SVAZ CHLADICÍ A KLIMATIZAČNÍ TECHNIKY
Kurz pro doškolení na certifikát A1/A2

Hořlavá chladiva, vlastnosti uhlovodíkových chladiv s ohledem na jejich použití při instalaci a servisu chladicích a klimatizačních zařízení a tepelných čerpadel.

Přechod na hořlavá chladiva - důvody

- Vzhledem k trendu omezování vlivu chladiv na životní prostředí (dosavadní chladiva měla vysoký oteplovací účinek GWP, potenciál globálního oteplování vztažený k CO_2), je trend používat látky s co nejnižším efektem.
- Takové látky existují, avšak pod hodnotou GWP nižší než cca 650, jsou většinou hořlavé.
- Je nutno nastavit takové postupy a opatření, aby se omezilo riziko jejich aplikace.
- **Tato prezentace využívá informace z programu REAL Alternatives 4 LIFE, Module 1-9**

Seznam důležitých zkratek

- **GWP:** skleníkový potenciál vztažený k CO_2. Způsobuje dodatečné ohřívání Země
- **Spodní hranice hořlavosti LFL:** dolní mez hořlavosti – minimální koncentrace chladiva, při které je možné šíření plamene v homogenní směsi chladiva a vzduchu. Udává se buď v % objemu, nebo hmotnosti látky v $1m^3$
- **Praktický limit:** maximální bezpečné množství chladiva, které se může krátkodobě v prostoru objevit (20% LFL), udává se stejně jako LFL

Seznam důležitých zkratek

- **UFL:** horní mez hořlavosti – maximální koncentrace chladiva, při které je možné šíření plamene v homogenní směsi chladiva a vzduchu
- **Rychlost hoření:** rychlost šíření plamene zapálené hořlavé látky, udává se v cm/s
- **Spalné teplo:** množství tepla, které se uvolní spálením dané látky, udává se v MJ/kg
- **RCL:** limitní koncentrace chladiva z hlediska toxicity, udává se stejně jako LFL

Seznam důležitých zkratek

- **ODL:** koncentrace chladiva snižující podíl kyslíku ve vzduchu pro normální dýchání
- **ATEL:** nejvyšší přípustná koncentrace látek s toxickým působením v uzavřených běžných prostorách.
- **Bezpečnostní značení chladiv:**
  - Toxicita: A = netoxické, B = toxické
  - Hořlavost: 1 = nehořlavé, 2L = mírně hořlavé, 2 = hořlavé, 3 = vysoce hořlavé/výbušné

Provozní rozsahy nových chladiv a jejich použití

Kód	Typ	Klíčové vlastnosti	GWP	Saturovaná teplota	Typické použití
R32	Hydro fluorouhlovodíky, HFC	Mírně hořlavý	675	-52°C	Splitové klimajednotky
R1234ze	Nenasycený HFC = hydrofluor olefin, HFO	Mírně hořlavý	7	-19°C	Chillery, splitové klimatizace, kompakty
R1234yf	Nenasycený HFC = hydrofluor olefin, HFO	Mírně hořlavý	4	-29,5°C	Chillery, klimatizace, tepelná čerpadla
R600a	Isobutan, $C_4H_{10,}$ uhlovodík (HC)	Vysoce hořlavý	3	-12°C	Domácí a malé komerční chlazení
R290	Propan, $C_3H_{8,}$ uhlovodík (HC)	Vysoce hořlavý	3	-42°C	Chillery, komerční chlazení
R1270	Propen (propylen), $C_3H_{6,}$ uhlovodík (HC)	Vysoce hořlavý	3	-48°C	Chillery, komerční chlazení

[1] GWP dle regulace F- plynů EU517: 2014

[2] Saturovanou teplotou se míní teplota bodu varu při atmosférickém tlaku

Přehled nových chladiv a jejich bezpečnostní charakteristiky (hořlavost)

Označení chladiva	Chemický vzorec	Spodní hranice hořlavosti LFL % v/v kg/m³	Rychlost hoření S_u cm/s	Spalné teplo MJ/kg	Limitní koncentrace chladiva RCL % v/v kg/m³	Praktický limit % v/v kg/m³	Třída bezpečnosti
R-32	CH_2F_2	14,4 0,307	6,7	9,5	2,7 0,0575	2,86 0,061	A2L
R-290	$CH_3CH_2CH_3$	2,1 0,038	46	46,3	0,42 00076	0,44 0,008	A3
R-600	$CH_3CH_2CH_2CH_3$	1,6 0,038	45	45,7	0,1 0,00238	0,37 0,0089	A3
R-600a	$CH(CH_3)_2CH_3$	1,8 0,043	41	45,6	0,36 0,00857	0,46 0,011	A3
R-1234yf	$CF_3CF = CH_2$	6,2 0,289	1,5	10,7	1,2 0,0559	1,24 0,058	A2L
R-1234ze(E)	$CF_3CH = CHF$	6,5 0,303	1,2	10,1	1,3 0,061	1,30 0,061	A2L
R-1270	$CH_3CH = CH_2$	2,7 0,046		45,8	0,1 0,00172	0,47 0,008	A3

Objemové % látky LFL

Hmotnost látky v 1 m3, od kdy začne hořet

Komentář k tabulce Přehled nových chladiv a jejich vlastností

1/3

- Zde prezentovaná chladiva jsou dvou tříd hořlavosti: A2L (mírně hořlavá) a A3 (vysoce hořlavá). Chladiva A2 se běžně nepoužívají.
- Silně hořlavá, ve směsi se vzduchem až výbušná A3 chladiva jsou uhlovodíky propan (R290), propen (R1270), butan (R600) a izobutan (R600a). Jejich využití je především v zařízeních pro potravinářské chlazení („bílá technika“), časem dojde i k použití i v malých klimajednotkách. Jsou netoxická (včetně jejich zplodin hoření) a jsou levná. Mohou být rovněž použita ve venku provozovaných zařízeních (chillery)

Komentář k tabulce Přehled nových chladiv a jejich vlastností

2/3

- Mírně hořlavá A2L chladiva jsou syntetická (R32 je F-plyn s GWP 675).
  Novou kategorii představují R1234yf a R1234ze, což jsou F-plyny na bázi olefinů (uhlovodíků s dvojnou vazbou) s nízkými GWP (4 a 7).
- R32 a R1234yf již jsou a budou využívány v klimatizacích, R1234ze je použitelný pro chillery.
  Jsou netoxická (ale zplodiny jejich hoření jsou velmi toxické) a jsou zatím relativně drahá. Není vyloučeno jejich budoucí omezení, nebo nahrazení.

Komentář k tabulce Přehled nových chladiv a jejich vlastností

3/3

- Spodní hranice hořlavosti (LFL), limitní koncentrace RCL a praktický limit mají v tabulce nad sebou dvě hodnoty - horní číslo vyjadřuje objemové procento látky pro LFL, dolní číslo pak hmotnost v kg/m^3, kdy se dosáhne hranice hořlavosti.
- Amoniak R717 je uveden jen pro porovnání, v dohledné době nebude používán mimo speciální zařízení či absorpční chladničky s malou náplní.

Omezení použitelnosti hořlavých chladiv

1/3

- Pokud je v zařízení hořlavé chladivo, musí tomu odpovídat **KONSTRUKCE** i **UMÍSTĚNÍ** zařízení a také **MNOŽSTVÍ CHLADIVA** v okruhu (musí odpovídat normám).
- Za bezpečnost konstrukce a provozu zařízení odpovídá výrobce (dokladuje shodu s normami značkou CE, nebo prohlášením o shodě).
- Za bezpečné a správné umístění zařízení zodpovídá provozovatel (často je nutné vypracovat POŽÁRNĚ BEZPEČNOSTNÍ ŘEŠENÍ).

Omezení použitelnosti hořlavých chladiv
2/3

- Z bezpečnostních důvodů se výrobci snaží co nejvíce omezovat náplň chladiva.
- Zařízení určená pro provoz v obsazených prostorách jsou většinou kompletně hotová a naplněná chladivem už ve výrobě.
- Pokud se bude zařízení vyrábět „na míru“ z jednotlivých dílů, musí též odpovídat normám a mít prohlášení o shodě. Zodpovědná je v tomto případě firma, která zařízení staví/uvádí do provozu.
- Servis může být provádět pouze proškolenou osobou a za použití dílů určených pro práci s hořlavým chladivem.

Omezení použitelnosti hořlavých chladiv

3/3

- Servisní technici budou muset striktně dodržovat bezpečnostní opatření a používat odpovídající techniku (větrání, nejiskřící odsávačky, vývěvy).
- Pro hořlavá chladiva A2L na bázi fluorovaných uhlovodíků HFC a HFO a jejich směsi se vztahují povinnosti vyplývající z nařízení 2024/573.
- Prostory, v kterých budou zařízení pracovat, musí vyhovovat legislativním požadavkům ČSN EN 378 a dalším regulacím. Ty musí určovat projektant ve spolupráci s provozovatelem zařízení a s požárními techniky.

R32 (HFC) GWP 675

- R32 je mírně hořlavé chladivo HFC. Jeho výkonnost a provozní tlaky se velmi podobají R410A a používá se ve stejných zařízeních – tepelná čerpadla, dělené klimatizační systémy a chillery.
  Není však vhodné k přímé náhradě za R410A.
  Pro další informace o vhodnosti použití tohoto chladiva byste měli vždy kontaktovat dodavatele těchto zařízení.
- Jeho mírná hořlavost omezuje velikost náplně pro komfortní klimatizace bez dalších opatření (zpravidla na cca 1,2 kg).

R32 (HFC) GWP 675

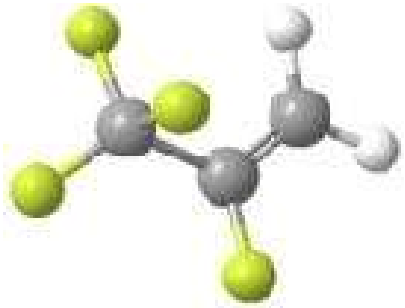
- Provozní tlak je nejvyšší z chladiv HFC, ale je podobný jako u R410A. Maximální tlak je typicky 35 barů.
- Elektrická zařízení v jednotce musí být v nejiskřícím provedení.

R32 molecule

R32 air conditioning units in production

R1234yf a ostatní HFO chladiva

- Hlavními HFO (hydrofluoroolefiny) chladivy jsou R1234ze a R1234yf.
  V obou případech jde o čisté jednosložkové látky stejné řady, obsahující vodík, fluor a nenasycený uhlíkový řetězec.
  Obě jsou mírně (A2L) hořlavé a mají velice nízké GWP (4, resp. 7).
- Elektrická zařízení v jednotce musí být v nejiskřícím provedení



R1234yf a ostatní HFO chladiva

- Nejrozšířenější použití v současnosti je R1234yf v automobilových klimatizacích.
  R1234ze je vhodné pro chladiče vody (chillery).
- HFO chladiva jsou často součástí směsí HFC/HFO chladiv (R448A, R454C a dalších)

examples of equipment using R1234ze

Uhlovodíky (HC): R290, R1270 a R600a 1/3

- R290 (propan), R1270 (propen, propylen) a R600a (isobutan) jsou uhlovodíky.
  Jsou velmi hořlavé, proto velikost jejich náplně omezuje možnosti jejich použití v mnoha zařízeních.
  Tomu musí odpovídat elektrické vybavení, a další bezpečnostní opatření v obsazeném prostoru.
  To omezuje použití uhlovodíků především na integrované systémy potravinářského chlazení, ve volném prostoru situované chillery a kompaktní klimatizační systémy.

Uhlovodíky (HC): R290, R1270 a R600a 2/3

- Dosavadní limit náplně **150g** ve vnitřním prostoru byla v IEC EN 60 335-2-89 v roce 2019 změněna na **494g** (pro samostatná komerční chladicí zařízení). Toto navýšení ale nemá zatím oporu v ČSN EN 378… (stále platí 150 g pro jeden okruh pro kategorii přístupnosti prostoru A).
  Novela EN 378 která je aktuálně projednávaná tento limit pravděpodobně navýší (předpoklad na 500 g), ale zatím není schválená.

R290, R1270 a R600a (HC) GWP = 3 3/3

- R600a, izobutan, má relativně vysokou saturovanou vypařovací teplotu, takže není vhodný pro nízkoteplotní aplikace (musel by být vypařován při nižším, než atmosférickém tlaku.
- R290 propan s vypařovací teplotou -42°C má podobnou charakteristiku jako R22, ještě vhodnější pro nízké teploty je R1270 propen s -48°C. Propen je na rozdíl od ostatních uhlovodíků čichově nápadný („samodetekující“).

Nebezpečí hořlavých chladiv

(ve srovnání s R404a)

Chladivo	Inhalačně	Hořlavost	Tlaky	Další
R32	Dusivé	Mírně hořlavé	Vysoké	Produkty rozkladu velmi jedovaté
R1234ze	Dusivé	Mírně hořlavé	Nízké	Produkty rozkladu velmi jedovaté
R600a	Dusivé	Vysoce hořlavé	Velmi nízké	
R290	Dusivé	Vysoce hořlavé	Podobné R404A	
R1270	Dusivé	Vysoce hořlavé	Podobné R404A	

Specifikace rizik hořlavých chladiv

Chladivo	Bezpečnostní třída [a]	LFL (dolní limit hořlavosti), kg/m³ [b]	Samozápalná teplota, °C	PL (praktický limit), kg/m³ [c]	ATEL / ODL [d]
HFC R32	A2L	0,307	648	0,061	0,30
HFO R1234ze	A2L	0,303	368	0,061	0,28
HFO R1234yf	A2L	0,289	405	0,058	0,47
HC R600a	A3	0,043	460	0,011	0,059
HC R290	A3	0,038	470	0,008	0,09
HC R1270	A3	0,047	455	0,008	0,0017

a) Bezpečnostní třída, jak je v EN378-1.

b) LFL (kg/m³) je dolní hranice hořlavosti, jak je uvedeno v EN378-1.

c) PL je Praktický limit dle EN378-1. Pro chladiva A1 je to nejvyšší koncentrace v obsazených místnostech, která nebude důvodem k opuštění prostoru. Pro chladiva tříd A2, A2L a A3 to znamená koncentraci přibližně 20% dolního limitu hořlavosti. Viz též tabulka na str. 3

d) ATEL/ODL je limit expozice akutní toxicity/limit nedostatku kyslíku, jak je uveden v EN378-1. Jedná se o úroveň, nad kterou se vyskytuje nepříznivý účinek, který vzniká z jedné nebo více expozic v krátkém časovém úseku (obvykle méně než 24 hodin).

Omezení maximální náplně

- ČSN EN 378 stanoví omezení velikosti náplně:
- pro chladiva, kde dominuje toxicita, tím se rozumí jak jedovatost (např. čpavek), tak dušení CO_2.
- pro chladiva, kde dominuje hořlavost.
- Maximální velikost náplně závisí na:
- kategorii přístupnosti osob (A, B, C)
- na klasifikaci umístění technologie (I, II, III, IV),

  a jejich kombinacích (AI, AII, ... BIV)
- Existuje množství chladiva, pod které není nutné zabývat se výpočtem množství náplně v **obsazených prostorách**
- Výpočet je 4 x LFL x 1,5 (v případě třídy 2L),

  nebo 4 x LFL (třída hořlavosti 2 nebo 3)

Klasifikace přístupnosti osob

Kategorie	Místo, kde …	Příklady
A	Lidé mohou spát; Počet přítomných osob není kontrolován; Každá osoba má přístup, aniž by byla osobně seznámena s osobními bezpečnostními opatřeními	Nemocnice a pečovatelské domy Vězení Divadla, přednáškové sály Supermarkety, restaurace, hotely Dopravní terminály Kluziště/zimní stadiony
B	Může být přítomen pouze omezený počet osob, některé z nich musí být nezbytně seznámeny s obecnými bezpečnostními opatřeními. Může to být místnost nebo část budovy.	Laboratoře Obecné výrobní prostory Kancelářské budovy
C	Není přístupná veřejnosti, přístup pouze pro oprávněné osoby. Oprávněné osoby jsou seznámeny s obecnými bezpečnostními opatřeními.	Chladírny a jatka Rafinerie Neveřejné prostory v supermarketech Výrobní zařízení, např. potravinářství, chemie

Klasifikace umístění zařízení

Třída I	**všechna strojní zařízení jsou umístěna v prostoru s dlouhodobou přítomností osob**
Třída II	kompresory jsou ve strojovně, nebo na otevřeném prostranství
Třída III	celé chladicí zařízení je ve strojovně, nebo na otevřeném prostranství
Třída IV	všechna chladicí zařízení jsou ve větraném prostoru

Některé společné příklady omezení velikosti náplně jsou uvedeny níže.

(Pro úplné informace je nutné se obrátit na ČSN EN 378.)

Příklad 1 – Chladírna užívající R290 na úrovni přízemí s oddělenou kondenzační jednotkou umístěnou ve venkovním prostoru

- Chladivo propan R290 (A3), kategorie přístupnosti B, účel „jiná použití“, systém je nad zemí, klasifikace umístění II, kondenzační jednotka je venku. Dle EN378 platí omezení náplně:
- M(kg)=nejvýše 20% x LFL x objem místnosti, ale zároveň ne více, než 2,5kg. Výpočet provedeme:

- chladírna 3,5m x 3m, výška 2,5m, t.j. objem 25,2m^3. Z toho vychází platná max. náplň = 0,2 x 0,038 x 25,2 = 0,192kg (podmínka <2,5kg splněna)

Ukázka chladírny s monoblokovým systémem pracujícím s uhlovodíky

Příklad 2 – splitová klimajednotka s R32, vnitřní jednotka podstropní montáž

- Chladivo R32 (A2L), kategorie přístupnosti A, účel komfort osob, klasifikace umístění II, kondenzační jednotka je venku. Dle EN378 platí omezení náplně:
- M [kg] = 2,5 x $LFL^{1.25}$ x h x $\sqrt{}$A, ale zároveň ne více, než 26 x LFL x 1,5 [kg] (Plocha místnosti je zde 9 x 5,5 = 49,5m^2, LFL = 0,307kg/m^2)

(kde: M je max náplň v kg, LFL dolní hranice hořlavosti, h výška umístění vnitřní jednotky v m (0,6 podparapetní, 1,0 okenní, 1,8 nástěnná, 2,2 podstropní, A podlahová plocha v m^2).

- Výpočet: M = 2,5 x $0,307^{1,25}$ x 2,2 x $\sqrt{}$49,5 = 8,84 kg

(podmínka ne více, než 26 x 0,307 x 1,5 = 12kg splněna)

Příklad 3 – výpočet minimálního objemu místnosti pro lahůdkový pult s náplní 350 g R1270

- Chladivo propen R1270 (A3), kategorie přístupnosti A, účel „jiná použití“, klasifikace umístění I, integrovaná chladicí skříň. Dle ČSN EN 378 platí omezení náplně:
- M_{max} [kg] = 20% x LFL x V [m^3] objem místnosti [m^3], LFL = 0,046kg/m^3, tedy:
- $V_{min} = M_{max}/0,2 \times LFL = 0,35/(0,2 \times 0,046) = 38m^3$
- Minimální objem místnosti je tedy 38m^3.

Důležité doplňující informace

- Důležité: tyto výše uvedené výpočty musí provádět v souladu s ČSN EN 378 projektant!
- Norma ČSN EN 378 umožňuje i vyšší náplně, ale musí být splněny doplňkové podmínky - trvalé, nebo z detektoru spouštěné větrání, v prostoru je výstroj v nevýbušném provedení, automatické uzavírací ventily, atd.
- Trvale instalovaný (a přezkušovaný!) detektor přítomnosti chladiva by měl být samozřejmostí.

Pevně instalované detektory úniku

- Pevně instalovaný systém detekce úniků by měl zjistit unikající chladivo ve vzduchu v okolí systému a v případě zjištění úniku spustit varovný poplach. Je nejvyšší prioritou na takový poplach neprodleně reagovat vhodnými kroky.
- Senzory by měly být umístěny v malé výšce a měl by jich být instalován dostatečný počet, včetně místností, přes které prochází potrubí chladiva. Musí být minimálně 1x za rok testovány.
- Úroveň nastavení alarmu má být 25 % z LFL nebo 50 % z ATEL/ODL, hodnoty – volíme tu, která je nižší - viz tabulka výše.

Těsnost zařízení s obsahem HC chladiv

- Těsnosti zařízení s obsahem hořlavých chladiv je hlavně otázkou bezpečnosti. Jinak jsou důsledky netěsnosti stejné, jako u zařízení s nehořlavými chladivy.
- Kontroly těsnosti na zařízení s HC chladivy musí být prováděny při uvádění do provozu a po servisních pracích vyžadujících otevření chladivového okruhu.
- Pravidelné kontroly těsnosti nejsou stanoveny zákonem jako u f-plynů, ale může je stanovit výrobce podle příslušných norem.

Těsnost zařízení s obsahem HC chladiv

- Kontroly těsnosti a jejich opravy smí provádět pouze proškolená osoba.
- Potenciální místa úniku jsou spoje a ohyby potrubí o více než 90°, trubky a komponenty s rizikem poškození a jakákoliv jiná potenciálně „citlivá“ místa zařízení.
- Postupy pro provádění kontroly těsnosti jsou stejné jako u nehořlavých chladiv. Při úniku chladiva je nutné jednat tak, aby nedošlo k jeho zapálení.

Prevence úniků a kontrola těsnosti u alternativních chladiv

Snižování úniků je důležité pro všechna chladiva, a to z následujících důvodů:

- bezpečnost - všechna chladiva jsou dusivá, mnohé alternativy jsou hořlavé,
- netěsné systémy mají menší výkon a spotřebovávají více energie než těsné systémy, minimalizace nákladů na nahrazování chladiva,
- zlepšení spolehlivost a minimalizace souvisejících ztráty,
- ztráta renomé servisní společnosti!

Minimalizování možností úniku chladiva

Nepředpokládá se, že zařízení s hořlavými chladivy budete konstruovat, nicméně bez ohledu na typ chladiva je důležité minimalizovat úniky, proto:

- zařízení má být jednoduché a přehledné
- nezvyšujte počet spojů
- nepřidávejte další komponenty
- pokud budete vkládat servisní přístupy, vložte před Schräderovy ventilky kulový ventil
- přesvědčte se, že v zařízení se nic nechvěje a nedotýká se
- po případných změnách zajistěte dobrý servisní přístup a dobrou dostupnost pro kontroly těsnosti.

Efektivní zjišťování úniků

Metody zjišťování úniků

Chladivo	Detekční sprej [1]	Elektronický detektor úniku [1]	Fluorescenční látka	Ultrazvuk
R32	vhodný	vhodný, ujistěte se, že detektor je citlivý na daný typ chladiva a bezpečný s hořlavými chladivy	dobrá	dobrá
R1234ze R1234yf				
HC (R600a, R290, R1270)				

1) je použitelné jen u zařízení, v nichž je tlak vyšší, než atmosférický!

Efektivní zjišťování úniků 1/4

- Kontrolujete-li vysokotlakou stranu, systém by měl být v provozu a kondenzační tlak by měl být tak vysoký, jak je to možné.
- Kontrolujete-li nízkotlakou stranu, systém by měl být vypnutý. Například provozní tlak R290 ve výparníku při -30 ^{o}C je 0,6 bar g, ale při odstavení za teploty okolí 20 ^{o}C bude tlak 7,4 bar g.
- Systém, který má režim odmrazování výparníku horkými parami z kompresoru, by měl při kontrole úniku na nízkotlaké straně pracovat v odmrazovacím režimu.
- Na reverzibilních tepelných čerpadlech se mají na únik testovat obě strany, a to při nejvyšším možném kondenzačním tlaku.

Efektivní zjišťování úniků
2/4

- Při všech metodách je důležité, aby test byl prováděn metodicky a aby všechny části systému byly otestovány, a to včetně spojů, jako jsou například připojení presostatů a pojistného ventilu.
  Je třeba najít všechna místa úniku – první nalezený únik nemusí být jediný, chladivo může unikat z více míst systému.
- Úniky by měly být opraveny hned, jakmile je to možné, a opravené místo úniku by mělo být opět zkontrolováno na těsnost. (pozn. legislativa u F-plynů, tedy i u R32 požaduje do 1 měsíce).

Efektivní zjišťování úniků
3/4

- Vysoký průtok vzduchu může rozptýlit unikající chladivo tak, že detektor únik nezachytí. Pokud je to možné, všechny ventilátory by měly být na nezbytnou chvíli mimo provoz. Dbejte ale na to, aby se nevypnuly vysokotlaké presostaty, nebo neotevřely pojistné ventily.
  Pokud je to možné, větrání ve strojovně by mělo být při kontrole úniků v místnosti vypnuté, ale pozor, aby se v prostorách nevytvořilo prostředí, které by se v případě úniku stalo hořlavým.

Efektivní zjišťování úniků 4/4

- Všechna alternativní chladiva kromě R717 jsou těžší než vzduch, proto je vždy zapotřebí kontrolovat spodní stranu všech spojů. Tam, kde stoupačky procházejí skříněmi s dveřmi, je třeba zkontrolovat vzduch u dna této skříně.
- Pokud detektor hlásí únik hořlavého chladiva, je nutné nejdříve zajistit důkladné vyvětrání prostor!
- Vstoupíte-li do chlazené místnosti, měli byste ihned zkontrolovat vzduch těsně nad podlahou za dveřmi. V případě, že je tam signalizována přítomnost chladiva, strojovnu nejprve důkladně vyvětrejte!

Elektronické detektory úniku

- O elektronické detektory je třeba se starat, kontrolovat je a udržovat jejich přesnost. Doporučujeme zakoupit u společnosti, která je i testuje, či dokonce opravuje a má tedy s nimi zkušenosti.
- Je doporučeno kontrolovat tyto detektory před každým použitím. Dle legislativy musí být kontrolovány minimálně jednou za rok. Pro optimální spolehlivost by měly být kontrolovány častěji.
- Pořiďte si lahvičku „referenční únik“ (nenahrazuje roční kontrolu).

Fluorescenční látka

- Fluorescenční látka může být přidána do oleje, který je v systému (zjistěte kompatibilitu látky s typem oleje!). Únik bude detekován za použití lampy s UV zářením. Výhodou tohoto způsobu je, že ukáže únik i ve špatně přístupných místech.
- Skvrny, které fluorescenční aditivum při úniku vytvořilo, by měly být po nalezení a odstranění úniku odstraněny (je na to speciální látka).
- Na práci na zařízeních s fluorescenční látkou používejte manometrické soupravy a hadice jen pro tento účel, abyste ji všude neroznášeli.

Nevýhoda fluorescenční látky

- Pokud se použijí fluorescenční aditiva, někteří výrobci zařízení neuznávají záruku;
- Olejový odlučovač odloučí aditivum spolu s olejem, a tak se tato látka nemusí dostat do celého systému.

Ultrazvukový detektor úniku

- Ultrazvukový detektor úniku registruje ultrazvuk, který je únikem chladiva vytvářen.
- Výhodou tohoto způsobu je, že může být použit pro jakékoli chladivo v systému (nebo pro dusík) a také na části systému s provozním tlakem, který je nižší než tlak atmosférický.
- Dobře použitelný je zejména u zařízení s vysokým tlakem.

Vizuální kontroly

Vizuální kontrola není standardním způsobem zjišťování úniků, ale její použití by nemělo být podceňováno.
Mezi pouhým okem viditelné indikátory úniku patří:

- Olejové skvrny na potrubích; izolace nasáklá olejem, prach nalepený na olej na potrubích, koroze, nadměrné opotřebení nebo poškozené komponenty.
- Olejové skvrny se mají očistit po opravě netěsnosti, aby opakovaně nedávaly falešnou indikaci úniku.
- Na pojistném ventilu může být indikátor, že již byl otevřen. Měl by být zkontrolován, protože pojistné ventily, které už tlak jednou uvolnily, ne vždy správně těsní.

Nepřímé způsoby detekce úniků

Pracovní parametry systému, z něhož uniká chladivo, se obvykle liší od normálních parametrů správně naplněného systému:

- sací tlak bude nižší než obvykle (pokud není řízen, například z centrální strojovny);
- užitečné přehřátí (tj. přehřátí dosahované ve výparníku) bude větší;
- podchlazení na kondenzátoru se sníží
- výtlačný tlak se sníží (pokud není řízen centrálně).

Tlaková zkouška použitím dusíku

Systém by měl být pomalu napouštěn dusíkem až po maximální dovolený tlak (PS) a také by měly být splněny následující podmínky:

- Každý spoj by měl být zkontrolován detekčním sprejem, který identifikuje místo možného úniku, nebo
- systém by měl být po dobu nejméně 12 hodin pod tlakem – a tlak na konci zkoušky by neměl být nižší než na jejím začátku.

Vliv teploty okolí na tlak

- Podle Gay-Lussacova zákona platí:
- **P2 = (P1 x T2) / T1**, kde:
- P1 je absolutní tlak na začátku zkoušky v barech
- P2 je absolutní tlak na konci zkoušky v barech
- T1 je teplota okolí na začátku zkoušky v Kelvinech
- T2 je teplota okolí na konci zkoušky v Kelvinech

Z toho plyne, že tlak se změní o 3,5% při změně teploty okolí o 10K.

Testování úniku směsí dusíku s vodíkem

- Tlakové zkoušky mohou být také prováděny použitím směsi dusíku a malého (do 5%) množství helia nebo vodíku.
  Musí být použity speciální elektronické detektory.
  Metoda je velmi citlivá

Bezpečnost práce s hořlavými chladivy

1/11

- Osobní ochranné pomůcky (OOP) musí být použity každým, kdo pracuje v zařízeních obsahujících hořlavá chladiva. Toto zahrnuje rukavice a ochranné brýle. Současně musí být prováděno kontinuální monitorování přítomnosti hořlavých chladiv v pracovním prostoru.
- Pracovní prostor musí být správně větraný, bez zdroje zapálení v okruhu do 3 m od systému a připojených zařízení.
  Použijte výkonný ventilátor v nevýbušném provedení.

Bezpečnost práce s hořlavými chladivy 2/11

- Odsávací zařízení a detektor úniku musí být vhodné pro použití s daným hořlavými chladivy.
- Při provádění práce, která vyžaduje vstup do chladicího okruhu nebo při které existuje podezření na únik, zkontrolujte pracovní prostor pomocí detektoru vhodného pro HC chladiva.
- Je důležité, aby detektor nebyl vynulován v prostředí, kde by se mohlo vyskytovat uniklé chladivo, a aby hlásil nebezpečí při hodnotě 20% spodní meze hořlavosti.

Bezpečnost práce s hořlavými chladivy

3/11

- Chladiva R32, R1234yf, R1234ze jsou řazeny mezi F-plyny a před opravou musí být odsáty pro znovupoužití, nebo předání k likvidaci.
  Láhve určené pro odsátí těchto chladiv musí být dobře vyvakuované. Musí být označeny druhem chladiva a jeho určením.
- Chladiva uhlovodíkové řady za zařízení s malou náplní je možno volně vypustit do větraného prostoru.
- Před odpájením spojů musí být náplň chladiva odsáta a systém musí být následně vyvakuován a vyčištěn nízkým tlakem dusíku bez obsahu kyslíku.

Bezpečnost práce s hořlavými chladivy 4/11

- Před opětovným naplněním výhradně čistým chladivem po opravě musí být zařízení důkladně vyvakuováno. Případné zbytky vzduchu/kyslíku by mohly vyvolat vnitřní explozi po spuštění!
- Pokud se nahrazují elektrické součásti zařízení, musí být nahrazeny prvky stejné bezpečnostní třídy.
- Je nutno z okolí zařízení s hořlavým chladivem vyloučit zdroje zapálení (viz níže):

Bezpečnost práce s hořlavými chladivy 5/11

- Je nezbytné mít po ruce hasicí přístroj. Měl by to být buď práškový typ s obsahem min. 2 kg, nebo typ s CO_2 se srovnatelným výkonem.
- Některé standardní přístroje se mohou použít i při práci s hořlavými chladivy, např. manometrické soupravy.
- Většinu vývěv lze bezpečně použít. Jediným potenciálně nebezpečným místem je hlavní vypínač. Hořlavé chladivo vyfouknuté vývěvou se obvykle bezpečně rozptýlí do okolí, a tudíž se – pokud je vývěva umístěná v dobře větraném prostoru – nevytvoří nebezpečná hořlavá místa.

Bezpečnost práce s hořlavými chladivy 6/11

- Běžné odsávací/plnicí stanice však nelze s hořlavým chladivem bezpečně používat. Nutno použít typy v nevýbušném provedení!
- Detektory úniku musí být citlivé na příslušná chladiva.
- Vyvakuujte nádobu, do níž budete odsávat, aby se odsávané hořlavé chladivo nemísilo se vzduchem.
- Nemíchejte ve sběrné nádobě hořlavá chladiva s jinými typy chladiv. Nádoba musí být označena štítkem upozorňujícím na hořlavou látku.

Bezpečnost práce s hořlavými chladivy 7/11

Otevření potrubí rozpájením 1/2:

- Po celou dobu činnosti sledujte prostor detektorem hořlavých chladiv.
- Zajistěte dobré přirozené nebo umělé větrání.
- Odsajte hořlavé chladivo ze zařízení (viz postup odsávání), zkontrolujte, že jste ze zařízení odsáli veškeré chladivo.
- Nechte odsávačku pracovat do té doby, dokud nebude v okruhu vakuum, dokud nebude ze zařízení odstraněno co nejvíce chladiva.

Bezpečnost práce s hořlavými chladivy 8/11

Otevření potrubí rozpájením 2/2:

- Naplňte okruh přetlakem 0,1 bar suchého dusíku bez obsahu kyslíku.
- Připojte k zařízení hadici a otevřete ji.
- Odpájejte spoje.
- Ujistěte se, že ze zařízení bylo odstraněno všechno chladivo – to provedete tak, že zkontrolujete jak nízkotlakou, tak i vysokotlakou část okruhu.

Bezpečnost práce s hořlavými chladivy 9/11

Bezpečné pájení spojů:

- Po celou dobu činnosti sledujte prostor detektorem hořlavých chladiv.
- Zajistěte dobré přirozené nebo umělé větrání.
- Při zpětném zapájení spojů nechte alespoň jeden servisní bod zařízení otevřený a okruh propláchněte suchým dusíkem

Bezpečnost práce s hořlavými chladivy 10/11

Plnění:

- Zajistěte dobré přirozené nebo umělé větrání.
- Použijte uhlovodíky chladařské kvality. Pokud nejsou plnicí hadice vyvakuovány, propláchněte je před plněním opatrně chladivem.
- Važte chladivo přesně, plníte -li systémy s kritickou hmotností náplně. Typická tolerance je ±5%. Neměňte množství náplně chladiva, vždy se řiďte údajem výrobce zařízení.

Bezpečnost práce s hořlavými chladivy 11/11

Výměna dílů:

- Elektrická zařízení a kompresory vyměňujte pouze za stejné typy.
- Před znovuuvedením zařízení do provozu zkontrolujte, zda byly elektrické rozvaděče správně znovuzatěsněny.
- Neupravujte díly, ani neměňte jejich umístění.
- Přesvědčte se, že použitá těsnění vyhovují pro daná chladiva (nejsou leptána), např. i vložky Schräderových ventilků.

Zdroje zapálení 1/2

Zdroje zapálení v souvislosti s chladicími zařízeními nejčastěji jsou:

- On/off spínače nebo stykače
- Relé (např. na ovladačích a jednofázových kompresorech)
- Tlakové spínače
- Tepelné ochrany přetížení
- Motory ventilátorů
- Termostaty
- Čerpadla kondenzátu
- Miniaturní jističe (MCBs)

Zdroje zapálení 2/2

- Topení pro odmrazování, pokud povrchová teplota topidla přesahuje teplotu o 100°C nižší, než je zápalná teplota chladiva, např. 360°C pro HC chladiva (maximální povrchová teplota topidla musí být ověřena testem v provozním prostředí při maximální zátěži a za předpokladu, že ukončení odmražení selhalo).
- Horké povrchy s teplotou nad 360°C.
- Pozor: nikdy v potenciálně hořlavém prostředí nerozpojujte elektrické obvody pod napětím!

Hodnocení rizik 1/2

- Hodnocení rizik je metoda, pomocí které se rozhodujeme, s jakou pravděpodobností při určité činnosti dojde k poškození či poranění (tj. jaký je stupeň rizika) a jaká opatření je třeba přijmout, aby bylo možné dostat takováto rizika pod kontrolu. Podrobný popis lze získat z materiálů Module 2.
- Formulář najdete v souborech ke stažení.

V procesu vyhodnocování rizik postupujeme dle těchto čtyř kroků:

- 1. Identifikujte ohrožení.
- 2. Identifikujte, kdo může být ohrožen - typicky je to servisní technik, v některých případech jiní pracovníci či veřejnost.

Hodnocení rizik 2/2

- 3. Zhodnoťte rizika, vezměte v potaz pravděpodobnost nastání příslušné události a vážnost důsledků. Vezměte v potaz potřebná opatření.
- Zaznamenejte výsledky a závěry.
- Pokud jsou hodnocená rizika vysoká, je třeba zvážit další opatření. Potřebujeme-li kupříkladu zařízení obsahující hořlavé chladivo opravit, jeho dočasné (tj. trvající po dobu nezbytné opravy) přesunutí do venkovního prostoru může rizika výrazně snížit.
- **Protokol hodnocení rizik by měl být součásti dokumentace o provedené práci**

Snižování rizik u hořlavých chladiv

A2L, B2L a A3 chladiva jsou potenciálně hořlavá ve vzduchu. Mohou být zapálena otevřeným plamenem nebo jiskrami z nekrytých elektrických zařízení.

Snižování rizik:

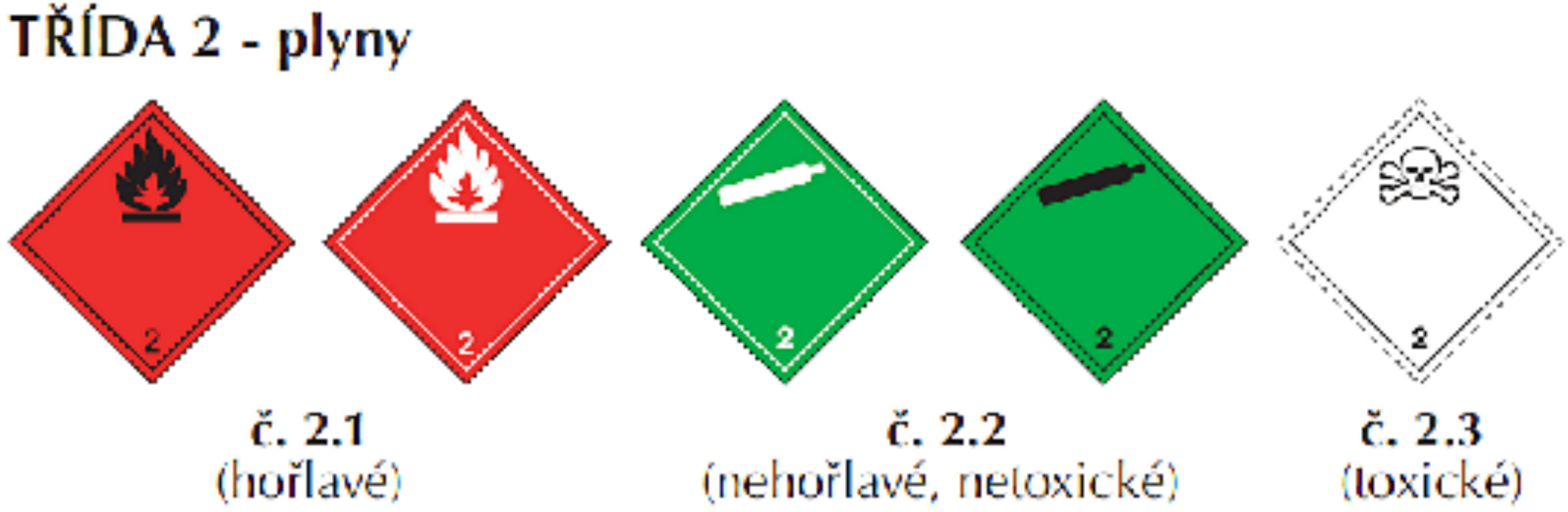
- použití bezpečných elektrických zařízení (např. s označením Ex),
- přemístění elektrických zařízení mimo hořlavé zóny,
- dostatečné trvalé větrání.

Přeprava hořlavých chladiv v nádobách a v zařízeních

- Přepravu hořlavých látek pokrývá nařízení ADR. U hořlavých látek v nádobách je limit stanoven na 333 kg. Nad toto množství je nutné řídit se dalšími opatřeními ADR.
- Obecně platí, že:
  - Řidič je seznámen s bezpečnou manipulací s přepravovanými látkami a s používáním hasicích prostředků.
  - Vozidlo je dobře větrané.
  - Ve vozidle musí být aspoň jeden 2kg hasicí přístroj.
  - Ventily nádob musí být uzavřené a adaptéry odpojené.
  - Nádoby musí být bezpečně a jasné označené.

Přeprava hořlavých chladiv v nádobách a v zařízeních

- Doporučuje se vozidlo označit příslušnou tabulkou pro přepravu plynů a informace o nákladu je zaznamenána v přepravních dokumentech.



Přeprava hořlavých chladiv v nádobách a v zařízeních

- Pokud přepravujete zařízení naplněné hořlavým chladivem, které obsahuje méně než 12 kg náplně, pak se na přepravu nevztahují požadavky ADR.
- Zároveň by nemělo být přepravováno více než 1000 zařízení v jednom vozidle.

Standardy a předpisy 1/4

Dokument	Název	Pokyny (odpovídající pro hořlavé chladivo)
ISO 817:2014	Chladiva – označení a bezpečnostní klasifikace	Jednoznačný systém pro číslování chladiv. Zahrnuje bezpečnostní klasifikace (A1, A2, A3).
EN 378-1:2016	Chladicí systémy a tepelná čerpadla – Požadavky na bezpečnost a ochranu životního prostředí, Základní požadavky, definice, klasifikace a kritéria výběru	Praktický limit. Maximální velikosti náplně
EN 378-2:2016	Chladicí systémy a tepelná čerpadla – Požadavky na bezpečnost a ochranu životního prostředí, Návrh, konstrukce, zkoušení, značení a dokumentace	Ochrana proti vysokému tlaku Větrané prostory
EN 378-3:2016	Chladicí systémy a tepelná čerpadla – Požadavky na bezpečnost a ochranu životního prostředí, Místo instalace a ochrana osob	Strojovny Detektory chladiva

Standardy a předpisy 2/4

EN 378-4:2016	Chladicí systémy a tepelná čerpadla – Požadavky na bezpečnost a ochranu životního prostředí, Provoz, údržba, opravy a znovuvyužití	Opravy systémů s hořlavými chladivy. Kompetence personálu pracujícího na systémech s hořlavými chladivy.
EN 60079-0:2012 +A1 2013	Výbušná prostředí – Zařízení – obecné požadavky	Kategorizace hořlavých plynů. Klasifikace zařízení. Zóny.
EN 60079-10-1:2015	Výbušná prostředí – Klasifikace prostorů - výbušné plynové atmosféry	Zóny a klasifikace zařízení Testování simulace netěsností Požadavky na proudění vzduchu
EN 60079-14:2014	Výbušná prostředí – Projektování, výběr a montáž elektroinstalací	Lokalizace zdrojů zapálení Elektrické vedení

Standardy a předpisy 3/4

EN 60079-15:2010	Výbušná prostředí – Ochrana zařízení typem ochrany "nevýbušné"	Elektrické zařízení a krytí pro použití v potenciálně hořlavých prostorách. Štítkování elektrických zařízení
EN 60335-2-24:2010	Elektrické spotřebiče pro domácnost a podobné účely – Bezpečnost Část 2-24: Zvláštní požadavky na chladicí zařízení, výrobníky zmrzliny a ledu	Systémy s méně než 150 g náplní hořlavého chladiva.
EN 60335-2-40:2012	Elektrické spotřebiče pro domácnost a podobné účely – Zvláštní požadavky na elektrická tepelná čerpadla, klimatizační zařízení a odvlhčovače	Návrh, realizace a servis klimasystémů používajících hořlavá chladiva.

Standardy a předpisy 4/4

EN 60335-2-89:2010	Elektrické spotřebiče pro domácnost a podobné účely – Bezpečnost. Část 2-89: Zvláštní požadavky na komerční chladicí spotřebiče se zabudovanou, nebo oddělenou kondenzační jednotkou chladiva nebo kompresorem.	Systémy s méně než 150 g náplně hořlavého chladiva, simulační zkoušky těsnosti pro klasifikaci prostorů umístění.
ADR	Evropská dohoda o mezinárodní silniční přepravě nebezpečných věcí	Přeprava hořlavých plynů v systémech nebo vybaveních po silnici
RID	Předpisy týkající se mezinárodní železniční přepravy nebezpečných věcí	Přeprava hořlavých plynů v systémech nebo vybaveních po železnici
ATEX	Evropská směrnice o minimálních požadavcích na zlepšení bezpečnosti a ochrany zdraví zaměstnanců potenciálně ohrožených výbušnou atmosférou	Platí pro pracovní místa, kde se používají hořlavá chladiva