

## POROVNÁNÍ BEZPEČNÝCH VZDÁLENOSTÍ PŘI VÝBUCHU

Miroslava Nejtková<sup>\*)</sup>

### ABSTRAKT

Problematiku bezpečných vzdáleností řeší více autorů, a to z oblasti požární represe při mimořádné události s výskytem výbušnin, z oblasti výroby a skladování výbušnin, či vlivu výbuchu na konstrukce. Tento příspěvek porovnává různé přístupy k určení bezpečných vzdáleností při výbuchu.

### Klíčové slová:

výbuch, bezpečná vzdálenost, tlaková vlna

### ABSTRACT

The question of safety distances is followed up by a few authors, not only from the point of view of the fire repression during an emergency situation with the presence of explosives, but also from the manufacturing and storage of explosives point of view, or an impact of an explosion on constructions and frames. This paper compares different approaches to determining the safety distances during explosions.

### Keywords:

explosion, safety distance, shockwave

## 1 VÝBUCH

Výbuch lze definovat jako prudkou oxidační reakci výbušné směsi šířící se v celém objemu směsi a vyznačuje se nárůstem teploty a tlaku. Podle rychlosti a charakteru šíření výbušné přeměny v látkách rozlišujeme detonaci, deflagraci a explozivní hoření. Následky výbuchu závisí na chemických a fyzikálních vlastnostech hořlavých látek, množství a uzavření výbušné atmosféry, geometrii okolí a zohlednění překážek, pevností závěru a podpěrných konstrukcí, fyzikálních vlastnostech ohrožených objektů. Při odhadu možných účinků výbuchu se musí zvážit

<sup>\*)</sup>Ing. Miroslava Nejtková, MV – GŘ HZS ČR, Institut ochrany obyvatelstva, + 420 950 580 355, Miroslava.nejtкова@ioolb.izscr.cz

následující účinky: plameny a horké plyny, tepelné záření (tepelná energie), tlakové vlny (fáze přetlaku a podtlaku), odletující úlomky, nebezpečí od uvolněných látek, škody způsobené iniciací požárů, akustickou a seismickou vlnou.

Následky výbuchů spočívají nejčastěji ve zranění a usmrcení osob (tlakem, střepinami, teplem, toxickými zplodinami), zničení a poškození sítí, produktovodů, objektů, v kyslíkovém deficitu ve vzduchu, v zavalení, zranění a usmrcení osob pádem trosek, iniciací požárů, vznikem kaskádovitých výbuchů, úniku nebezpečných látek, porušení energií apod.

## 2 BEZPEČNÁ VZDÁLENOST

Bezpečnou vzdálenost můžeme obecně definovat jako vzdálenost, od které již člověku nehrozí poškození zdraví účinkem tlakové vlny, ale lze na ni pohlížet i jako na vzdálenost, kdy nehrozí poškození lidského organismu či majetku fragmentačními účinky či vzniku požáru.

### 2.1 BEZPEČNÁ VZDÁLENOST Z POHLEDU POŽÁRNÍ REPRESÉ

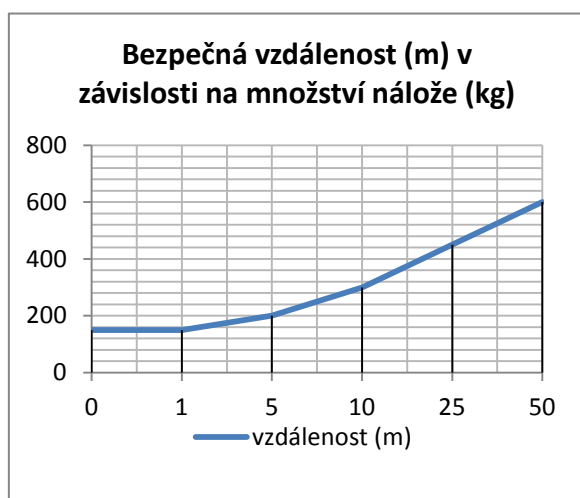
V České republice se řídí zasahující hasiči podle taktických zásad uvedených v bojovém řádu. Konkrétně metodický list číslo 12 L „Zásah výskytu výbušných látek a výbušných předmětů před jejich iniciací“ [1] řeší problematiku určení bezpečné vzdálenosti u zásahu při výskytu výbušných látek.

V metodickém listu jsou stanovena pravidla velení zásahu, přivolání pyrotechniků Policie České republiky. Při zásahu při výskytu výbušných látek a výbušných předmětů se volí vyčkávací taktika, kdy jednotky setrvávají v bezpečné vzdálenosti a vyvarují se provádění samostatných činností v zóně působení možných účinků výbuchu, pokud nejsou ohroženy lidské životy. Bezpečná vzdálenost se stanovuje na základě předpokládaného místa uložení nálože, dle vlastností prostředí, charakteru, geometrii prostoru a předpokládané velikosti nálože. Bezpečnou vzdálenost na místě zásahu určuje příslušník Policie ČR. Stanovené vzdálenosti na volném prostranství jsou uvedeny v tabulce č. 1.

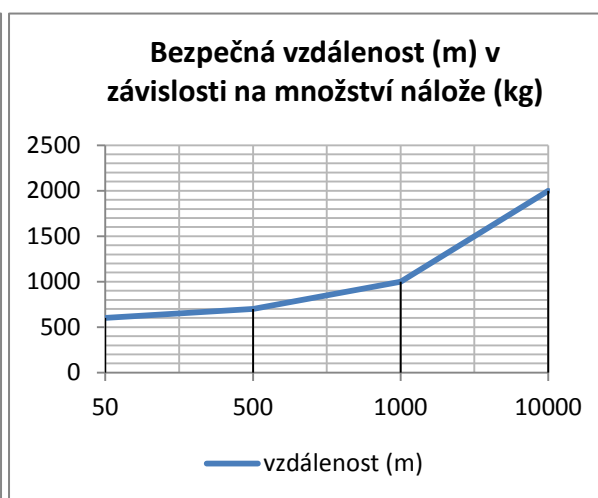
*Tabulka 1 Bezpečná vzdálenost ve vztahu k předpokládanému množství nálože na volném prostranství [1]*

Velikost nálože	Bezpečná vzdálenost	
do 1 kg	150 m	při dobrém krytí min. 50 m
1kg - 5 kg	150 m - 200 m	při dobrém krytí min. 100 m
5kg -10 kg	200 m - 300 m	při dobrém krytí min. 150 m
10 kg - 25 kg	300 m - 450 m	při dobrém krytí min. 150 m
25kg - 50 kg	450 m - 600 m	při dobrém krytí min. 200 m
50 kg - 500 kg	600 m - 700 m	při dobrém krytí min. 300 m
500 kg - 1000 kg	700 m - 1000 m	při dobrém krytí min. 400 m - 600 m
1000 kg - 10 000 kg	1000 m - 2000 m	při dobrém krytí min. 600 - 1800 m
nad 10 000 kg	více jak 2000 m	

Při výbuchu ve vnitřním prostoru se předpokládá působení výbuchu uvnitř celého prostoru a bezpečná vzdálenost se posuzuje od okenních a dveřních otvorů a od možných výfukových ploch. Místo soustředění sil a prostředků se organizuje tak, že vozidla jsou otočena směrem od místa možného výbuchu, okna ve vozidle jsou otevřená, plně vystrojeni hasiči zůstávají ve vozidlech. Mezi další zásady umístování sila prostředků patří: soustřeďovat síly a prostředky mimo úzké prostory, mimo zóny možného dopadu trosek, např. střepů, střešních tašek, v dostatečném odstupu od hran objektů a odrazných ploch. Místo soustředění sil a prostředků má být také v dostatečné vzdálenosti od objektů, které by mohly sloužit k uložení dalšího nástražného výbušného systému, jako jsou poštovní schránky, nádoby na odpadky, stará nebo půjčená auta odstavená na zákazu zastavení a stání apod.



Obrázek 1 Bezpečná vzdálenost v závislosti na množství nálože do 50 kg



Obrázek 2 Bezpečná vzdálenost v závislosti na množství nálože od 50 kg do 10 000 kg

## 2.2 BEZPEČNÁ VZDÁLENOST Z POHLEDU STAVEB PRO VÝROBU A ZPRACOVÁNÍ VÝBUŠIN

Problematiku bezpečných vzdáleností pro objekty určené pro výrobu a zpracování výbušnin, s výbušnými předměty, municí, střelivem a pyrotechnickými předměty stanoví vyhláška č. 102/1994 Sb., kterou se stanoví požadavky k zajištění bezpečnosti a ochrany zdraví při práci a bezpečnosti provozu v objektech určených pro výrobu a zpracování výbušnin, ve znění pozdějších předpisů [2]. V této vyhlášce je definována bezpečná vzdálenost jako nejmenší dovolená vzdálenost mezi místem nebo objektem, v němž se vyrábějí, zpracovávají a skladují výbušniny, nebo hranicí místa manipulace s výbušninami a ohroženým objektem. Bezpečnostním okruhem se rozumí hranice, která vymezuje předem zvolený stupeň poškození objektu, bezpečnostním pásmem se definuje jako prostor vymezený bezpečnostními okruhy.

Při výpočtu bezpečnostních vzdáleností jsou do obložení zahrnuty všechny výbušniny. Při určování bezpečnostní vzdálenosti mezi dvěma vzájemně se ohrožujícími objekty se stanoví bezpečnostní vzdálenost pro každý objekt zvlášť, ale uvažuje se větší z nich. Bezpečnostní vzdálenost se počítá od stěny ohrožujícího

prostoru. Výbušniny se podle chování zařazují do čtyř tříd nebezpečí (viz tabulka č. 2).

Tabulka 2 Výbušniny se podle chování při výbušné přeměně zařazují do těchto tříd nebezpečí [2]

třída A	Výbušniny nebezpečné hromadným výbuchem, při němž je okolí ohrožováno tlakovými účinky a vymršťovanými úlomky. Závažnost škod a rozsah poškození jsou závislé na množství výbušniny.
třída B	Výbušniny neschopné hromadného výbuchu, při požáru vybuchují jednotlivě. Tlakový účinek je omezen na bezprostřední okolí, na stavbách v blízkém okolí vznikají jen malé škody. Vymršťované předměty mohou vybuchnout, a tím přenášet požár a výbuch.
třída C	Výbušniny neschopné hromadného výbuchu, jejich požár vyvolává silné tepelné účinky a může se rychle rozšiřovat. Okolí je ohroženo hlavně plameny, tepelným zářením a vyletujícími hořícími díly. Předměty mohou jednotlivě vybuchovat a být vrženy do okolního prostoru. Ohrožení staveb v bezprostředním okolí působením vzdušných rázových vln je malé.
třída D	Výbušniny nepředstavující žádné významnější nebezpečí pro okolí. Účinky jsou omezeny na jednotlivé obaly, při požáru nevybuchuje celý obsah jednotlivého balení. Jsou schopny odhořívání, předměty mohou jednotlivě vybuchovat. Nevznikají úlomky nebezpečné velikosti, dolet úlomků je malý.

Bezpečnostní vzdálenosti se stanovují s ohledem na třídu nebezpečnosti vyráběné a zpracovávané výbušniny, ve vztahu k využití sousednímu objektům, ale i obložnosti objektu.

Bezpečnostní vzdálenost se určí podle základního vzorce.

$$S = k \cdot (M)^n \quad (1)$$

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 jednotlivé třídy nebezpečí se stanovují dále minimální vzdálenosti podle stavebního provedení ohroženého objektu a zejména s ohledem na stavební provedení objektu, význam (školy, obytné objekty, výroba, sklady, energetické objekty, silnice aj.), charakter apod.

Pro vybrané objekty a výbušniny v objektech třídy nebezpečí A až D jsou nejmenší bezpečné vzdálenosti uvedeny v tabulce č. 3.

Tabulka 3 Nejmenší bezpečné vzdálenosti pro vybrané objekty [2]

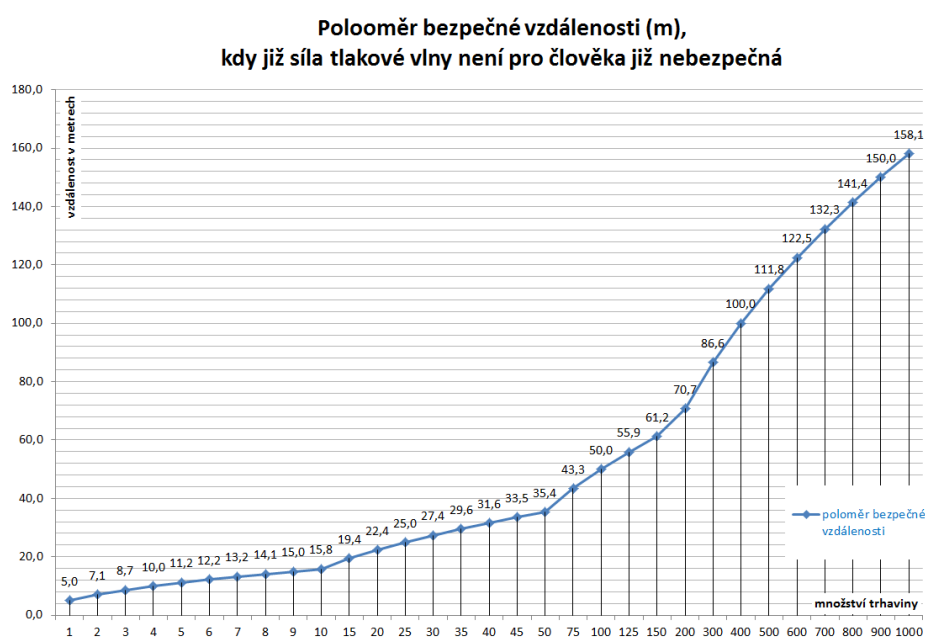
Objekty třídy nebezpečí	Druh ohroženého objektu	Nejmenší bezpečná vzdálenost od objektu
Třídy nebezpečí A	silnice a železnice	nejméně 180 m
	obytné budovy mimo území provozovny	nejméně 275 m
Třídy nebezpečí B	správní, sociální, energetické nebo jiné objekty nesouvisející s výrobou výbušnin	40 až 90 m
	silnice a železnice	nejméně 60 m,
	obytné budovy mimo území provozovny	nejméně 90 m.
	obytné budovy mimo území provozovny	nejméně 135 m.
Třídy nebezpečí C	při obložení menší než 100 kg	bezpečnostní vzdálenost se nestanoví
	dopravní cesty (silnice, železnice)	nejméně 40 m.
	obytné budovy	nejméně 60 m.
Třídy nebezpečí D	pro všechny budovy uvnitř provozovny s obložením 100 kg a větším	nejméně 10 m.
	obytné budovy mimo území provozovny, silnice a železnice	nejméně 25 m.

## 2.3 BEZPEČNÁ VZDÁLENOST VE VZTAHU K PŮSOBENÍ VZDUŠNÉ TLAKOVÉ VLNY

Stanovit bezpečnou vzdálenost, v níž již není působení vzdušné tlakové vlny nebezpečné pro člověka, lze podle vzorce[3] :

$$r_{bc} = 5 \cdot Q^{\frac{1}{2}} \quad (2)$$

kde  $r_{bc}$  – poloměr bezpečné vzdálenosti [m]  
 $Q$  – nálož [kg]



Obrázek 3 Graf bezpečné vzdálenosti pro člověka

Škody způsobené tlakovou frontou výbuchu závisí nejen na celkovém množství vzniklé energie, ale i na intenzitě uvolňování energie a výsledné intenzitě růstu tlaku. Poměrně pomalá intenzita růstu tlaku vytváří poškození posunutím nebo vyboulením. Nejdříve se poruší slabší části ohraničujících konstrukcí, jako jsou okna a spoje, čímž se odvětrá tlaková vlna výbuchu a sníží se celkový škodní účinek výbuchu. Uplatňuje se vliv ventilace. U výbuchů s velmi rychlým vzrůstem tlaku budou ohraničující nádoby a konstrukce rozbořeny více a trosky budou odhozeny na větší vzdálenost, neboť není dost času na uplatnění účinku odvětrání.

## 2.4 POROVNÁNÍ BEZPEČNÝCH VZDÁLENOSTÍ

Pro porovnání bezpečných vzdáleností jsem použila množství 10 kg výbušnin. V případě bezpečné vzdálenosti stanovené metodickým listem číslo 12 [1] je bezpečná vzdálenost navržena na 200 až 300 metrů. Bezpečná vzdálenost pro člověka před účinkem tlakové vlny je pouhých 15,8 metrů. Pokud by se jednalo o výskyt tohoto množství v objektu třídy nebezpečí A, pak by v obci bez souvislé výškové zástavby při částečném poškození zasklených oken představovalo bezpečnou vzdálenost 19 až 53,8 metrů; od silnic, železnic či budov mimo území při lehkém poškození staveb a větším zničení oken by představovala vzdálenost 14,2-19 m. V případě ohroženého objektu s funkcí, kde se nevyrábí a nezpracovávají výbušniny, jako jsou sociální, energetické a správní budovy, se jedná o vzdálenost 7,9 až 14,2 m, při čemž by došlo k poškození rámu oken, dveří, porušení omítek, vnitřních příček.

## 3 ZÁVĚR

Z uvedených výpočtů vyplývá, že bezpečné vzdálenosti jsou značně odlišné. Největší vzdálenost je dána pro zasahující hasiče, kdy se předpokládá, že od stanovené hranice bezpečné vzdálenosti nedojde již k poškození sil ani prostředků. Naopak při nejmenší vypočítané vzdálenosti se předpokládá značné poškození objektu.

V případě výbuchu konkrétní výbušné látky lze dodatečně stanovit prostor, kam by již odlétnuvší fragmenty nedoletěly, určit do jaké vzdálenosti lze předpokládat reálné poškození objektů. Takto určené vzdálenosti mohou napomoci při vyšetřování příčin vzniku výbuchu, a to určením perimetru, kde bude prováděno ohledání místa události.

## LITERATURA

- [1] MV- GŘ HZS ČR, bojový řád jednotek požární ochrany – taktické postupy zásahu, Metodický list číslo 12, Zásah při výskytu výbušných látek a výbušných předmětů před jejich iniciací, 2004
- [2] Vyhláška č. 102/1994 Sb., kterou se stanoví požadavky k zajištění bezpečnosti a ochrany zdraví při práci a bezpečnosti provozu v objektech určených pro výrobu a zpracování výbušnin, ve znění pozdějších předpisů

Článek recenzovali dva nezávislí recenzenti.