

# Zagrożenia procesowe i wybuchowe na instalacjach przerobu materiałów sypkich

Bezpieczeństwo produkcji w warunkach zagrożenia wybuchem: magazynowanie w silosach, projektowanie silosów, przesypy, transport mechaniczny, odpylanie.

dr hab. inż. Andrzej Wolff

GRUPA WOLFF sp. z o.o. sp.k. / ATEX Wolff i Wspólnicy sp.j.  
info@grupa-wolff.eu / www.grupa-wolff.eu

## Zgodnie z RMG z 8 lipca 2010 r („minimalne wymagania”) ochrona przed zagrożeniem wybuchem ma na celu:

- A: ograniczenie możliwości tworzenia się atmosfer wybuchowych
- B: eliminację/ograniczenie potencjalnych źródeł zapłonu
- C: poprawę bezpieczeństwa poprzez zastosowanie odpowiednich rozwiązań technicznych, właściwą organizację pracy, szkolenia, zapewnienie właściwych i terminowych przeglądów i konserwacji,...
- D: minimalizację potencjalnych skutków wybuchu (systemy zabezpieczeń).

Należy przede wszystkim ograniczać możliwość pojawienia się **atmosfery wybuchowej** (jako podstawowej przyczyny poważnych awarii przemysłowych) a gdy to jest niemożliwe to należy ograniczyć to zagrożenie do takiego stopnia jak to jest technicznie możliwe. Niemniej istotna jest eliminacja / ograniczenie **potencjalnych źródeł zapłonu**. Problemy te należą do kategorii wstępnej ochrony przed wybuchem i powinny być rozwiązywane już na etapie koncepcji / projektowania instalacji a dla już pracujących instalacji w zakładzie, poprzez odpowiednie decyzje o charakterze technicznym i organizacyjnym. **Do potencjalnych źródeł zaliczmy gorące powierzchnie, płomienie i gorące gazy, iskry mechaniczne, urządzenia elektryczne, elektryczność statyczną ...**

**Jeżeli jednak istnieje realne prawdopodobieństwo powstawania niebezpiecznych atmosfer wybuchowych i źródeł zapłonu to konieczne jest zastosowanie odpowiednich zabezpieczeń przed skutkami wybuchów.**

## Minimalizacja potencjalnych skutków wybuchów

Ze względu na fakt, że w wielu sytuacjach procesowych nie mamy możliwości eliminacji atmosfer wybuchowych (obecność tlenu w powietrzu) i potencjalnych źródeł zapłonu to należy stosować odpowiednie, dla określonego stopnia zagrożenia, wynikającego z **oceny ryzyka wybuchu**, systemy zabezpieczające przed skutkami wybuchu.

Zaliczamy tu, między innymi, następujące systemy ochronne:

- odciążanie (odpowietrzenie) wybuchu,
- tłumienie wybuchu,
- izolacja (odcięcie) aparatu zagrożonego wybuchem od reszty instalacji procesowej (zapobieganie rozprzestrzenianiu się wybuchu).

Podane systemy ochronne muszą spełniać wymogi dyrektywy Atex 114 (2014/34/UE z lutego 2016 r).

### **Zadanie systemu zabezpieczającego przed skutkami wybuchu:**

Obniżyć maksymalnie szybko (w czasie  $< 0,1$  sek !) ciśnienie wybuchu  $P_{max}$  do poziomu zredukowanego ciśnienia  $P_{red} <$  od odporności konstrukcyjnej aparatu  $P_{stat}$  na ciśnienie.

**Dobór odpowiedniego systemu zabezpieczenia przed wybuchem to bardzo odpowiedzialne zadanie.**

## Pojęcia podstawowe związane z wybuchem pyłów i gazów:

**Współczynnik K ( $K_{st}$ ,  $K_G$ )** – wartość charakterystyczna dla palnych i wybuchowych pyłów  $K_{st}$ , par i gazów  $K_G$ . Określa zdolność pyłu/gazu/par do wybuchu. Wartość K zależy od objętości aparatu w którym przebiega wybuch, ciśnienia początkowego, energii źródła zapłonu, turbulencji obłoku pyłu i innych czynników.

$$K = (dp/dt)_{max} V^{**1/3} \text{ [bar m/sek]}$$

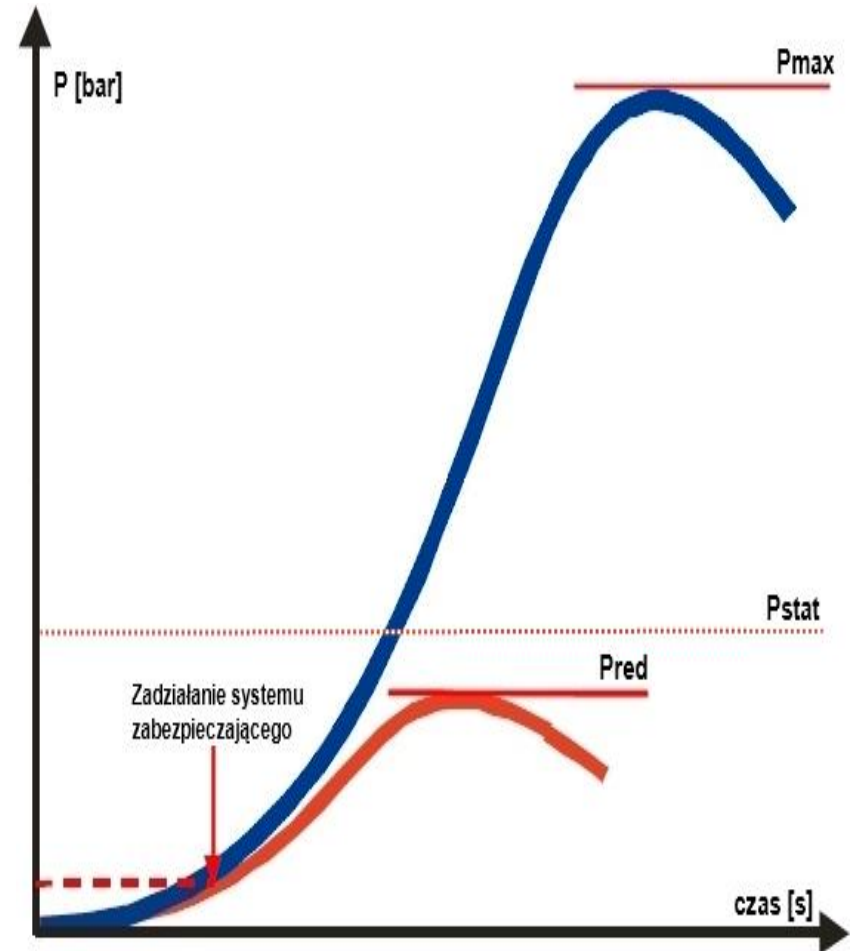
**$(dp/dt)_{max}$**  – maksymalny przyrost ciśnienia wybuchu mieszaniny z powietrzem powietrznej, bar/sek

**V** – objętość zbiornika (aparatu), m<sup>3</sup>

### Dalsze pojęcia podstawowe związane z wybuchem i ochroną aparatów:

- maksymalne ciśnienie  $P_{max}$  podczas wybuchu w zbiorniku zamkniętym,
- wytrzymałość konstrukcyjna aparatu  $P_{stat}$ , bar
- zredukowane ciśnienie wybuchu  $P_{red} < P_{stat}$ , po zadziałaniu systemu zabezpieczającego przed skutkami wybuch.

**Wykres: przebieg krzywej wybuchu w zamkniętym aparacie.**



## Statystyczne źródła zagrożeń wynikające z stosowanych operacji jednostkowych i rodzaju pyłów.

Aparaty i instalacje procesowe jako źródła zagrożenia wybuchem w przemyśle (jako całość):

	%
silosy (magazynowanie)	20
instalacje odpylające	17
instalacje transportujące	10
instalacje mielące	13
Razem	60
suszarnie	8
instalacje dopalające	5
instalacje mieszania	5
polerowanie i szlifowanie	5
przesiewanie	3
Inne	16
Razem:	100

Zagrożenie wybuchem wywołane obecnością palnych i wybuchowych pyłów:

	%
pył i wióra drzewne	30
produkty spożywcze	24
pył węglowy	9
produkty chemiczne	11
tworzywa sztuczne	12
metale	14

**Pytanie: czy pracujące i aktualnie budowane instalacje biorą pod uwagę w dostatecznym zagrożenia wynikające z tych zestawień ?**

## I. Odciążanie wybuchu przy pomocy paneli (ochrona aparatu)

### Zalety:

- relatywnie niskie koszty zakupu i instalacji paneli
- zastosowanie dla cieczy, par, gazów, mgieł i pyłów
- dopuszczalna wartość stałej Kst do 300 bar m/sek
- ograniczona możliwość stosowania w przypadku mieszanin hybrydowych
- możliwość pracy w warunkach podciśnienia roboczego
- typowa wartość ciśnienia rozerwania panelu: 0,1 bar g

### Efekty uboczne odciążania wybuchu:

- **konieczność wyprowadzenia wybuchu (ciśnienie, płomień, cząstki spalone, niespalone, palące się) do atmosfery** – ochrona środowiska
- brak możliwości stosowania w przypadku substancji toksycznych oraz toksycznych produktów spalania
- możliwość pojawienia się podciśnienia w aparacie (zagrożenie implozją)
- **konieczne jest wyznaczenie na drodze wybuchu stref zagrożenia i szczególnych wymagań dotyczących dostępu i przebywania w tym obszarze !!!**



**Środki ochronne: panele odpowietrzające.**  
**Zastosowanie: filtry, silosy, cyklony, , ...**



*Odciążenie wybuchu. Potencjalne konsekwencje*





## II. Tłumienie wybuchu (ochrona aparatu):

Zastosowanie dla pyłów, cieczy, gazów, mgieł i mieszanin hybrydowych.  
Możliwość pracy w warunkach podciśnienia i nadciśnienia roboczego.  
Typowa wartość zredukowanego ciśnienia wybuchu: 0,2 (0,3) bar g.  
Chroniona objętość aparatu: zasadniczo do 500 (1000) m<sup>3</sup>  
Czas efektywnego działania < 0,1 sek.

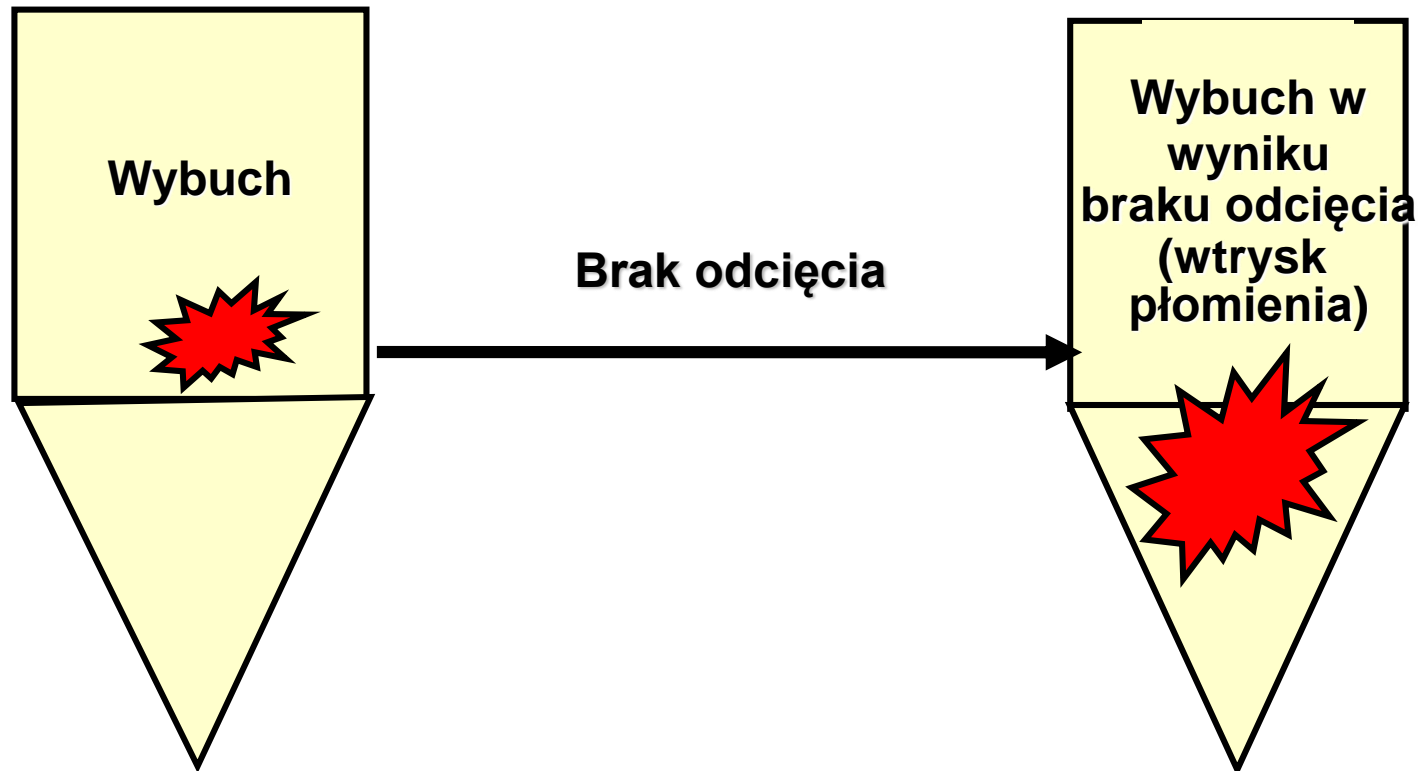
**Efekty uboczne tłumienia wybuchu: zasadniczo, pomijając aspekty kosztowe, ... brak.**



*Tłumienie wybuchu (aparaty procesowe)*



### III. Izolacja wybuchu na rurociągach (ochrona instalacji procesowych)

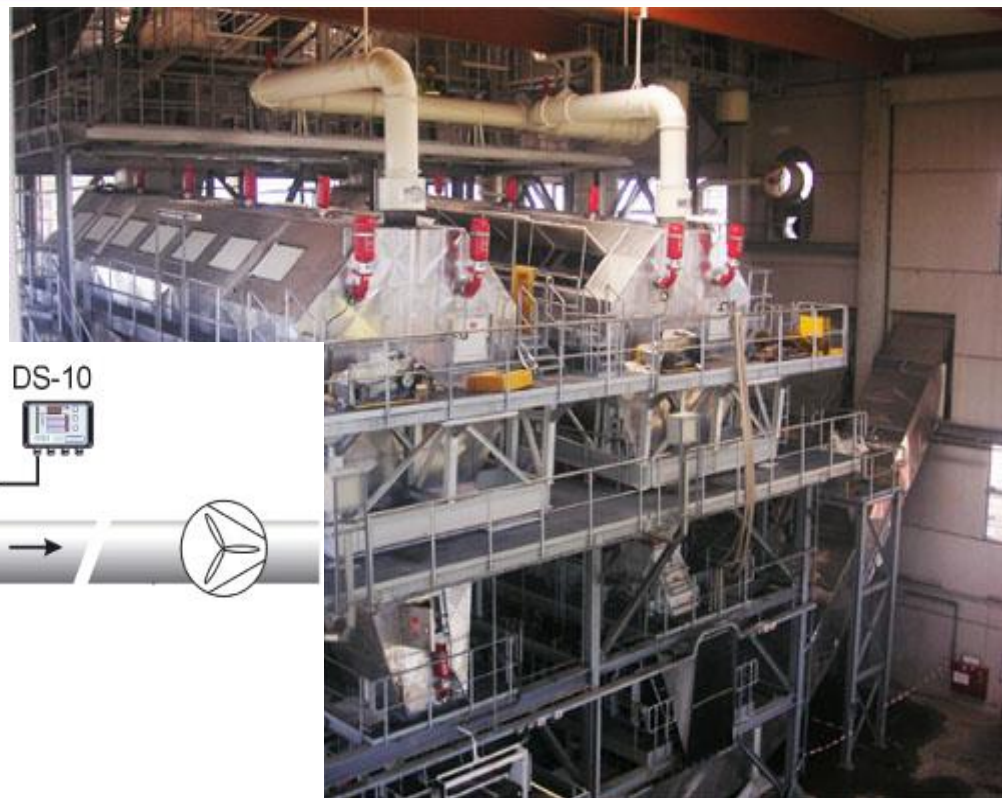
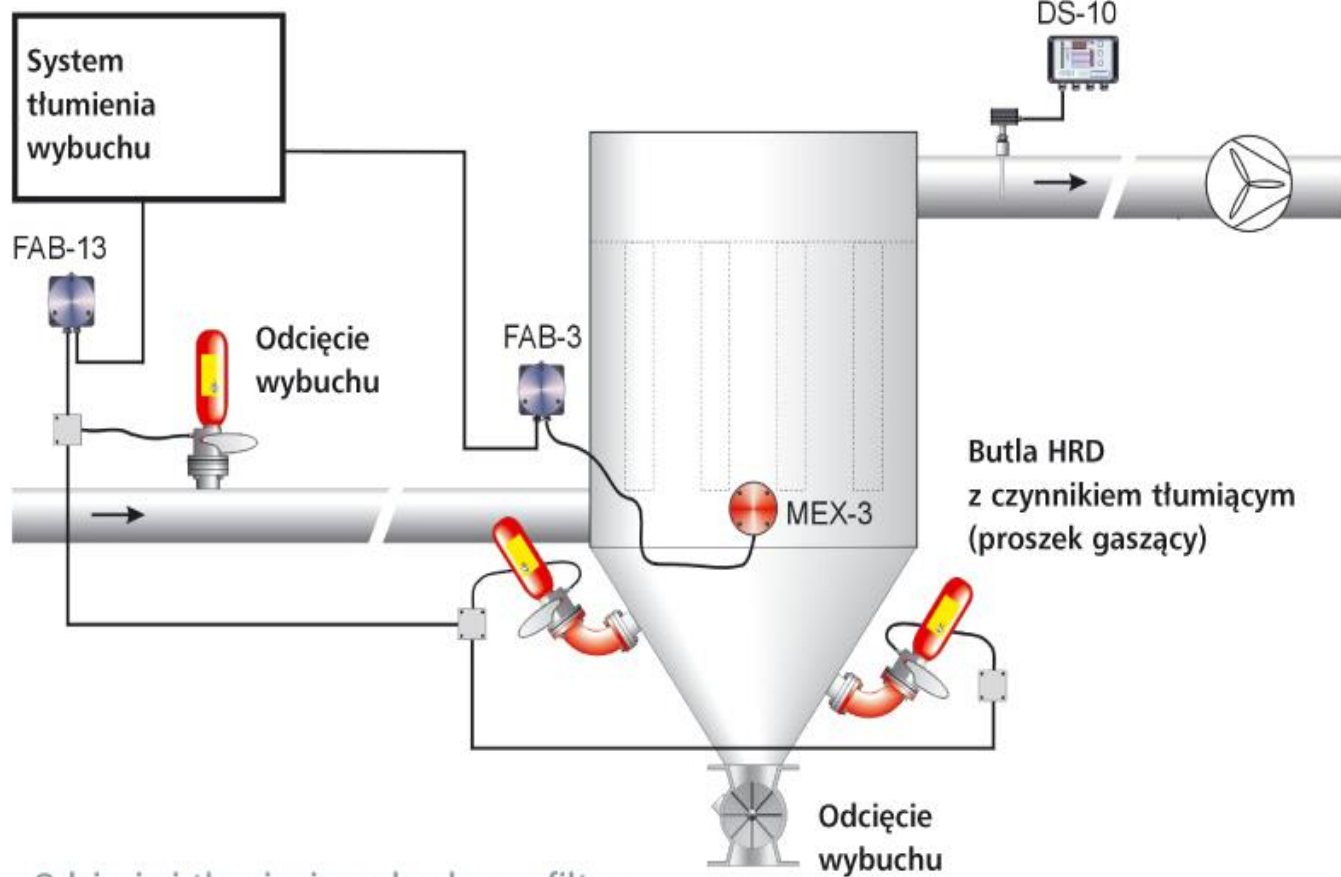


Izolacja wybuchu – ochrona przed przeniesieniem się wybuchu z aparatu zagrożonego na resztę instalacji poprzez orurowanie czy kanały łączące poszczególne aparaty instalacji zagrożonej wybuchem.

*Izolacja (odcięcie) wybuchu na rurociągach – ochrona instalacji*

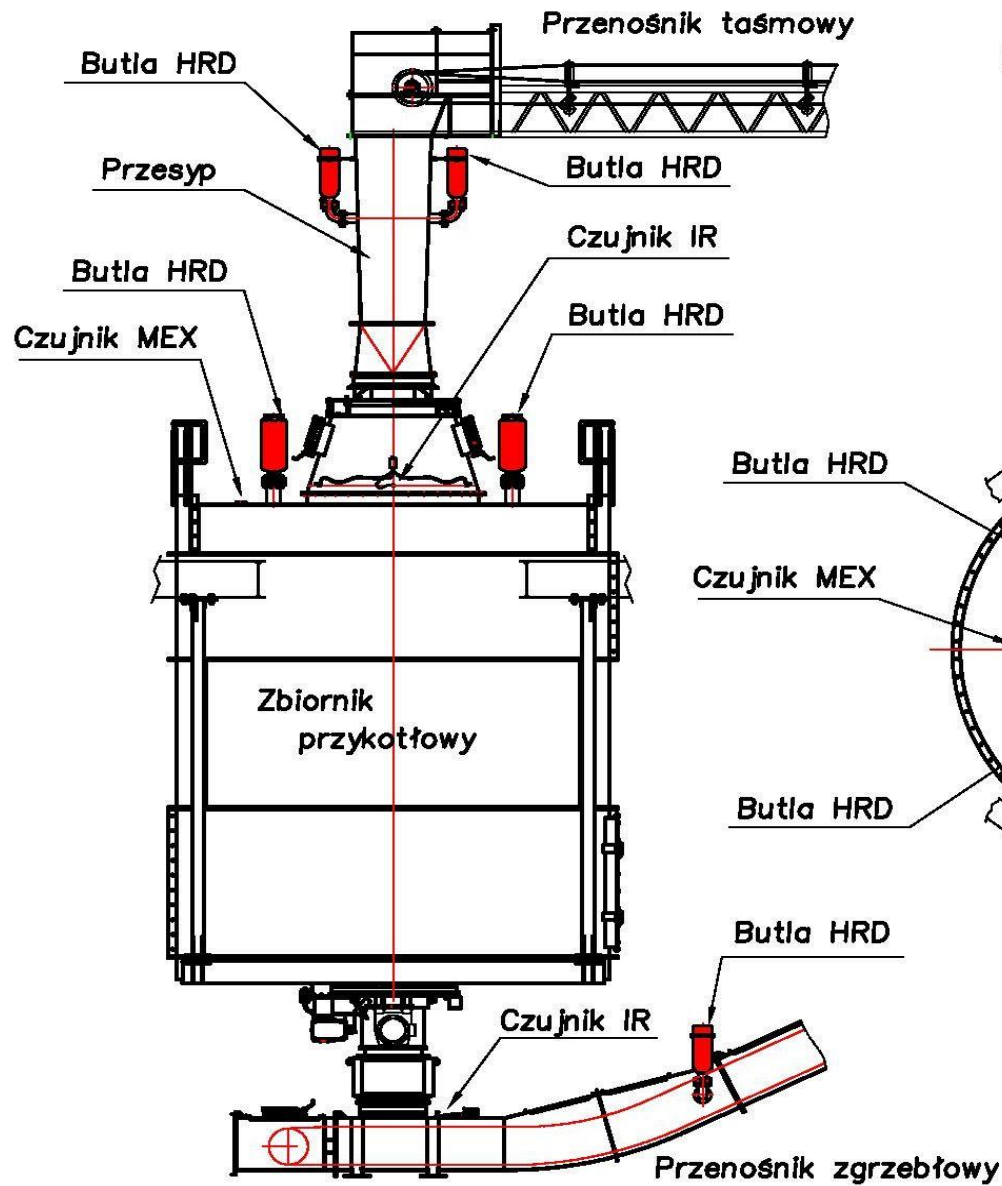


## System tłumienia i izolacji wybuchu w Układzie odpylania (filtr)

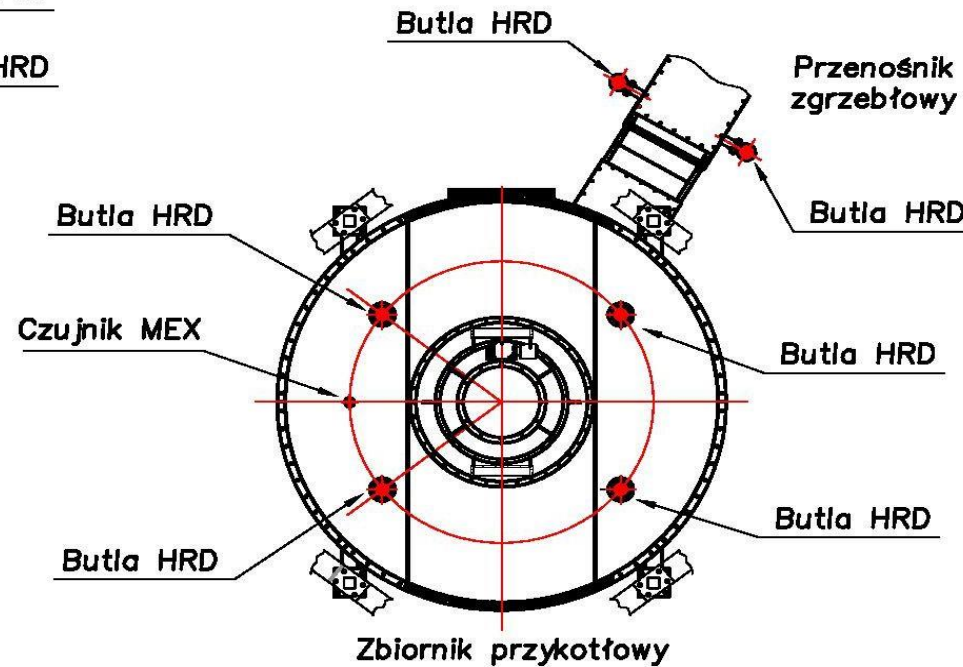


Odcięcie i tłumienie wybuchu na filtrze

## Prawidłowo zabezpieczony silos – izo0lacja i tłumienie wybuchu



Zabezpieczenie zasypu i wysypu oraz zbiornika przykotłowego biomasy



Odcięcie wybuchu na przesypie (zasypie) z podajnika oraz na podajniku zgrzeblowym na wysypie.

## Techniki izolacji wybuchu

Butle HRD z proszkiem  
tłumiącym wybuch  
zabudowane na rurociągu



Zawór dozujący (celkowy) jako  
izolacja wybuchu

*Techniki izolacji wybuchu*



Zawór przeciwwybuchowy  
Ventex

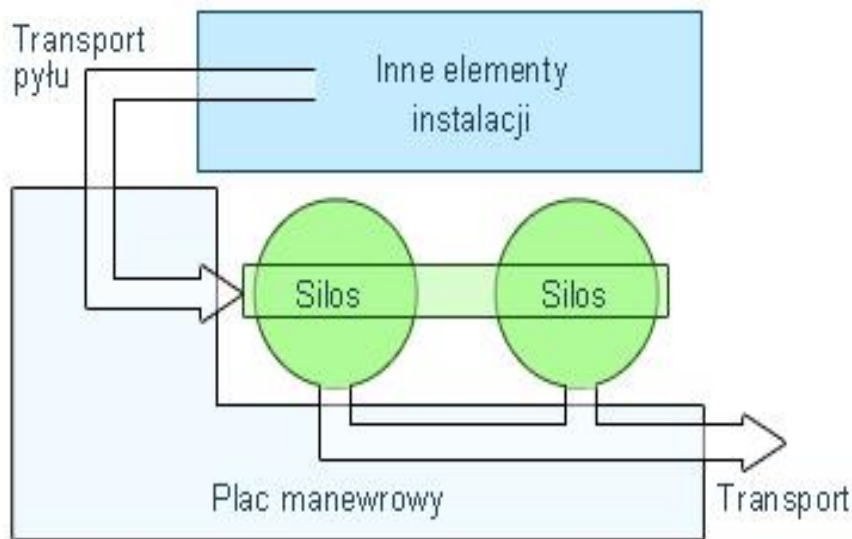
Zasuwa odcinająca szybkiego  
zadziałania





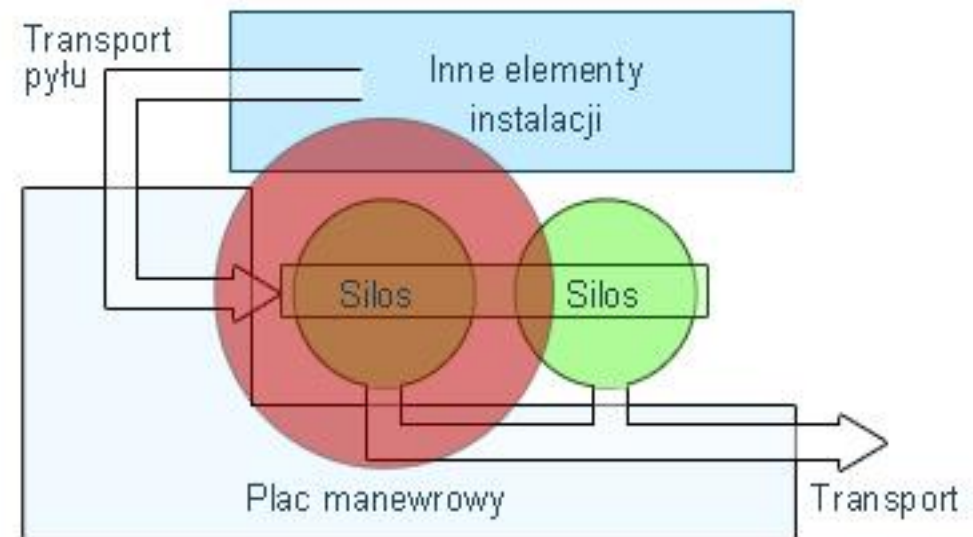
## IV. Magazynowanie w silosach jako element instalacji procesowej.

Poniższy schemat blokowy odpowiada instalacji przyjęcia surowca (i np. mielenia czy odsiewania), transportu do i magazynowania w silosach a także transportu z silosów do dalszej części instalacji.



**Jak się przed tym zagrożeniem ochronić?  
Jak projektować konstrukcje i zabudowę  
silosów by się przed tym zabezpieczyć ?**

**Możliwy zasięg fali ciśnienia i  
płomienia podczas odpowietrzenia  
wybuchu w dużych silosach:**



## IV.1 Projektowanie silosów zabezpieczonych przed skutkami wybuchu przy pomocy odciążenia zabudowanego na dachu – wpływ smukłości silosu

Właściwy kierunek działania wynika z poniższego zestawienia.

Obliczenia wykonane dla silosu o  $V = 1000 \text{ m}^3$ . Pył:  $K_{st} = 150 \text{ bar m/sek}$ , ciśnienie wybuchu  $P_{max} = 9 \text{ bar}$ . Założona odporność konstrukcyjna silosu na ciśnienie wybuchu  $P_{red} = 0,5 \text{ bar g}$  (kluczowy parametr !). F- powierzchnia dachu silosu.

**Wpływ smukłości silosu (H/D, F – powierzchnia dachu silosu):**

H/D	1	2	3	4	5
H, m	10,8	17,2	22,6	27,3	31,7
D, m	10,8	8,6	7,5	6,8	6,3
F, m <sup>2</sup>	92	58	44	36	31
Av, m <sup>2</sup>	12	19	24	27	29
Av/F, %	13	33	55	75	95

Powierzchnia odciążenia  $A_v$  rośnie z  $12 \text{ m}^2$  (dla  $H/D=1$ ) do  $29 \text{ m}^2$  (dla  $H/D=5$ ) !  
Odpowiednio rośnie też koszt zabezpieczenia silosu.

**Wniosek: dla  $H/D > 3$  raczej nie da się zabezpieczyć silosów przy pomocy paneli zabudowanych na dachu (z powodu dużego stosunku  $A_v/F$  !).**

**Rozwiązania takie należy zaliczyć do grupy średniego / wysokiego ryzyka także z powodu zagrożenia pracowników podczas okresowych przeglądów/remontów.**

## IV.2 Projektowanie silosów zabezpieczonych przed skutkami wybuchu przy pomocy odciążenia poprzez kanał odpowietrzający

Właściwy kierunek działania wynika z poniższego zestawienia (obliczenia wykonane dla silosów o różnej objętości).

Obliczenia wykonano dla pyłu o  $K_{st} = 150 \text{ bar m/sek}$ ,  $P_{max} = 9 \text{ bar}$ . Założona odporność konstrukcyjna na ciśnienie wybuchu  $P_{red} = 0,4 \text{ barg}$  (odciążenia wybuchu bez kanału).

L kanału, m	0	6*	6**	0	6*	6**
Vsilosu, m <sup>3</sup>	195	195	195	28	28	28
H/D	2,0	2,0	2,0	3,0	3,0	3,0
Av, m <sup>2</sup>	6,9	3,5	2,4	2,0	0,6	0,5
Pstat, bar	0,4	1,6	1,8	0,4	1,7	1,9

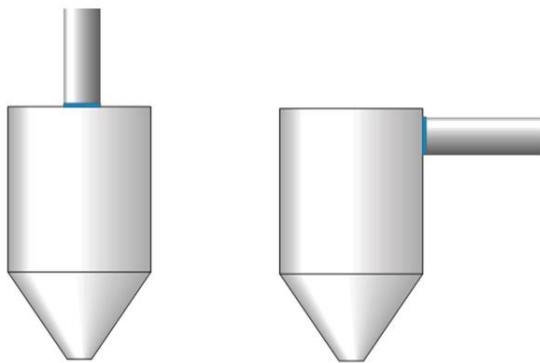
\* kanał odciążający zabudowany poziomo (na części cylindrycznej silosu)

\*\* kanał odciążający zabudowany pionowo (na dachu silosu)

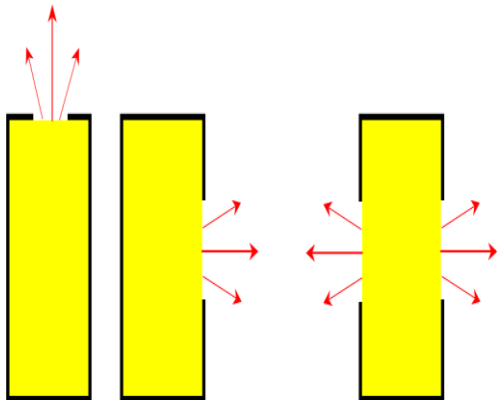
Konieczna powierzchnia odciążenia  $A_v$  maleje wraz z długością kanału odciążającego około dwukrotnie ale wymagana **wytrzymałość konstrukcyjna silosu rośnie aż czterokrotnie.**

**Wniosek: odprowadzenie odciążenia wybuchu do otoczenia, poprzez kanał odciążający, wymaga zasadniczego wzmocnienia konstrukcji silosu (i innych aparatów).  
To prowadzi do nieuzasadnionego zwiększenia kosztów budowy.**

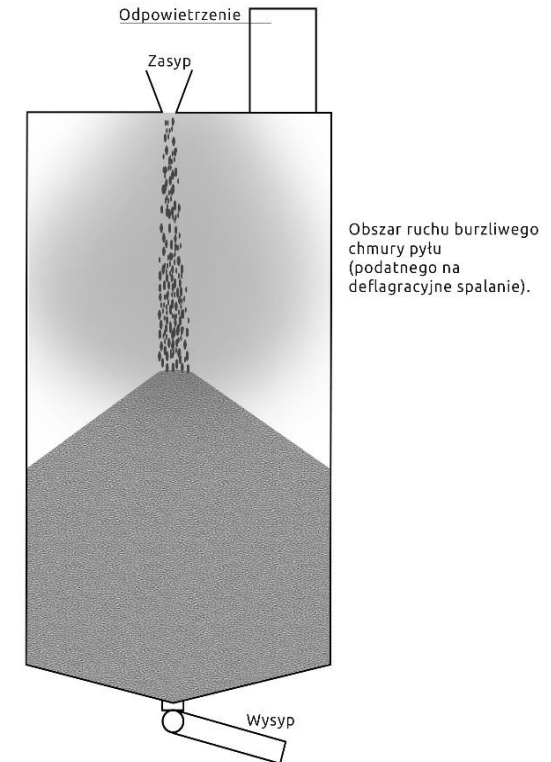
Przyczyną dla których operacje zasypu do silosu magazynowego tworzą zagrożenie jest tworzenie burzliwej chmury pyłów co prowadzi **do obecności strefy zagrożenia 20**. Szczególne zagrożenia stwarza operacja zasypu pustego silosu, po zatrzymaniu pracy układu i jego opróżnieniu (dla potrzeb remontu, awarii ...).



Schemat odciążenia wybuchu w silosie (filtrze) poprzez kanał odciążający. Odciążenie wybuchu poprzez dach i cylindryczną ścianę boczną.

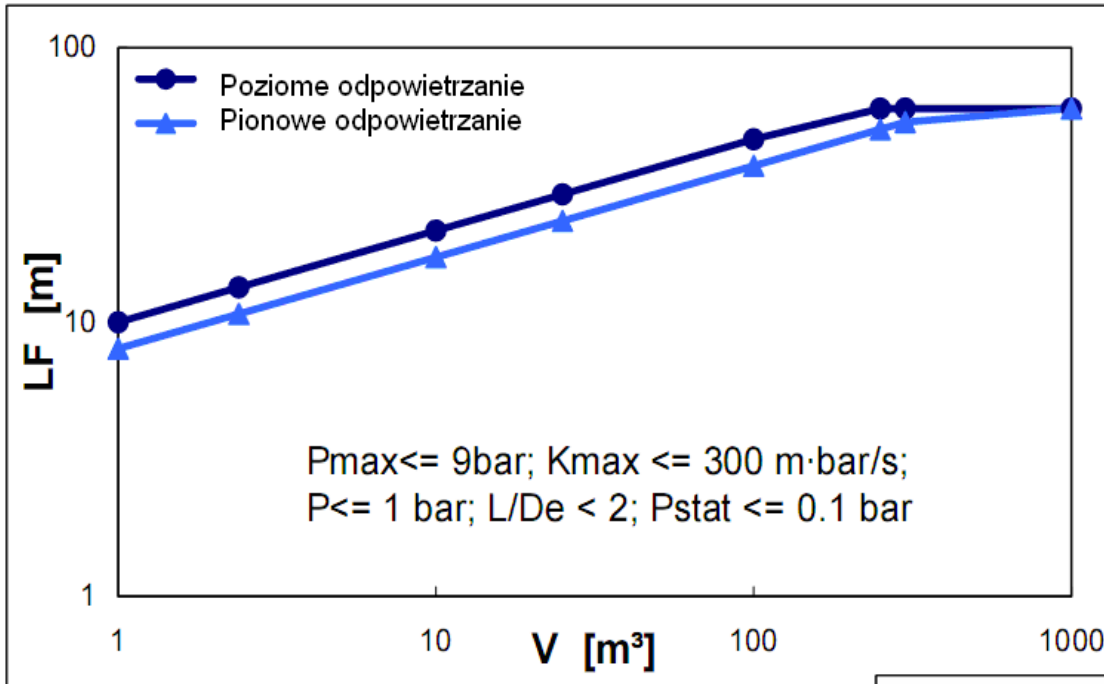


Kierunek działania sił podczas odciążenia wybuchu zabudowanego na cylindrycznej części 2 stojących obok siebie silosów stwarza dodatkowe zagrożenia ...



Obszar ruchu burzliwej chmury pytu (podatnego na deflagacyjne spalanie).

Zjawisko segregacji substancji sypkiej podczas zasypywania silosu.



## Zasięg i szerokość fali płomienia wybuchu

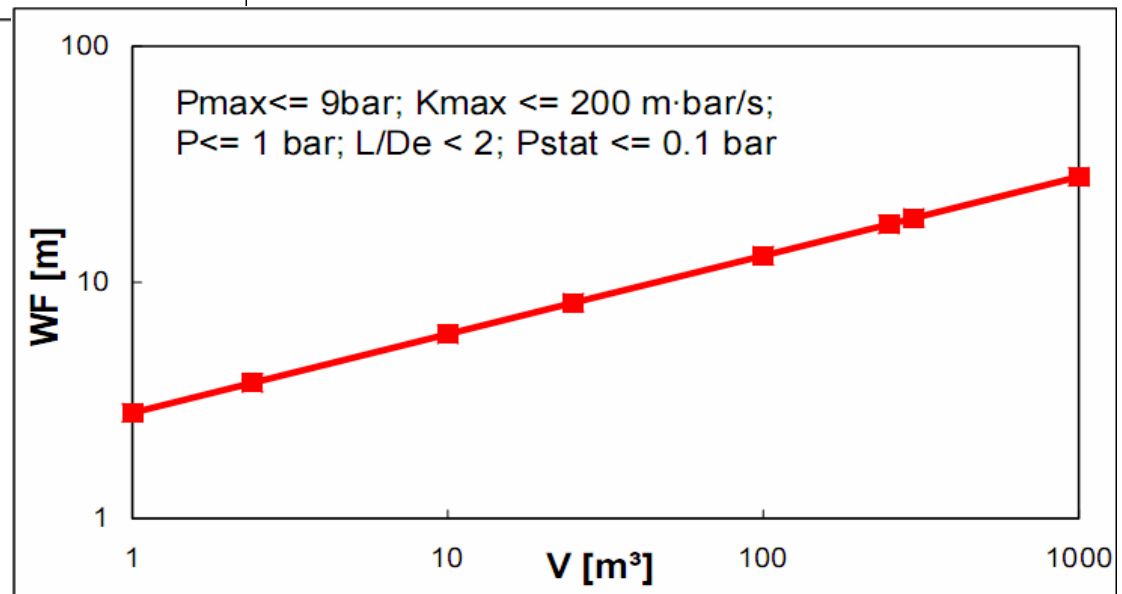
Zależność zasięgu fali płomienia LF w funkcji objętości V odciążanego aparatu.

Zależność maksymalnej szerokości fali płomienia WF od objętości V odciążanego aparatu.

**Jak widać decyzja o posadowieniu silosu powinna także zależeć od zasięgu fali LF i szerokości WF fali płomienia.**

**Z naszych doświadczeń wynika, że nie jest to brane pod uwagę w dostatecznym stopniu ...**

Przykładowa zależność zasięgu fali płomienia LF w funkcji objętości V odciążanego aparatu  
[źródło: R.Siwiek, Ch. Cesana, WiVent Handbook]



## Przykład odciążenia wybuchu - filtr i odpylanie silosu – złe praktyki



Rozwiązania te umożliwiają odciążenia wybuchu (ochrona aparatu) ale stwarzają zagrożenie powstania wtórnych wybuchów (zdjęcie lewe) i zagrożenie zdrowia pracowników podczas okresowego przeglądu czy remontu (zdjęcie prawe).

**Rozwiązania takie należy zaliczyć do wysokiego poziomu ryzyka.  
Zastosowane rozwiązania należy poddać ocenie ryzyka.**

## V. Znaczenie odpylania dla ograniczenia zagrożeń wybuchowych

Decyduje o tym przeznaczenie instalacji, przyjęta technologia, rodzaj stosowanego surowca, jego granulacja, zawartość wilgoci, minimalna energia zapłonu (!), itd.

**Możliwe rozwiązania to: odpylanie w celu odbioru pyłów lub „odpylanie” (aspiracja) w celu usuwania nadmiaru transportowanego w instalacji powietrza.**

**Odpylanie prowadzące do usuwania pyłów z instalacji jest rozwiązaniem właściwym. Jednakże pod warunkiem, że odebrany pył nie jest kierowany z powrotem na instalację w innym jej miejscu (a tak się zdarza, bo „co zrobić z odebranym pyłem?”).** Odpylanie (cyklon, filtr, filtrocyclon) zwykle wymaga zabezpieczenia przed skutkami wybuchu.

**Natomiast odpylanie w celu usuwania nadmiaru transportowanego powietrza nie ogranicza ilości pyłów w instalacji.** Zwykle jest realizowane przy pomocy filtra zabudowanego bezpośrednio na zbiorniku magazynowym. Filtr tego typu jest elementem integralnym wyposażenia zbiornika.

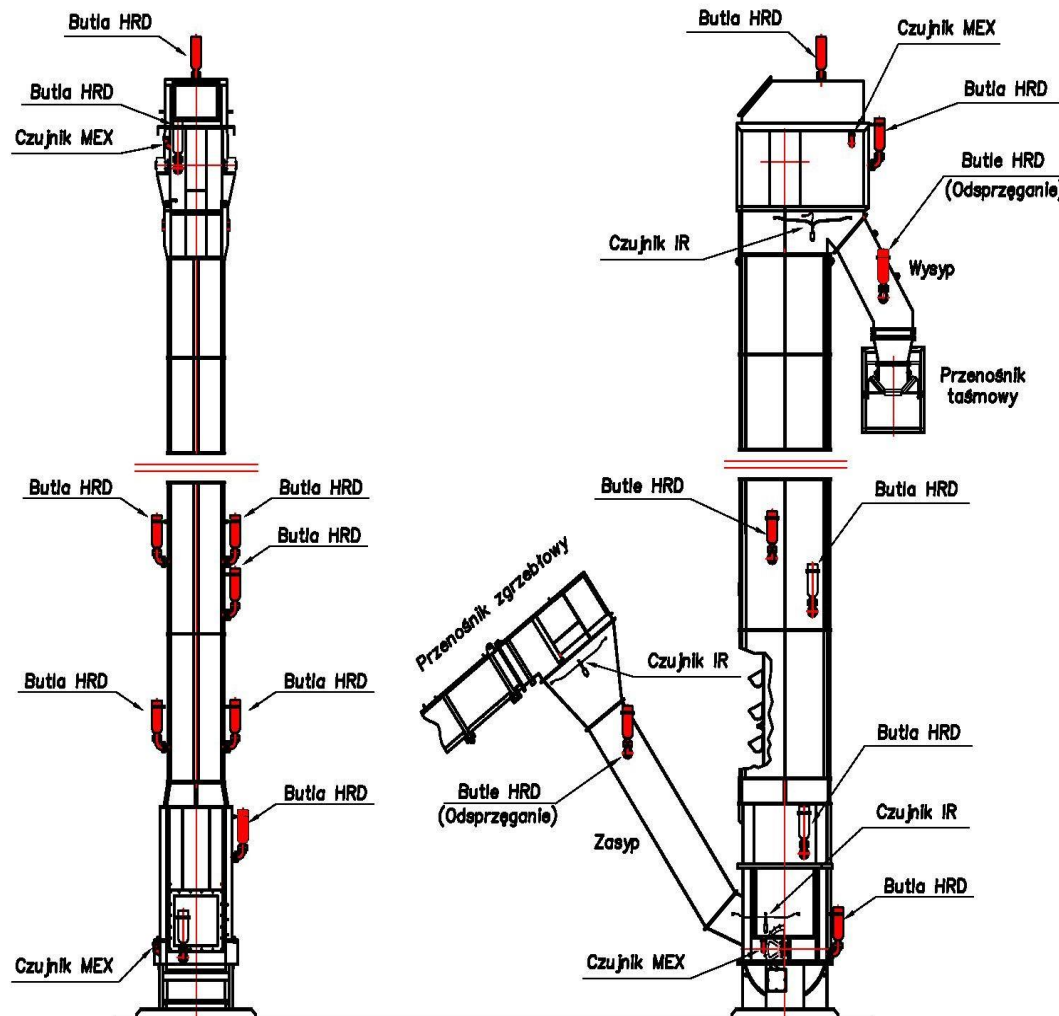


## VI. Zagrożenia stwarzane przez transport mechaniczny w tym szczególnie podajniki kulek ?

Podajniki kulek, skutkiem swojej konstrukcji, stwarzają poważne zagrożenia wybuchowe. Zabezpieczenie podajnika kulekowego oraz zasypu i wysypu przy pomocy systemu tłumienia i izolacji wybuchu.

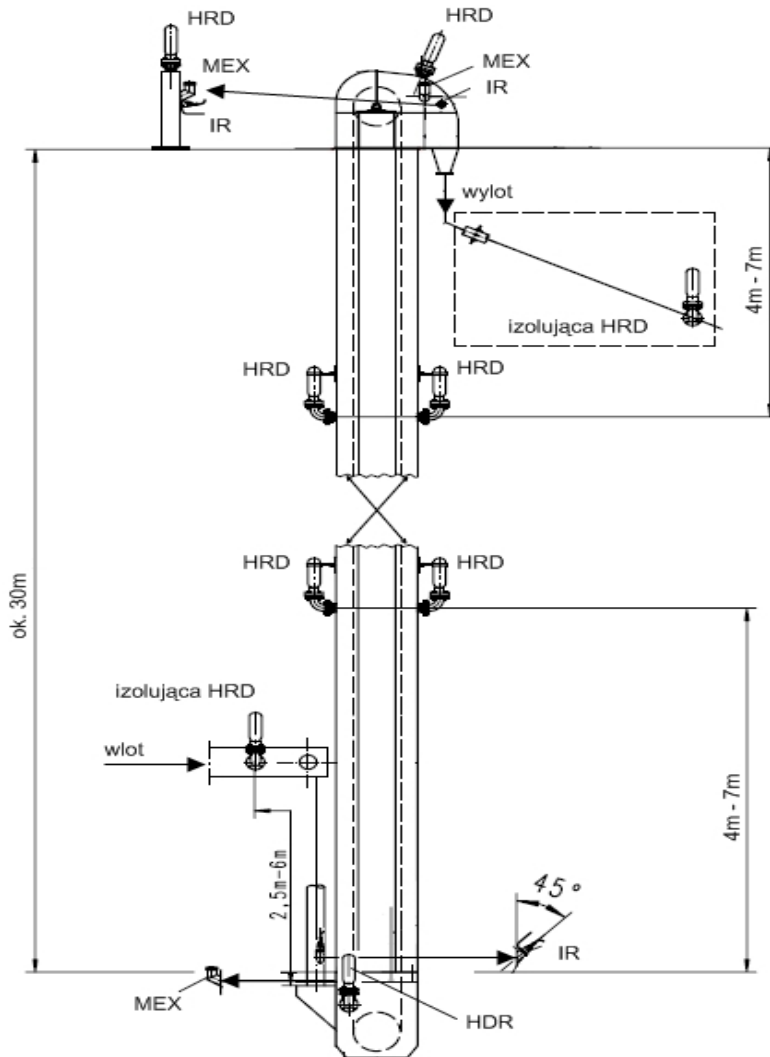
Zagrożenia na obudowanych podajnikach zgrzeblowych są mniejsze w przypadku ograniczonej prędkości transportu. Stosownie izolacji wybuchu na podajnikach zgrzeblowych jest zalecane.

Natomiast częściowo obudowane przenośniki taśmowe nie mogą być zabezpieczone mimo drgań konstrukcji i ruchu powietrza co powoduje unoszenie pyłów w ich przestrzeni.

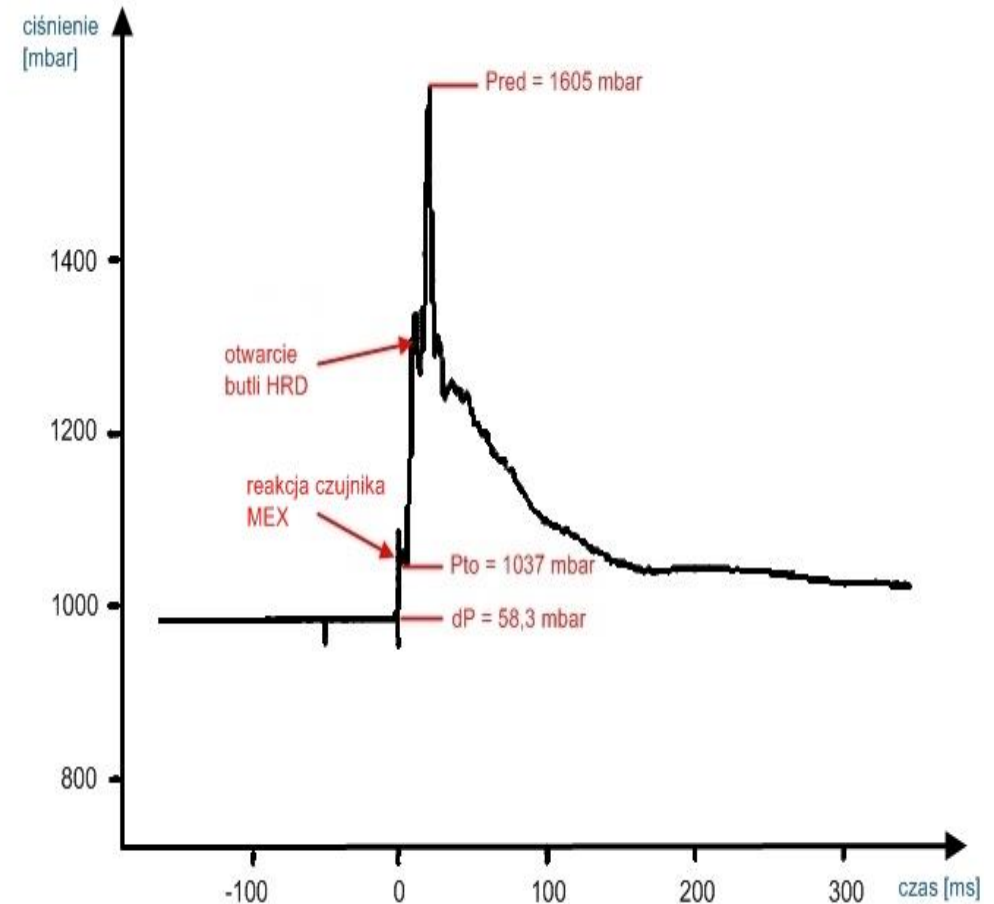




## Wybuch na zabezpieczonym podajniku kubelkowym



Podajniki kubelkowe stwarzają poważne zagrożenie wybuchem i przeniesienia się wybuchu na resztę instalacji !



Przykład zarejestrowanego wybuchu i zadziałania systemu tłumienia wybuchu na podajniku kubelkowym (pomiar dynamicznego czujnika ciśnienia).

## VII. Parametry wybuchowości pyłów. Czy i w jakich przypadkach należy je wyznaczać ?

Jest to ważne pytanie gdyż pełne badanie pyłu obejmuje szereg parametrów:

**$K_{st}$  [bar m/sek],  $P_{max}$  [bar], MIE [mJ], DGW [g/m<sup>3</sup>], Temp. zapłonu obłoku pyłu [C], Temp. zapłonu warstwy pyłu [C].**

**Ponadto wyznacza się graniczne stężenie tlenu GST [%obj.], temp. samozapłonu w nagromadzeniach pyłu, przewodnictwo pyłów i włókien ....**

W szeregu zakładach pracy mamy do czynienia z surowcami, półproduktami i czy produktami, które stwarzają potencjalne zagrożenie zapłonu i wybuchu. Znajomość wartości tych wielkości ma często zasadnicze znaczenie.

Należy jednak podkreślić, że wyznaczone w warunkach testowych wartości powyższych parametrów należy traktować jako wartości szacunkowe. Wartości te zależą np od aktualnej granulacji, zawartości wilgoci czy zawartości części mineralnych.

**Co więc dadzą nam badania parametrów wybuchowości i czy zawsze należy je wyznaczać ? Które z tych wartości są naprawdę ważne z praktycznego punktu widzenia?**

**MEZ – minimalna energia zapłonu - określa minimalną energię którą należy dostarczyć (np. w postaci iskry) by doszło do zapłonu palnej atmosfery wybuchowej (w określonych warunkach) i do wybuchu.**

W przypadku większości pyłów wartość MIE osiąga wartości 10 -100 (500) mJ i większe. W przypadku rozpuszczalników organicznych wartość ta jest na poziomie 1 mJ i dużo poniżej 1 mJ. Istnieją również pyły dla których  $MIE < 2$  mJ (siarka, toner).

Jest to (bardzo) ważny parametr, szczególnie w tych przypadkach gdy wartość  $MIE < 10$  mJ. Oznacza to bowiem, że iskry o nawet stosunkowo niedużej energii (np. iskrowe wyładowania elektrostatyczne) są w stanie doprowadzić do zapłonu pyłu.

**Czy z faktu, że zmierzona wartość MIE jest niska (np. poniżej 10 mJ) coś wynika?**

Tak, gdyż oznacza to konieczność zaostrzenia procedur związanych z ograniczeniem / eliminacją źródeł tworzenia iskier. Np. norma PN-E-05204 zaleca stosowanie ochrony antyelektrostatycznej już dla wartości  $MIE < 100$  mJ ....

**Ponadto zmierzona wartość MIE może być niższa w podwyższonych temperaturach pracy.**

**Pytanie: gdy mamy więc do czynienia z surowcem, dla którego wartość MIE nie jest dostatecznie znana, to czy musimy go wyznaczać? Odpowiedź jest tylko jedna: tak, dla potrzeb zapewnienia bezpieczeństwa procesowego i wybuchowego.**

**DGW – dolna granica wybuchowości - określa minimalne stężenie substancji w g/m<sup>3</sup> w postaci pyłu w powietrzu powyżej której może dojść do zapłonu i wybuchu.**

Wyznaczone wartości DGW mogą się zmieniać, dla różnych pyłów, w szerokim zakresie, począwszy od 30 (60) g/m<sup>3</sup>.

Teoretycznie jest to ważny parametr. W praktyce nie bardzo jednak wiadomo jak efektywnie wykorzystać znajomość tego parametru ...

Czy bowiem z faktu, że zmierzona wartość chwilowego stężenia pyłu, w danych warunkach procesowych, jest poniżej DWG coś w praktyce wynika na przyszłość ? Pomijając fakt, że wartości tego parametru systematycznie się nie mierzy, to należy brać pod uwagę fakt, że jego stężenie może się chwilowo zmieniać, zależnie od miejsca i sytuacji (np. przeciąg). Ponadto pyły mają naturalną tendencję do tworzenia warstw pyłów osiadłych. W praktyce nie ma jak kontrolować stężenia pyłów w chmurze.

**Należy także wziąć pod uwagę, że zakres wartości pomiędzy DGW a GGW dla danej substancji zwiększa się w warunkach podwyższonej temperatury i ciśnienia.**

**Czy parametr ten należy każdorazowo wyznaczać ? Wg naszej oceny NIE.  
Wystarczająca jest znajomość, np. z literatury, szacunkowej wartości DWG.**

**Parametry  $K_{st}$ ,  $P_{max}$  – wartości te określają odpowiednio szybkość narastania ciśnienia podczas wybuchu oraz maksymalne ciśnienie wybuchu.**

$P_{max}$  - maksymalne ciśnienie występujące w zamkniętym naczyniu podczas wybuchu, oznaczone w określonych warunkach badania.

Wskaźnik  $K_{st}$  jest podstawą klasyfikacji palnych pyłów na grupy St1, St2 i St3.

$P_{red}$  – zredukowane ciśnienie powstające w wyniku wybuchu atmosfery wybuchowej w zbiorniku chronionym przez odciążanie lub tłumienie wybuchu.

**Uwaga:** podwyższone wartości ciśnienia roboczego na instalacji, powyżej warunków atmosferycznych, mogą powodować znaczący wzrost wartości maksymalnego ciśnienia wybuchu  $P_{max}$  oraz stałej  $K_{st}$ . Zwiększone ciśnienie robocze (> 2 barg) ogranicza ponadto możliwość zastosowania systemów ochrony przed wybuchem.

**Czy te parametry mają istotne praktyczne znaczenie i w jakich przypadkach ?**

Dla potrzeb zapewnienia bezpieczeństwa procesowego i oceny ryzyka wybuchu istotne jest stwierdzenie, że pyły danej substancji są wybuchowe. Wartości  $P_{max}$  i  $K_{st}$  są kluczowe na etapie projektowania systemu zabezpieczenia przed wybuchem.

Gdy szacunkowe (górne) wartości tych parametrów są znane, np. z literatury, to niekoniecznie należy je każdorazowo wyznaczać.

**Myślenie o bezpieczeństwie to określanie ryzyka i czynności prowadzących do jego ograniczenia.**

### **Zakres oferty i dostaw:**

**Dobór i dostawa zabezpieczeń przed skutkami zapłonu, pożaru i wybuchu:**

- odciążanie, tłumienie, odsprzęganie
  - separatory magnetyczne, uziemienia elektrostatyczne.
  - płytki procesowe, zawory oddechowe, przerywacze płomienia, zawory bezpieczeństwa.
- Przygotowanie instalacji do montażu, montaż i uruchomienie systemu.**
- Urządzenia i osprzęt elektryczny w strefach zagrożenia wybuchem.**
- Stacjonarne systemy detekcji gazu i płomienia.**

**Ocena ryzyka wybuchu, w tym wyznaczanie stref zagrożenia wybuchem.**

**Dokument zabezpieczenia przed wybuchem.**

**Opinie techniczne i ekspertyzy.**

**Nadzór nad bezpieczeństwem technicznym w zakładzie.**

**Analiza funkcjonalna Hazop bezpieczeństwa instalacji procesowych.**

**Specjalistyczne szkolenia ATEX dla pracowników.**

**Instrukcje bezpieczeństwa pożarowego.**

**Posiadamy 20 lat doświadczeń i szereg referencji w różnych gałęziach przemysłu.**

**Grupa Wolff sp. z o.o. sp.k.**  
**www.tessa.eu**

**Atex Wolff i Wspólnicy sp.j.**  
**www.atex137.pl**

**DZIĘKUJĘ ZA UWAGĘ!**

dr hab. inż. Andrzej Wolff

biuro@grupa-wolff.eu / [www.grupa-wolff.eu](http://www.grupa-wolff.eu)