

ZPRACOVATEL DOKUMENTACE: ARCHTEAM[®] PROJEKTOVÁ KANCELÁŘ ARCHTEAM PROJEKTOVÁ KANCELÁŘ s.r.o. Dominikánská 342/19, 602 00 Brno tel.: +420 725 841 242 www.archteam.cz AUTOŘI: Doc. Ing. arch. Milan Rak, Ph.D. Ing. arch. Alena Režná, Ph.D.	HLAVNÍ PROJEKTANT: Doc. Ing. arch. Milan Rak, Ph.D. autorizovaný architekt ČKA 02251	PROJEKTANT DÍLČÍ ČÁSTI: Ing. Petr Konupčík	VYPRACOVALI: Ing. Petr Konupčík	UPOZORNĚNÍ: Tato projektová dokumentace je autorským dílem architektonickým dle zákona č. 121/2000 Sb. (autorský zákon). Oprávnění k jejímu užití je uděleno výhradně pro realizaci předmětné stavby, a to pro stavebníka a smluvního zhotovitele stavby. Kopírování, zveřejňování a jiné šíření jakékoli části této dokumentace, použití jinou osobou nebo k jinému účelu je zakázáno. Bez předchozího písemného souhlasu autorů nelze provádět jakékoli změny či jiné zásahy do projektové dokumentace nebo do stavby podle této dokumentace prováděné. Veškerá práva vlastník autorských práv jsou vyhrazena a chráněna zákonem. Porušení autorského práva zakládá povinnost na náhradu škody a neoprávněný zásah do zákonem chráněných práv k autorskému dílu je trestním činem a bude takto stíhán. Obsah projektové dokumentace se dotýká utajovaných informací v oblasti bezpečnosti státu.
STAVEBNÍK Česká republika - Ministerstvo vnitra, Nad Štolou 936/3, 170 34 Praha 7 Správa logistického zabezpečení Policejního prezidia ČR, Nádražní 16, Praha 5				
NÁZEV AKCE ROZVOJ AREÁLU ZBRASLAV (RAZ) – ETAPA 0.				
MÍSTO STAVBY AREÁL POLICEJNÍHO PREZIDIA ČR, ULICE NA BANÍCH, PRAHA 5 - ZBRASLAV				
STUPEŇ PROJEKTOVÉ DOKUMENTACE DOKUMENTACE PRO VÝBĚR ZHOTOVITELE STAVBY			DATUM 09 / 2021	
ODDÍL PROJEKTOVÉ DOKUMENTACE D3 DOKUMENTACE TECHNICKÝCH A TECHNOLOGICKÝCH ZAŘÍZENÍ			PARÉ/ČÍSLO VÝTISKU	
STAVEBNÍ OBJEKT / PROVOZNÍ SOUBOR PS 21 SKLAD VÝBUŠNIN				
DÍLČÍ ČÁST/PROFESE			ČÍSLO VÝKRESU D3.06.01	
VÝKRES / DOKUMENT TECHNICKÁ ZPRÁVA – revize č.2 – ze dne 30.5.2022				

TECHNICKÁ ZPRÁVA - SKLAD VÝBUŠNIN

Na základě předaných podkladů k projektu Rozvoj areálu Zbraslav (RAZ) – Etapa 0. je pro organizaci PČR - URNA zpracováván projekt pro provádění stavby. Objednatel požaduje vybudovat sklad výbušnin v prostoru vlastního areálu.

Sklad je navržen v areálu organizace mezi současným a budoucím patrovým objektem. Podle požadavků je třeba propočítat parametry detonační vlny, vnitřního výbuchu a vnějších následků při detonaci uvažovaného množství trhavin a rozněcovadel.

Uvažované skladované trhaviny jsou TNT ve formě standardního tritolového náloživa a plastická trhavina Pl Np 10. Dále bude ve skladu uskladněno 300 ks rozněcovadel Ref.Det.8.

I. Propočet uvažovaného skladu podle Vyhlášky č. 99/1995 Sb., Vyhlášky Českého báňského úřadu o skladování výbušnin

Pro výpočet budeme uvažovat pouze trhavinu PlNp10 – třída skladování AIII, poř.č. 9, neboť má oproti TNT vyšší detonační parametry.

Výpočet je proveden pro původní návrh skladu, který byl půdorysně větší než návrh nový. Proto není nutné přepočítávat nový sklad podle vyhlášky 99/1995.

URČENÍ BEZPEČNOSTNÍ VZDÁLENOSTI

(1) Bezpečnostní vzdálenost se určí podle základního vzorce $S = k \cdot (M)^n$, kde S je bezpečnostní vzdálenost (m), k je koeficient volený podle charakteru a stavebního provedení ohroženého objektu a stupně jeho poškození a stavebního provedení ohrožujícího objektu, M je obložení (kg), n je exponent, jehož hodnota závisí na obložení ohrožujícího objektu.

(2) Pro určení bezpečnostní vzdálenosti od skladu třídy nebezpečí A, kromě bezpečnostní vzdálenosti pro ohrožený sklad a výrobní objekt třídy nebezpečí A, se použije koeficientů uvedených v tabulce č. 1 této přílohy, přičemž hodnoty odpovídající exponentu $n = 1/2$ se použijí pro obložení menší než 2000 kg, hodnoty odpovídající exponentu $n = 1/3$ se použijí pro obložení 2000 kg a větší. Hodnota koeficientu k se z daného rozmezí volí podle stavebního provedení ohroženého objektu, jeho významu, charakteru, terénu apod.

(5) U výbušnin, které se svým energetickým obsahem významně odchyľují od trinitrotoluenu, např. třaskavin, některých pyrotechnických složí, trhavin typu DBT, vysokobrizantních trhavin, je obložení M:

a) možno násobit koeficientem k_{ekv} , pokud je jeho hodnota menší než 1,

b) nutno násobit koeficientem k_{ekv} , pokud je jeho hodnota větší než 1.

Hodnoty vybraných koeficientů k_{ekv} jsou uvedeny v tabulce č. 4 této přílohy.

(6) Bezpečnostní vzdálenost od skladu třídy nebezpečí A, v nichž se skladují předměty ohrožující při výbuchu okolím rozletem těžkých úlomků, je pro silnice a železnice nejméně 180 m a pro obytné budovy mimo území provozovny nejméně 275 m.

Tabulka č. 1

Koeficienty pro stanovení bezpečnostních vzdáleností od skladů třídy nebezpečí A

Bezpečnostní pásmo	Ohrožený objekt	Stupeň poškození objektu	n	
			1/2	1/3
			k	
1	Sklady výbušnin a výrobní objekty tříd nebezpečí B, C a D, objekty malé důležitosti bez trvalé obsluhy	Nedojde k přenosu denotace. Destrukce objektu, úplné rozrušení budov	0,5 až 2,5	1,5 až 8
2	Objekty bez nebezpečí výbuchu, správní, sociální, energetické a jiné stavby, kde se nevyrábějí a nezpracovávají výbušniny	Poškození rámu oken a dveří, porušení omítky, vnitřních dřevěných příček	více než 2,5 až 4,5	více než 8 až 15
3	Jednotlivé budovy mimo území provozovny, silnice, železnice	Lehká poškození staveb, větší rozsah zničení oken	více než 4,5 až 6	více než 15 až 22
4	Obce bez souvislé výškové zástavby	Částečné poškození zasklených oken	více než 6 až 17	více než 22 až 60
5	Sídliště s výškovou zástavbou, nemocnice, významné kulturní památky, stavby s vysokou koncentrací osob, např. velká obchodní střediska	Náhodné poškození zasklených oken	více než 17	více než 60

Tabulka č. 4

Koeficienty, jimiž se postihuje energetický obsah výbušnin při výpočtu bezpečnostních vzdáleností

výbušnina	k _{ekv}
Třaskaviny suché nebo s obsahem vody do 10 %, důlně bezpečné trhaviny II. kategorie, černý prach	0,5
Důlně bezpečné trhaviny I. kategorie	0,65
Protiprachové důlně bezpečné trhaviny	0,8
Vysokobrizantní pevné trhaviny a jejich směsi, plastické trhaviny vyrobené na jejich bázi	1,2

1) Základní výpočet:

$$S = k \cdot (M)^n$$

$$\mathbf{M = 20 \times 1,2 = 24 \text{ kg}}$$

a) Pro bezpečnostní pásmo 5

$$S = 17 \times 24^{1/2} = \underline{\underline{83,28 \text{ m a více}}}$$

b) Pro bezpečnostní pásmo 4

$$S_1 = 6 \times 24^{1/2} = \underline{\underline{29,39 \text{ m}}}$$

$$S_2 = 17 \times 24^{1/2} = \underline{\underline{83,28 \text{ m}}}$$

c) Pro bezpečnostní pásmo 3

$$S_1 = 4,5 \times 24^{1/2} = \underline{\underline{22,04 \text{ m}}}$$

$$S_2 = 6 \times 24^{1/2} = \underline{\underline{29,39 \text{ m}}}$$

d) Pro bezpečnostní pásmo 2

$$S_1 = 2,5 \times 24^{1/2} = \underline{\underline{12,25 \text{ m}}}$$

$$S_2 = 4,5 \times 24^{1/2} = \underline{\underline{22,04 \text{ m}}}$$

e) Pro bezpečnostní pásmo 1

$$S_1 = 0,5 \times 24^{1/2} = \underline{\underline{2,45 \text{ m}}}$$

$$S_2 = 2,5 \times 24^{1/2} = \underline{\underline{12,25 \text{ m}}}$$

Tedy není možné podle zákona 99/1995 umístit sklad výbušnin podle projekčního návrhu.

2) Výpočet pro rozdělení náloží na 2,5 kg – standardní balení PLNp10:

Výpočet se provádí pro jednu samostatnou schránku o obložnosti 2,5 kg ($2,5 \times 1,2 = 3 \text{ kg}$), tak, že nedojde k přenosu detonace na sousední schránku o ekv. obložnosti 3 kg.

$$S = k \cdot (M)^n$$

$$\mathbf{M = 2,5 \times 1,2 = 3 \text{ kg}}$$

a) Pro bezpečnostní pásmo 5

$$S = 17 \times 3^{1/2} = \underline{\underline{29,24 \text{ m a více}}}$$

b) Pro bezpečnostní pásmo 4

$$S_1 = 6 \times 3^{1/2} = \underline{\underline{10,39 \text{ m}}}$$

$$S_2 = 17 \times 3^{1/2} = \underline{\underline{29,24 \text{ m}}}$$

c) Pro bezpečnostní pásmo 3

$$S_1 = 4,5 \times 3^{1/2} = \underline{\underline{7,79 \text{ m}}}$$

$$S_2 = 6 \times 3^{1/2} = \underline{\underline{10,39 \text{ m}}}$$

d) Pro bezpečnostní pásmo 2

$$S_1 = 2,5 \times 3^{1/2} = \underline{\underline{4,33 \text{ m}}}$$

$$S_2 = 4,5 \times 3^{1/2} = \underline{\underline{7,79 \text{ m}}}$$

e) Pro bezpečnostní pásmo 1

$$S_1 = 0,5 \times 3^{1/2} = \underline{\underline{0,86 \text{ m}}}$$

$$S_2 = 2,5 \times 3^{1/2} = \underline{\underline{4,33 \text{ m}}}$$

Tedy není možné podle zákona 99/1995 umístit sklad výbušnin ani při rozdělení na dílčí nálože po 2,5 kg.

3) Výpočet pro rozdělení náloží na 1 kg – standardní balení PlNp10:

Výpočet se provádí pro jednu samostatnou schránku o obložnosti 1000 g ($1 \times 1,2 = 1,2 \text{ kg}$), tak, že nedojde k přenosu detonace na sousední schránku o ekv. obložnosti 1,2 kg.

$$S = k \cdot (M)^n$$

$$\underline{\underline{M = 1 \times 1,2 = 1,2 \text{ kg}}}$$

a) Pro bezpečnostní pásmo 5

$$S = 17 \times 1,2^{1/2} = \underline{\underline{18,62 \text{ m a více}}}$$

b) Pro bezpečnostní pásmo 4

$$S_1 = 6 \times 3^{1/2} = \underline{\underline{6,57 \text{ m}}}$$

$$S_2 = 17 \times 3^{1/2} = \underline{\underline{18,62 \text{ m}}}$$

c) Pro bezpečnostní pásmo 3

$$S_1 = 4,5 \times 3^{1/2} = \underline{\underline{4,93 \text{ m}}}$$

$$S_2 = 6 \times 3^{1/2} = \underline{\underline{6,57 \text{ m}}}$$

d) Pro bezpečnostní pásmo 2

$$S_1 = 2,5 \times 3^{1/2} = \underline{\underline{2,74 \text{ m}}}$$

$$S_2 = 4,5 \times 3^{1/2} = \underline{\underline{4,93 \text{ m}}}$$

e) Pro bezpečnostní pásmo 1

$$S_1 = 0,5 \times 3^{1/2} = \underline{\underline{0,55 \text{ m}}}$$

$$S_2 = 2,5 \times 3^{1/2} = \underline{\underline{2,74 \text{ m}}}$$

Tedy není možné podle zákona 99/1995 Sb. umístit sklad výbušnin ani při rozdělení na dílčí nálože po 1 kg.

II. Výpočet parametrů detonační vlny, vnitřního výbuchu a vnějších následků

Zadání:

- 1) Stanovte výpočtem hodnoty tlakového a impulsního zatížení stěn skladu výbušnin v areálu PČR pro případ havarijní detonace nálože 20 kg PlNp10 (Semtex1A). Nálož je situována v geometrickém středu kobky o rozměrech 6,16 x 6,9 x 2,45 m (š x d x v). Nálož je umístěna na podlaze.
- 2) Dále stanovte míru ohrožení okolí pro přilehlé budovy a dálnici vzdálenou 37 metrů od stěny skladu. Trhavina je umístěna v zadní části skladu v samostatné kobce. Vzdálenost dálnice od geometrického středu trhaviny je cca 42 m a v cestě jí stojí druhá kobka skladu, která je obložena pouze 300 ks rozněcovadel.

(PlNp10 - Pentrit čistý (9 %) + pentrit/vosk 98/2 (76,5-79,5 %) + butadiennitrilové plastické pojidlo (max. 12,5 %) + dibutylftalát (max. 0,5 %) + saze (max. 0,02 %) + dimethyldinitrobutan (min. 0,1 %)).

a) Výpočet pro celkové obložení kobky – původní návrh

Cihla 2,5 kg o rozměrech 22,5x12x10 cm.

Počet cihel do 20 kg = 8 kusů – z toho délka nálože = 4 x 12 = 48 cm, šířka nálože = 22,5 cm a výška nálože = 2 x 10 = 20 cm. Rázová vlna při výbuchu se bude šířit všemi směry v závislosti na geometrii nálože a postupně přejde v kulovité šíření rázové vlny.

objem nálože trhaviny

$m_{(PlNp10)} = 20 \text{ kg}$, hmotnost trhaviny

$\rho_{(PlNp10)} = 1430 \text{ kg/m}^3$, hustota trhaviny

$$V_{PlNp10} = \frac{m_{(PlNp10)}}{\rho_{(PlNp10)}} = 14 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

rozměry trhaviny, poměr výška/průměr

Pro zjednodušení výpočtu považuje tedy nálož jako polokouli ležící na podlaze o poloměru:

$$V_{PlNp10} = \frac{4 \cdot \pi \cdot r^3}{3}$$

$$r = \sqrt[3]{\frac{3 \cdot V}{4 \cdot \pi}} = 14,9 \text{ cm} = 0,149 \text{ m}$$

trhavina tvaru koule o $r = \text{cca } 15 \text{ cm}$.

redukovaná hmotnost nálože PlNp10

tritolový ekvivalent

$Q_{V(\text{PINp10})} = 5034 \text{ kJ/kg}$, výbuchové teplo

$Q_{V(\text{TNT})} = 4230 \text{ kJ/kg}$

$$k_{TNT} = \frac{Q_{V(\text{PINp10})}}{Q_{V(\text{TNT})}}$$
$$\underline{k_{TNT} = 1,19}$$

ekvivalentní nálož

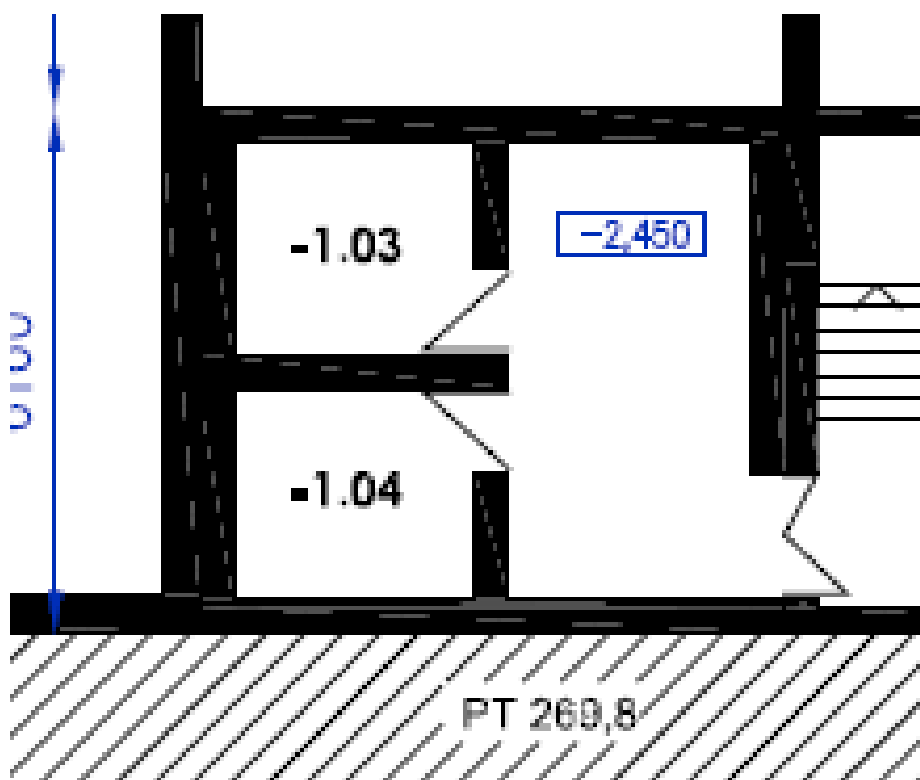
$W_N = 20 \text{ kg}$, hmotnost detonující trhaviny

$$W_{ekv} = W_N \cdot k_{TNT}$$
$$\underline{W_{ekv} = 23,8 \text{ kg}}$$

První fáze zatížení objektu – odraz VRV

sklad o rozměrech (B x H x L) 6,16 x 2,45 x 6,9 m

trhavina je uložena v samostatné kobce o vnitřních rozměrech (B x H x L) 2,5 x 2,45 x 2,8 m



redukována vzdálenost

1. vzdálenost od geometrického středu k přední, resp. zadní stěně - $R_1 = 1,25 \text{ m}$

$$Z = \frac{R}{\sqrt[3]{W_{ekv}}}$$

$$\underline{Z_1 = 0,434 \text{ m/kg}^{1/3}}$$

2. vzdálenost od geometrického středu k bočním stěnám - $R_2 = 1,4 \text{ m}$

$$\underline{Z_2 = 0,486 \text{ m/kg}^{1/3}}$$

3. vzdálenost od geometrického středu ke stropu - $R_3 = 2,45 \text{ m}$

$$\underline{Z_3 = 0,850 \text{ m/kg}^{1/3}}$$

a) odrazný přetlak:

$$\begin{array}{ll} \Delta p_R^f = 14,554 \cdot Z^{-1,4587} & \text{MPa, pro } Z \text{ } 0,05 - 0,5 \text{ m.kg}^{-1/3} \\ \Delta p_R^f = 5,76 \cdot Z^{-2,762} & \text{MPa, pro } Z \text{ } 0,5 - 5 \text{ m.kg}^{-1/3} \end{array}$$

b) odrazný impuls:

$$\begin{array}{ll} I_R^f = 0,345 \cdot W_f^{1/3} \cdot Z^{-1,857} & \text{kPa.s, pro } Z \text{ } 0,05 - 0,5 \text{ m.kg}^{-1/3} \\ I_R^f = 0,5823 \cdot W_f^{1/3} \cdot Z^{-1,0976} & \text{kPa.s, pro } Z \text{ } 0,5 - 5 \text{ m.kg}^{-1/3} \end{array}$$

odrazný přetlak

1. zatížení přední, resp. zadní stěny

$$\underline{\Delta p_{R1}^f = 49,18 \text{ MPa}}$$

2. zatížení bočních stěn

$$\underline{\Delta p_{R2}^f = 41,69 \text{ MPa}}$$

3. zatížení stropu, resp. Podlahy

$$\underline{\Delta p_{R3}^f = 9,02 \text{ MPa}}$$

odrazný impuls

1. zatížení přední, resp. zadní stěny

$$\underline{I_{R1}^f = 4,68 \text{ kPa} \cdot \text{s}}$$

2. zatížení bočních stěn

$$\underline{I_{R2}^f = 3,79 \text{ kPa} \cdot \text{s}}$$

3. zatížení stropu, resp. podlahy

$$\underline{I_{R3}^f = 2,004 \text{ kPa} \cdot \text{s}}$$

Druhá fáze zatížení objektu – quasistatický přetlak

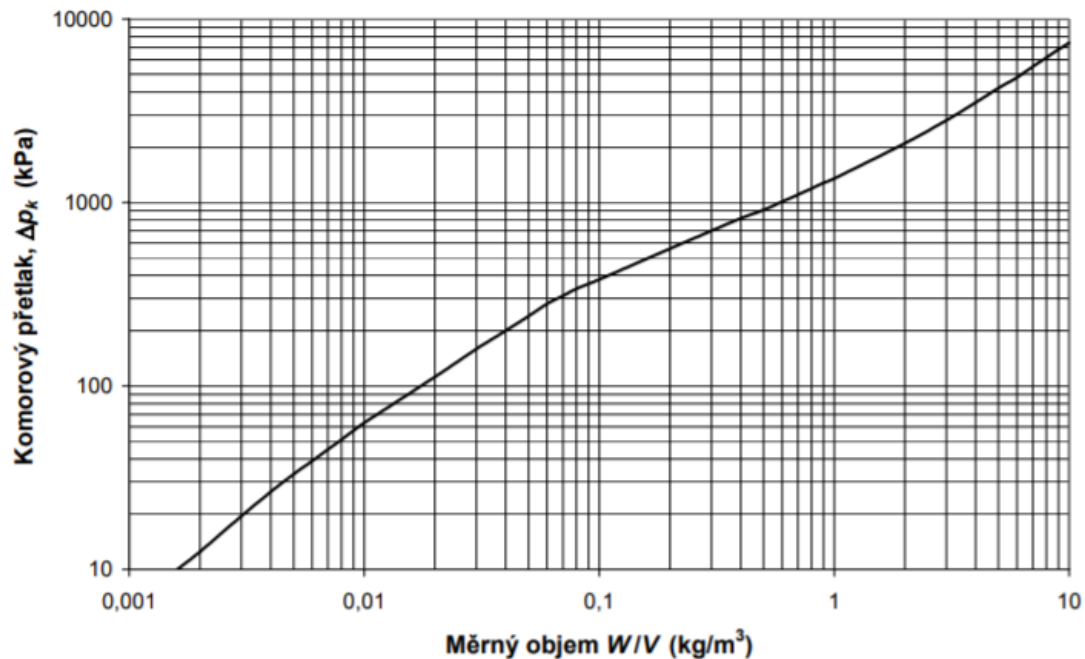
měrná nálož

$$\begin{array}{l} \frac{W}{V} = \frac{m_{(TNT)}}{V_{kopy}} \\ V_{kopy} = B \cdot H \cdot L = 17,15 \text{ m}^3 \end{array}$$

$$\frac{W}{V} = 1,387 \text{ kg/m}^3$$

komorový přetlak

Pro výbušiny s výrazně negativní kyslíkovou bilancí, mezi které bezesporu PLNp10 patří (-66 %), se určuje komorový přetlak z grafické závislosti na W/V zjištěné experimentálně. Závislost Δp_k na W/V.



$$\frac{W}{V} \Rightarrow \Delta p_k = \underline{\underline{1680 \text{ kPa}}}$$

$$\text{Bezrozměrný } \underline{\underline{\Delta p_k = 16,58}}$$

ventilační poměr

$$\frac{A_V}{V_{kopky}} = \frac{B \cdot L}{B \cdot H \cdot L}$$

$$\frac{A_V}{V_{kopky}} = 0,408 \text{ m}^{-1}$$

doba trvání přetlaku

$$t_k = 9,45 \cdot \left(\frac{A_V}{V_{kopky}} \right)^{-0,70}$$

$$t_k = 17,69 \text{ ms}$$

impulz expandujícího přetlaku

$$I_k = 28,4 \cdot \left(\frac{V_{kopky}}{A_V} \right) \cdot \left(\frac{\Delta p_k}{p_0} \right)^{1,351}$$

$$I_k = 3\,091,31 \text{ Pa} \cdot \text{s}$$

b) Výpočet pro dílčí nálož - cihla 2,5kg o rozměrech 22,5x12x10 cm – původní návrh

objem nálože trhaviny

$m_{(PINp10)} = 2,5 \text{ kg}$, hmotnost trhaviny

$\rho_{(PINp10)} = 1430 \text{ kg/m}^3$, hustota trhaviny

$$V_{PINp10} = \frac{m_{(PINp10)}}{\rho_{(PINp10)}} = 1,75 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

rozměry trhaviny, poměr výška/průměr

Pro zjednodušení výpočtu považuje tedy nálož jako polokouli ležící na podlaze o poloměru:

$$V_{PINp10} = \frac{4 \cdot \pi \cdot r^3}{3}$$

$$r = \sqrt[3]{\frac{3 \cdot V}{4 \cdot \pi}} = \text{cm}$$

trhavina tvaru koule o $r = 7,5 \text{ cm}$.

redukovaná hmotnost nálože PINp10

tritolový ekvivalent

$Q_{V(PINp10)} = 5034 \text{ kJ/kg}$, výbuchové teplo

$Q_{V(TNT)} = 4230 \text{ kJ/kg}$

$$k_{TNT} = \frac{Q_{V(PINp10)}}{Q_{V(TNT)}}$$
$$\underline{k_{TNT} = 1,19}$$

ekvivalentní nálož

$W_N = 2,5 \text{ kg}$, hmotnost detonující trhaviny

$$W_{ekv} = W_N \cdot k_{TNT}$$
$$\underline{W_{ekv} = 2,975 \text{ kg} = 3 \text{ kg}}$$

První fáze zatížení objektu – odraz VRV

sklad o rozměrech (B x H x L) 6,16 x 2,45 x 6,9 m

trhavina je uložena v samostatné kobce o vnitřních rozměrech (B x H x L) 2,5 x 2,45 x 2,8 m

redukovaná vzdálenost

1. vzdálenost od geometrického středu k přední, resp. zadní stěně - $R_1 = 1,25 \text{ m}$

$$Z = \frac{R}{\sqrt[3]{W_{ekv}}}$$

$$\underline{Z_1 = 0,868 \text{ m/kg}^{1/3}}$$

2. vzdálenost od geometrického středu k bočním stěnám - $R_2 = 1,4 \text{ m}$

$$\underline{Z_2 = 0,972 \text{ m/kg}^{1/3}}$$

3. vzdálenost od geometrického středu ke stropu - $R_3 = 2,45 \text{ m}$

$$\underline{Z_3 = 1,7 \text{ m/kg}^{1/3}}$$

a) odrazný přetlak:

$$\begin{array}{ll} \Delta p_R^f = 14,554 \cdot Z^{-1,4587} & \text{MPa, pro } Z \text{ } 0,05 - 0,5 \text{ m.kg}^{-1/3} \\ \Delta p_R^f = 5,76 \cdot Z^{-2,762} & \text{MPa, pro } Z \text{ } 0,5 - 5 \text{ m.kg}^{-1/3} \end{array}$$

b) odrazný impuls:

$$\begin{array}{ll} I_R^f = 0,345 \cdot W_f^{1/3} \cdot Z^{-1,857} & \text{kPa.s, pro } Z \text{ } 0,05 - 0,5 \text{ m.kg}^{-1/3} \\ I_R^f = 0,5823 \cdot W_f^{1/3} \cdot Z^{-1,0976} & \text{kPa.s, pro } Z \text{ } 0,5 - 5 \text{ m.kg}^{-1/3} \end{array}$$

odrazný přetlak

1. zatížení přední, resp. zadní stěny

$$\underline{\Delta p_{R1}^f = 8,516 \text{ MPa}}$$

2. zatížení bočních stěn

$$\underline{\Delta p_{R2}^f = 6,23 \text{ MPa}}$$

3. zatížení stropu

$$\underline{\Delta p_{R3}^f = 1,33 \text{ MPa}}$$

odrazný impuls

1. zatížení přední, resp. zadní stěny

$$\underline{I_{R1}^f = 0,979 \text{ kPa} \cdot \text{s}}$$

2. zatížení bočních stěn

$$\underline{I_{R2}^f = 0,865 \text{ kPa} \cdot \text{s}}$$

3. zatížení stropu

$$\underline{I_{R3}^f = 0,468 \text{ kPa} \cdot \text{s}}$$

Druhá fáze zatížení objektu – quasistatický přetlak

měrná nálož

$$\frac{W}{V} = \frac{m_{(TNT)}}{V_{kopky}}$$
$$V_{kopky} = B \cdot H \cdot L = 17,15 \text{ m}^3$$

$$\underline{\underline{\frac{W}{V} = 0,175 \text{ kg/m}^3}}$$

komorový přetlak

Pro výbušiny s výrazně negativní kyslíkovou bilancí, mezi které bezesporu PINp10 patří (-66 %), se určuje komorový přetlak z grafické závislosti na W/V zjištěné experimentálně. Závislost Δp_k na W/V.

$$\underline{\underline{\frac{W}{V} \Rightarrow \Delta p_k = 514 \text{ kPa}}}$$

$$\underline{\underline{\text{Bezrozměrný } \Delta p_k = 5,07}}$$

ventilační poměr

$$\frac{A_V}{V_{kopky}} = \frac{B \cdot L}{B \cdot H \cdot L}$$
$$\underline{\underline{\frac{A_V}{V_{kopky}} = 0,408 \text{ m}^{-1}}}$$

doba trvání přetlaku

$$t_k = 9,45 \cdot \left(\frac{A_V}{V_{kopky}} \right)^{-0,70}$$

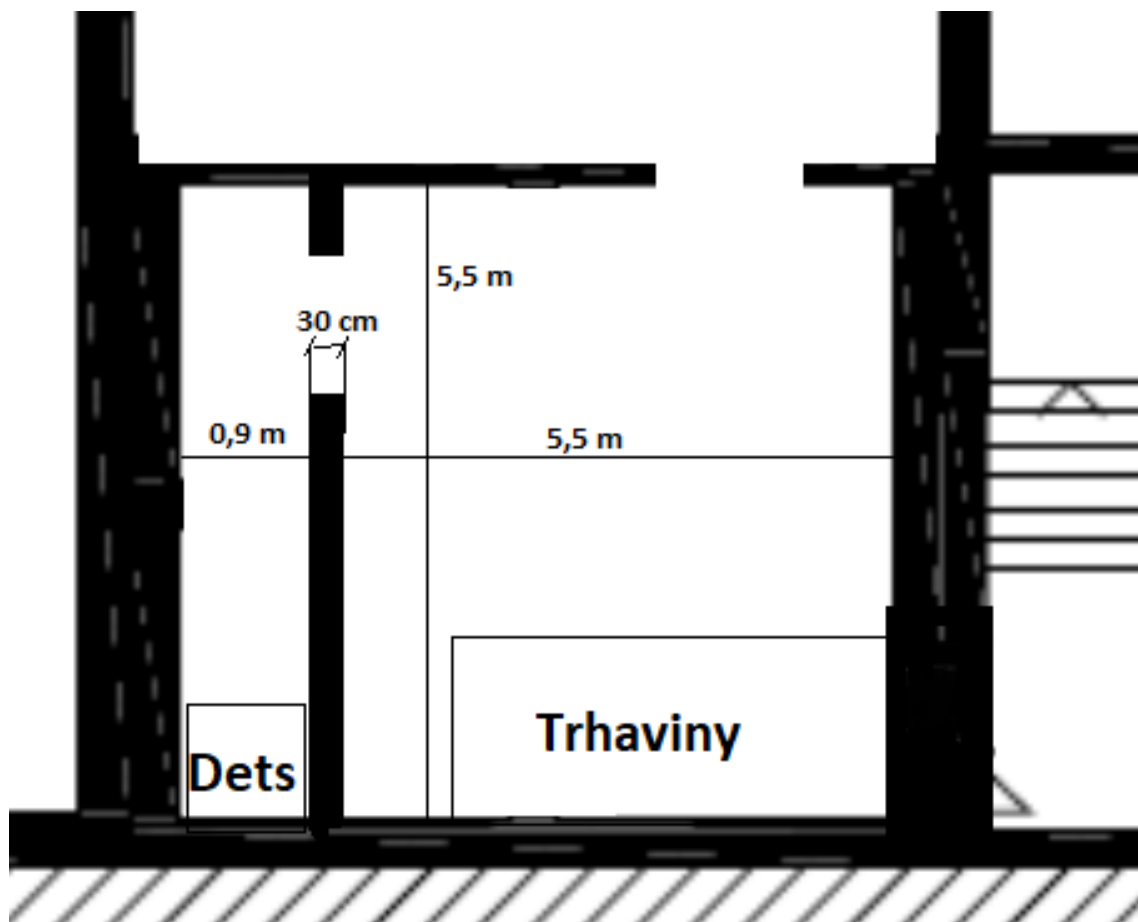
$$\underline{\underline{t_k = 17,69 \text{ ms}}}$$

impulz expandujícího přetlaku

$$I_k = 28,4 \cdot \left(\frac{V_{kopky}}{A_V} \right) \cdot \left(\frac{\Delta p_k}{p_0} \right)^{1,351}$$

$$\underline{\underline{I_k = 0,623 \text{ kPa} \cdot \text{s}}}$$

c) Změna rozměrů kobky – původní návrh



První fáze zatížení objektu – odraz VRV

Trhavina (2,5 kg) je uložena v samostatné kobce o vnitřních rozměrech (B x H x L) 5,5 x 2,2 x 5,5 m – *výška stropu počítána ve vztahu k novému místu.*

Výfuková plocha bude přední vstupní stěna o rozměrech (L x H) 5,5 x 2,45. Předpoklad, že nedojde k přenosu jedné nálože (2,5 kg) na ostatní (á 2,5 kg), vzdálenosti počítány pro výše uvedený půdorys, počítané umístění detonující nálože na kraji vzhledem k přepážce pro rozbušky – tedy $R_1 = 3,5$ m, $R_2 = 4$ m, $R_3 = 2,2$ m. Zatížení zadní stěny a podlahy není potřeba počítat z důvodu dostatečného zapažení.

redukováná vzdálenost

1. vzdálenost od geometrického středu k přední, resp. zadní stěně - $R_1 = 3,5$ m

$$Z = \frac{R}{\sqrt[3]{W_{ekv}}}$$

$$\underline{Z_{1,2} = 2,43 \text{ m/kg}^{1/3}}$$

2. vzdálenost od geometrického středu ke stropu - $R_2 = 4$ m

$$\underline{Z_3 = 2,77 \text{ m/kg}^{1/3}}$$

3. vzdálenost od geometrického středu ke stropu - $R_3 = 2,2 \text{ m}$

$$\underline{Z_3 = 1,52 \text{ m/kg}^{1/3}}$$

a) odrazný přetlak:

$$\Delta p_R^f = 14,554 \cdot Z^{-1,4587} \quad \text{MPa, pro } Z \quad 0,05 - 0,5 \text{ m.kg}^{-1/3}$$

$$\Delta p_R^f = 5,76 \cdot Z^{-2,762} \quad \text{MPa, pro } Z \quad 0,5 - 5 \text{ m.kg}^{-1/3}$$

b) odrazný impuls:

$$I_R^f = 0,345 \cdot W_f^{1/3} \cdot Z^{-1,857} \quad \text{kPa.s, pro } Z \quad 0,05 - 0,5 \text{ m.kg}^{-1/3}$$

$$I_R^f = 0,5823 \cdot W_f^{1/3} \cdot Z^{-1,0976} \quad \text{kPa.s, pro } Z \quad 0,5 - 5 \text{ m.kg}^{-1/3}$$

odrazný přetlak

1. zatížení přední,

$$\underline{\Delta p_{R1}^f = 0,495 \text{ MPa}}$$

2. zatížení bočních stěn

$$\underline{\Delta p_{R2}^f = 0,345 \text{ MPa}}$$

3. zatížení stropu

$$\underline{\Delta p_{R3}^f = 1,81 \text{ MPa}}$$

odrazný impuls

1. zatížení přední

$$\underline{I_{R1}^f = 0,316 \text{ kPa} \cdot \text{s}}$$

2. zatížení bočních stěn

$$\underline{I_{R2}^f = 0,274 \text{ kPa} \cdot \text{s}}$$

3. zatížení stropu

$$\underline{I_{R3}^f = 0,529 \text{ kPa} \cdot \text{s}}$$

Druhá fáze zatížení objektu – quasistatický přetlak

měrná nálož

$$\frac{W}{V} = \frac{m_{(TNT)}}{V_{kopky}}$$

$$V_{kopky} = B \cdot H \cdot L = 66,55 \text{ m}^3$$

$$\underline{\underline{\frac{W}{V} = 0,045 \text{ kg/m}^3}}$$

komorový přetlak

Pro výbušiny s výrazně negativní kyslíkovou bilancí, mezi které bezesporu PINp10 patří (-66 %), se určuje komorový přetlak z grafické závislosti na W/V zjištěné experimentálně. Závislost Δp_k na W/V.

$$\frac{W}{V} \Rightarrow \Delta p_k = 225 \text{ kPa}$$

$$\underline{\underline{\text{Bezrozměrná hodnota } \Delta p_k = 2,22}}$$

ventilační poměr

$$\frac{A_V}{V_{kopky}} = \frac{B \cdot L}{B \cdot H \cdot L}$$
$$\underline{\underline{\frac{A_V}{V_{kopky}} = 0,181 \text{ m}^{-1}}}$$

doba trvání přetlaku

$$t_k = 9,45 \cdot \left(\frac{A_V}{V_{kopky}} \right)^{-0,70}$$

$$\underline{\underline{t_k = 31,26 \text{ ms}}}$$

impulz expandujícího přetlaku

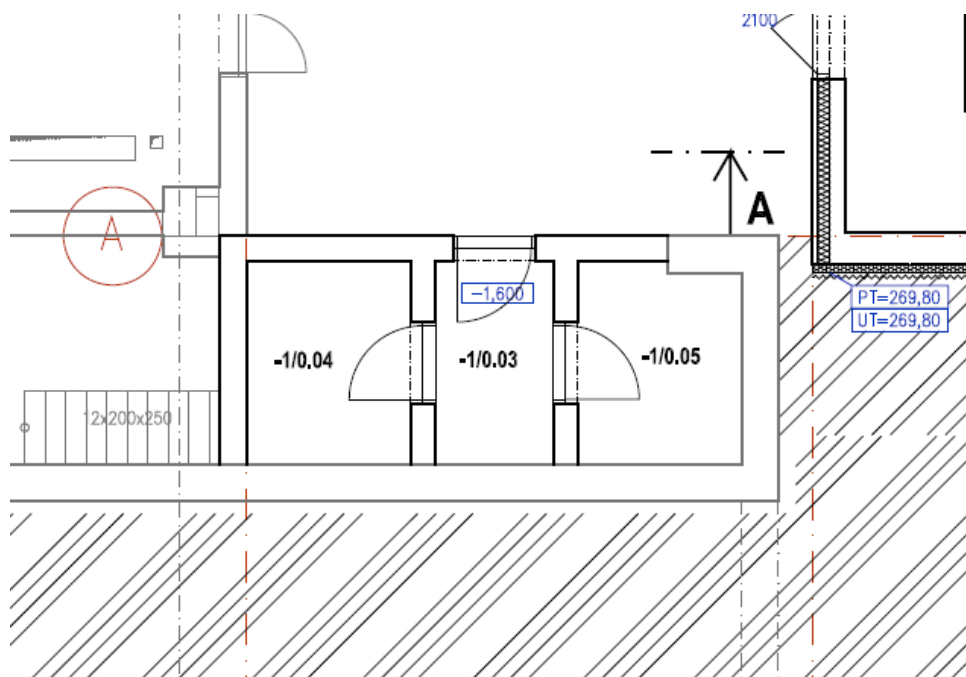
$$I_k = 28,4 \cdot \left(\frac{V_{kopky}}{A_V} \right) \cdot \left(\frac{\Delta p_k}{p_0} \right)^{1,351}$$

$$\underline{\underline{I_k = 0,461 \text{ kPa} \cdot \text{s}}}$$

$$\underline{\underline{I_k = 1,75 \times 0,461 = 0,806 \text{ kPa} \cdot \text{s}}}$$

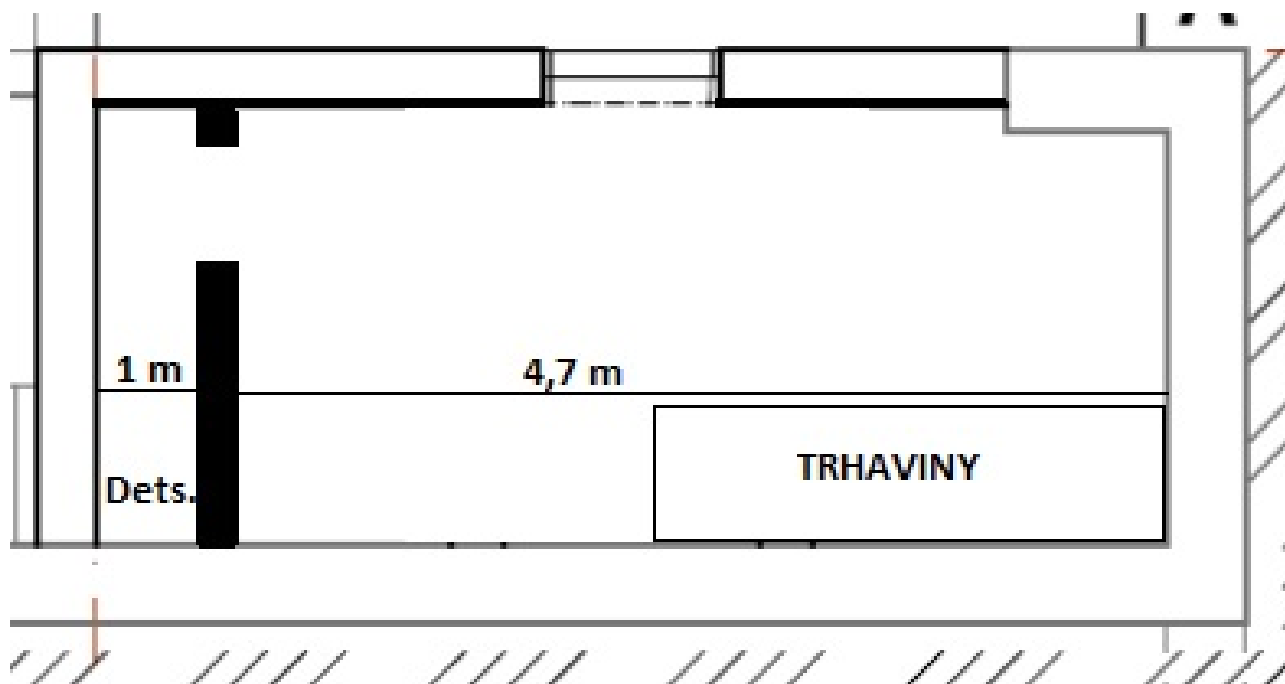
d) Změna rozměrů skladu – nový návrh

1. Původní návrh nového místa



Z důvodu malých místností není potřeba počítat parametry vnitřního výbuchu trhaviny. Rovnou provedeme upravení půdorysu skladu, abychom dostali co největší ventilační poměr hlavní místnosti, ve které budou trhaviny uloženy.

2. Upravený návrh nového místa



První fáze zatížení objektu – odraz VRV – 20 kg Pl Np 10

Trhavina (20 kg) je uložena v samostatné kobce o vnitřních rozměrech (B x H x L) 2,4 x 2,2 x 4,7 m, výfuková plocha bude přední vstupní stěna o rozměrech (L x H) 4,7 x 2,2. Předpoklad, že dojde k přenosu jedné nálože (2,5 kg) na ostatní (a 2,5 kg), vzdálenosti počítány pro výše uvedený půdorys, počítané umístění detonující nálože na kraji vzhledem k přepážce pro roubušky – tedy $R_1 = 2,7$ m, $R_2 = 1,2$ m, $R_3 = 1,9$ m. Zatížení zadní stěny a podlahy není potřeba počítat z důvodu dostatečného zapažení.

redukovaná vzdálenost

1. vzdálenost od geometrického středu k přední, resp. zadní stěně - $R_1 = 2,7$ m

$$Z = \frac{R}{\sqrt[3]{W_{ekv}}}$$

$$\underline{Z_1 = 0,9375 \text{ m/kg}^{1/3}}$$

2. vzdálenost od geometrického středu ke stropu - $R_2 = 1,2$ m

$$\underline{Z_2 = 0,416 \text{ m/kg}^{1/3}}$$

3. vzdálenost od geometrického středu ke stropu - $R_3 = 1,9$ m

$$\underline{Z_3 = 0,660 \text{ m/kg}^{1/3}}$$

a) odrazný přetlak:

$$\begin{array}{ll} \Delta p_R^f = 14,554 \cdot Z^{-1,4587} & \text{MPa, pro } Z \text{ } 0,05 - 0,5 \text{ m.kg}^{-1/3} \\ \Delta p_R^f = 5,76 \cdot Z^{-2,762} & \text{MPa, pro } Z \text{ } 0,5 - 5 \text{ m.kg}^{-1/3} \end{array}$$

b) odrazný impuls:

$$\begin{array}{ll} I_R^f = 0,345 \cdot W_f^{1/3} \cdot Z^{-1,857} & \text{kPa.s, pro } Z \text{ } 0,05 - 0,5 \text{ m.kg}^{-1/3} \\ I_R^f = 0,5823 \cdot W_f^{1/3} \cdot Z^{-1,0976} & \text{kPa.s, pro } Z \text{ } 0,5 - 5 \text{ m.kg}^{-1/3} \end{array}$$

odrazný přetlak

1. zatížení boční stěny

$$\underline{\Delta p_{R1}^f = 6,88 \text{ MPa}}$$

2. zatížení přední stěny

$$\underline{\Delta p_{R2}^f = 52,31 \text{ MPa}}$$

3. zatížení stropu

$$\underline{\Delta p_{R3}^f = 18,15 \text{ MPa}}$$

odrazný impuls

1. zatížení přední

$$\underline{I_{R1}^f = 1,8 \text{ kPa} \cdot \text{s}}$$

$$\underline{I_{R1}^f = 1,8 \times 1,75 = 3,15 \text{ kPa} \cdot \text{s}}$$

2. zatížení bočních stěn

$$\underline{I_{R2}^f = 5,64 \text{ kPa} \cdot \text{s}}$$

$$\underline{I_{R2}^f = 5,64 \times 1,75 = 9,87 \text{ kPa} \cdot \text{s}}$$

3. zatížení stropu

$$\underline{I_{R3}^f = 2,646 \text{ kPa} \cdot \text{s}}$$

$$\underline{I_{R3}^f = 2,646 \times 1,75 = 4,63 \text{ kPa} \cdot \text{s}}$$

Druhá fáze zatížení objektu – quasistatický přetlak

měrná nálož

$$\frac{W}{V} = \frac{m_{(TNT)}}{V_{kopky}}$$

$$V_{kopky} = B \cdot H \cdot L = 24,82 \text{ m}^3$$

$$\underline{\underline{\frac{W}{V} = 0,958 \text{ kg/m}^3}}$$

komorový přetlak

Pro výbušiny s výrazně negativní kyslíkovou bilancí, mezi které bezesporu PINp10 patří (-66 %), se určuje komorový přetlak z grafické závislosti na W/V zjištěné experimentálně. Závislost Δp_k na W/V.

$$\frac{W}{V} \Rightarrow \Delta p_k = 1500 \text{ kPa}$$

$$\underline{\underline{\text{Bezrozměrná hodnota } \Delta p_k = 14,8}}$$

ventilační poměr

$$\frac{A_V}{V_{kopky}} = \frac{B \cdot L}{B \cdot H \cdot L}$$

$$\underline{\underline{\frac{A_V}{V_{kopky}} = 0,416 \text{ m}^{-1}}}$$

doba trvání přetlaku

$$t_k = 9,45 \cdot \left(\frac{A_V}{V_{kopky}} \right)^{-0,70}$$

$$\underline{\underline{t_k = 17,46 \text{ ms}}}$$

impulz expandujícího přetlaku

$$I_k = 28,4 \cdot \left(\frac{V_{kopky}}{A_V} \right) \cdot \left(\frac{\Delta p_k}{p_0} \right)^{1,351}$$

$$\underline{\underline{I_k = 2,6 \text{ kPa} \cdot \text{s}}}$$

První fáze zatížení objektu – odraz VRV – 2,5 kg PI Np 10

Trhavina (2,5 kg) je uložena v samostatné kobce o vnitřních rozměrech (B x H x L) 2,4 x 2,2 x 4,7 m, výfuková plocha bude přední vstupní stěna o rozměrech (L x H) 4,7x 2,2. Předpoklad, že nedojde k přenosu jedné nálože (2,5 kg) na ostatní (a 2,5 kg), vzdálenosti počítány pro výše uvedený půdorys, počítané umístění detonující nálože na kraji vzhledem k přepážce pro roubušky – tedy $R_1 = 2,7$ m, $R_2 = 1,2$ m, $R_3 = 1,9$ m. Zatížení zadní stěny a podlahy není potřeba počítat z důvodu dostatečného zapažení.

redukovaná vzdálenost

4. vzdálenost od geometrického středu k přední, resp. zadní stěně - $R_1 = 2,7$ m

$$Z = \frac{R}{\sqrt[3]{W_{ekv}}}$$

$$\underline{Z_{1,2} = 1,875 \text{ m/kg}^{1/3}}$$

5. vzdálenost od geometrického středu ke stropu - $R_2 = 1,2$ m

$$\underline{Z_3 = 0,833 \text{ m/kg}^{1/3}}$$

6. vzdálenost od geometrického středu ke stropu - $R_3 = 1,9$ m

$$\underline{Z_3 = 1,32 \text{ m/kg}^{1/3}}$$

a) odrazný přetlak:

$$\begin{array}{ll} \Delta p_R^f = 14,554 \cdot Z^{-1,4587} & \text{MPa, pro } Z \text{ } 0,05 - 0,5 \text{ m.kg}^{-1/3} \\ \Delta p_R^f = 5,76 \cdot Z^{-2,762} & \text{MPa, pro } Z \text{ } 0,5 - 5 \text{ m.kg}^{-1/3} \end{array}$$

b) odrazný impuls:

$$\begin{array}{ll} I_R^f = 0,345 \cdot W_f^{1/3} \cdot Z^{-1,857} & \text{kPa.s, pro } Z \text{ } 0,05 - 0,5 \text{ m.kg}^{-1/3} \\ I_R^f = 0,5823 \cdot W_f^{1/3} \cdot Z^{-1,0976} & \text{kPa.s, pro } Z \text{ } 0,5 - 5 \text{ m.kg}^{-1/3} \end{array}$$

odrazný přetlak

4. zatížení boční stěny

$$\underline{\Delta p_{R1}^f = 1,014 \text{ MPa}}$$

5. zatížení přední stěny

$$\underline{\Delta p_{R2}^f = 9,54 \text{ MPa}}$$

6. zatížení stropu

$$\underline{\Delta p_{R3}^f = 2,67 \text{ MPa}}$$

odrazný impuls

4. zatížení přední

$$\underline{I_{R1}^f = 0,420 \text{ kPa} \cdot \text{s}}$$

$$\underline{I_{R1}^f = 0,420 \times 1,75 = 0,735 \text{ kPa} \cdot \text{s}}$$

5. zatížení bočních stěn

$$\underline{I_{R2}^f = 1,024 \text{ kPa} \cdot \text{s}}$$

$$\underline{I_{R2}^f = 1,024 \times 1,75 = 1,792 \text{ kPa} \cdot \text{s}}$$

6. zatížení stropu

$$\underline{I_{R3}^f = 0,618 \text{ kPa} \cdot \text{s}}$$

$$\underline{I_{R3}^f = 0,618 \times 1,75 = 1,0815 \text{ kPa} \cdot \text{s}}$$

Druhá fáze zatížení objektu – quasistatický přetlak

měrná nálož

$$\frac{W}{V} = \frac{m_{(TNT)}}{V_{kopy}}$$

$$V_{kopy} = B \cdot H \cdot L = 24,82 \text{ m}^3$$

$$\underline{\underline{\frac{W}{V} = 0,120 \text{ kg/m}^3}}$$

komorový přetlak

Pro výbušiny s výrazně negativní kyslíkovou bilancí, mezi které bezesporu PINp10 patří (-66 %), se určuje komorový přetlak z grafické závislosti na W/V zjištěné experimentálně. Závislost Δp_k na W/V.

$$\frac{W}{V} \Rightarrow \Delta p_k = 400 \text{ kPa}$$

$$\underline{\underline{\text{Bezrozměrná hodnota } \Delta p_k = 3,95}}$$

ventilační poměr

$$\frac{A_V}{V_{kopy}} = \frac{B \cdot L}{B \cdot H \cdot L}$$

$$\underline{\underline{\frac{A_V}{V_{kopy}} = 0,416 \text{ m}^{-1}}}$$

doba trvání přetlaku

$$t_k = 9,45 \cdot \left(\frac{A_V}{V_{kopy}} \right)^{-0,70}$$

$$\underline{\underline{t_k = 17,46 \text{ ms}}}$$

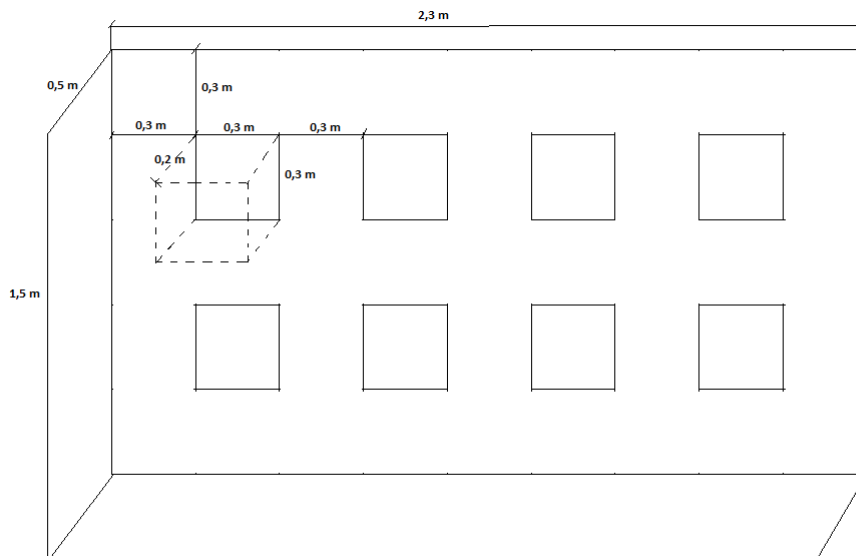
impulz expandujícího přetlaku

$$I_k = 28,4 \cdot \left(\frac{V_{kopy}}{A_V} \right) \cdot \left(\frac{\Delta p_k}{p_0} \right)^{1,351}$$

$$\underline{\underline{I_k = 0,461 \text{ kPa} \cdot \text{s}}}$$

e) Výpočet vnitřního uspořádání jednotlivých náloží – protipřenosové přepážky

Pro výpočet bude použit systém, který je v PČR – URNA již používán. Jedná se o dřevěné bedny s pískem, kterým je okolí schránek s trhavinou obsypáno. Uvažujeme následující rozměry:

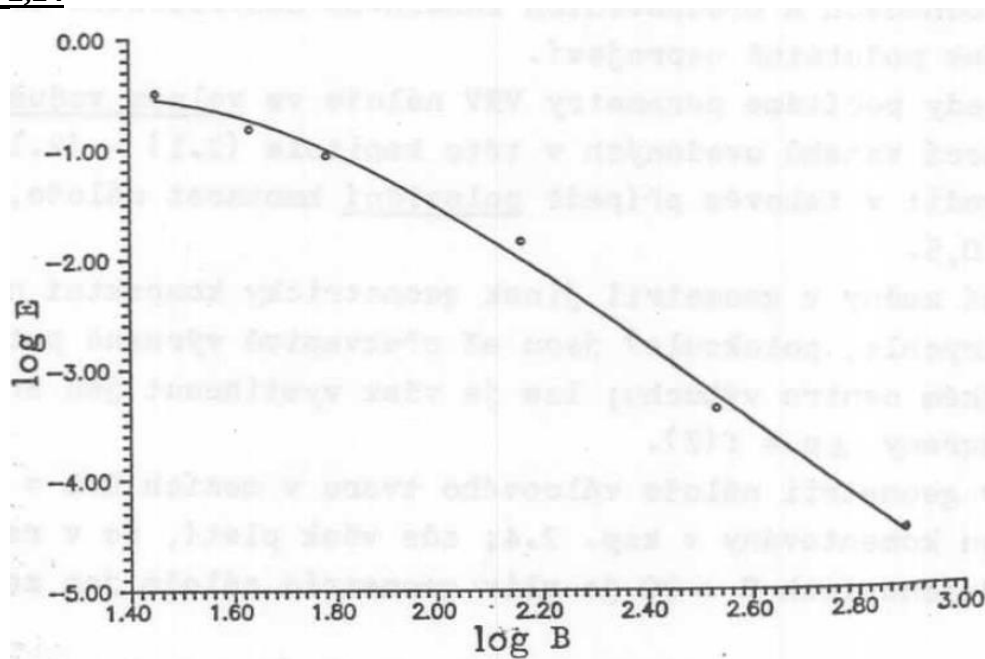


$$\log K_E = -7,01 + 11,024 \times \log K_B - 5,555 \times \log (K_B)^2 + 0,7058 \times \log (K_B)^3$$

$$K_E = 0,2 + 0,8/1 + K_B = 0,204$$

$$K_B = m \text{ (obalu)} / m \text{ (trhaviny)} = 174$$

$$\log K_B = 2,24$$



Z grafické závislosti určíme stupeň utěsnění $K_E = -2,2$. Tedy detonace z jedné schránky by se neměla přenést na sousední schránku. Výpočtem dostaneme hodnotu $K_E = -2,46$.

f) Následky detonace

Předpokládáme, že ve skladu dojde k detonaci 20 kg trhaviny Pl Np 10 například z důvodu porušení provozního řádu skladu. Ve vzdálenosti 34 m od skladu je již civilní sektor – dálnice D4. Předpokládáme, že na této úrovni projíždí osobní auto o rozměrech 2 x 2 x 2 m.

Lze v této vzdálenosti očekávat 50% poškození oken?

K jaké úrovni poranění dojde u člověka v této vzdálenosti?

1. Vstupní výpočty

- *tritolový ekvivalent*

$$k_{TNT} = 1,19$$

- *ekvivalentní (redukovaná) nálož*

$$W_{ekv.} = 23,8$$

- *redukovaná vzdálenost (Z)*

$$R = 34 \text{ m}$$

$$Z = \frac{R}{\sqrt[3]{W_{ekv.}}} = 11,8 \text{ m/kg}^{\frac{1}{3}}$$

- *přetlak na čele rázové vlny ve vzdálenosti Z (Δp_s)*

$$\Delta p_s = \frac{808 \cdot \left[1 + \left(\frac{Z}{4,5}\right)^2\right]}{\sqrt{1 + \left(\frac{Z}{0,048}\right)^2} \cdot \sqrt{1 + \left(\frac{Z}{0,32}\right)^2} \cdot \sqrt{1 + \left(\frac{Z}{1,35}\right)^2}} \cdot p_0 = 90,28 \text{ kPa}$$

- *doba trvání přetlaku (t_D)*

$$t_D = \sqrt[3]{W_{ekv.}} \cdot \frac{980 \cdot \left[1 + \left(\frac{Z}{0,54}\right)^{10}\right]}{\left[1 + \left(\frac{Z}{0,02}\right)^3\right] \cdot \left[1 + \left(\frac{Z}{0,74}\right)^6\right] \cdot \sqrt{1 + \left(\frac{Z}{6,9}\right)^2}} = 3,364 \text{ ms}$$

- *odraz vlny od objektu (Δp_R)*

$$p_0 = 101,325 \text{ kPa}, \Delta p_s = 90,28 \text{ kPa}, \gamma = 1,4 \text{ (vzduch)}$$

$$\Delta p_R = 2 \cdot \Delta p_s + \frac{(\gamma+1) \cdot (\Delta p_s)^2}{(\gamma-1) \cdot \Delta p_s + 2 \cdot \gamma \cdot p_0} = 61,16 \text{ kPa}$$

- *dynamický tlak na objektu (Q_D)*

$$\Delta p_s = 90,28 \text{ kPa}, p_0 = 101,325 \text{ kPa}, C_D = 1,05$$

$$Q = \frac{5}{2} \cdot \frac{(\Delta p_S)^2}{7 \cdot p_0 + \Delta p_S} = 25,484 \text{ kPa}$$

$$Q_D = Q \cdot C_D = 25,484 \cdot 1,05 = 26,76 \text{ kPa}$$

- *impulz tlaku (i_S)*

$$\Delta p_S = 90,28 \text{ kPa}, t_D = 3,364 \text{ ms}$$

$$i_S = \frac{\Delta p_S \cdot t_D}{2} = 151,85 \text{ kPa} \cdot \text{s}$$

2. Poškození auta

- *probitová funkce pro mírné auta*

$$\Delta p_S = 90,28 \text{ kPa}, i_S = 151,85 \text{ kPa} \cdot \text{s}$$

$$V = \left(\frac{4600}{\Delta p_S} \right)^{3,9} + \left(\frac{110}{i_S} \right)^5 = 198,9 \cdot 10^{-3}$$

$$Pr = 5 - 0,26 \cdot \ln V = 8,019$$

- **pravděpodobnost mírného poškození: >98 %**

- *probitová funkce pro větší poškození auta*

$$\Delta p_S = 90,28 \text{ kPa}, i_S = 151,85 \text{ kPa} \cdot \text{s}$$

$$V = \left(\frac{17500}{\Delta p_S} \right)^{8,4} + \left(\frac{290}{i_S} \right)^{9,3} = 410,78$$

$$Pr = 5 - 0,26 \cdot \ln V = 8,59$$

- **pravděpodobnost větších strukturálních škod: >99%**

3. 50 % poškození oken

- *probitová funkce pro rozbití oken*

$$Pr = 3,43, W_{ekv.} = 23,8 \text{ kg}$$

$$Pr = -11,97 + 2,12 \cdot \ln \Delta p_S^*$$

$$\Delta p_S^* = e^{\frac{Pr + 11,97}{2,12}} = e^{\frac{5 + 11,97}{2,12}} = 1,427 \text{ kPa}$$

$$Z = 11,8 \text{ m/kg}^{\frac{1}{3}}$$

$$\underline{\underline{R = Z \cdot \sqrt[3]{W_{ekv.}} = 34 \text{ m}}}$$

4. Poškození oken

- *probitová funkce pro rozbití oken*

$$\Delta p_s = 90,28 \text{ kPa}$$

$$Pr = -11,97 + 2,12 \cdot \ln \Delta p_s = 12,22$$

- **pravděpodobnost rozbití okenních tabulí: 100 %**

5. Poškození člověka cca 80 kg

- *tlak působící na člena ostrahy (ΔP)*

$$\Delta p_s = 90,28 \text{ kPa}, Q = 25,484 \text{ kPa}$$

$$\Delta P = \Delta p_s + Q = 115,764 \text{ kPa}$$

- *redukovaný tlak (ΔP) a redukovaný impulz tlaku ($\bar{i}$)*

$$\Delta P = 115,764 \text{ kPa}, p_0 = 101,325 \text{ kPa}, i_s = 151,85 \text{ kPa}\cdot\text{s}, m = 80 \text{ kg}$$

$$\Delta \bar{P} = \frac{\Delta P}{p_0} = 1,14$$

$$\bar{i} = \frac{i_s}{\sqrt{p_0} \cdot \sqrt[3]{m}} = 110,68$$

- *probitová funkce pro poškození uší (ušního bubínku)*

$$\Delta p_s = 90,28 \text{ kPa}$$

$$Pr = -12,6 + 1,524 \cdot (\ln \Delta p_s) = 4,79$$

- **pravděpodobnost poškození ušního bubínku: 42 %**

- *probitová funkce pro poškození plic*

$$\Delta \bar{P} = 1,14, \bar{i} = 110,68$$

$$S = \frac{4,2}{\Delta \bar{P}} + \frac{1,3}{\bar{i}} = 3,69$$

$$Pr = 5 - 5,74 \cdot \ln S = -2,49$$

- **k poškození plic nedojde**

- *probitová funkce pro určení pravděpodobnosti přežití po nárazu hlavy*

$$\Delta p_s = 90,28 \text{ kPa}, i_s = 151,85 \text{ kPa}\cdot\text{s}$$

$$S = \frac{2,43 \cdot 10^3}{\Delta p_s} + \frac{1,3}{\Delta p_s \cdot i_s} = 0,0269$$

$$Pr = 5 - 8,49 \cdot \ln S = 35,69$$

- pravděpodobnost přežití po nárazu hlavy: >99,9 %

- *probitová funkce pro určení pravděpodobnosti přežití po nárazu celého těla*

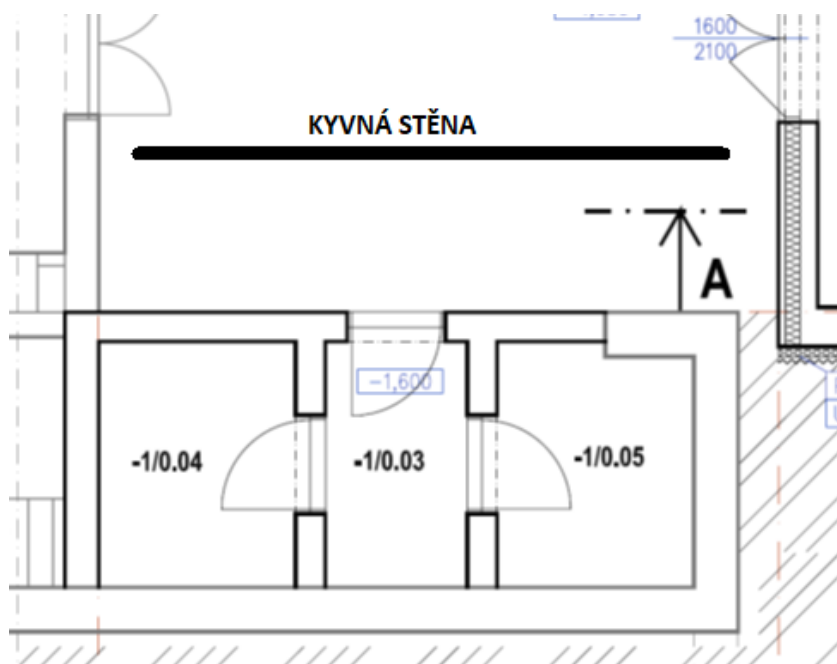
$$\Delta p_S = 90,28 \text{ kPa}, i_S = 151,85 \text{ kPa}\cdot\text{s}$$

$$S = \frac{7,38 \cdot 10^3}{\Delta p_S} + \frac{1,3 \cdot 10^9}{\Delta p_S \cdot i_S} = 1,029$$

$$Pr = 5 - 8,49 \cdot \ln S = 4,75$$

- pravděpodobnost přežití po nárazu celého těla: 40 %

g) Ovlivnění šíření detonační vlny – kyvná stěna



Ve vzdálenosti 1,775 m od výfukové stěny skladu bude instalována kyvná protivýbuchová stěna o výšce 1 m nad střechu skladu. Šířka stěny bude pokrývat pření výbuchovou stěnu tak, aby bylo možno kolem ní bez problémů projít a v případě vzniku mimořádné události, aby nebránila v úniku do bezpečných prostor.

Kyvnu stěnou je rozuměno - těžká stěna uložená čepy v ložiskách tak, aby se účinkem tlakové vlny mohla vychýlit (otočit), a aby byla schopna v případě mimořádné události zabránit rozletu úlomků výbuchové stěny a utlumila detonační vlnu.

Ochranná stěna musí být bezpečně zakotvena v zemi a její stabilita a odolnost proti výbuchu doložena výpočtem v projektu.

Vzdálenost ochranné stěny od stěny skladu nesmí činit méně než 2 m a více než 5 m. V tomto případě není dostatek prostoru pro dodržení této podmínky. Z hlediska účinnosti a ochrany může ochranná stěna být blíže.

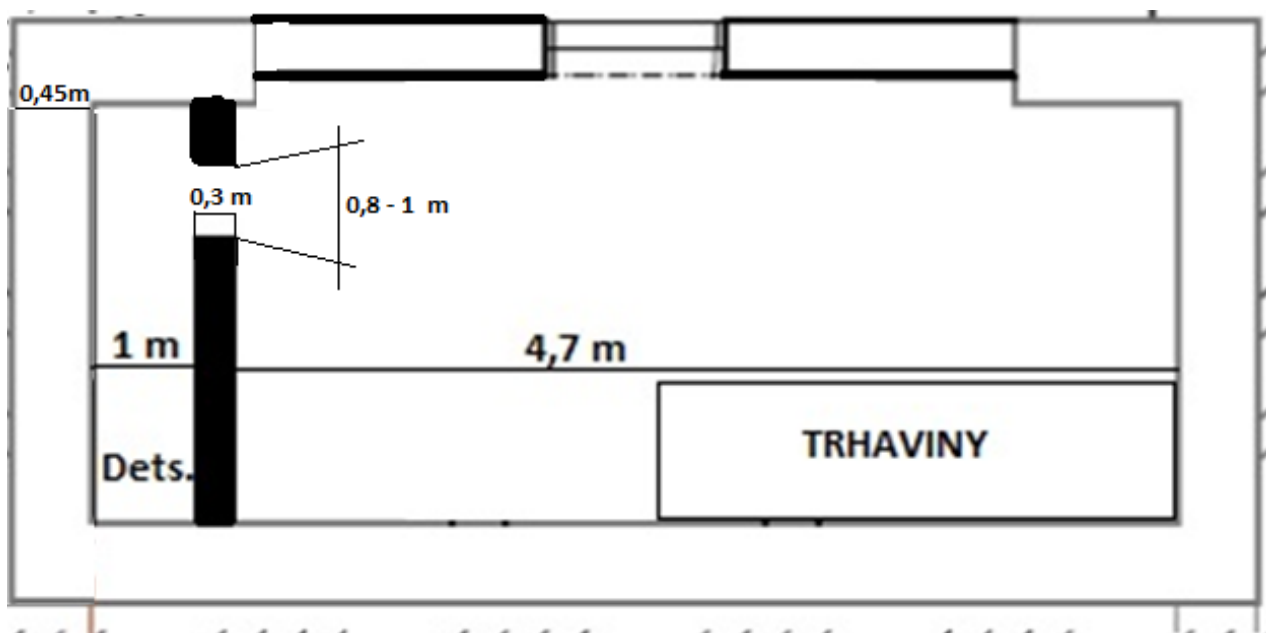
Pro stanovení výšky a délky ochranné stěny platí ustanovení § 9 odst. 5 a 6. - Koruna stěny nesmí být nižší než úroveň střešní římsy skladu; u skladu s jednostranným sklonem střechy toto platí pro střešní římsu nižší strany střechy. Je však nezbytné, aby koruna stěny přesahovala o 1,0 m horní úroveň skladovaných výbušnin.

Boční hrana koruny jednostranně otevřeného nebo odděleného valu musí přesahovat pohledový obrys skladu nejméně o 0,5 m.

Ochrannou stěnu umístěnou před výfukovou plochu je nutno řešit tak, aby při výbuchu nedošlo k nebezpečnému usměrnění tlakové vlny, např. do sousedního prostoru.

Zákon neukládá parametry kyvné stěny. Počítejme tedy s rozměry cca 4,9 x 3,65 m. Kyvná stěna bude provedena z těžkého dřeva s ocelovým poboitím. Měla by se při dynamickém zatížení cca 90 kPa vychýlit, nikoliv otočit.

h) Návrh konstrukce skladu



Výfuková stěna bude z materiálu o max. zatížení 150 kg/m^2 , tedy při přepočteném zatížení na tuto hodnotu musí stěna povolit. Bude z lehkého, snadno tříštitelného materiálu, který při výbuchu uvnitř objektu neohrozí okolí rozletem těžkých úlomků.

Pro konstrukci stěn, přepážek, zárubní, dveří, výfukových ploch a střešních konstrukcí se použijí stavební výrobky třídy reakce na oheň A1, A2 nebo B klasifikované podle právního předpisu upravujícího technické podmínky požární ochrany staveb. Stavební výrobky ze dřeva je možné použít pouze s úpravou zajišťující třídu reakce na oheň B klasifikovanou podle právního předpisu upravujícího technické podmínky požární ochrany staveb – § 6 vyhlášky č. 23/2008 Sb., o technických podmínkách požární ochrany staveb, ve znění vyhlášky č. 268/2011 Sb.

Výpočet stěnodeskové konstrukce



Protivýbuchová ochrana staveb

Seminář 4: Hodnocení bezpečnosti a spolehlivosti konstrukcí

Přednáška 2: Výpočetní programy pro zjednodušený výpočet ohrožení konstrukce výbuchem pevné nálože

Zjednodušený výpočet odezvy stěnodeskové konstrukce

1. Rozměry, okrajové podmínky a materiál stěnodesky

a) rozměry stěny, výška a šířka

l_x 2,2 [m]

l_y 2,4 [m]

b) tloušťka stěny

Vetknutí po celém obvodu (2)

h 0,300 [m]

c) okrajové podmínky

2 typ 2 [-]

d) materiál

Beton C25/30

typ 4 [-]

e) součinitel duktility

k_m 1,0 [-]

modul pružnosti materiálu

E 31 000 [MPa]

Poissonův součinitel

ν 0,20 [-]

jednotková hmotnost materiálu

γ 2,50 [t/m³]

2. Zatížení dopadající a odraženou vlnou

f) rovnoměrné zatížení na plochu stěnodesky

q 52 310,0 [kN/m²]

g) doba trvání přetlaku

t_+ 0,002 [s]

3. Výpočet vlastní frekvence kmitání a dynamického součinitele

součinitel λ^2 33,42 [-]

desková tuhost

D 72 656 [kNm]

hmota desky na jednotkovou plochu

μ 0,75 [t/m²]

první vlastní kruhová frekvence

$\omega(1)$ 2149,0 [1/s]

první vlastní frekvence

$f(1)$ 342,0 [Hz]

dynamický pružnostní součinitel

δ 1,310 [-]

4. Pomocný výpočet parametrů stěnodesky podle [x1]

poměr stran l_x / l_y 0,917 [-]

název tabulky pro vyhledání parametrů

op2

dolní mez pro vyhledávání

0,900

horní mez pro vyhledávání

1,000

součinitel pro výpočet vnitřních sil

α_x 0,0214

α_y 0,0140

α_{yx} 0,0000

α_{xy} -0,0580

α_{yx} -0,0453

β 0,0179

5. Výpočet vnitřních sil pro posouzení stěnodesky

největší moment v poli ve směru x m_x 8189,24 [kNm]

největší moment v poli ve směru y m_y 6950,14 [kNm]

6. Výpočet průhybu a odhad porušení

největší průhyb y 32,9 [mm]

odhad největšího natočení φ 3,4 [deg]

úhel lomu zadaného materiálu ψ 6,5 [deg]

odhad porušení konstrukce lomem

není pravděpodobné

Dodatečný výpočet pro obvodovou stěnu 0,3 m v kvalitě betonu C25/30 ukazuje, že při detonaci celého množství trhaviny by nemělo dojít k porušení stěny lomem.

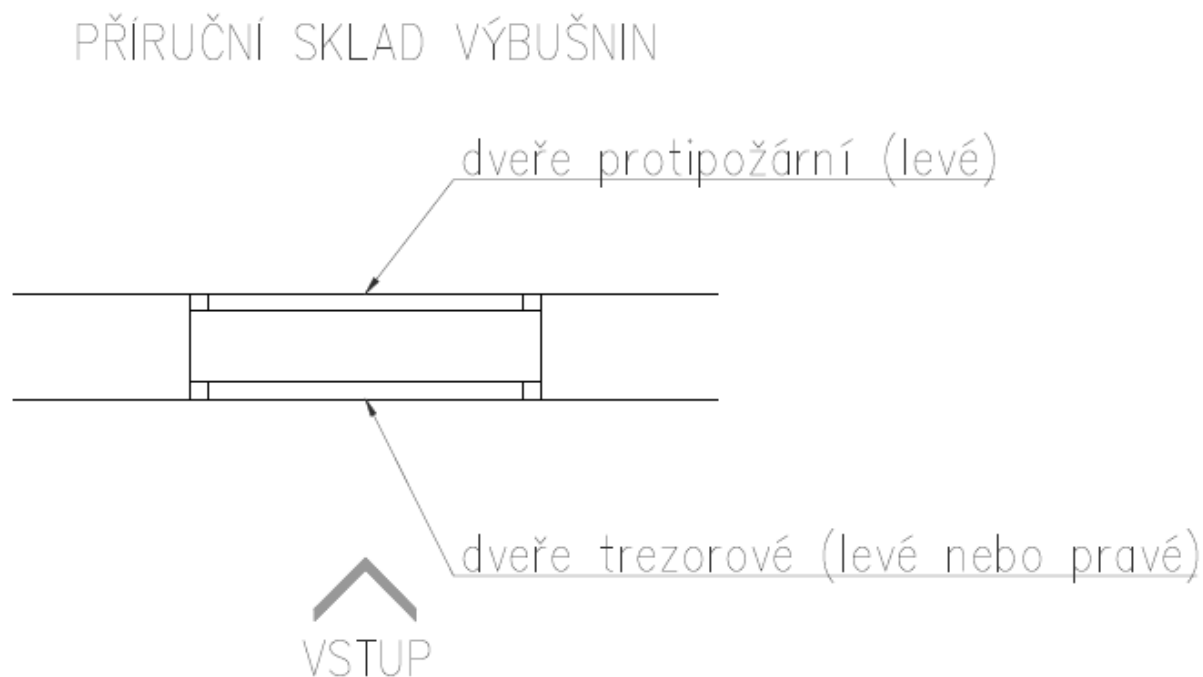
i) Protivýbuchové dveře skladu

Navrhuji následující řešení

- osadit do stavebního otvoru jako první při vstupu dveře DTI 1K 100 v I.bezp. třídě dle ČSN EN 1143-1.
- osadit do stavebního otvoru jako druhé při vstupu dveře protipožární odolnost EW 90DP1-C2 otevírání pneumatické do prostředí V1, V2 (tlakový uzávěr).

Ostatní dveře na levé i pravé straně bych navrhoval také raději bezpečnostní, není podle mého však nutná třída 1. Pokud budeme instalovat protivýbuchovou výkyvnou stěnu, budou vstupy jen velmi málo ohroženy.

Přikládám orientační náčrt návrhu řešení k trezorovým dveřím.

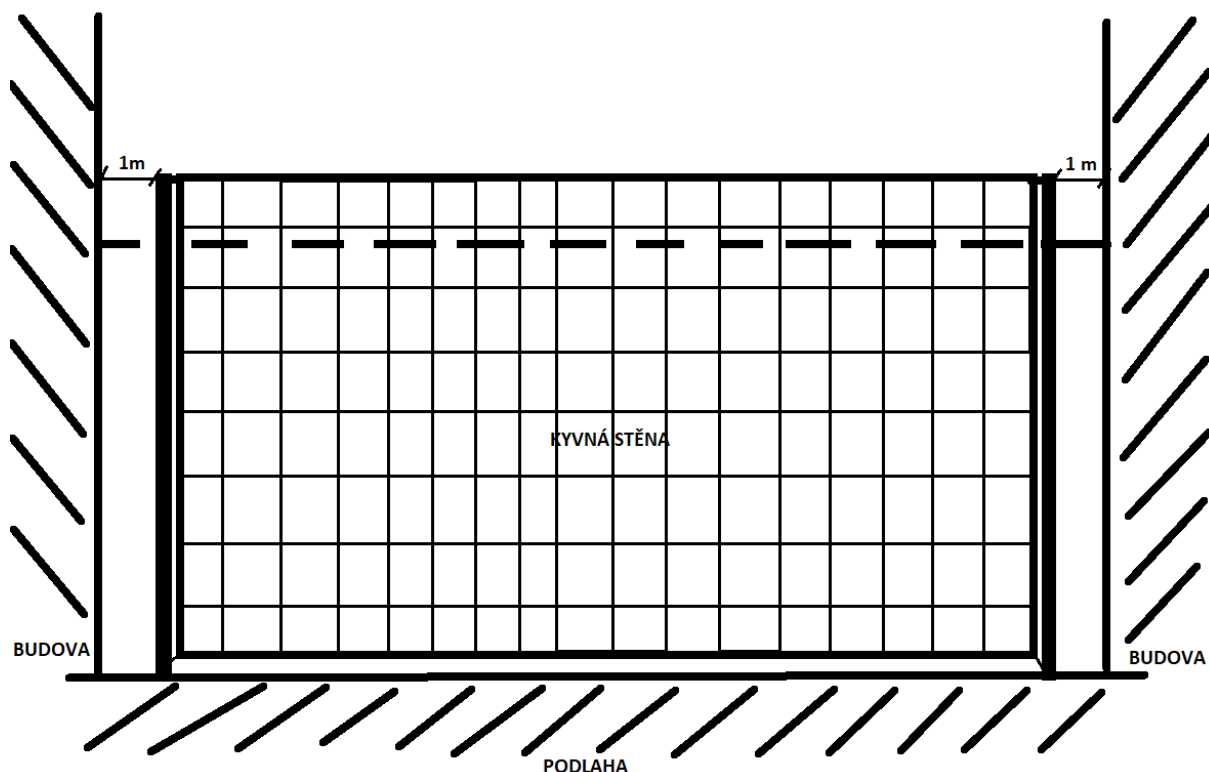


j) Protivýbuchová kyvná stěna

Kyvnou stěnou bude těžká stěna uložená čepy v ložiskách tak, aby se účinkem tlakové vlny mohla vychýlit.

Jedná se o konstrukci na dvou sloupech podepřených z vnější strany. V horní části sloupů bude ložiskový systém dostatečně pevný, aby unesl kyvnou stěnu, a aby v případě dopadu rázové vlny byl schopen se vychýlit – v tomto případě nikoliv otočit. Spodní hrana stěny bude cca 15 cm na povrchem a tato hrana bude v rozích zajištěna řetězy o délce max 0,75 m ke sloupům, aby v případě působení vnější síly (např. nadměrně silný nárazový vítr) nedošlo k odtržení stěny z čepů

nebo poškození konstrukce skladu vlivem kývání stěny. Řetězy by měly tuto těžkou stěnu udržet v případě jejího vychýlení. Je nutné počítat s kinetickou energií stěny při jejím vychýlení a v závislosti na její hmotnosti.



Stěna bude přesahovat výšku skladu o 1 m. Mezi kyvnou stěnou a oběma sousedními objekty bude dostatečný prostor pro průchod 1 m. Kyvná stěna bude přesahovat plochu výfukové odlehčené stěny skladu o 1 m.

Konstrukce stěny bude z těžkého dřeva s ocelovým pobytím.

Vstupní výpočty

- *tritolový ekvivalent*

$$k_{TNT} = 1,19$$

- *ekvivalentní (redukovaná) nálož*

$$W_{ekv.} = 23,8$$

- *redukovaná vzdálenost (Z)*

$$R = 2 \text{ m}$$

$$Z = \frac{R}{\sqrt[3]{W_{ekv.}}} = 0,694 \text{ m/kg}^{\frac{1}{3}}$$

- *přetlak na čele rázové vlny ve vzdálenosti Z (Δp_s)*

$$\Delta p_s = \frac{808 \cdot \left[1 + \left(\frac{Z}{4,5} \right)^2 \right]}{\sqrt{1 + \left(\frac{Z}{0,048} \right)^2} \cdot \sqrt{1 + \left(\frac{Z}{0,32} \right)^2} \cdot \sqrt{1 + \left(\frac{Z}{1,35} \right)^2}} \cdot p_0 = 2155 \text{ kPa}$$

- **dynamický tlak na objektu (Q_D)**

$$\Delta p_s = 2155 \text{ kPa}, p_0 = 101,325 \text{ kPa}, C_D = 1,05$$

$$Q = \frac{5}{2} \cdot \frac{(\Delta p_s)^2}{7 \cdot p_0 + \Delta p_s} = 4053,4 \text{ kPa}$$

$$\underline{Q_D = Q \cdot C_D = 25,484 \cdot 1,05 = 4256 \text{ kPa}}$$

Principiálně se musí stěna pouze vychýlit při dopadajícím dynamickému tlaku 4,2 GPa a musí odolat urychleným úlomkům výfukové stěny. Jedná se samozřejmě o krajní případ detonace celého množství trhaviny ve vzdálenosti 2 m od kyvné stěny bez požadovaného uskladnění. Takový případ nenastane.

k) Základní parametry skladu podle vyhl. 99/1995

Zásady pro výstavbu skladu

- (1) Sklad se buduje jako jednopodlažní.
- (2) Stavební provedení skladu vychází z druhu skladovaného materiálu, skladovací techniky, skladové manipulace a technologie.
- (3) Alespoň jedna stěna nebo střecha skladu musí být ve výfukovém provedení.
- (4) U skladu musí být vybudován kromě hlavního východu ještě další východ v případě, že délka únikové cesty z kteréhokoliv místa skladu k nejbližšímu východu je větší než 20 m.
- (5) Hlavní východ (vchod) u skladu obklopeného valem se umístí nejblíže k průchodu valem.
- (6) Kolem skladu musí být pás z nehořlavých hmot, např. z betonu nebo dlažby, široký nejméně 1 m, který je odvodněn a na který navazuje požární pruh široký nejméně 5 m. Povrch požárního pruhu se pokryje nehořlavou hmotou, popřípadě se zatravní. U zasypaného skladu se buduje požární pruh široký nejméně 3 m od vstupu do skladu a vyústění větracích šachet.
- (7) Sklad nebo soubor skladů je organizace povinna zajistit oplocením vysokým nejméně 2,2 m. Pokud se použije pletivo, může být velikost oka nejvíce 0,05 m, s nástavbou dvou řad ostnatého drátu. Uvedené ustanovení se nevztahuje u výrobce na sklad nebo soubor skladů, který je umístěn uvnitř oploceného prostoru provozovny.
- (8) Vzdálenost oplocení od skladu nesmí bránit úniku osob a určuje se v projektové dokumentaci s přihlédnutím k místním podmínkám, obložení, stavebnímu provedení skladu a ochranným opatřením.

Zajištění skladu

- (1) V projektové dokumentaci skladu se stanoví způsob zajištění skladu proti odcizení nebo zneužití výbušnin, který posoudí znalec nebo podnikatel provádějící zabezpečování objektů.
- (2) Jednotlivé stavební části skladu (okna, stěny, střecha apod.) musí být dostatečně odolné proti násilnému vniknutí do skladu s výjimkou prvků ve výfukovém provedení. Vstup do skladu se zajišťuje mechanickým zábranným systémem.

(3) Dveře skladu se budují jako odolné proti vloupání. Tento požadavek se považuje za splněný, jestliže je vyhověno požadavkům české technické normy, která stanoví požadavky na odolnost dveří proti vloupání³), odpovídajícím nejméně bezpečnostní třídě 4.

(4) Sklad se vybaví zařízením elektronické zabezpečovací signalizace, které bude signalizovat narušení zajištění skladu (násilné vniknutí do skladu) do míst se stálou přítomností osob. Místo se stálou přítomností osob je pracovištěm nepřetržitě obsazeným, ze kterého je možno ohlásit po dobu 24 hodin denně násilné vniknutí do skladu.

(5) Pokud je sklad trvale střežen způsobem zamezujícím odcizení nebo zneužití výbušnin, nevztahuje se na něj ustanovení odstavce 4, na mezisklad a příruční sklad též ustanovení odstavce 3.

Konstrukční požadavky na jednotlivé části skladu

(1) Pro konstrukci stěn, přepážek, zárubní, dveří, výfukových ploch a střešních konstrukcí se použijí stavební výrobky třídy reakce na oheň A1, A2 nebo B klasifikované podle právního předpisu upravujícího technické podmínky požární ochrany staveb⁴). (2) Stavební hmoty a nátěry, které tvoří s výbušninami výbušné nebo zápalné směsi a sloučeniny, se nesmí používat.

(3) Povrchová úprava vnitřních stěn a stropu skladu se provede tak, aby umožnila účinné vyčištění.

(4) Střeška skladu může být provedena pouze

a) jako výfuková, z lehkého, snadno tříštitelného materiálu, který při výbuchu uvnitř objektu neohrozí okolí rozletem těžkých úlomků, nebo – 150 kg/m².

(5) Krytina střechy musí být zhotovena z takové hmoty, aby v případě požáru nemohlo dojít k jeho šíření krytinou.

(6) Podlaha musí být rovná a navazovat na stěny zaoblením bez spár do výšky nejméně 0,08 m nad podlahu. Povrch podlahy se zhotovuje z nejiskřivého materiálu a tak, aby byl nepropustný, bez trhlin a snadno čistitelný.

(7) Dveře a zárubně mohou být pouze v provedení s otevíráním ven, bez prahů a těsné po celém svém obvodu.

(8) Jsou-li dveře budovány jako únikové, musí umožňovat snadný a rychlý průchod. Svým zajištěním nesmí bránit ústupu unikajících osob ani zásahu požárních jednotek.

(9) Okna se opatří v okenním otvoru kovovými mřížemi nebo sítěmi s velikostí oka nejvýše 0,02 m, natřenými světlou barvou. Okna, kterými mohou procházet sluneční paprsky, je nutno zasklít matným sklem nebo sklem bez bublin a kazů nebo opatřit nátěrem bílé barvy.

Ochranné valy

(1) Ochranné valy se zřizují jako jednostranně otevřené nebo jednostranně otevřené s odděleným valem.

(2) Ke stavbě ochranného valu lze použít jen nehořlavých a zhutněných hmot. Pokud je ochranný val z kamenité sypaniny, použije se na jeho vnitřní straně vrstva tříděného materiálu o tloušťce nejméně 1 m s průměrem zrn do 0,016 m. Povrch ochranného valu je nutno zajistit proti erozi.

(3) Vnitřní svah ochranného valu smí mít sklon nejvýše 40 ° a šířku v koruně nejméně 0,5 m. Profil ochranného valu se doloží v projektu výpočtem stability včetně sednutí a zatlačení tělesa valu do podloží. Ochranný val nesmí být osázen dřevinami.

(4) Dolní část vnitřního svahu ochranného valu smí být nahrazena opěrnou zdí, která však nesmí přesahovat polovinu výšky ochranného valu.

(5) Koruna ochranného valu nesmí být nižší než úroveň střešní římsy skladu; u skladu s jednostranným sklonem střechy toto platí pro střešní římsu nižší strany střechy. Je však nezbytné, aby koruna ochranného valu přesahovala nejméně o 0,5 m horní úroveň skladovaných výbušnin.

(6) Boční hrana koruny jednostranně otevřeného nebo odděleného valu musí přesahovat pohledový obrys skladu nejméně o 0,5 m.

(7) Vzdálenost paty ochranného valu od obvodové stěny skladu nesmí být u uzavřeného a jednostranně otevřeného ochranného valu větší než 2 m a u odděleného valu větší než 5 m.

- (8) Plocha mezi patou ochranného valu a skladem se upraví jako požární pruh podle § 6 odst. 6 a musí být odvodněna.
- (9) Průchod v ochranném valu se zřizuje co nejbližší únikové cesty ze skladu přerušením ochranného valu nebo jako tunel. Průchod je nejméně 1,5 m široký, se sklonem nejvýše 8 °.
- (10) Průchody se budují obloukovitě nebo zalomené tak, aby jakákoliv přímka jimi vedená protínala jejich stěnu chráněnou ochranným valem. Při nesplnění této podmínky se zřizuje ve vzdálenosti 1 až 4 m od vnější paty ochranného valu proti ústí průchodu další ochranný val nebo ochranná stěna, překrývající ústí tunelu ve všech směrech nejméně o 1,5 m nebo o stejné výšce jako přerušovaný val a s korunou přesahující okraj koruny přerušového valu nejméně o 0,5 m.
- (11) Tunelový průchod musí být nejméně 2,1 m vysoký, s osvětlením, bez jakýchkoli výstupků. Jeho stěny a strop se zhotoví ze železobetonu nebo stejně odolného materiálu.
- (12) Společný val mezi dvěma sklady nesmí mít žádný průchod. Za průchod se nepovažuje prostup pro energetické rozvody, pokud je zajištěn proti přenosu detonace.

Požární zajištění skladu

- (1) Pokud není do skladu zaveden požární vodovod, musí být zajištěn přívod vody nebo zajištěna požární voda ve vodojemu. Množství požární vody ve vodojemu, průměr potrubí přívodu vody nebo druh a množství jiných hasicích prostředků se stanoví v projektu skladu.
- (2) Rozvod vody se vede v ochranném valu ve zvláštním tunelu nebo průchodu. Hydranty nesmí být umístěny proti volným výfukovým stěnám objektu.

Vytápění a větrání skladu

- (1) Provedení skladu včetně jeho větrání a vytápění musí zajistit dodržení podmínek pro skladování výbušnin stanovených výrobcem.
- (2) Před zahájením prací a při práci osob ve skladu musí být zajištěno tak účinné větrání, aby nebyly překročeny nejvyšší přípustné koncentrace škodlivin v ovzduší.⁵⁾
- (3) Větrací zařízení musí být snadno čistitelné a znemožňovat šíření požáru.
- (4) Teplota a vlhkost se kontroluje tak, aby byly dodrženy podmínky stanovené pro skladování výbušnin.

Elektrická zařízení a ochrana před vlivy elektrické energie

- (1) Elektrická zařízení se zřizují v provedení pro prostředí s nebezpečím požáru nebo výbuchu výbušnin. Tato podmínka je splněna, jestliže je vyhověno požadavkům příslušné české technické normy⁶⁾ nebo ekvivalentní technické normy členského státu Evropské unie, státu Evropského sdružení volného obchodu, který je smluvní stranou Dohody o Evropském hospodářském prostoru, nebo Turecka, pokud zaručuje alespoň rovnocennou míru ochrany zdraví a bezpečnosti.
- (2) Sklad se chrání před účinky blesku.

Dopravní cesty

- (1) Železniční cesty ke skladům nemohou být používány jako průjezdní pro přepravu jiného materiálu.
- (2) Rozřazovací železniční prostory, kde se třídí náklady výbušnin, se zřizují v místech vzdálených nejméně 300 m od skladů všech tříd nebezpečí.
- (3) Železniční cesty a silnice pro přepravu výbušnin v prostoru základního skladu smí být vzdálena od budov
- a) ve kterých se pracuje s ohněm, nejméně 50 m,
 - b) nebezpečných výbuchem, provozoven a skladů všech tříd nebezpečí nejméně 10 m.
- (4) Pokud nejsou výbušniny v prostoru skladu dopravovány v expedičním balení, smí se dopravovat pouze po cestách s bezprašnou úpravou.
- (5) Pro příjezd požárních a sanitních vozidel ke skladu se zřizuje řádná a bezpečná cesta.

Vybavení skladů

- (1) Zařízení potřebné k provozu skladu, pomůcky k udržování čistoty a pořádku ve skladu a prostředky osobní hygieny zaměstnanců stanoví organizace.
- (2) Na vhodném místě ve skladu nebo v manipulační místnosti se vyvěsí pokyny k zacházení s výbušninami, a to pro každý skladovaný druh.
- (3) Ve skladu se používají pomůcky a zařízení jen z takového materiálu, který vylučuje ohrožení výbušnin mechanickou jiskrou nebo výbojem statické elektřiny.
- (4) Na vnitřní straně vstupních dveří je uvedeno číslo rozhodnutí, kterým bylo povoleno sklad užívat, obložení skladu a jméno vedoucího skladu nebo osoby odpovědné za sklad.
- (5) Sklad, ve kterém jsou skladovány výbušniny, musí být vybaven funkčním zařízením pro měření teploty a vlhkosti ve skladu.
- (6) Není-li ve skladu nikdo přítomen, musí být sklad uzamčen. Okna mezikladu a příručního skladu nemusí být uzavřena, jsou-li opatřena pevnou drátěnou sítí o velikosti ok nejvýše 0,02 m pevně zakotvenou v okenním otvoru.
- (7) Klíče od skladu, včetně náhradních klíčů, se ukládají pouze na místě určeném v provozní dokumentaci. Klíče musí být zajištěné proti odcizení nebo neoprávněnému použití a kdykoliv přístupné kontrolním orgánům. Věty první a druhá se použijí obdobně i při jiném způsobu uzamčení skladu.

Způsob uložení výbušnin

- (1) Výbušniny se ukládají:
 - a) třaskaviny a třaskavé slože v jedné vrstvě na stoly nebo do regálů způsobem stanoveným výrobcem,
 - b) rozbušky, roznětky, zápalky, elektrická rozněcovadla, zapalovače a podobné výrobky v obalech do regálů; jsou-li tyto výrobky v truhlících a elektrické rozbušky v expedičním balení, smí se ukládat i v hranicích,
 - c) kapalné výbušniny do nádob za podmínek stanovených výrobcem,
 - d) ostatní zabalené výbušniny do regálů nebo v hranicích, a to buď samostatně, nebo na paletách.
- (2) Při ukládání výbušnin do regálů jsou stanoveny tyto vzdálenosti:
 - a) pro manipulaci ve skladu mezi regály nebo mezi regály a stěnami nejméně 1,2 m,
 - b) vrchní police regálu od podlahy pro rozbušky, roznětky, zápalky, elektrická rozněcovadla, zapalovače a podobné výrobky nejvýše 1,65 m, pro ostatní nejvýše 1,8 m,
 - c) spodní police od podlahy nejméně 0,2 m,
 - d) mezi vrchní stranou uložených výbušnin a stropem nebo konstrukcí střechy nejméně 0,6 m.
- (3) Při ukládání výbušnin v hranicích jsou stanoveny tyto vzdálenosti:
 - a) mezi hranicemi nejméně 0,6 m,
 - b) pro nakládání a vykládání proti dveřím a mezi hranicí a čelní stěnou nejméně 1,2 m,
 - c) hranice od stěn skladu nejméně 0,05 m pro větrání,
 - d) mezi sériemi v hranici nejméně 0,1 m,
 - e) mezi vrchní stranou hranice a stropem nebo pozednicí nejméně 0,6 m.
- (4) Při ukládání výbušnin kromě trhavin mají hranice rozměry:
 - a) při použití mechanizačních prostředků výšku nejvýše 2,0 m od podložky,
 - b) šířku nejvýše 5,0 m.
- (5) Při ukládání trhavin mají hranice rozměry a vrstvení:
 - a) ve skladu u odběratele výšku hranice u přepravních obalů ze dřeva a z lepenky nejvýše 1,8 m od podložky, při použití mechanizačních prostředků u obalů ze dřeva nejvýše 3,0 m od podložky,
 - b) ve skladu u výrobce výšku hranice přepravních obalů ze dřeva a z lepenky určenou výrobcem,
 - c) nejvýše šest vrstev naležato uložených samonosných pytlů z plastu o tloušťce nejméně 0,2 mm, obsahujících nejvýše 30 kg netvarované sypké trhaviny,

d) pokud při skladování podle písmena c) během spotřební doby dojde k tvrdnutí trhavin jejich tlakem, je nezbytné počet vrstev v hranici snížit až na jednu vrstvu a zkrátit dobu skladování. Skladují-li se obaly v jedné vrstvě, lze je skladovat i nastojato.

(6) Při ukládání výbušnin v obalech na podlaze se musí používat podložky délkou odpovídající rozměrům hranice. Tyto podložky nahrazují svlaky na bednách.

(7) Při skladování nitrocelulózy v pytlích je dovoleno jejich uložení s uzávěry ve vodorovné poloze, při ukládání na podlaze se podložky používat nemusí.

(8) Ve skladu se výbušniny ukládají přehledně a tak, aby nemohly samovolně spadnout. Skutečnou výšku hranice určí organizace podle nosnosti spodních vrstev obalů a nosnosti podlahy skladu. Obaly s výbušninami se ukládají tak, aby byl umožněn snadný přístup k jednotlivým druhům výbušnin. Police k ukládání výbušnin je nutno zabezpečit proti převržení. Krabice s výbušninami je nutno zabezpečit tak, aby nemohly z police vypadnout. Nosnost polic nesmí být překročena. V základním skladu smí být od každého druhu výbušniny otevřen pouze jeden expediční obal, který však musí být přikryt.

(9) V meziskladu a v příručním skladu lze skladovat výbušniny v obalech předepsaných v provozní dokumentaci.

I) Závěr

Byly propočteny bezpečnostní vzdálenosti podle vyhlášky 99/1995 Sb. O skladování výbušnin. Tento právní předpis je vypracován na základě dlouholetých zkušeností a z bezpečnostního hlediska je na vysoké úrovni. Podle této vyhlášky by sklad v určeném místě vůbec nemohl být postaven. Jelikož se však jedná o budoucí stavbu ve vlastnictví PČR včetně pozemků, je zde uplatněna výjimka ze zákona. PČR disponuje vlastním stavebním úřadem, a proto se na ni nevztahují předpisy o výbušninách určených civilnímu sektoru.

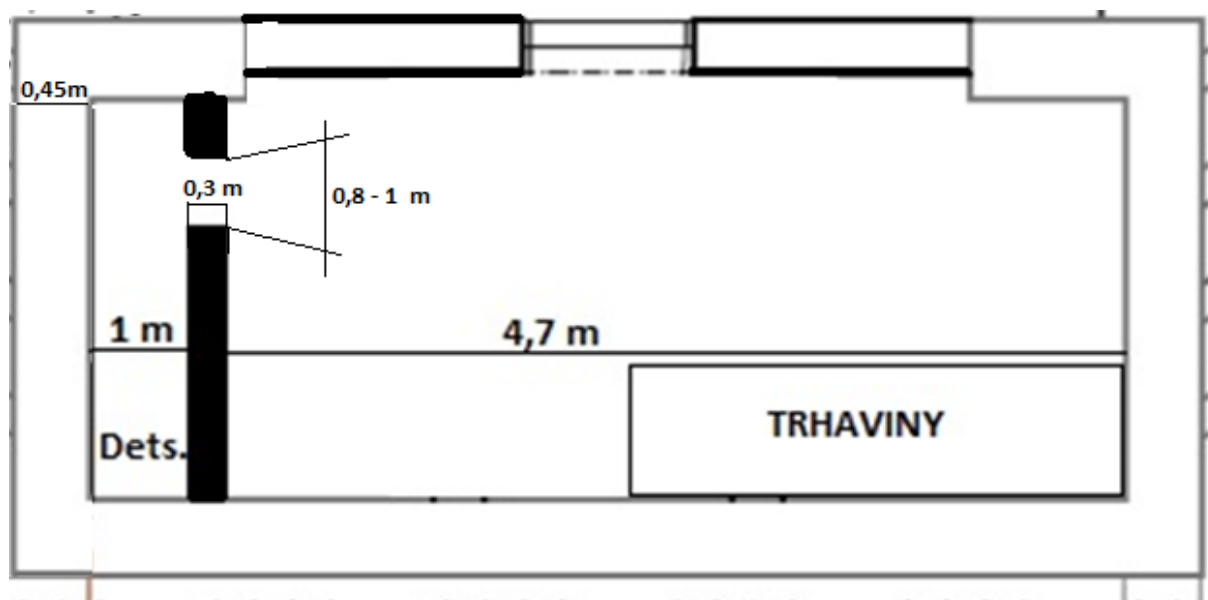
Na základě této skutečnosti byly následně propočítány parametry možné rázové vlny, způsobené detonací celého množství uvažované skladové trhavin.

Na základě těchto výpočtů byl sklad trhavin optimalizován a byly stanoveny bezpečnostní prvky, aby v případě nechtěné detonace celého uskladněného množství trhavin byly minimalizovány následné účinky na okolí.

Pro uložení výbušnin a rozbušek bude sloužit ocelový pozinkovaný regál s nosností 100 kg na polici. Výbušniny a rozbušky budou skladovány ve vlastních krabicích.

Samotný sklad kolem tohoto objektu bude betonový objekt s šířkou stěn a stropu 0,45 m viz kapitola h).

Doporučuji následující půdorys skladu



Půdorys se může ještě změnit v závislosti na nutném vybavení skladu, nicméně by měla zůstat podstatně větší místnost pro uložení trhavin, kvůli zřed'ovacímu faktoru a ventilačnímu poměru, na kterém závisí celkové škody při vnitřním výbuchu více než na samotné detonační vlně.

Podmínky pro stavbu skladu:

- Obvodové stěny skladu mimo stěnu výfukovou budou z minimálně betonu kvality C25/30 s 2% armováním a tloušťce 0,45 m. Stěny, které již stojí jsou 0,45 m pravděpodobně bez armování, nicméně jsou zapaženy dostatečným množstvím zeminy – podmínka je tedy splněna.
- Strop bude pevnostně stejně výkonný jako obvodové stěny skladu
- Výfuková stěna bude výrazně lehčí z materiálů popsaných výše ve zprávě
- Není potřeba řešit dodatečné větrání – větrání bude přirozeným způsobem uvedeným v Provozním řádu skladu. Podmínky skladování jsou -10°C až $+40^{\circ}\text{C}$ a vlhkost 20-90%. doporučuji osadit vnitřní prostor teploměrem a vlhkoměrem.
- Rozněcovadla budou v samostatné místnosti dle návrhu výše.
- Před výfukovou stěnou bude instalována protivýbuchová kyvná stěna dle parametrů uvedených výše ve zprávě. Jak ukazují probitové funkce a jimi získané pravděpodobnosti účinků nekrytého výbuchu skladu, dojde při tomto výbuchu k ohrožení na samotné hranici pozemků PČR a civilního sektoru. Je tedy více než nezbytné tuto zábranu instalovat.
- Dveře do přilehlých objektů (rozvodny, etc.) nemusí být protitlakové při dodržení režimu skladu a návrhu skladu by nemělo dojít k jejich ohrožení
- Vnitřní uložení trhavin by mělo být podle návrhu viz výše ve zprávě
- Požadovaný nábytek může být v místnosti pro rozbušky – regály. Veškerý manipulační nábytek bude buď uzemněn (kovové) nebo natřen nehořlavým nátěrem (dřevěný).
- V místnosti pro trhaviny může být manipulační stůl s váhou. V případě, že zachováme původní záměr s manipulační místností, je možné tuto vybavit podle přání investora.
- Dveře do skladu budou bezpečnostní (viz výše ve zprávě). Musí splňovat závazné normy. Není potřeba mít přídatné protipožární zabezpečení vstupních dveří. Dveře se budou nacházet ve výfukové stěně, tedy nemusí být protitlakové. Měly by splňovat podmínku výfukové stěny, a tedy stejné protitlakové pevnosti. Při zachování manipulační místnosti, budou muset být dveře do místnosti trhavin protitlakové se samostatným požárním úsekem – viz návrh výše. V tomto případě bude výfuková stěna bez dveří.
- Sklad by měl splňovat vyhlášku 99/1995 – viz výše ve zprávě.

- Odvodnění střechy se provede podokapním žlabem, odpadová roura se vyvede objekt tak, aby odpadní voda neohrožovala sklad výbušnin. Podokapní žlab a odpadová roura budou z PVC (nesmí být vodivé).
- Vstup do objektu bude ocel. dveřmi, osazenými do ocelové zárubně. Všechny kovové prvky budou uzemněny.
- Podlaha bude betonová beze spár. Všechny přechody podlaha – stěna budou včetně rohů oblé, aby nedocházelo v rozích hromadění prachu a dalších nečistot a bylo umožněno řádné čištění a úklid.
- Vlastní prostor skladu bude mít samostatné osvětlení v ATEXovém provedení.
- Uvnitř skladu budou instalovány elektrické přímotopy v ATEXovém provedení, pro udržení požadované teploty a vlhkosti skladování. Budou řízeny termostatem s automatickou regulací v ATEXovém provedení

Ochrana objektu před bleskem

- Ochrana objektu před bleskem bude provedena dle ČSN 34 1390 s ohledem na zařazení objektu do kategorie podle Protokolu určení vnějších vlivů.
- Ochrana skladu před bleskem a jeho sekundárními účinky by měla být provedena podle ČSN 34 1390 a ČSN 33 2050, ochrana před statickou elektřinou podle ČSN 33 2030 a ČSN 33 2031.
- Osvětlení, elektrická instalace a zařízení musí být navrženy a provedeny podle ČSN 33 2340 a musí vyhovovat požadavkům ČSN 33 0330, 33 0370, 33 3300, 33 0395, 34 1610, 34 7,100.
- Pro venkovní rozvody elektrického vedení platí ČSN 33 2340 a ČSN 33 3300.
- Přípojky od venkovního vedení nízkého napětí pro napájení objektů s nebezpečím výbuchu.