní desce...
- Palivový článek – umístění v motorovém prostoru, u plynových nádrží, u elektromotoru, popř. jinde (obr. 98, 99).
- Vysoko-napěťová baterie (HV baterie – jako u hybridních vozidel, obr. 98, 99)
- Plnicí hrdlo plynové nádrže, obr. 97, 99.

Nemusí se shodovat ve všech uvedených bodech, popř. mohou být i jiné zvláštnosti.

Konstrukční provedení může být u různých značek odlišné, princip funkce však bývá většinou stejný. Pro lepší pochopení zde bude popsáno přímo konkrétní vozidlo s palivovými články od výrobce Toyota, aby zde mohly být uvedeny konkrétní hodnoty a problémy.

4.2. Toyota FCHV

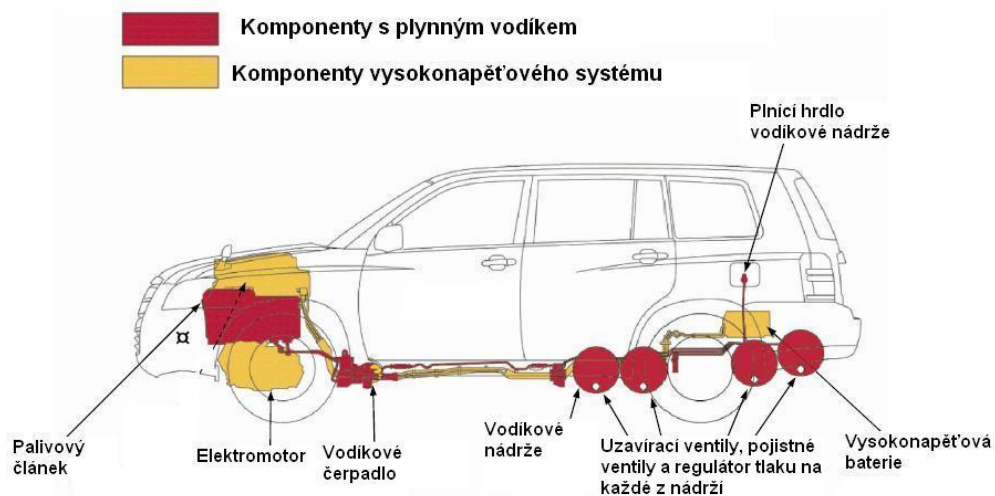
Jedná se o první sériově vyráběný vůz s palivovými články, který se v komerčním provozu objevil už v r. 2002. Nová generace tohoto vozu (FCHV –adv.) oproti stávajícímu modelu snížil spotřebu paliva o 25 % a na jedno natankování dokáže ujet až 830 km. Vozidlo v palivových člancích spaluje vodík (stlačený na 700 bar), takže neprodukuje žádné emise.



Obr. 97, [51].



Obr. 98, [50].



Obr. 99, [49].

4.2.1. Toyota FCHV používá tyto základní komponenty [49-53].

- Několik (většinou čtyři) tlakových nádrží s vodíkem stlačeným na tlak 350 bar (u vozidel FCHV – adv. je to 700 bar, 156 l objem nádrže). Každá z nádrží má regulátor tlaku s uzavíracím ventilem a tepelnou pojistkou.
- Regulátor, uzavírací ventil nádrže a tepelná pojistka – nádrže jsou polohovány napříč vozidlem a na každé z nich je z levé strany osazena regulátorem tlaku, elektromagnetickým ventilem (uzavírá tok H₂ z nádrže v případě potřeby) a tepelnou pojistkou (tavná pojistka – při 110oC samostatně otevře otvor pro únik plynného H₂).
- Vodíkové potrubí – z nerezové oceli, z důvodu identifikace obarveno červeně.
- Vysokonapěťový palivový článěk (400 V, DC), umístěn v motorovém prostoru.
- Vysokonapěťová baterie NiMH (274 V, DC).
- Elektromotor – v motorové části, je řízen PCU, pohání vozidlo, 3-fázový.

Vše na obr. 99.

4.2.2. Bezpečnostní informace o vozidle Toyota FCHV [49-53].

Pro přehlednost je zde uvedeno, jakými bezpečnostními prvky bývají takováto vozidla vybavována. Jak je vidět, bezpečnostní prvky jsou hodně podobné, jako u klasických hybridních vozidel, ovšem navíc s prvky, které jsou pro vozidla s palivovými články charakteristické. Opět je zde popisováno konkrétní vozidlo Toyota FCHV.

Všechny komponenty obsahující H₂, nebo vysoké napětí, jsou izolované od kabiny a umístěné pod podlahu (s výjimkou vysokonapěťové baterie).

Všechna běžná elektrická zařízení, jako jsou světlá, rádio, měřicí systémy, SRS, apod. jsou napojena na samostatnou, běžnou 12 V baterii a jsou nezávislá na vysokonapěťovém systému.

Pro umožnění identifikace, jsou potrubí a nádrže obsahující H₂ zbarveny červeně. Vysokonapěťové kabely, jsou stejně jako u hybridních vozidel označeny oranžově a jsou izolovány od podvozku. Tato vedení a kabely jsou směřována pod podlahu směrem ke středu vozidla k výtuhám. Nádrže a potrubí H₂ a vysokonapěťové kabely pod vozidlem jsou chráněny kryty.

Všechny části obsahující H₂, jsou testovány na 1,5 násobek provozního tlaku.

Stav tlaku a teploty v nádržích sleduje kontrolní jednotka monitorovacího systému vozidla a automaticky uzavře ventily nádrží, jestliže:

- Vozidlo je vypnuto (kontrolka „READY“ nesvítí)
- Je detekován vysoký tlak v nádržích, nebo velký únik plynu ze systému
- Pokud budou aktivovány airbagy, nebo vyšle signál nárazové čidlo na palivovém článku
- Pokud jeden ze 4 vodíkových senzorů zjistí akumulaci H₂
- Pokud není dobře uzavřena palivová nádrž, nebo je detekovaná porucha

Kontrolní jednotka monitorovacího systému vozidla sleduje rovněž i stav vysokonapěťového systému, v případě poruchy zastaví průtok el. proudu z palivových článků a z vysokonapěťové baterie. Průtok el. proudu je ovládán přes relé ovládané pomocí 12V baterie. Rovněž pokud je vozidlo vypnuto, relé odstaví vysokonapěťový systém z činnosti.

Relé automaticky sepne a přeruší vysokonapěťovou el. soustavu, tedy tok el. proudu z palivových článků a z vysokonapěťové baterie pokud:

- Vystřelí airbagy, nebo vyšlou impuls nárazová čidla
- Pokud není dobře uzavřena palivová nádrž, nebo je detekovaná porucha

Všechny napájecí vysokonapěťové kabely jsou izolovány, v případě zkratu zasáhne vysokonapěťová pojistka.

Vysokonapěťový systém může být po odpojení vozidla až 5 min pod napětím, systém pasivní bezpečnosti cestujících (airbagy, předpínače pásů...) může být pod napětím až 90 s po odpojení.

Pokud je vozidlo v režimu „READY“ (kontrolka na palubní desce), je vozidlo v pohotovostním režimu a je připraveno k jízdě.

Když svítí indikátor „READY“ na palubní desce:

- Do vodíkové soustavy vozidla protéká H₂.
- Vysokonapěťové systémy vozidla jsou pod napětím.

Když nesvítí indikátor „READY“ na palubní desce:

- Elektromagnetické ventily automaticky uzavřou ventily H₂ nádrže.
- Vysokonapěťové systémy jsou vypnuty, vysoké napětí je pouze ve vysokonapěťové baterii.
- V provozu jsou pouze systémy napojené na 12 V baterii.

Pozn.: Rovněž v ČR se můžeme setkat s vozidly s palivovými články. Například zde jezdí autobus s vodíkovými palivovými články TriHyBus, nebo také koncept Opel HydroGen 4. Z důvodu rozsáhlosti těchto konspektů zde o nich nebudou rozepsány podrobnější informace. V případě příslušníků HZS, kteří se o tomto vodíkovém autobuse budou chtít dozvědět více informací, je možné kontaktovat autora těchto konspektů.

5. VOZIDLA S VYSOCE PODCHLAZENÝMI ZKAPALNĚNÝMI PLYNY

Jedná se o vozidla spalující plynná paliva, která jsou ve speciálních nádržích ve vozidle za velmi nízkých teplot zkapalněna. Jedná se zejména o **LNG** (Liquefied Natural Gas – zkapalněný zemní plyn. Uskladněn při -162°C), nebo **LH2** (Liquefied Hydrogen – zkapalněný vodík. Uskladněn při -253°C). Tyto systémy bývají ve vozidlech v kombinaci s běžnými (benzín / nafta) motory a pro provoz na plyn jsou vhodně konstrukčně upraveny. Principiálně jsou tato vozidla obdobná jako vozidla s CNG a LPG, ovšem s tím rozdílem že palivo zde není uchováváno pod tlakem, ale je zde velmi nízkou teplotou **zkapalněno**, což vyžaduje další speciální technické prvky.

5.1. NEBEZPEČÍ

- Únik plynu, požár, výbuch (při selhání bezpečnostních pojistek) plynové nádrže / soustavy při poškození.
- Výšleh dlouhého plamene (dle tlaku) ve směru otevření bezpečnostních (tlakových, popř. tepelných) pojistek. Směr výšlehu plamene může být ovlivněn změnou tvaru konstrukce vozidla po nehodě, apod.
- Vytváření výbušné koncentrace.
- Nebezpečí vzniku BLEVE (exploze nádrže v důsledku velkého nárůstu tlaku vlivem prudkého odpaření a expanze par).
- Možný dvoufázový únik paliva.
- Z 1l kapalného H₂ se vytvoří 850 l plynného H₂. Z 1l kapalného CH₄ (hlavní složka zemního plynu) se vytvoří 630 l plynného CH₄. (Při běžném atmosférickém tlaku a 15°C). [21, 62].
- Nebezpečí omrzlin, popř. podchlazení, udušení.
- U těchto vozidel se běžně počítá s únikem paliva v případě, že vozidlo není delší dobu v provozu. Tento únik je konstrukčně řešen např. únikovou klapkou ve střeše vozidla, popř. spalováním unikajícího plynu v malých palivových člancích. Uniklý plyn se může hromadit v uzavřených prostorech (zemní plyn i H₂ jsou lehčí než vzduch)
- Nebezpečí kumulace plynu v uzavřených prostorech – např. v zavazadlovém prostoru vozidla, v kabině,...
- Vodíkový plamen je nesvítlivý a na denním světle téměř neviditelný – nebezpečí popálení.
- Zejména vodík je velmi snadno iniciovatelný (stačí velmi nízká iniciační energie).

5.2. IDENTIFIKACE

- Jedna popř. více tlakových nádrží. Umístění nejčastěji v zavazadlovém prostoru, popř. pod vozidlem (obr. 100-103, 105, 110, 111, 115, 116).
- Plnicí ventil plynové soustavy (obr. 109, 112, 113).
- Loga, nápisy, např.: Liquefied, LNG, LH2, CoolLH2, Liquid Hydrogen, apod. (obr. 104, 107, 114).
- Neobvyklé „otvory, popř. víka“ ve střeše (úniková klapka) (obr. 103, 109, 111, 116).
- Neobvyklé nápisy na palubní desce informující o úniku plynu: např. H₂, hydrogen, evacuate vehicle, apod. (obr. 107).
- Neobvyklé přepínače v kabině, pro přepnutí paliva (např. H₂ / benzin (diesel)), obr. 108.
- Neobvyklé diody, kontrolky (např. ve dveřích, na palubní desce, ..., mohou blikat) pro signalizaci úniku plynu (obr. 107, 109, 117).
- Tvoření mlhy, popř. námrazy v místě úniku (např. na střešní únikové klapce)

Nemusí se shodovat ve všech uvedených bodech, popř. mohou být i jiné zvláštnosti.

5.3. ZÁSAH U VOZIDEL S PODCHLAZENÝMI ZKAPALNĚNÝMI PLYNY

- K vozidlu vždy přistupovat **po větru**, s expoziometrem, měřit koncentraci.
- Všimnout si charakteristických známek úniku plynu – syčení, zápach, mlha,...
- V místě úniku se tvoří námraza.
- Při úniku plynu, popř. požáru uzavřít místo zásahu, zamezit přístupu nepovolaných osob.

- Uzavřít ruční uzavírací ventily plynové nádrže.
- Při požáru pravděpodobně dojde k nárůstu tlaku v nádrži a ke spuštění tlakové, popř. tepelné pojistky. Následuje vypuštění plynu z nádrže, iniciace a výsledek dlouhého plamene - ohrožení zasahujících jednotek.
- V případě selhání bezpečnostních pojistek (tlakové, popř. tepelné pojistné ventily, pokud je jím vozidlo vybaveno) je zde nebezpečí výbuchu – zasahovat z bezpečné vzdálenosti, krýt se za překážky, popř. použít k ochlazování přenosné monitory.
- V případě požáru při úniku plynu, je vhodné nechat plyn kontrolovaně vyhořet a ochlazovat nádrže, vozidlo a okolní objekty. Zamezí se tak vytváření výbušné koncentrace.
- Při vyprošťování dávat pozor na umístění potrubí s palivem, popř. odvětrávací potrubí – nestříhat, nedeformovat – může obsahovat zbytkový H₂.

TAKTIKA ZÁSAHU

Postupovat obdobně, jako u vozidel s klasickými plyny (CNG, LPG), ovšem s ohledem na fakt, že se jedná o plyny v kapalně fázi, které jsou zkapalněny velmi nízkou teplotou. Předvídat, jak se budou z fyzikálního hlediska chovat a zohlednit plynovou soustavu s vysoce podchlazenými zkapalněnými plyny a to zejména superizolační nádrže a systémy odparových a pojistných ventilů.

K vozidlu se přibližovat s expozimetrem, s čidlem pro detekci příslušného plynu, a měřit v místech, kde by se mohl plyn nacházet (dle hustoty plynu). Přibližovat se po větru (aby se jednotky nedostaly do oblaku uniklého plynu – pro případ iniciace). Počítat s možností kumulace plynu ve vnitřních částech vozidla. Nebezpečí vzniku BLEVE.

V případě porušení nádrží, nebo soustavy s vysoce podchlazenými zkapalněnými plyny by docházelo k úniku plynné popř. i kapalně fáze a k prudkému odparu. V místě úniku se může tvořit námraza, popř. ledová vrstva.

Pokud to lze, uzavřít ventily plynové nádrže. Otevřít dveře vozidla, aby se plyn odvětral, popř. aby se dostal čerstvý vzduch k cestujícím. Pokud by bylo vozidlo v požáru, dát pozor na špatně viditelné plameny vodíku, jejich dosah, používat termokameru. Na požár je nejvhodnější použití vody ve formě sprchy, popř. mlhy. Při hašení unikajícího plynu z nádrže je lépe nechat plyn kontrolovaně vyhořet a z bezpečné vzdálenosti chladit nádrž a ohrožené konstrukce vozidla vodou. Vhodné je použití přenosných monitorů, aby se eliminovalo nebezpečí ohrožení osob možným výbuchem. Dát pozor, aby zasahující jednotky neuhasily plamen, čímž by se plyn mohl začít akumulovat a tvořit výbušné koncentrace. Pak by mohlo dojít k opětovnému vznícení, popř. iniciaci nahromaděné směsi a následnému výbuchu. V případě požárů nádrží se zkapalněnými plyny (LNG, LH₂), popř. s kapalinami s nízkou teplotou varu vzniká nebezpečí BLEVE, viz. výše kapitola: 2.1.1. BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion).

V případě, že by došlo i k úniku kapalně fáze, docházelo by vzhledem k velkému rozdílu teplot k rychlému odpařování. Nízkou teplotou zkapalněný plyn se prudce odpařuje, kapalná fáze má snahu zatékat do níže položených míst – kanály apod., tvoření výbušné koncentrace. Pozor na vdechnutí studených par, nebo kontaktu s kryogenní (vysoce podchlazenou) kapalinou – nebezpečí poškození plic, očí, podchlazení, omrzlin, udušení, apod. Vodík bude rychle unikat i malými otvory a rychle se rozptylovat, vzhledem k jeho difuznímu koeficientu.

Při vyprošťování dávat pozor na umístění potrubí s palivem, popř. potrubí odparového systému – nestříhat, nedeformovat (může obsahovat zbytkové množství plynného paliva).

Nejznámnějším zástupcem těchto vozidel je vozidlo BMW Hydrogen 7, proto zde budou (v části 5.5. BMW Hydrogen 7) pro lepší názornost popsány bezpečnostní systémy a informace důležité pro zásah jednotek PO, týkající se tohoto konkrétního vozidla.

5.4. Nádrže na zkapalněný vodík (LH2, CoolH2)

Uchování H_2 v kapalném stavu při $-253\text{ }^\circ\text{C}$ je možné díky speciální nádrži. Jedná se o super-izolační nádrže označované jako LH2 (obr. 100-103, 105, 110, 111, 115, 116), popř. CoolH2 (obr. 101) nádrže (dále jen LH2 nádrž). LH2 nádrž u vozidla BMW 7 Hydrogen má objem cca 170l a je v ní cca 8kg H_2 . Tato superizolační nádrž musí uchovávat vodík pod mínus $253\text{ }^\circ\text{C}$ při běžných podmínkách, což způsobuje určité problémy a to i z hlediska bezpečnosti. Počítá se zde totiž s běžným únikem vodíku, pokud vozidlo delší dobu není v provozu. Nádrž je konstrukčně řešena jako dvojitá z několika vrstev hliníku a skelných vláken o tloušťce stěny cca 3 cm, mezi nimiž je vakuum, nebo spec. plyn. Superizolační nádrž odpovídá z tepelně – izolačního hlediska cca 17 m silné vrstvě polystyrenu. (Výrobce uvádí, že pokud by se nádrž vyplnila horkou kávou, trvalo by 80 dní, než by káva vychladla na teplotu, kdy by se již dala pít), [95].

I přes tyto super-izolační vlastnosti, velký tepelný rozdíl kapalného vodíku a okolí způsobuje, že se po cca 17 hod. (některé zdroje uvádějí 3 dny) (v nově konstruovaných nádržích se tato doba podařila prodloužit na několik dní), kdy během této doby vozidlo není v provozu, začíná malé množství vodíku odpařovat. Aby nedošlo ke kritickému nárůstu tlaku vlivem odpařování kapalně fáze (a tím zvyšování tlaku), kdy by hrozilo roztržení nádrže a exploze, je třeba tento tlak zredukovat. K tomu se využívá řízeného vypuštění odpařeného H_2 do atmosféry střešní klapkou (přes tzv. „odparový ventil“). Vše musí být samozřejmě konstrukčně vyřešeno s přihlédnutím k extrémním podmínkám, jako požár, popř. výbuch v okolí vozidla atd. Pokud by docházelo k rychlejšímu nárůstu tlaku a tím k vyššímu nárůstu tlaku v nádrži, dojde k otevření dalšího speciálního pojistného (přetlakového) ventilu a k upuštění tlaku vypuštěním H_2 potrubím ven spodní částí vozidla vzadu, obr. 118.

Konstrukce super-izolační nádrže je znázorněna na obr. 100-102. V průběhu plnění jsou kryogenní plnicí ventil (7) a kryogenní zpětný ventil (8) otevřeny. Kapalným vodíkem teče přes spojku (3) do vnitřní nádrže (2). Aby nebyl v nádrži překročen tlak, odpařený H_2 ve vnitřní nádrži teče přes kryogenní zpětný ventil zpět do čerpací stanice. Po skončení plnění se oba kryogenní ventily zavřou. Mezi vnitřní (2) a vnější nádrží (1) je tzv. super-izolace, stará se o udržení vnitřní teploty nádrže na $-253\text{ }^\circ\text{C}$.

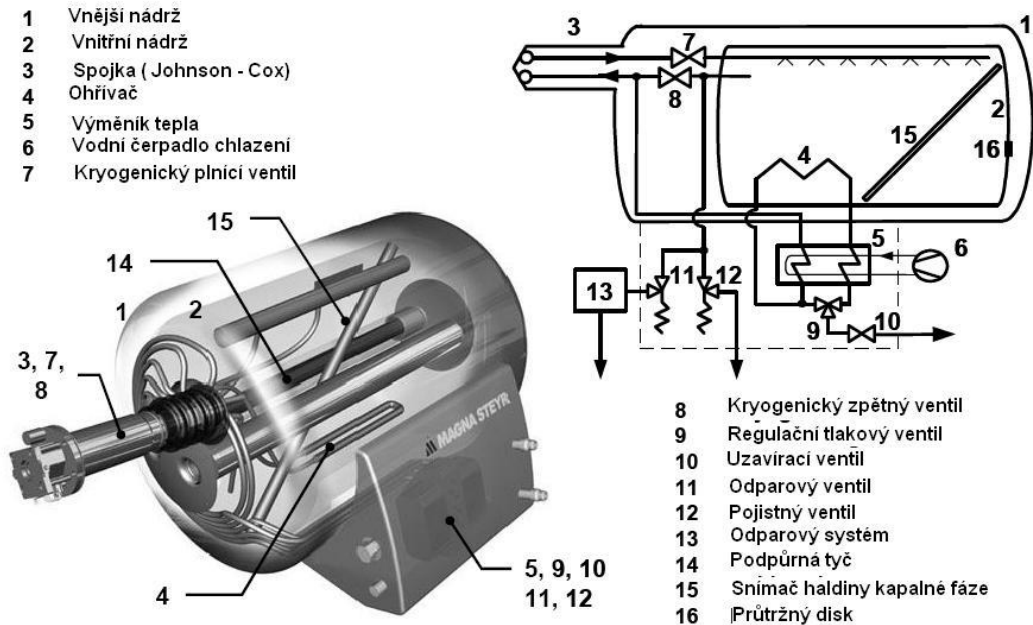
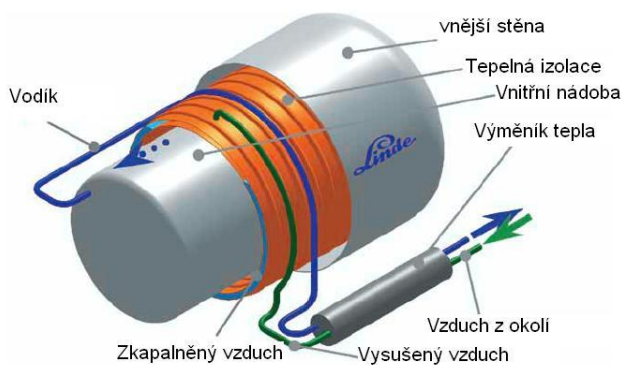


FIGURE 2. State of the art liquid hydrogen storage

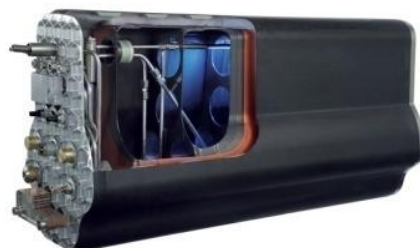
Obr. 100 Nádrž na podchlazený kapalný vodík, [58].

Během dlouhodobého parkování - cca 17 hod. (některé zdroje uvádějí 3 dny) super-izolace nedokáže udržet teplotu v nádrži na potřebné teplotě a kapalný H₂ se začne odpařovat (cca 1-3% za den). V nádrži začne stoupat tlak, až dosáhne hranice, kdy dojde k otevření odparového ventilu (11), čímž dojde ke snížení tlaku v nádrži (a tím také k řízenému úniku paliva). Přetlak ve vnitřní nádrži nesmí způsobit spuštění kryogenních ventilů. V případě poruchy odparového ventilu, vzrůstá tlak ve vnitřní nádrži až na hodnotu, kdy se otevře přetlakový ventil (12). Posledním zařízením, které zabraňuje překročení kritického tlaku nádrže a jejího roztržení v případě selhání přetlakového ventilu, je průtržný disk (16), [58].

Původní dobu cca 17 hod. (3dny), po kterou superizolace dokázala udržet teplotu v nádrži LH₂, se firmě Linde podařilo prodloužit na cca 12 dní [59] a na neurčitou dobu v případě, že je vozidlo do té doby v provozu. To umožnila nově vyvinutá nádrž na zkapalněné podchlazené plyny s chlazením zkapalněného H₂ pomocí zkapalněného suchého vzduchu. Tyto nádrže jsou označovány jako CoolH₂, obr. 101.



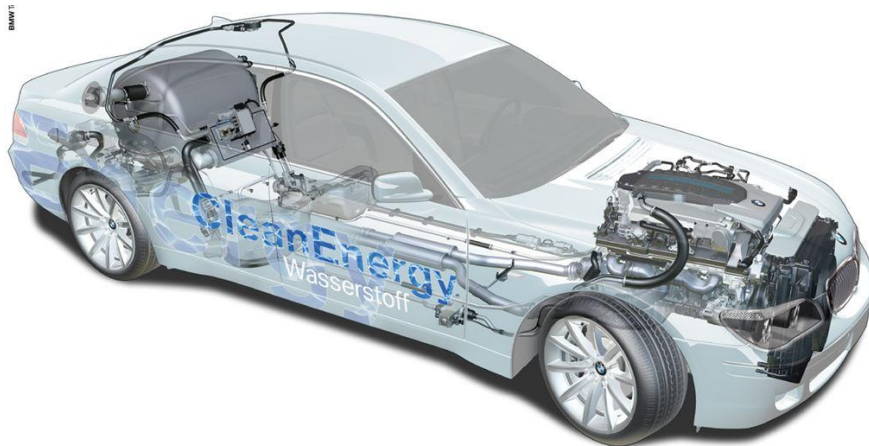
Obr. 101 Nádrž na zkapalněný vodík CoolH₂, [59].



Obr. 102, [97].

5.5. BMW Hydrogen 7

BMW Hydrogen 7 (obr. 103-118) je vozidlo s běžným benzínovým motorem upraveným pro vodíkový pohon. Vozidlo je postaveno na bázi BMW 760i a využívá Bi-fuel pohonu benzín / vodík (popř. verze s naftovými motory). Vozidlo je vybaveno 12 válcovým motorem o zdvihovém objemu 6,0 l, 260 k. Vodík je jako palivo spalován přímo ve válcích spalovacího motoru a uskladňován je v super-izolačních nádržích v kryogenním stavu, v kapalně fázi, při mínus 253 °C. Dojezd vozidla na H₂ je 200 km, dalších 500 km vozidlu poskytuje benzínový provoz (75 l benzínu), celkem tedy vozidlo má dojezd 700 km.



Obr. 103, [93].

Bylo vyrobeno 100 ks těchto vozidel, poskytnutých do celého světa pro nejvýznamnější osoby z vědy a výzkumu, podnikání a politiky s cílem získat podporu pro vybudování infrastruktury pro snazší rozvoj těchto technologií a také, aby se získaly poznatky z běžného provozu těchto vozidel a případně se optimalizovaly nedostatky pro další vývoj. Tato vozidla se údajně osvědčila a jsou připravena pro případnou sériovou výrobu.



Obr. 104, [100].



Obr. 105



Obr. 106, [100].

5.5.1. Identifikace BMW Hydrogen 7

- Nápis, loga: Hydrogen 7, LH2, CoolH2, BMW Hydrogen Power, Clean Energy.
- Indikátor uniku H₂ na palubní desce, palivoměr H₂ (obr. 107).
- Plnicí hrdlo LH2 nádrže – umístění na levé straně v C sloupku, nad hrdlem benzínové nádrže - je umístěno zvlášť (obr. 109, 112, 113).
- V zadní části střechy je klapka pro únik odpařeného H₂ (obr. 103, 109-111, 116).

- Přepínač volby pohonu H₂ / benzín v kabině u řidiče (obr. 108).
- Červené blikající diody ve dveřích a na palubní desce signalizující únik H₂ (obr. 109, 117).



Obr. 107, [99].



Obr. 108, [94].

5.5.2. Bezpečnostní informace o vozidle

Z bezpečnostního hlediska bylo vozidlo podrobena několika bezpečnostním testům, např. čelní náraz v EuroNCAP nárazových testech při rychlosti 64 km/h, test střelnou zbraní, nebo test působením teplot cca 1000 °C po dobu 70 min. na superizolační nádrž a LH2 soustavu – při tomto testu vodík unikal pomalu, údajně téměř nepozorovaně bezpečnostními ventily, [95].

Na obr. 109 červené tečky označují místa pro detekci H₂. Jedná se o nejvýše položená místa v daných částech konstrukce karoserie a tudíž nejpravděpodobnější místa kumulace plynného H₂ v případě jeho úniku ze soustavy. Vozidlo je vybaveno detektory uniklého H₂, pokud dojde k jeho detekci, okamžitě dojde k blikání čtyř červených led diod umístěných ve dveřích ve spodní části oken a na palubní desce, na obr. 109 jsou tyto diody označeny zelenočervenou tečkou, dále jsou tyto signalizační světla na obr 117.

Místa, kde by měla být v případě nehody měřena koncentrace H₂

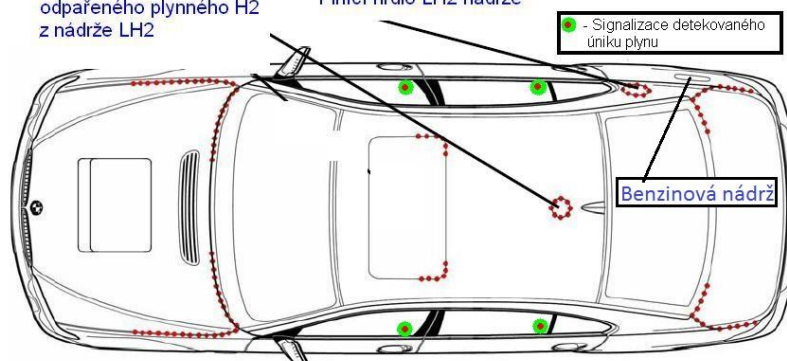
Vždy v nejvyšších částech konstrukce vozidla - u střešního okna, kapota motoru u čelního skla, víko kufru u zadního skla.

Střešní klapka pro únik plynného H₂ a plnicí hrdlo LH2 nádrže

Střešní klapka pro únik odpařeného plynného H₂ z nádrže LH2

Plnicí hrdlo LH2 nádrže

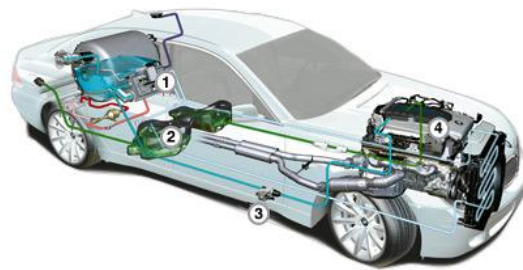
● - Signalizace detekovaného úniku plynu



Obr. 109, [57].

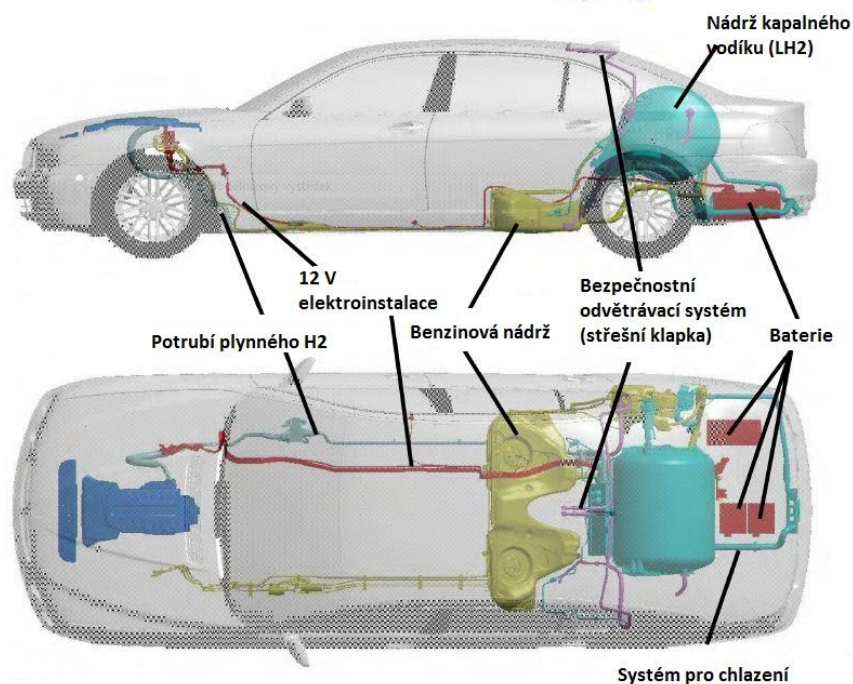
V zadní části střechy je úniková klapka o průměru 15 cm pro únik odpařeného vodíku z nádrže. Pokud by se z této části vozidla ozýval cvakavý zvuk, pravděpodobně dochází k úniku plynného H₂ touto

klapkou. Pokud by docházelo k většímu úniku, tvořila by se kolem této klapky, popř. kolem místa úniku námraza, popř. ledová vrstva.



Obr. 110, [65].

UMÍSTĚNÍ VODÍKOVÝCH KOMPONENT: BMW Hydrogen 7



Obr. 111, [98].

Při vyprošťování se nedoporučuje stříhat, nebo nějakým způsobem deformovat „C“ sloupek, nebo střechu kolem únikové klapky. Nachází se zde potrubí pro únik plynného H_2 vedoucí do této klapky, viz. schéma plynové soustavy na obr. 103, 110, 111, 116. Na obr. 116 je bledě modře znázorněna plynová soustava od plnicího hrdla, nádrž s komponenty, potrubí vedoucí k motoru do palivové lišty ke vstřikovacím tryskám H_2 . Růžově je znázorněno únikové potrubí pro plynný H_2 , vedoucí do střešní klapky (přes odparové ventily) a červeně je znázorněno druhé únikové potrubí pro snížení vysokého tlaku v H_2 soustavě (přes přetlakový průtržný disk), [57].



Obr. 112, [BMW ČR].



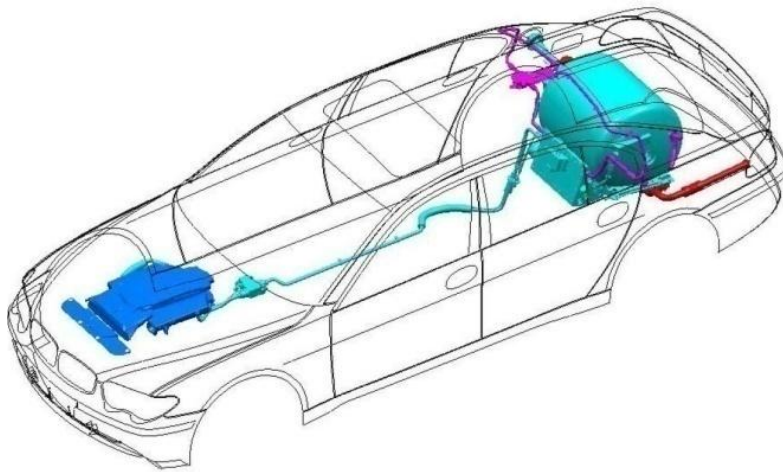
Obr. 113, [99].



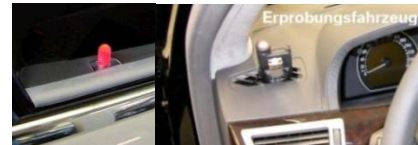
Obr. 114, [99].



Obr. 115, [107].



Obr. 116, [57].



Obr. 117, [57].



Obr. 118, [96].

5.6. VODÍK (H₂) - BEZPEČNOSTNÍ INFORMACE

Vědci se shodují na faktu, že H₂ je jediným zdrojem energie, který je z dlouhodobého hlediska schopen nahradit fosilní paliva v dopravě. H₂ je biogenní prvek, obsažený ve všech živých organismech, je součástí biologického cyklu. Při spalování H₂ vzniká, jako odpadní produkt prakticky pouze vodní pára. V kapalně fázi má H₂ největší hustotu energie, např. vodík v kapalném stavu obsahuje ve stejné nádrži více energie, než když je zde zkomprimován tlakem 700 bar, což vozidlu dává větší dojezd. Proto je ve vozidle BMW Hydrogen 7 vodík uchovávan v kapalně fázi.

Výbuchové parametry vodíku patří k velmi nebezpečným (zejména rychlost nárůstu výbuchového tlaku). Široký rozsah mezí výbušnosti 4-75 % obj., [62].

Vodík způsobuje křehnutí kovů, poměrně dobře odolává nerezová ocel a hliník, ze kterých jsou tvořeny nádrže s LH₂ (Liquefied Hydrogen - zkapalněný vodík).

Plynný vodík v prostoru je bezbarvý, bez zápachu, bez chuti (také nedýchatelný, výbušný) – smysly neodhalitelný, [70].

Při detekci umísťovat čidlo H₂ do horních částí prostor, jedná se o nejlehčí plyn, proto stoupá vzhůru. Výbuch vodíkové směsi se vzduchem v koncentracích 18,3 - 59 % obj., snadno přechází v detonaci, [60, 63]. Minimální iniciační energie (MIE) pro vodík je velmi nízká, v porovnání s reálnými MIE. Např. elektrostatický náboj uvolněný jednou osobou může být až 10 mJ, MIE pro H₂ je jen 0,02 [60], což je 500 krát nižší MIE, než je pro optimální koncentraci H₂ potřeba. Rovněž je zde možnost, že dojde k iniciaci statickou elektřinou při prudkém vypouštění H₂ např. pojistným ventilem, dle [60].

Plamen H₂ je namodralý, na slunečním světle téměř neviditelný, netvoří saze, ani viditelné zplodiny hoření. Při požáru vodík odhořívá velmi rychle (až 346 cm/s), [60].

Vodíkový požár je velmi špatně identifikovatelný - nebezpečí popálení ze vstupu do H₂ plamene. Vhodné je použít termokameru, na zjištění, zda nedochází k odhořívání vodíku, popř. zjištění místa odhořívání. V případě požárů H₂ soustav vozidel dojde s největší pravděpodobností k zapálení ostatních hořlavých látek vozidla poblíž místa odhořívání (plastů, pryže a dalších látek), které hoří dobře viditelným plamenem s velkým množstvím viditelných zplodin hoření. Díky tomu by se mělo eliminovat riziko přehlédnutí H₂ plamene a vstupu neopatrných osob do H₂ plamene, které by si toho nemusely jinak všimnout, to dokládají nehody, které se v minulosti staly, např. [63] uvádí, že v r. 1985 došlo k nehodě v továrně, kdy dělník vstoupil do požáru hořícího plamene vodíku, z toho důvodu, že jej údajně neviděl.

| FYZIKÁLNĚ CHEMICKÉ VLASTNOSTI | Jednotka | Vodík | Metan (CNG/LNG) | Benzin |
|-------------------------------------|----------------------|--------|--------------------|---------|
| Teplota vznícení | [°C] | 585 | 540 | 228-501 |
| Teplota varu | [°C] | -252,8 | -161,6 | 30-210 |
| Specifická hmotnost plynu | vzduch =1 | 0,07 | 0,55 | - |
| Hustota kapaliny | [kg/m ³] | 70,97 | 422,62 | 720-775 |
| Meze výbušnosti | [% obj.] | 4,0-75 | 4,4-15 | 0,6-8 |

Tabulka 4, [14, 19, 55-57, 60].

6. ZÁVĚR

Tyto konspekty měly za cíl seznámit příslušníky HZS ČR a ostatní JPO se „speciálními“ vozidly, u kterých by mohly již nyní, nebo v blízkém budoucnu zasahovat. O běžných alternativních palivech, jako je LPG, CNG, se může už dnes mluvit i o hybridních vozidlech, které byly ještě před pár lety výjimečné, ale v současnosti je nabízí už většina významných značek a velmi rychle se jejich výroba rozšiřuje. Vozidla s palivovými články, nebo se zkapalněnými podchlazenými plyny zatím tak běžná nejsou, ale je u nich, zejména u palivových článků velký předpoklad, že se brzy stanou běžnou součástí silničního provozu tak, jako nyní hybridní vozidla a to s sebou nese svá bezpečnostní rizika – nejen pro posádku, ale i pro zasahující JPO.

V případě zkušeností s požáry a jinými zásahy s těmito vozidly bychom byli velmi rádi za Vámi poskytnuté informace a fotografie. Ty by posloužily ke zkvalitnění zásahů HZS a JPO v celé ČR.

Kontakt: HZS MSK, ÚO Nový Jičín, HS NJ.

7. POUŽITÉ ZKRATKY

JPO – Jednotky Požární Ochrany; **HZS** – Hasičský Záchraný Sbor
HV – (High Voltage) – „vysoké“ napětí
FCHV – (Fuel Cell Hybrid Vehicle); **FCEV** – (Fuel Cell Electric Vehicle); **FCV** – (Fuel Cell Vehicle) - vozidlo s palivovými články
CNG – (Compressed Natural Gas) – stlačený zemní plyn
IMA – (Integrated Motor Assist) – označení hybridního systému u vozidel Honda

NGT – (Natural Gas Technology) – označení vozidel CNG firmou Mercedes Benz
NGV – (Natural Gas Vehicle) – další označení vozidel CNG
LPG (někdy **GPL**) – (Liquefied Petroleum Gas) – zkapalněný ropný plyn
LH2 – (Liquefied Hydrogen) – zkapalněný vodík
LNG – (Liquefied Natural Gas) – zkapalněný zemní plyn
PCU – (Power Control Unit) – řídicí jednotka
DP – dýchací přístroj

8. POUŽITÁ LITERATURA

- [1] KUBĚNA, Fr.; FINDEIS, P.; NĚMEC, M.; ČERMÁK, V. *Konstrukce vozidel*. MV GENERÁLNÍ ŘEDITELSTVÍ HZS ČR. Odborná příprava jednotek požární ochrany. Koncept.
- [2] BARTLOVÁ, I.; BALOG, K. *Analýza nebezpečí a prevence průmyslových havárií I*. Ostrava, 2007: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství. 191 s, 2. Vydání. ISBN: 978-80-7385005-0.
- [3] WIKIPEDIA –The Free Encyclopedia. *BLEVE*. [online]. [cit. 2010-3-1]. Dostupný z WWW: <<http://en.wikipedia.org/wiki/BLEVE>>.
- [4] Česko. Ministerstvo dopravy. *Systém jednotných zkušebních metodik ZM-A/19.14*. Ministerstvo dopravy – odbor schvalování vozidel a předpisů. [online]. [cit. 2010-04-15]. Dostupný z WWW: <<http://www.mdcr.cz/NR/rdonlyres/B6EBF67D-9425-409F-A0BA-6022FF09C8D0/0/Zma19141.pdf>>.
- [5] Česko. Ministerstvo dopravy. Vyhláška č. 341 ze dne 11. Července 2002 o schvalování technické způsobilosti a o technických podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích. Sbírka zákonů, Česká republika. Dostupný také z: <http://www.mdcr.cz/NR/rdonlyres/39735AA2-912B-45E4-A6B0-6B4EBE21BE74/0/341_posl.pdf>.
- [6] SVOBODA, A. *Vnější označování vozidel s pohonem na LPG*. LPG. ČESKÁ ASOCIACE LPG, , [online], červen 2007 [cit. 2010-04-15]. Dostupný z WWW: <http://www.calpg.cz/vismo/dokumenty2.asp?id_org=600161&id=1031>.
- [7] VLK, František. *Alternativní pohony motorových vozidel*. Brno, 2004: Nakladatelství a vydavatelství. 234 s, 1. vydání. ISBN 80-239-1602-5.
- [8] KAMEŠ, Josef. *Alternativní pohony automobilů*. Praha 2005: Nakladatelství BEN – technická literatura. 231 s, 1. vydání. ISBN 978-80-7300-127-8.
- [9] KRATOCHVÍL Václav a spol. *Současné garáže pro automobily z hlediska požární bezpečnosti*. Časopis 112. 2009, roč. 8, č. 10.
- [10] JEDLIČKA J., ŠPIČKA L., *Předpisy pro parkování CNG vozidel v garážích ve státech EU, posouzení a doporučení pro ČR*. [Prezentace, CD-ROM], CENTRUM DOPRAVNÍHO VÝZKUMU
- [11] KOLMAN L., *Bezpečnost CNG vozidel, výstavba plnicích stanic*. [Prezentace, CD-ROM], Česká asociace hasičských důstojníků. RWE Plynoprojekt s. r. o., Praha, říjen 2009.
- [12] NEKVAPIL M., *Cvičení HZS v garáži Balustráda v Chrudimi*. [Prezentace, CD-ROM]. Chrudim, 2009.
- [13] SCHAUBEROVÁ M., *Zemní plyn v dopravě, garážování CNG vozidel*. [Prezentace, CD-ROM]. Česká plynárenská unie. Praha, říjen 2009.
- [14] BERNATÍK A., SERAFÍN J., KUČERA P., BRADÁČOVÁ I., KOJECKÁ L., MALÉŘOVÁ L. *Parkování vozidel na CNG ve veřejných hromadných podzemních garážích, bezpečnostní studie*. [Prezentace, CD-ROM]. VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta bezpečnostního inženýrství. Prostějov, říjen 2009.
- [15] Vítkovice Cylinders a.s. *Bezpečnost CNG lahví*. [Prezentace, CD-ROM], Vítkovice Machinery Group
- [16] FIREFIGHTER NEAR MISS, *Auto Fire with Compressed Natural Gas (CNG) Fuel Tank Explosion*. Prepared By Operations Division. Washington, USA. April 2007. Dostupný z: <<http://www.firetrainingresources.net/items/CNGAutoFire-FIREFIGHTERNEARMISScompressedpics.pdf>>.
- [17] WIKIPEDIA –The Free Encyclopedia [online]. *Compressed natural gas*. 2009, [cit. 2010-3-1]. Dostupný z WWW: <http://en.wikipedia.org/wiki/Compressed_natural_gas>.
- [18] CleanMPG.com- Fuel economy and Loir emissions in whatever you drive. CNG Honda Civic: Car Fire/Explosion - Dialup Warning, many photos. [online]. Březen 2007, [cit. 2010-3-1]. Dostupný z WWW: <<http://www.cleanmpg.com/forums/showthread.php?t=7555>>.
- [19] RWE, The Energy to lead. CNG. [online]. [cit. 2010-4-15]. Dostupný z WWW: <<http://www.rwe.cz/cs/plynoprojekt/plynoprojekt-cng/>>.
- [20] Toyota Motor Corporation. Toyota Camry CNG. [online]. Overseas Service Division. 1999, [cit. 2010-03-26]. Dostupný z WWW: <<https://techinfo.toyota.com/techInfoPortal/staticcontent/en/techinfo/html/prelogin/docs/cng.pdf>>.

- [21] Air Liquide –Gas encyclopedia [online]. *Methane*. 2010, cit. [2010-4-7]. Dostupný z WWW: <<http://encyclopedia.airliquide.com/encyclopedia.asp?CountryID=18&GasID=41&LanguageID=11>>.
- [22] Informace poskytnuté pracovníky Fiat Česká Republika
- [23] Sicurauto. *Le auto a GPL e Metano sono sicure? Il crash test di ADAC*. [online]. cit. [2010-4-7]. Dostupný z WWW: <<http://www.sicurauto.it/crash-test-video/test-speciali/le-auto-a-gpl-metano-sono-sicure-il-crash-test-adac.htm>>.
- [24] LPG. Informace ze světa LPG. *LPG systémy*. [online]. [cit. 2010-03-11]. Dostupný z WWW: <<http://www.lpg.cz/lpgsystemy/lpgsystemy.php>>.
- [25] ELPEGE. Prodej LPG dílů pro přestavby aut na LPG a další informace o LPG. [online]. [cit. 2010-03-11]. Dostupný z WWW: <<http://www.elpege.cz/>>.
- [26] Autoplyn Čadek Jaroslav. [online]. [cit. 2010-03-11]. Dostupný z WWW: <http://www.autolpg.cz/lpg_nadrze.html>.
- [27] Greenfuel-LPG specialista. Systémy – naše nabídka [online]. [cit. 2010-4-15]. Dostupný z WWW: <<http://www.greenfuel.cz/systemy.html>>.
- [28] NEPTUN HARFA s. r. o. [online]. Dostupný z WWW: <www.lpg-neptun-harfa.cz>.
- [29] LPG-Autogas Centrum [online]. *AGC – AutoGas Centrum*. [online]. cit. [2010-4-7]. Dostupný z WWW: <<http://www.lpg-autogascentrum.cz>>.
- [30] Hybrid Car Technology and Emergency Procedures. Presented by Oxford Fire – EMS [online]. [cit. 2010-10-2]. Dostupný z WWW: <<http://www.oxfordfire-ems.org/Documents/Hybrid.ppt>>.
- [31] SHAW, Ron. Fighting Hybrid Vehicle Fires – new vehicle innovations and extrications techniques. *Carolina Fire Rescue EMS Journal* [online]. Summer 2008, [cit. 2010-10-2]. Dostupný z WWW: <<http://www.extrication.com/Hybrid%20Part-3%20Ron%20Shaw.pdf>>.
- [32] Honda Motor Co., Inc. *Emergency Response Guide For Hybrid Vehicle*. [online]. 2005, [cit. 2010-03-26]. Dostupný z WWW: <<https://techinfo.honda.com/rjanisis/pubs/GP/ER2005.pdf>>.
- [33] Honda Motor Co., Ltd. *HONDA CR-Z*. Technical Information and Emergency Handling Guide. [cit. 2010-10-02]. [HHR005]. Poskytnuto servisním oddělením Honda Česká republika s.r.o.
- [34] Honda Motor Co., Inc. *Emergency Response Guide For Hybrid Vehicle*. [online]. 2005, [cit. 2010-03-26]. Dostupný z WWW: <<https://techinfo.honda.com/rjanisis/pubs/GP/ER2005.pdf>>.
- [35] EMERY, Jason. New Vehicle Extrication: 2010 Toyota Prius. [online]. Listopad 2009, [cit. 2010-03-26]. Dostupný z WWW: <http://www.fireengineering.com/index/articles/display/1120322924/articles/fire-engineering/champion-featured-articles/2009/11/new-vehicle_extrication.html>.
- [36] Honda Motor Co., Inc. Emergency Response Guide For Hybrid Vehicle. [online]. 2011 Model Year Edition. 2010, [cit. 2011-01-07]. Dostupný z WWW: <<https://techinfo.honda.com/Rjanisis/pubs/web/Y0716.pdf>>.
- [37] COSEY C., GRANT P. E. *Firefighter Safety and Emergency Response for Electric Drive and Hybrid Electric Vehicles*. A DHS / Assistance to Firefighter Grants (AFG) Funded Study. Fire Protection Research Foundation. [online]. May 2010, [cit. 2010-10-02]. Dostupný z WWW: <<http://www.nfpa.org/assets/files/PDF/research/FFTacticsElecVeh.pdf>>.
- [38] Toyota Motor Corporation. *Toyota Prius*. Technická příručka vozidla jako průvodce v nouzových situacích. [online]. 2003. Dostupný z WWW: <http://www.toyota.cz/Images/prius_guide_cz.pdf>.
- [39] EMERY, Jason. *Compound Factor*. [online]. Fire Chief – Every Department, Every Leader. Srpen 2007, [cit. 2010-11-02]. Dostupný z WWW: <http://firechief.com/rescue/firefighting_compound_factors/>.
- [40] Toyota Motor Sales. Hybrid Emergenci Response Information. *Instructor Notes* [online]. 2007, [cit. 2010-04-04]. Dostupný z WWW: <<https://techinfo.toyota.com/techInfoPortal/staticcontent/en/techinfo/html/prelogin/erg/index.htm>>.
- [41] EMERY, Jason. *New Vehicle Extrication: 2009 Nissan Altima Hybrid*. [online]. Březen 2009, [cit. 2010-04-04]. Dostupný z WWW: <<http://www.fireengineering.com/index/articles/display/354837/articles/fire-engineering/champion-featured-articles/2009/03/new-vehicle-extrication-nissan-altima-hybrid.html>>.

- [42] Toyota Motor Corporation. Toyota Prius Hybrid. [online]. 2010 Model. 3rd Generation. Emergency Response Guide. 2009, [cit. 2010-04-03]. Dostupný z WWW: <<http://techinfo.toyota.com/techInfoPortal/staticcontent/en/techinfo/html/prelogin/docs/3rdprius.pdf>>.
- [43] Toyota Motor Sales, Toyota Motor Corporation. Technical Information Systém. *Emergency Response and Hybrid Information*. [online]. 2006, [cit. 2010-04-04]. Dostupný z WWW: <http://techinfo.toyota.com/techInfoPortal/appmanager/t3/ti;TISESSIONID=0R34J0kFB10KcHS4J2yhMJ7n0h1CWkzn7QTCyInGkRs bx63DcnpL%21-1292824609?_pageLabel=ti_erg&_nfpb=true>.
- [44] Informace poskytnuté pracovníky BMW Česká republika.
- [45] Informace poskytnuté pracovníky Mercedes-Benz Česká republika.
- [46] Informace poskytnuté pracovníky Honda Česká republika.
- [47] Informace poskytnuté pracovníky Toyota Česká republika.
- [48] General Motors Corporation - *Chevrolet Equinox Fuel Cell*. [online]. 2007, [cit. 2010-03-26]. Dostupný z WWW: <<https://www.gmstc.com/WebTreeDocuments/download.asp?IID=9&nID=297-chevrolet-fuel-cell>>.
- [49] Toyota Motor Sales, Toyota Motor Corporation. Technical Information Systém. *Toyota FCHV*. Fuel Cell Hybrid Vehicle: Emergency Response Guide. [online]. 2009, [cit. 2010-04-03]. Dostupný z WWW: <<https://techinfo.toyota.com/techInfoPortal/staticcontent/en/techinfo/html/prelogin/docs/fchverg.pdf>>.
- [50] Toyota Motor Corporation. *Toyota FCHV-adv*. Fuel Cell Hybrid Vehicle Advanced. 2009 Model. Emergency Response Guide. [online]. 2009, [cit. 2010-04-03]. Dostupný z WWW: <https://techinfo.toyota.com/techInfoPortal/staticcontent/en/techinfo/html/prelogin/docs/fchv_adv_erg.pdf>.
- [51] KUSHITANI, S. *Toyota to lease 'FCHV-adv' to Japan's Gov't*. [online]. Tech-On! – Tech & Industry Analysis from Asia. Zář 2008, cit. [2010-4-10]. Dostupný z WWW: <http://techon.nikkeibp.co.jp/english/NEWS_EN/20080901/157225/>.
- [52] GREEN PACK – we care about the enviroment. *Toyota FCHV-adv: improved hydrogen fuel-cell vehicle*. [online]. Červenec 2008, cit. [2010-4-10]. z WWW: <<http://www.greenpacks.org/2008/06/06/toyota-fchv-adv-improved-hydrogen-fuel-cell-vehicle/>>.
- [53] TOYOTA. *Koncept FCHV – adv*. [online]. [cit. 2010-04-15]. Dostupný z WWW: <http://www.toyota.cz/innovation/design/concept_cars/fchv/index.aspx>.
- [54] SMEP – Systém multimediální elektronické publikace. *Vodík a biomasa - perspektivní zdroj energie* [online]. cit. [2010-4-5]. Dostupný z WWW: <http://etext.czu.cz/php/skripta/kapitola.php?titul_key=64&idkapitola=125>.
- [55] Linde–The Linde Group. *Vodík – bezpečnostní list*. [online]. 2006, cit. [2010-4-7]. Dostupný z WWW: <[http://www.linde-gas.cz/international/web/lg/cz/prodcatlgcz.nsf/RepositoryByAlias/BL8360/\\$file/BL8360.pdf](http://www.linde-gas.cz/international/web/lg/cz/prodcatlgcz.nsf/RepositoryByAlias/BL8360/$file/BL8360.pdf)>.
- [56] AIR PRODUCT. *VODÍK PLYNNÝ – bezpečnostní list*. [online]. 2007, cit. [2010-4-7]. Dostupný z WWW: <http://www.airproducts.cz/corporate/obecne/pdf/BL066R07_Vodik.pdf>.
- [57] BMW CleanEnergy. *Sonderdruck zur informatik der Feuerwehren-Rettungsleitfaden. Erprobungsfahrzeug: BMW 7 er mit Wasserstoffverbrennungsmotor*. [CD-ROM]. Únor 2005, 3. Vydání, [cit. 2010-04-03].
- [58] KRAINZ, G.; BORTLOK, G.; BORDNER, P.; a spol. *Development of Automotive Liquid Hydrogen Storage Systems*. MAGNA STEYR Fahrzeugtechnik AG & Co KG. Graz, Austria. [online], cit. [2010-4-7]. Dostupný z WWW: <http://www.storhy.net/pdf/CEC-ICMC_C4-B-02_2003-09-26.pdf>.
- [59] WOLF, Joachim. *Liquid-Hydrogen Technology for Vehicles*. MRS Bulletin, [online], říjen 2002, cit. [2010-4-7]. Dostupný z WWW: <http://www.mrs.org/s_mrs/bin.asp?CID=2962&DID=94837&DOC=FILE.PDF>.
- [60] Ringland, J.T. *Safety Issues for Hydrogen-Powered Vehicles*. [online]. Sandia National Laboratories Technical Library, Sandia Report 2010, cit. [2010-4-7]. Dostupný z WWW: <<http://prod.sandia.gov/techlib/access-control.cgi/1994/948226.pdf>>.
- [61] SAFETY COMMITTEE HOMEPAGE, INFORMATION SPECIFIC TO LIQUID HYDROGEN [online]. Harvard School of Engineering & Applied Sciences, Physics Department, and Department of Earth & Planetar, Sciences. 2010, cit. [2010-4-7]. Dostupný z WWW: <<http://safety.seas.harvard.edu/services/hydrogen.html>>.

- [62] Air Liquide – Gas encyclopedia [online]. *Hydrogen*. 2010, cit. [2010-4-7]. Dostupný z WWW: <<http://encyclopedia.airliquide.com/encyclopedia.asp?LanguageID=11&CountryID=19&Formula=&GasID=36&UNNumber=#LiquidGasConversion>>.
- [63] CADWALLADER, L., C.; HERRING, J. S. *Safety Issues wite Hydrogen ass a Vehicle Fuel*. [online]. Idaho National Engineering and Enviromental Laboratory. cit. [2010-4-7]. Dostupný z WWW: <<http://www.inl.gov/hydrogenfuels/projects/docs/h2safetyreport.pdf>>.
- [64] Vodík jako alternativní ekologické palivo. [online]. [cit. 2010-04-01]. Dostupný z WWW: <<http://www.vossost.cz/pk/Data/HTML/VODIK.HTM>>.
- [65] BMW Hydrogen 7 [online]. cit. [2010-4-7]. Dostupný z WWW: <<http://www.carmotor.cz/magazin/pages/BMW-Hydrogen-7,719.html>>.
- [66] USMD a.s. *Systém jednotných zkušebních metodik*. ZM-A/19.12 (CNG)
- [67] USMD a.s. *Systém jednotných zkušebních metodik*. ZM-A/19.04 (LPG)
- [68] Informace poskytnuté pracovníky Volkswagen Česká republika.
- [69] AIR LIQUIDE. Safety Data Sheet – Hydrogen. SDS_067A_CLP. [online]. cit. [2010-4-7]. Dostupný z WWW: <http://www.msds-al.co.uk/assets/file_assets/SDS_067A-CLP-HYDROGEN.pdf>.
- [70] WIKIPEDIA –The Free Encyclopedia [online]. *Hydrogen*. [cit. 2010-3-1]. Dostupný z WWW: <<http://en.wikipedia.org/wiki/Hydrogen>>.
- [71] Dr. Ing. H. c. F. Porsche AG. *Porsche – Technical not efor emergency services*. [CD-ROM]. 2010, [version 2.0, WKD 410 400 11].
- [72] ŠTEKR, M. *S 400 Hybrid*. [prezentace], Mercedes Benz Česká republika s. r. o.
- [73] BMW. *E 72 Hybrid - produktové školenie*. [prezentace]. Únor 2010. [v1-r2-CZ/SK-A].
- [74] VOLKSWAGEN Group s.r.o. *Volkswagen – Elektronicky poučená osoba*. Technické školení [prezentace, CD-ROM]. Únor 2010. Import VOLKSWAGEN Group s.r.o., školící středisko BU, [V-TT-067-1002].
- [75] VOLKSWAGEN Group s.r.o. *Touareg Hybrid*. Service Training [prezentace, CD-ROM]. Srpen 2010. Import VOLKSWAGEN Group s.r.o., školící středisko IVG/BU.
- [76] American Honda Motor Co., Inc. *HONDA CIVIC GX*. Emergency Response Guide – Honda CNG Vehicle. [online]. 2003, [cit. 2010-03-26]. Dostupný z WWW: <<http://www.albertavx.com/attachments/article/38/Honda%20Civic%20GX%20CNG%20-%20Emergency%20Response%20Guide.pdf>>.
- [77] RWE, The Energy to lead. CNG. [online]. [cit. 2010-4-15]. Dostupný z WWW: <http://www.cng.cz/cs/zemni_plyn/vozidla_na_zemni_plyn/technika.html>.
- [78] Bio DME. DME as a fuel. [online]. [cit. 2011-1-7]. Dostupný z WWW: <<http://www.biodme.eu/doc/DME-as-a-fuel-2009-09-10.pdf>>.
- [79] WIKIPEDIE – Otevřená encyklopedie [online]. *Dimethylether*. [cit. 2010-3-1]. Dostupný z WWW: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/Dimethylether>>.
- [80] Automotorevue.cz. *Volvo – Bio – DME vozy Volvo*. [online]. Prosinec 2010, [cit. 2011-1-7]. Dostupný z WWW: <<http://www.automotorevue.cz/truck/testy/volvo-bio-dme-vozy-volvo.html>>.
- [81] Encyklopedie BOZP. *BLEVE*. [online]. [cit. 2011-1-7]. Dostupný z WWW: <<http://web.vubp-praha.cz/wiki/index.php/BLEVE>>.
- [82] DANIHELKA, P; *Neobvyklé chování nebezpečných látek*. TRIVIS – Střední škola veřejnoprávní a Vyšší odborná škola prevence kriminality a krizového řízení Praha s.r.o. [online]. Listopad 2006, [cit. 2011-1-7]. Dostupný z WWW: <<http://www.trivis.info/view.php?cisloclanku=2006111701>>.
- [83] EMERY, Jason. *New Vehicle Extrication: 2009 Dodge Durango and Chrysler Aspen Hybrid*. [online]. Červen 2009, [cit. 2010-03-19]. Dostupný z WWW: <<http://www.fireengineering.com/index/articles/display/363743/articles/fire-engineering/champion-featured-articles/2009/06/new-vehicle-extrication-2009-dodge-durango-and-chrysler-aspen-hybrid.html>>.

- [84] EMERY, Jason. New Vehicle Extrication: 2010 Ford Fusion Hybrid. [online]. Červenec 2009, [cit. 2010–04-3]. Dostupný z WWW: <<http://www.fireengineering.com/index/articles/display/365455/articles/fire-engineering/champion-featured-articles/2009/06/new-vehicle-extrication-2010-ford-fusion-hybrid.html>>.
- [85] EMERY, Jason. New Vehicle Extrication: Ford Escape Hybrid. [online]. Duben 2009, [cit. 2010–03-19]. Dostupný z WWW: <<http://www.fireengineering.com/index/articles/display/359345/articles/fire-engineering/champion-featured-articles/2009/04/new-vehicle-extrication-ford-escape-hybrid.html>>.
- [86] Emergency Response Guide. Escape Hybrid, Marine Hybrid. [online]. [cit. 2010–03-26]. Dostupný z WWW: <https://www.fleet.ford.com/showroom/2009fleetshowroom/pdfs/2009_Hybrid_ERG_FINAL.pdf>.
- [87] Toyota Motor Corporation. Lexus RX 450h. [online]. Hybrid 2010 Model. Emergency Response Guide. 2009, [cit. 2010–04-03]. Dostupný z WWW: <https://techinfo.toyota.com/techInfoPortal/staticcontent/en/techinfo/html/prelogin/docs/rx450h_erg.pdf>.
- [88] Toyota Motor Corporation. Lexus LS 600hL. [online]. Hybrid 2008 Model – Revised (Includes 2010 Model Updates). Emergency Response Guide. 2009, [cit. 2010–04-03]. Dostupný z WWW: <<https://techinfo.toyota.com/techInfoPortal/staticcontent/en/techinfo/html/prelogin/docs/ls600hLhv.pdf>>.
- [89] EMERY, Jason. Hybrid Vehicles: Separating Fact from Fiction. [online]. Únor 2010, [cit. 2010–04-01]. Dostupný z WWW: <<http://www.fireengineering.com/index/articles/display/366003/articles/fire-engineering/volume-162/issue-7/features/hybrid-vehicles-separating-fact-from-fiction.html>>.
- [90] Ford. *2010 Fusion Hybrid, Milan Hybrid* – Emergency Response Guide. [online]. Únor 2009, [FCS-14265-10]. [cit. 2011–01-01]. Dostupný z WWW: <<http://www.albertavx.com/attachments/article/79/Mercury%20Milan%20Hybrid%20-%20Emergency%20Response%20Guide%20-%202010.pdf>>.
- [91] Ford. *Escape Hybrid or Mariner Hybrid* – Emergency Response Guide. [online]. Version 2, [FCS-14265-05]. [cit. 2011–01-01]. Dostupný z WWW: <<http://www.albertavx.com/attachments/article/79/Mercury%20Mariner%20Hybrid%20-%20Emergency%20Response%20Guide%20-%20Version%202.pdf>>.
- [92] Nissan. *Nissan Altima Hybrid* – First Responders Guide. [online]. 2010 Nissan North America, Inc., [Pub. No. FR1E-1H32U0]. [cit. 2011–01-01]. Dostupný z WWW: <<http://www.albertavx.com/attachments/article/42/2010%20Nissan%20Altima%20Hybrid%20-%20First%20Responders%20Guide.pdf>>.
- [93] Ragonesi O.; Dengler F.; Schlüter W.; *HIL Test Systems For the BMW Hydrogen 7*. [online]. National Instruments. [cit. 2010–10-01]. Dostupný z WWW: <<http://sine.ni.com/cs/app/doc/p/id/cs-10387>>.
- [94] *BMW 7 E 65 Hydrogen*. [online]. [cit. 2010–10-01]. Dostupný z WWW: <http://www.bmwauto.net/bmw_7_hydrogen_en.php3>.
- [95] Motoring Channel Staff. *BMW Hydrogen 7: First Look*. [online]. Web wombat – the originál Australian search engine, listopad 2006 [cit. 2010–10-01]. Dostupný z WWW: <http://www.webwombat.com.au/motoring/news_reports/bmw-hydrogen-7-series.htm>.
- [96] *The new BMW Hydrogen 7 – Tomorrows solution. Today*. [online]. Březen 2008, cit. [2010-10-7]. Dostupný z WWW: <<http://blog.dk.sg/2008/03/22/the-new-bmw-hydrogen-7-tomorrows-solution-today/>>.
- [97] *BMW LH2 hydrogen Storage Tank*. Zer Customs. [online]. Březen 2008, cit. [2010-10-7]. Dostupný z WWW: <<http://www.zercustoms.com/news/BMW-LH2-hydrogen-storage-tank.html>>.
- [98] BMW Service, MINI Service. *Emergency Services Guidelines – Information for the emergency services*. Edition June 2010, BMW AG Munich, Germany 2010, cit. [2010-10-7].
- [99] AFVI Ride & Drive Hydrogen 7. cit. [2010-10-7]. Dostupný z WWW: <<http://green.autoblog.com/photos/afvi-ride-and-drive-hydrogen-7>>.
- [100] BMW Hydrogen 7. [online]. cit. [2010-10-7]. Dostupný z WWW: <<http://www.almohandes.org/vb/showthread.php?t=37701>>.
- [101] Mercedes-Benz. *Guidelines for Rescue Services – Passenger Cars* [online]. Duben 2010, cit. [2010-10-7]. Dostupný z WWW: <https://portal.aftersales.i.daimler.com/public/content/asportal/download_library/info-center/infomationen_fuer/rlf_pkw_1q_2010_high.parsys.26004.Source.tmp/SN_RETTUNG_Pkw_04_2010_en.pdf>.
- [102] Mercedes-Benz. *Guidelines for Rescue Services – Vans* [online]. Listopad 2010, cit. [2010-12-7]. Dostupný z WWW: <https://portal.aftersales.i.daimler.com/public/content/asportal/download_library/info-center/infomationen_fuer/rlf_trapo_2010_high.parsys.80988.Source.tmp/Rettungsleitfaden_TRAPO_1110_en.pdf>.

- [103] BMW. *F04 - Hybrid, Hybridná batéria*, Technické školenie. [prezentace]. Březen 2010. [V1-R2-CZ/SK-A].
- [104] VW. *Leitfaden für Rettungsdienste - Hinweise zur Unfallrettung aus verunfallten Fahrzeugen der Volkswagen AG mit alternativen Antrieben*, 2010. Volkswagen AG. Oktober 2010.
- [105] Česká asociace LPG. Čerpací stanice – souhrnná informace. [online]. Listopad 2010, cit. [2010-12-7]. Dostupný z WWW: <http://www.calpg.cz/vismo/dokumenty2.asp?id_org=600161&id=1006>.
- [106] Informace poskytnuté pracovníky Opel Česká republika.
- [107] HORATIO, B. *Review: BMW Hydrogen 7*. BMW BLOG, [online]. Červen 2010, [cit. 2011-04-01]. Dostupný z WWW: <<http://www.bmwblog.com/2010/06/27/review-bmw-hydrogen-7/>>.
- [108] YouTube. *Le auto a GPL sono sicure? Il crash test di ADAC*. [online]. [cit. 2010-4-15]. <<http://www.youtube.com/watch?v=pUAg5XQ7igo>>.