



Protokol o určení vnějších vlivů č. VV-2020-01-13

vypracovaný dle ČSN 33 2000-5-51, ed. 3 a předpisů souvisejících

Provoz: **Česká zemědělská univerzita v Praze – laboratoř č. L047**

číslo dokumentu: VV-2020-01-13

datum: 29. ledna 2020

verze: 2, ze dne 4. 2. 2021

revize: 0

výtisk č.:

Vypracoval:

Jan Petrus, odborný konzultant, Osoba odborně způsobilá v oblasti požární ochrany,
číslo osvědčení Z-OZO-43/2014.

Složení komise:**Předseda:****Jan Petrus**

odborný konzultant, Osoba odborně způsobilá v oblasti požární ochrany,
číslo osvědčení Z-OZO-43/2014

**Členové:****Ing. Vladimír Čapka**

projektant

autorizovaný inženýr ČKAIT, číslo autorizace 0002624

obor autorizace – pozemní stavby

Ing. Karel Košař

projektant

autorizovaný inženýr ČKAIT, číslo autorizace 0002043

obor autorizace – technika prostředí staveb, elektrotechnická zařízení

Ing. Martin Dvorský

autorizovaný technik ČKAIT, číslo autorizace 0012162

obor autorizace – požární bezpečnost staveb

Ing. Michal Vosáhlo

autorizovaný inženýr ČKAIT, číslo autorizace 0013370

obor autorizace – technologická zařízení staveb

Obsah

| | | |
|------|--|----|
| 1. | Podklady použité pro vypracování protokolu | 4 |
| 1.1. | Legislativní odkazy..... | 4 |
| 1.2. | Platnost protokolu..... | 5 |
| 2. | Definice..... | 6 |
| 3. | Popis posuzovaných objektů a technologií | 7 |
| 3.1. | Účel prostoru..... | 7 |
| 3.2. | Popis prostoru | 7 |
| 3.3. | Popis pracovního postupu | 7 |
| 3.4. | Charakteristiky látek | 7 |
| 4. | Klasifikace prostorů dle ČSN 33 2000-5-51 | 9 |
| 4.1. | Vnější vlivy posuzovaných prostorů – dané geografickou polohou | 9 |
| 4.2. | Laboratoř 047 | 10 |
| | Příloha: klasifikace prostorů z hlediska nebezpečí výbuchu..... | 11 |
| | Příloha: určení prostředí v okolí výfuku pojišťovacích ventilů | 14 |
| 5. | Závěr | 20 |

1. Podklady použité pro vypracování protokolu

1.1. Legislativní odkazy

| | |
|------------------------|---|
| ČSN EN 60079-10-2 ed.2 | Určování nebezpečných prostorů – výbušné atmosféry s hořlavým prachem |
| ČSN EN 60079-14 ed.4 | Výbušné atmosféry – návrh, výběr a zřizování elektrických instalací |
| ČSN EN 60529 | Stupně ochrany krytem (krytí-IP kód) |
| ČSN 33 2000-1 ed.2 | Elektrické instalace nízkého napětí – Část 1: Základní hlediska, stanovení základních charakteristik, definice |
| ČSN 33 2000-3 | Elektrotechnické předpisy. Elektrická zařízení, Část 3: Stanovení základních charakteristik |
| ČSN 33 2000-4-41 ed.3 | Elektrické instalace nízkého napětí – Část 4-41: Ochranná opatření pro zajištění bezpečnosti – Ochrana před úrazem elektrickým proudem |
| TNI 33 2000-4-41 | Elektrické instalace nízkého napětí – Část 4-41: Ochranná opatření pro zajištění bezpečnosti – Ochrana před úrazem elektrickým proudem – Komentář k ČSN 33 2000-4-41 ed. 2 |
| ČSN 33 2000-5-51 ed.3 | Elektrické instalace nízkého napětí – Část 5-51: Výběr a stavba elektrických zařízení – Všeobecné předpisy |
| TNI 33 2000-5-51 ed.3 | Elektrické instalace nízkého napětí – Výběr a stavba elektrických zařízení – Všeobecné předpisy – Vnější vlivy, jejich určování a protokol o určení vnějších vlivů – Komentář k ČSN 33 2000-5-51 ed. 3:2010 |
| ČSN 33 2000-7-701 ed.2 | Elektrické instalace nízkého napětí – Část 7-701: Zařízení jednoúčelová a ve zvláštních objektech – Prostory s vanou nebo sprchou |
| ČSN 33 2130 ed.3 | Elektrické instalace nízkého napětí – Vnitřní elektrické rozvody |
| EN 1127-1 ed.2 | Výbušná prostředí – Prevence a ochrana proti výbuchu – Část 1: Základní koncepce a metodika |
| EN 13463-1 | Neelektrická zařízení pro prostředí s nebezpečím výbuchu – Část 1: Základní metody a požadavky |
| CLC/TR 50404 | Elektrostatika – Směrnice pro zabránění nebezpečí zaviněného statickou elektřinou, CENELEC, 2003. |

1.2. Platnost protokolu

Tento protokol platí pouze pro výše uvedené prostory. Protokol je zpracováván na základě projektové dokumentace objektu a zhodnocení provozovaných činností. Pokud dojde v průběhu užívání objektu ke změně způsobu užívání či změně způsobu manipulace se zpracovávanými látkami, je nutné provést aktualizaci tohoto protokolu. Aktualizaci protokolu je rovněž nutné provést tehdy, pokud dojde k výrazné změně četnosti a kvality prováděného úklidu daných prostor.

Před uvedením nového technologického zařízení do provozu je vhodné provést revizi tohoto dokumentu na základě budoucího skutečného stavu (revize dokumentu může rovněž konstatovat, že k podstatným změnám nedojde a není důvod k aktualizaci dokumentu).

Protokol je platný pouze za podmínek dodržování pracovní kázně a pracovních a technologických postupů dle platných legislativních předpisů.

2. Definice

- * **Prostory nebezpečné** – prostory nebezpečné jsou takové, kde je působením vnějších vlivů buď přechodné, nebo stálé nebezpečí úrazu elektrickým proudem.
- * **Prostory zvlášť nebezpečné** – prostory zvlášť nebezpečné jsou takové, ve kterých působením zvláštních okolností, vnějších vlivů (popř. i jejich kombinací) dochází ke zvýšení nebezpečí úrazu elektrickým proudem. Dále je třeba navíc určit, zda se v takových prostorech nebezpečí úrazu mimořádně zvyšuje nepříznivými poměry, nebo kde se pracuje ve zvlášť ztížených podmínkách (např. ve vodě, v kotlích a kovových nádržích a podobných těsných prostorech s kovovými hmotami).
- * **Prostory normální** – prostory normální jsou prostory, které nejsou určeny ani jako nebezpečné, ani zvlášť nebezpečné.
- * **prostory s nebezpečím výbuchu** – prostory, kde hrozí alespoň výjimečně výskyt výbušné atmosféry tvořené parami hořlavých kapalin, výbušnými plyny nebo hořlavými nebo výbušnými prachy
- * **výbušná atmosféra** – jakákoliv směs vzduchu (kyslíku, nebo jiného okysličovadla) s hořlavou látkou
- * **nebezpečná výbušná atmosféra** – směs vzduchu (kyslíku, nebo jiného okysličovadla) s hořlavou látkou v takovém množství nebo vyskytující se za takových podmínek, které vyžaduje opatření na ochranu zdraví a životů pracovníků
- * **zařízení** – soubor součástí, který je definován v NV 116/2016 Sb., určený pro přeměnu energie nebo změnu skupenství hmoty nebo pro dopravu materiálu, který může mít vlastní iniciační zdroje výbuchu. Za zařízení se tak nepovažují např. stavební výrobky a obaly (např. potrubí, součásti stavby – okna, dveře, ... nebo obaly s hořlavými kapalinami atd., pokud neobsahují elektrické součásti a mechanické součásti (např. pohony vrat nebo měřicí technika).
- * **hořlavá kapalina** – kapalina (při 20 °C a normálním tlaku), u které je možné stanovit bod vzplanutí
- * **manipulace s hořlavými kapalinami** – jakékoliv nakládání s hořlavými kapalinami, při kterém se mohou uvolňovat páry hořlavých kapalin do okolí – tedy otevírání obalů, míchání, slévání, přelévání, ředění atd.
- * **výbušný prach** – látka ve formě prachu, granulátu nebo vláken, kde převažující zrnitost zrna nebo průměr vláken nepřesahuje 500 µm, která je schopna rozvíření ve vznosu (ve vzduchu) a explozivního hoření
- * **hořlavý prach** – látka ve formě prachu, granulátu nebo vláken, která je schopna po přiložení zápalného zdroje sama žhnout nebo hořet
- * **nn** – nízké napětí (do 600 V proti zemi)
- * **vn** – vysoké napětí (do 30 kV proti zemi)

3. Popis posuzovaných objektů a technologií

3.1. Účel prostoru

Prostor laboratoře č. L047 je určen pro provádění laboratorních měření. Pro tato měření jsou určeny měřicí přístroje, které jsou napojeny na rozvody technických plynů z tlakových lahví přes nerezové kapiláry 1/8". Tlakové lahve technických plynů jsou uloženy přímo v prostoru laboratoře. Prostor je nuceně větrán 3násobnou výměnou vzduchu za hodinu, v případě úniku hořlavého plynu pak havarijním větráním s 10násobnou výměnou vzduchu za hodinu.

3.2. Popis prostoru

Laboratoř L047 je umístěna v rámci 1. PP budovy fakulty lesnické a dřevařské. Zdivo místnosti je zděné, podlaha tvořena keramickou dlažbou, strop je bez podhledu. Prostor laboratoře je nuceně větrán. Rozměry místnosti jsou 5,56 × 2,74 × 3,1 m.

3.3. Popis pracovního postupu

V prostoru laboratoře L047 je pracováno s technickými plyny, které jsou uloženy v tlakových lahvích pro přepravu plynu a pomocí potrubí připojeny na analyzátor. Využívanými plyny jsou:

- helium (1 × lahev 50 l)
- dusík (1 × lahev 10 l)
- vodík (1 × lahev 10 l)
- kyslík (1 × lahev 10 l)
- oxid uhelnatý (1 × lahev 10 l)
- oxid uhličitý (1 × lahev 10 l)
- oxid siřičitý (1 × lahev 2 l)

3.4. Charakteristiky látek

Látkami, které se v předmětném provozu vyskytují a které mohou tvořit se vzduchem výbušnou atmosféru jsou výbušné plyny – vodík a oxid uhelnatý. Ostatní plyny netvoří se vzduchem výbušnou směs. Požárně-technické charakteristiky látek jsou uvedeny v tabulkách níže.

Tabulka: Požárně-technické charakteristiky par hořlavých kapalin

| Parametr | Jednotka | Hořlavé plyny | |
|--------------------------------|-------------------|---------------|---------------|
| | | vodík | oxid uhelnatý |
| Molární hmotnost | kg/kmol | 2,02 | 28,01 |
| Hustota | g/cm ³ | 0,786 | 1,977 8 |
| Spodní mez výbušnosti | %obj. | 4,7 | 12,5 |
| Horní mez výbušnosti | %obj. | 12,0 | 74,0 |
| Relativní hustota (vzduch = 1) | — | 0,0695 | 0,967 |
| Teplota vznícení | °C | 510 | 609 |
| Minimální iniciační energie | mJ | 0,011 | <0,3 |
| MESG ¹⁾ | mm | 0,29 | 0,94 |
| Skupina výbušnosti | — | IIC | IIA |
| Teplotní třída | — | T1 | T1 |

POZNÁMKY:

Údaje převzaty z bezpečnostních listů výrobců.

1) MESG (Maximal Experimental Safety Gap) je definovaná štěrbina délky 25 mm oddělující dva objemy s optimální výbušnou koncentrací dané látky, která ještě neumožňuje přenos výbuchu z jedné strany na druhou.

Charakteristiky látek, které se v daném prostoru mohou vyskytnout, a které mají určitě nebezpečné vlastnosti z pohledu vlivu AF (výskyt korozivních a znečišťujících látek) nejsou v tomto protokolu uvedeny, protože kromě korozivity jsou tyto údaje pro použití v protokolech irelevantní.

Následující strany obsahují tabulky s určením vnějších vlivů v jednotlivých posuzovaných prostorech.

Níže uvedené vnější vlivy jsou dány geografickou polohou a dalšími parametry, které jsou společné pro celý objekt. Tyto vlivy jsou v následujících tabulkách vynechány.

Poznámka: vnější vliv AB:

Atmosférické podmínky v okolí, se určuje pouze tehdy, pokud je v daném prostoru současné působení teploty a vlhkosti. Pro prostory, kde je vliv AB normální (teplota +5/+40 °C, relativní vlhkost 5-85 %, absolutní vlhkost 1-25 g/m³) je hodnocení vynecháno, resp. uvedeno v tabulce výše jako platné pro celý areál. Tam, kde se tento vliv uplatňuje, je to uvedeno v tabulce příslušného prostoru.

4. Klasifikace prostorů dle ČSN 33 2000-5-51

4.1. Vnější vlivy posuzovaných prostorů – dané geografickou polohou

| Název vlivu | Kód | Rozsah | Poznámka |
|--|---------|---|------------------|
| AB – Atmosférické podmínky v okolí | AB5 | teplota +5 / +40 °C relativní vlhkost 5-85 % abs. vlhkost 1-25 g/m ³ | normální |
| AC – nadmořská výška | AC1 | do 2000 m. n. m. | normální |
| AM – elektromagnetická, elektro-statická nebo ionizující působení | | | |
| Elektromagnetické jevy s nízkým kmitočtem (vedení, vyzařování). Harmonické, meziharmonické. | AM-1-2 | normální úroveň | normální |
| Signální napětí | AM-2 | (bez třídění) | neurčuje se |
| Změny amplitudy napětí | AM-3-2 | normální úroveň | normální |
| Neustálé napětí | AM-4 | (bez třídění) | neurčuje se |
| Změny kmitočtu | AM-5 | (bez třídění) | neurčuje se |
| Indukované napětí nízkého kmitočtu | AM-6 | (bez třídění) | neurčuje se |
| Stejnoseměrný proud v obvodech střídavého proudu | AM-7 | (bez třídění) | neurčuje se |
| Vyzařovaná magnetická pole | AM-8-1 | Střední úroveň | normální |
| Elektrická pole | AM-9-1 | Zanedbatelná úroveň | normální |
| Elektromagnetické jevy s vysokým kmitočtem – šíření vedením, indukci nebo vyzařováním (stálé, přechodné) | AM-21 | (bez třídění) | neurčuje se |
| - šíření vedením, jednosměrně vedené v čase řádu nanosekund | AM-22-3 | Vysoká úroveň | normální |
| - šíření vedením, jednosměrně vedené v čase řádu mili- nebo mikro-sekund | AM-23 | (bez výskytu) | neurčuje se |
| Oscilační přechodové jevy šířené vedením | AM-24 | (bez výskytu) | neurčuje se |
| Jevy vyzařované s vysokým kmitočtem | AM-25-2 | Střední úroveň | normální |
| Elektrostatické výboje | AM-31-1 | Nízká úroveň | ostatní prostory |
| Ionizace | AM-41-1 | (bez třídění) | nevyskytuje se |
| Intenzita slunečního záření | AN | (bez výskytu / irelevantní) | neurčuje se |
| Seismické účinky | AP1 | zanedbatelné – zrychlení <20 Gal (cm/s ²) | normální |
| Bouřkové dny | AQ2 | nepřímé ohrožení – >25 bouřkových dní v roce | normální |
| Sněhová pokrývka * | AT | (bez výskytu / irelevantní) | neurčuje se |
| Námraza * | AU | (bez výskytu / irelevantní) | neurčuje se |

* uvedené vnější vlivy jsou z připravované normy pro určování vnějších vlivů.

4.2. Laboratoř 047

| Název vlivu | Kód | Rozsah nebo výskyt | normální | nebezpečné | zvlášť nebezpečné |
|---|-----|--|----------|------------|-------------------|
| Teplota okolí | AA5 | +5 / +40 °C | X | | |
| Výskyt vody | AD1 | zanedbatelný | X | | |
| | | prostory v okolí výlevků a umyvadel (pokud budou v laboratoři umístěny) detailně řeší norma ČSN 33 2130. | | | X |
| Výskyt cizích pevných těles | AE1 | zanedbatelný | X | | |
| Výskyt korozivních a znečišťujících látek | AF3 | občasný či příležitostný – okolí tlakových lahví s korozivními plyny | | X | |
| | AF1 | zanedbatelný – ostatní prostor | X | | |
| Mechanické namáhání – ráz | AG1 | mírný | X | | |
| Mechanické namáhání – vibrace | AH1 | mírné | X | | |
| Výskyt rostlin nebo plísní | AK1 | bez nebezpečí | X | | |
| Výskyt živočichů | AL1 | bez nebezpečí | X | | |
| Pohyb vzduchu | AR1 | pomalý, do 1 m/s | X | | |
| Schopnost osob | BA1 | běžná | X | | |
| Kontakt osob s potenciálem země | BC2 | výjimečný | X | | |
| Podmínky úniku v případě nebezpečí | BD1 | malá hustota osob, snadný únik | X | | |
| Povaha zpracovávaných nebo skladovaných materiálů | BE1 | bez významného nebezpečí | X | | |
| Stavební materiál | CA1 | nehořlavé konstrukce | X | | |
| Provedení konstrukce budov | CB1 | zanedbatelné nebezpečí | X | | |

Rozhodnutí komise:

Z rozhodnutí komise se prostor zařazuje jako prostor **normální** z hlediska úrazu elektrickým proudem. Prostor těsného okolí připojovacích ventilů tlakových lahví s korozivními plyny (do vzdálenosti 0,5 m všemi směry) se zařazuje jako prostor **nebezpečný** z hlediska nebezpečí úrazu elektrickým proudem.

Zdůvodnění:

V uvedených prostorách se očekává výskyt korozivních a znečišťujících látek.

Lhůty revizí:

V uvedených prostorách je nutné provádět opakované revize elektrických zařízení (dle ČSN 33 1500) v termínu 1x za **5 let**

Příloha: klasifikace prostorů z hlediska nebezpečí výbuchu

Níže uvedená metodika výpočtu platí pro situace, kdy je objem (celkový objem nebo objem uniklý za čas) výbušného plynu dostatečný pro vytvoření výbušné atmosféry v celém objemu místnosti.

V případě, jako ten, který je posuzován v rámci tohoto posouzení vnějších vlivů, je postačující ověření, zda uniklý plyn je schopen vytvořit výbušnou atmosféru v daném prostoru místnosti za situace, kdy dojde k úniku veškerého dostupného výbušného plynu.

Předmětná místnost má celkový objem cca 48 m³. V dané místnosti se mohou vyskytovat dvě tlakové lahve s výbušnými plyny (vodík a oxid uhelnatý), přičemž ve smyslu nebezpečí výbuchu je mnohem nebezpečnější vodík, který má nižší spodní mez výbušnosti. Celkové množství plynu v tlakové lahvi je 1,8 m³ (objem plynu za normálního tlaku a teploty, tedy maximální teoretické množství uniklého plynu). I kdyby tedy unikl veškerý vodík z plné tlakové lahve, nepřesáhne koncentrace plynu v místnosti 3,75 % obj., přičemž spodní mez výbušnosti je 4,7 % obj.

Z uvedeného je zřejmé, že výskyt výbušné atmosféry je v dané místnosti extrémně nepravděpodobný a to i při katastrofické poruše (úniku veškerého plynu), která sama o sobě není příliš pravděpodobná.

Vzhledem k tomu, že vodík je výrazně lehčí plyn než vzduch a drží se tedy v prostorách pod stropem místnosti, není možné pouze spoléhat na dokonalé rozředění plynu ve vzduchu a proto je níže uveden výpočet charakteristiky úniku a také větrání daného prostoru.

Dle ČSN EN 60079-10-1 – Výbušné atmosféry – Část 10-1: Určování nebezpečných prostorů – Výbušné plynné atmosféry je určení zón v případě úniků par hořlavých kapalin a výbušných plynů dáno rychlostí odpařování – parametr definovaný jako charakteristika úniku $W_g/\rho_g + k + LEL$ a stupněm rozředování (větrání) v daném prostoru. Pro zjištění stupně rozředování případně vzniklé výbušné atmosféry slouží výpočet charakteristiky úniku a rychlosti větrání (u_w) a následně odečtení požadované hodnoty větrání z nomogramu 3. Typ zóny (zóna 0, zóna 1, zóna 2, případně prostor bez nebezpečí výbuchu) je následně zjištěn z tabulky a její rozsah odečten z nomogramu pro odhad nebezpečné vzdálenosti.

Charakteristika úniku – vodík

| údaj | zkratka | jednotka | |
|--|----------------|-----------------------------------|--------------------|
| hořlavý plyn | – | vodík (H ₂) | |
| molární hmotnost | M | 2,02 | kg/kmol |
| hustota plynu | ρ_g | 0,08369 | kg/m ³ |
| spodní mez výbušnosti | LEL | 4,7 0,047 | %obj. obj./obj. |
| zdroj úniku | SR | netěsnost připojení tlakové lahve | |
| stupeň úniku | – | sekundární | |
| odtokový součinitel otvoru | C _d | 0,5 | |
| průřez otvoru | S | 0,000001 | m ² |
| tlak uvnitř zařízení (lahve) | p | 20.000.000,00 | Pa |
| polytropický index adiabatické expanze | γ | 1,1 | |
| koefficient stlačitelnosti | Z | 1 | |
| bezpečnostní koefficient | k | 1 | |
| univerzální plynová konstanta | R | 8314 | J/kmolK |
| absolutní teplota okolí | T _a | 21 294,15 | °C K |

Rovnice: Výpočet rychlosti úniku plynu – netěsnost připojení tlakové lahve vodíku

$$W_g = C_d \times S \times p \times \sqrt{\gamma \times \frac{M}{Z \times R \times T} \times \left(\frac{2}{\gamma + 1}\right)^{\frac{(\gamma+1)}{(\gamma-1)}}} =$$

$$= 0,5 \times 0,000001 \times 20000000 \times \sqrt{1,1 \times \frac{2,02}{1 \times 8314 \times 294,15} \times \left(\frac{2}{1,1 + 1}\right)^{\frac{(1,1+1)}{(1,1-1)}}}$$

$$W_g = 0,00571 \text{ kg/s}$$

Rovnice: Výpočet hustoty plynu – vodík

$$\rho_g = \frac{p_a \times M}{R \times T_a} = \frac{101325 \times 2,02}{8314 \times 294,15} = 0,08369 \text{ kg/m}^3$$

Rovnice: Výpočet objemové rychlosti úniku plynu – netěsnost připojení tlakové lahve vodíku

$$Q_g = \frac{W_g}{\rho_g} = \frac{0,00571}{0,08369} = 0,068 \text{ m}^3/\text{s}$$

Rovnice: Výpočet charakteristiky úniku – netěsnost připojení tlakové lahve vodíku

$$\frac{W_g}{(\rho_g \times k \times LEL)} = \frac{0,00571}{(0,08369 \times 1 \times 0,047)} = 1,452 \text{ m}^3/\text{s}$$

Charakteristika místa a větrání – laboratoř L047

| údaj | zkratka | jednotka | |
|---|-------------------|--|-------------------|
| vnitřní prostor | — | nuceně větraná budova | |
| okolní (atmosférický) tlak | p _a | 101325 | Pa |
| okolní teplota | T _a | 21 | °C |
| | | 294,15 | K |
| velikost prostoru (L×B×H) | V ₀ | 48 | m ³ |
| rychlost průtoku vzduchu | Q _a | 480 | m ³ /h |
| | | 0,133 | m ³ /s |
| kritická koncentrace | X _{crit} | 0,0047 obj./obj. (10 % hodnoty spodní meze výbušnosti) | |
| koeficient jakosti větrání ¹⁾ | f | 5 | |
| POZNÁMKY: | | | |
| 1) Koeficient jakosti větrání je určen dle následujícího klíče: | | | |
| f = 1 – otevřený prostor | | | |
| f = 2 – jedna stěna | | | |
| f = 3 – dvě stěny | | | |
| f = 5 – tři a čtyři stěny | | | |

Rovnice: Výpočet rychlosti větrání

$$u_w = \frac{Q_a}{(L \times H)} = \frac{0,133}{2,74 \times 3,1} = 0,016 \text{ m/s}$$

Rovnice: Výpočet počtu výměn vzduchu za hodinu

$$C = \frac{V_{zl}}{V_0} = \frac{500}{48} = 10,6 \text{ výměn/hod} = 0,003 \text{ výměn/s}$$

Rovnice: Výpočet koncentrace na pozadí

$$X_b = \frac{f \times Q_g}{C \times V_0} = \frac{5 \times 0,068}{0,003 \times 48} = 2,456 \% = 0,00245 \text{ obj./obj.} \approx 5 \% \text{ LEL}$$

Rovnice: Doba přetrvávání výbušné atmosféry

$$t_d = \frac{1}{C} \times \ln\left(\frac{X_b}{X_{crit}}\right) = \frac{1}{0,003} \times \ln\left(\frac{0,00245}{0,0047}\right) = 0,16 \text{ s}$$

V případě větrání daného prostoru desetinásobnou výměnou vzduchu (cca 500 m³/h) nedojde při předpokládané rychlosti úniku plynu k překročení koncentrace plynu (vodíku) nad úroveň 5 % spodní meze výbušnosti, přičemž je uvažováno s desetinásobnou bezpečností (kritická koncentrace je 10× nižší než spodní mez výbušnosti).

Doba teoretického přetrvání výbušné atmosféry je 0,16 s – tedy zanedbatelná.

Na základě výše uvedených výpočtů a na základě možného celkového množství uvolněného výbušného plynu je možné konstatovat, že v daném prostoru a ani ve vzduchotechnických potrubních rozvodech havarijního a provozního větrání není reálné vytvoření výbušné atmosféry při splnění následujících požadavků:

- a) v prostoru bude zajištěna 10násobná výměna vzduchu
- b) větrání bude spouštěno automaticky na základě čidla, nejpozději při dosažení koncentrace 10 % spodní meze výbušnosti v prostoru nad uložením tlakových lahví
- c) větrání bude zahrnovat rovnoměrně všechny prostory laboratoře.

Příloha: určení prostředí v okolí výfuku pojišťovacích ventilů

V případě aktivace pojišťovacího ventilu na rozvodu vodíku je obsah potrubního rozvodu vodíku vypuštěn potrubím do atmosféry nad střechou objektu. Výpočet je proveden pro vodík, který má z pohledu výbuchu nebezpečnější vlastnosti než oxid uhelnatý. Výpočet platí i pro oxid uhelnatý (na straně bezpečnosti).

Vzhledem k tomu, že vodík bude vypouštěn jednorázově bez postupného ředění vzduchem nebo dusíkem pod spodní mez výbušnosti, vytvoří se v okolí výfuku (resp. nad výfukem) oblast s výskytem vodíku nad spodní mezí výbušnosti ve tvaru paprsku o maximální šířce 2 m a výšce dané výpočtem podle ČSN 60 079-10-1. Dle této normy je určení zón v případě úniků par hořlavých kapalin a výbušných plynů dáno parametrem definovaným jako charakteristika úniku $W_g/(\rho_g \times k \times \text{LEL})$ a stupněm rozředování (větrání) v daném prostoru. Pro zjištění stupně rozředování případně vzniklé výbušné atmosféry slouží výpočet charakteristiky úniku a hodnoty rychlosti větrání (u_w), a následně odečtení požadované hodnoty větrání z nomogramu stupně rozředování. Typ zóny (zóna 0, zóna 1, zóna 2, případně prostor bez nebezpečí výbuchu) je následně zjištěn z tabulky určení zóny pro stupně úniku a účinnost větrání a její rozsah odečten z nomogramu pro odhad vzdálenosti nebezpečného prostoru.

Tabulka: Charakteristika úniku

| údaj | zkratka | jednotka | |
|--|----------|-------------------|--------------------|
| hořlavý plyn | – | vodík | |
| molární hmotnost | M | 1,0 | kg/kmol |
| spodní mez výbušnosti | LEL | 4,0 0,04 | %obj. obj./obj. |
| tlak uvnitř zařízení | p | 20×10^6 | Pa |
| polytropický index adiabatické expanze | γ | 1,1 | |
| koeficient stlačitelnosti | Z | 1 | |
| bezpečnostní koeficient | k | 1 | |
| univerzální plynová konstanta | R | 8314 | J/kmolK |
| venkovní prostor | – | přirozeně větraný | |
| okolní (atmosférický) tlak | p_s | 101325 | Pa |
| okolní teplota | T_a | 20 293 | °C K |
| rychlost větrání ¹ | u_w | 2,0 | m/s |

¹ Rychlost větrání je určena dle tabulky udávaných rychlostí větrání ve venkovním prostoru.

Tabulka: Udávané rychlosti větrání ve venkovním prostoru (u_w) dle normy

| typ venkovního prostoru | prostor bez překážek | | | prostor s překážkami | | |
|---|----------------------|----------------|---------|----------------------|----------------|---------|
| výška od úrovně země | ≤ 2 m | > 2 m < 5 m | > 5 m | ≤ 2 m | > 2 m < 5 m | > 5 m |
| udávané rychlosti větrání pro odhad rozředování uniků plynů a par lehčích než vzduch | 0,5 m/s | 1,0 m/s | 2,0 m/s | 0,5 m/s | 0,5 m/s | 1,0 m/s |
| udávané rychlosti větrání pro odhad rozředování uniků plynů a par těžších než vzduch | 0,3 m/s | 0,6 m/s | 1,0 m/s | 0,15 m/s | 0,3 m/s | 1,0 m/s |
| udávané rychlosti větrání pro odhad rozředování rychlosti odpařování kapaliny z kaluže v jakékoliv výšce | > 0,25 m/s | | | > 0,1 m/s | | |
| POZNÁMKY: | | | | | | |
| Obecně hodnoty v této tabulce se mohou považovat za větrání s dobrou spolehlivostí. | | | | | | |

Rovnice: Výpočet rychlosti úniku plynu

$$W_g = C_d \times S \times p \times \sqrt{\gamma \times \frac{M}{Z \times R \times T} \times \left(\frac{2}{\gamma + 1} \right)^{\frac{(\gamma+1)}{(\gamma-1)}}}$$

Rovnice: Výpočet objemové rychlosti úniku plynu

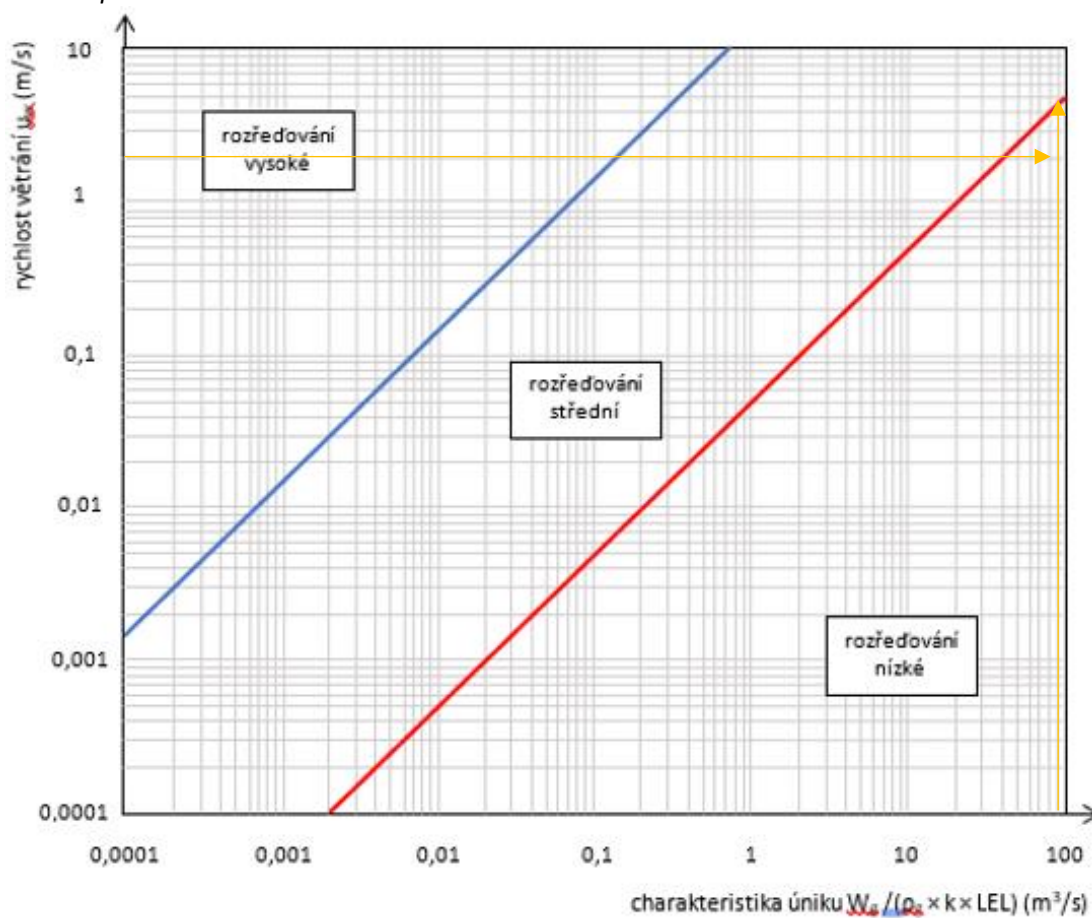
$$Q_g = \frac{W_g}{\rho_g}$$

Rovnice: Výpočet charakteristiky úniku

$$\frac{W_g}{(\rho_g \times k \times LEL)}$$

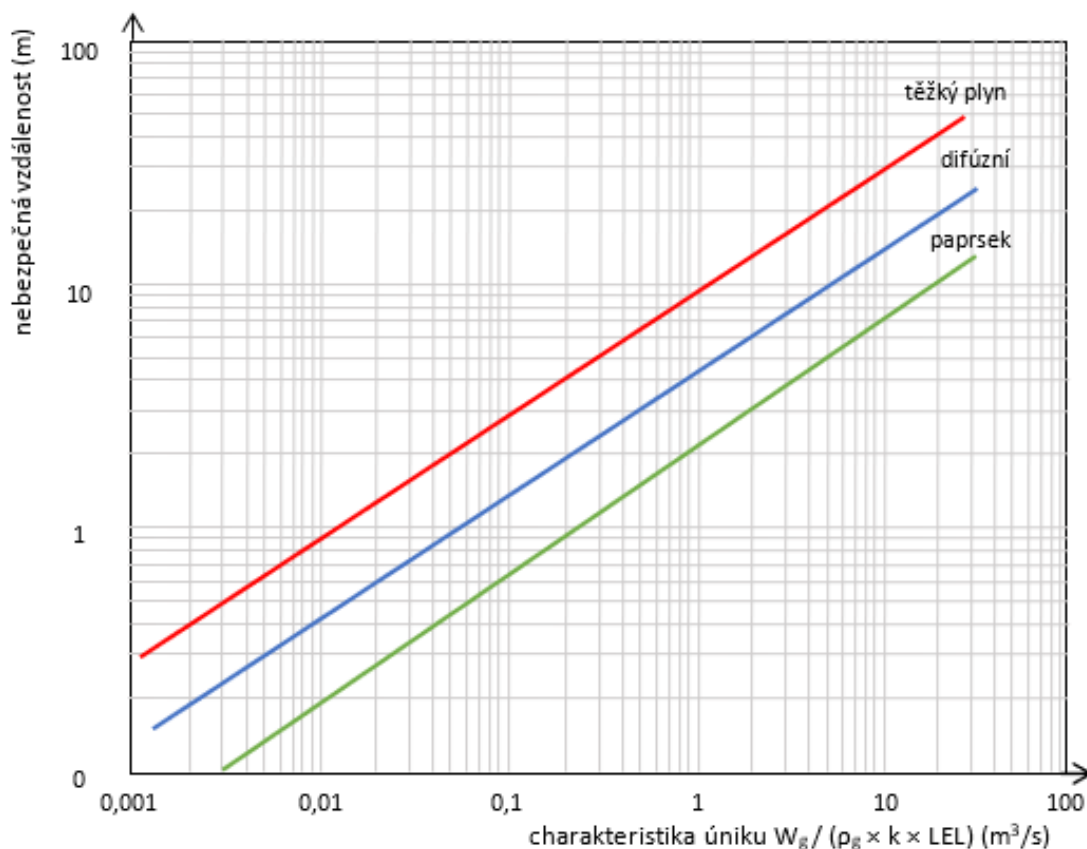
Výpočet charakteristiky úniku není nutné provádět, protože množství plynu, jeho rychlost úniku i objemová rychlost úniku jsou známy. Předpokládá se, že únik trvá 5 s a je při něm vypuštěno více než 100 m³ (reálně cca 1900 m³) vodíku - objem 10 litrů vodíku stlačeného na 200 bar uvolněného do atmosféry. Tato hodnota je proto současně charakteristikou úniku.

Nomogram: Stupeň rozředování



Stupeň rozředování je možní určit jako nízký.

Nomogram: Odhad vzdálenosti nebezpečného prostoru

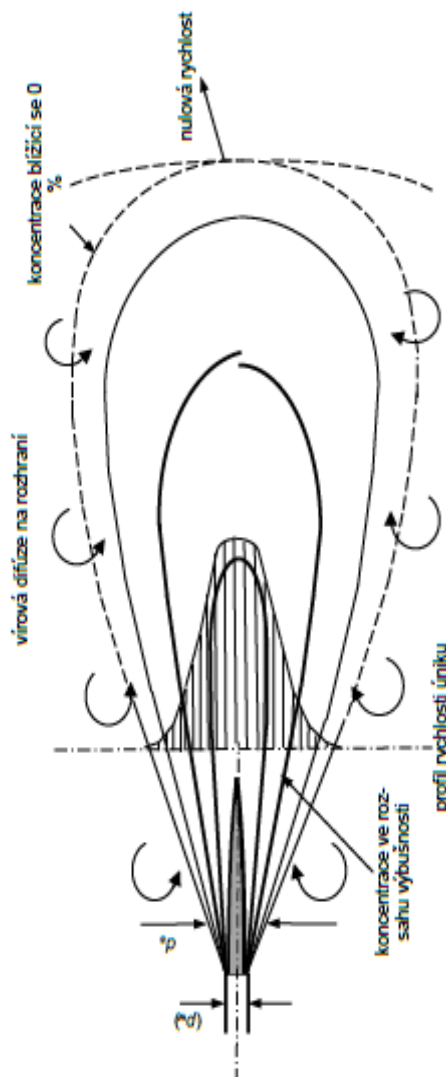


Extrapolací nomografu výše je možné určit dosah nebezpečného prostoru do vzdálenosti 15 m.

Tabulka: určení zóny:

| stupeň úniku | stupeň rozředování | | | | | | |
|--|--------------------------|----------|--------|---------------------|-------|-------|----------------------|
| | vysoké rozředování | | | střední rozředování | | | nízké rozředování |
| | spolehlivost rozředování | | | | | | |
| | výborná | dobrá | nízká | výborná | dobrá | nízká | jakákoliv |
| trvalý | bez (0*) | 2 (0*) | 1 (0*) | 0 | 0 + 2 | 0 + 1 | 0 |
| primární | bez (1*) | 2 (1*) | 2 (1*) | 1 | 1 + 2 | 1 + 2 | 1 / 0** |
| sekundární | bez (2*) | bez (2*) | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 / 0** |
| POZNÁMKY: | | | | | | | |
| <p>* značí zónu velmi malého (zanedbatelného) rozsahu v těsném okolí úniku, kterou je možné zanedbat (NE)</p> <p>** značí takový stav, kdy je větrání tak slabé a únik tak rychlý, že dojde k okamžitému vytvoření výbušné atmosféry v celém objemu a větrání ji nedokáže rozředit</p> <p>+ značí „kterou obklopuje“</p> <p>Spolehlivost větrání v přirozeně větraných uzavřených prostorech nikdy nesmí být hodnocena jako výborná.</p> | | | | | | | |

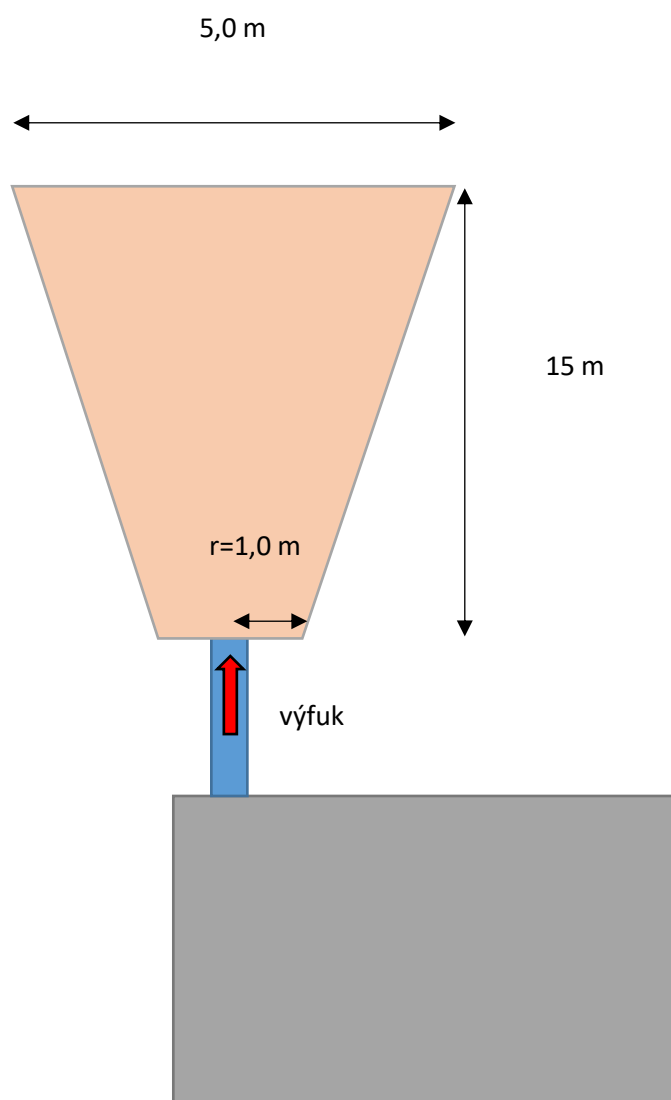
Znázornění nebezpečného prostoru:



V případě úniku vodíku pojišťovacím ventilem do atmosféry, bude v prostoru nad zakončením výfuku stanoveno prostředí s nebezpečím výbuchu – zóna 1 do vzdálenosti 15 m nad ventil. Vzhledem k tomu, že vodík je výrazně lehčí než vzduch, bude mít zóna tvar kužele s vrcholem v místě výfuku, osou shodnou s vertikálou, výškou 15 m a o poloměru 1,0 m nad zakončením výfuku.

Zóna 1 je rovněž stanovena uvnitř potrubí pro odfuk do atmosféry.

Obr.: Schema prostoru s nebezpečím výbuchu:



Opatření na ochranu před výbuchem

Pro posuzovaný prostor laboratoře je nutné přijmout následující opatření proti vzniku, popř. iniciaci výbušné atmosféry:

- a) v místnosti budou instalovány detektory pro detekci koncentrace výbušných plynů (vodík, oxid uhelnatý) a toxických, resp. nedýchatelných plynů (oxid uhličitý a oxid siřičitý)
- b) lahve s výbušnými a toxickými plyny (vodík a oxid uhelnatý, oxid uhličitý a oxid siřičitý) budou připojeny přes automatické uzavírací ventily, které zajistí uzavření přívodu plynu z lahve nejpozději při dosažení 10 % spodní meze výbušnosti.
- c) v prostoru laboratoře bude havarijní větrání, která zajistí min. 10násobnou výměnu vzduchu při detekci 10 % spodní meze výbušnosti jakéhokoli výbušného plynu (systém havarijního větrání může být využit též pro ochranu pracovníků při úniku nevýbušných, ale toxických plynů, popř. jakýchkoli plynů).
- d) pro spojení lahví s analytickými přístroji budou využity přednostně trvale technicky těsné spoje podle ČSN 1127-1, ed. 2.
- e) všechny nepřipojené vývody hořlavých plynů musí být opatřeny plynotěsnou zápletkou

5. Závěr

Pro prostory společnosti Česká zemědělská univerzita v Praze – laboratoř č. L047 byla provedena analýza vnějších vlivů a tyto vnější vlivy byly stanoveny dle normy ČSN 33 2000-5-51, ed. 3.

V posuzovaných prostorech se nacházejí prostory **nebezpečné**. Tyto prostory a vnější vlivy, které toto začlenění generují, jsou v odpovídajícím způsobem vyznačeny v protokolech uvedených výše.

Pro návrh, instalaci, provoz a revize elektrických zařízení v těchto prostorách platí požadavky příslušných technických norem. Při jejich dodržování budou elektrická zařízení a instalace v těchto prostorách bezpečné pro provoz.

Pro případ některého z výše uvedených mimořádných stavů (poruch) je elektrický rozváděč RL047 odpojován od elektrického napětí (před vstupem do místnosti bude havarijní STOP tlačítko - CENTRAL STOP) přičemž vybraná zařízení, která souvisí s odstraňováním škodlivých látek - plynů budou stále funkční přes záložní zdroj (UPS mimo místnost 047). Pro případ požárního zásahu bude tlačítkem TOTAL STOP (před vstupem) odpojena i tato zbývající část a místnost bude bez napětí přičemž vnitřní technologická UPS napájená z rozváděče RL047 bude mít odpojen i vnitřní bateriový blok.

Princip funkce havarijního větrání při mimořádné události:

- * při detekci zvýšené koncentrace nebezpečných plynů - havarijní větrání spuštěno
- * při detekci požáru (EPS) - havarijní větrání vypnuto

Vypnutí havarijního větrání je dále možné velitelem zásahu pomocí samostatného STOP tlačítka, umístěného vně u vstupu do místnosti, nebo tlačítka TOTAL STOP pro celou budovu.