

Ryzyko związane z transportem, magazynowaniem i odpylaniem biomasy, węgla brunatnego, koksu i innych materiałów sypkich.

dr hab. inż. Andrzej Wolff
mgr Bartosz Wolff

Tessa Wolff i Synowie sp.j.
Atex Wolff i Wspólnicy sp.j.

Techniczne i organizacyjne środki ochrony przed zagrożeniem wybuchem wywołanym obecnością palnych i wybuchowych proszków i pyłów :

- I. Wstępna Ochrona przed Wybuchem => ogranicza** możliwość powstawania wybuchu (poprzez nowoczesny projekt instalacji, bezpieczną technologię, wysoką jakość sterowań, odpowiednie procedury obsługi instalacji, szkolenia pracowników, ograniczenie źródeł zapłonu) **ale nie eliminuje** zagrożenia całkowicie i nie zabezpiecza instalacji produkcyjnych przed skutkami ewentualnego wybuchu.
- II. Konstruktywna Ochrona przed Wybuchem => ogranicza** skutki możliwego wybuchu (poprzez odpowietrzenie wybuchu) lub **nie dopuszcza** do powstania wybuchu (tłumienie wybuchu).
Zabezpieczenia te w połączeniu z odsprzęganiem (odcięciem) aparatu zagrożonego wybuchem od reszty instalacji sprowadzają skutki wybuchu do poziomu bezpiecznego dla pracujących ludzi i otoczenia.

Rozwiązania te są zdefiniowane przez prawo europejskie i prawo polskie.

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

| | % |
|---------------------------|------------|
| silosy (magazynowanie) | 20 |
| instalacje odpylające | 17 |
| instalacje mielące | 13 |
| instalacje transportujące | 10 |
| 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, np. biomasy dla potrzeb energetyki, biorą to pod uwagę w dostatecznym stopniu ?

| DGW g/m3 | Kst bar m/s | Pmax bar | MIE mJ | Grupa wybuch. |
|---------------------------|------------------------------|---------------------------|-------------------------|--------------------------------|
|---------------------------|------------------------------|---------------------------|-------------------------|--------------------------------|

A. Raport BIA (Brenn- und Explosionskenngrößen von Stäuben)

| | | | | | |
|------------------------|--------|---------|------|---|-----------|
| wióry/pył drzewny | 30 | 132-144 | 8-9 | - | St1 |
| pył drzewny (mielenie) | 30-60 | 56-200 | 8-10 | - | St1 (St2) |
| ziarno (pył z filtra) | 125 | 131 | 9,2 | - | St1 |
| węgiel kamienny | 60 | 60-115 | 7-9 | - | St1 |
| węgiel brunatny | 30-60 | 100-176 | 7-10 | - | St1 |
| koks naftowy | 15-250 | 40-120 | 6-8 | - | St1 |

B. Kopalnia Barbara (raporty)

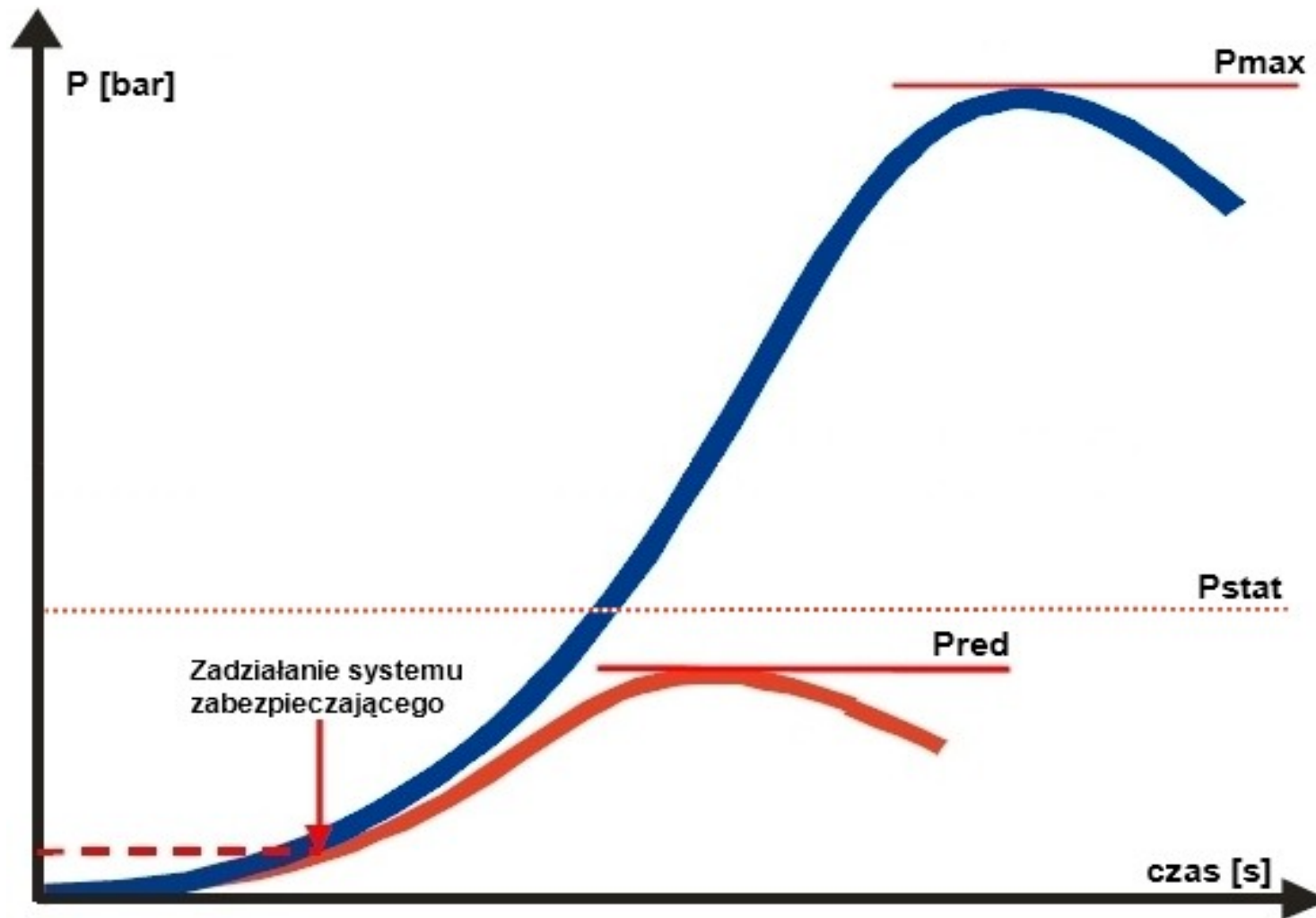
| | | | | | |
|-------------------------|-------|-----|-----|---------|-----|
| pelety drzewa | 24 | 108 | 4,3 | 30 | St1 |
| pelety słomy | 48 | 107 | 5,4 | 25 | St1 |
| pelety śruty rzepakowej | 36 | 132 | 4,8 | 50 | St1 |
| brykiety słoma jasna | 140 | 89 | 8,9 | 165-215 | |
| brykiety słomy ciemnej | 150 | 83 | 8,3 | 360-420 | |
| węgiel brunatny | 20-30 | 139 | 6,7 | 82,5 | St1 |

Zadanie systemu zabezpieczającego przed skutkami wybuchu:

„obniżyć maksymalnie szybko (czas poniżej 0,1 sek) ciśnienie wybuchu P_{max} do poziomu zredukowanego $P_{red} < P_{stat}$ (= odporność aparatu)”.

Realizowane to jest, w ramach Konstruktywnej Ochrony przed Wybuchem, przy pomocy następujących technik:

- **odciążanie wybuchu** na aparacie procesowym przy pomocy paneli odciążających (okrągłe, prostokątne)
- **tłumienie wybuchu** przy pomocy butli z proszkiem tłumiącym (kluczowa jest identyfikacja początku wybuchu)
- **odsprężanie (odcięcie, izolacja)** aparatu zagrożonego wybuchem od reszty instalacji procesowej tak by uniemożliwić przeniesienie się wybuchu na resztę instalacji i potencjalnie na jej otoczenie



P_{max} – maksymalne ciśnienie wybuchu w aparacie, P_{red} – zredukowane ciśnienie wybuchu, P_{stat} – wytrzymałość konstrukcyjna chronionego aparatu.
Warunek konieczny: **$P_{red} < P_{stat}$** .

I. Odciażanie (odpowietrzenie) wybuchu przy pomocy paneli

Zalety:

- relatywnie niskie koszty zakupu i instalacji paneli
- zastosowanie dla cieczy, par, gazów, mgieł, proszków i pyłów
- maksymalna dopuszczalna wartość stałej Kst do 350 bar m/sec
- możliwość pracy w warunkach podciśnienia roboczego
- typowa wartość ciśnienia rozerwania panelu: 0,1 bar g

Efekty uboczne odciażania wybuchu:

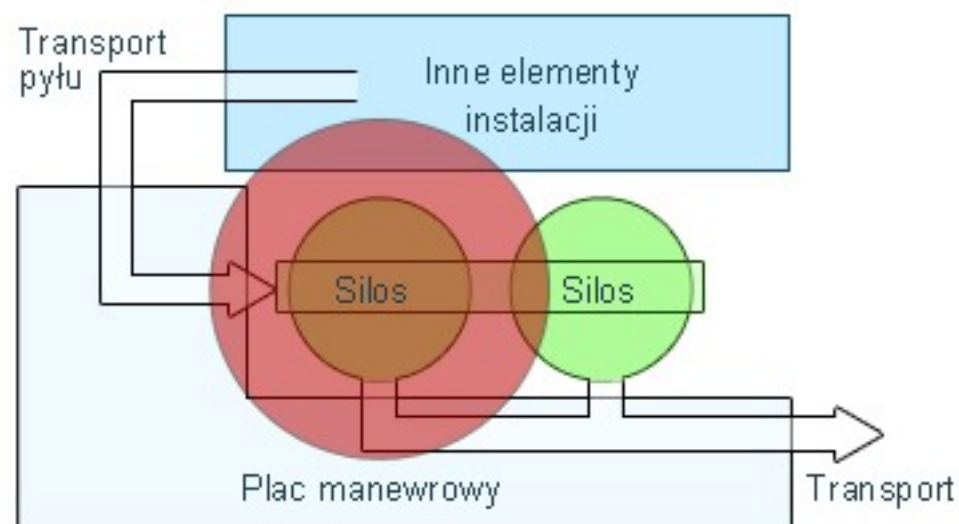
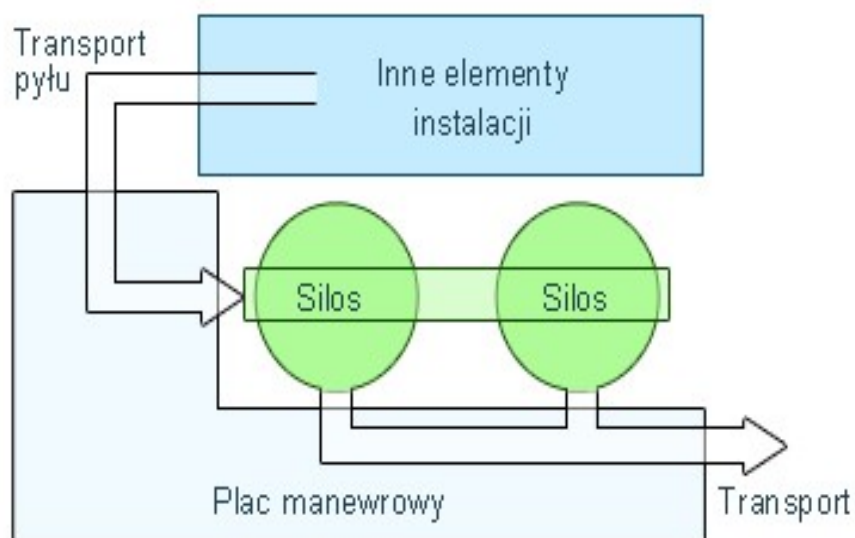
- konieczność wyprowadzenia wybuchu (ciśnienie, płomień, cząstki spalone, niespalone, palące się) do atmosfery
- brak możliwości stosowania w przypadku substancji toksycznych oraz toksycznych produktów spalania
- możliwość pojawienia się podciśnienia w aparacie (zagrożenie implozją)
- **konieczne jest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



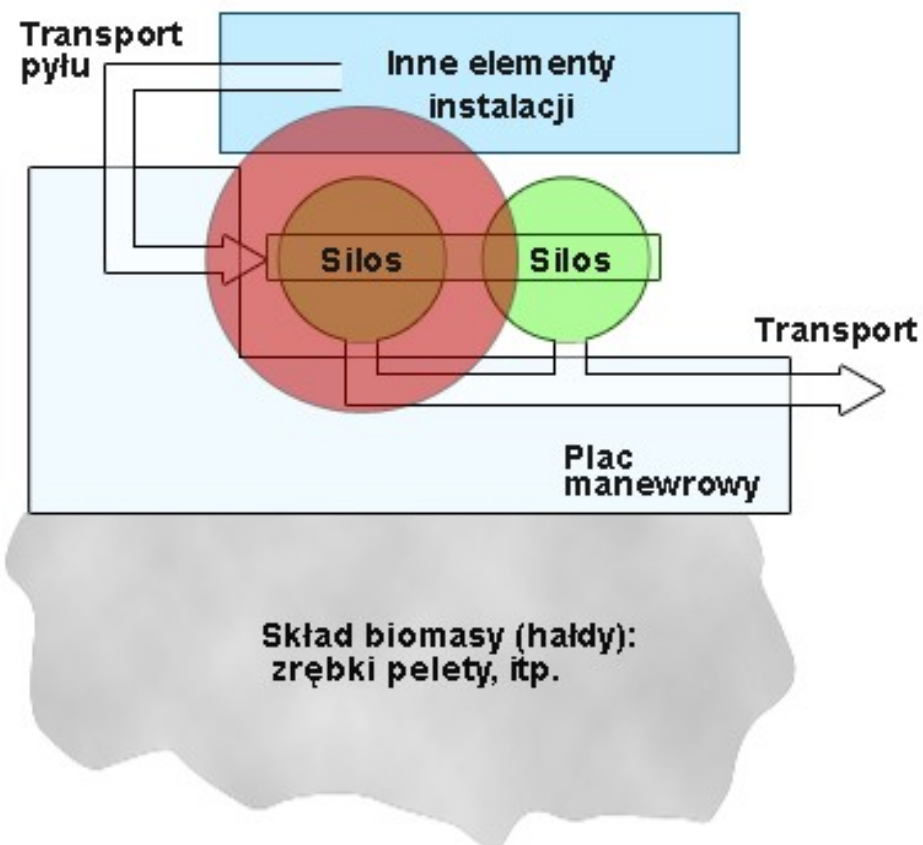


**Magazynowania w silosach jako element instalacji procesowej.
Przykładowy schemat blokowy instalacji przyjęcia pelet biomasy,
mielenia, transportu, magazynowania i transportu z silosów do
kotłów w celu spalania.**

**Możliwy zasięg fali ciśnienia i
płomienia wybuchu:**

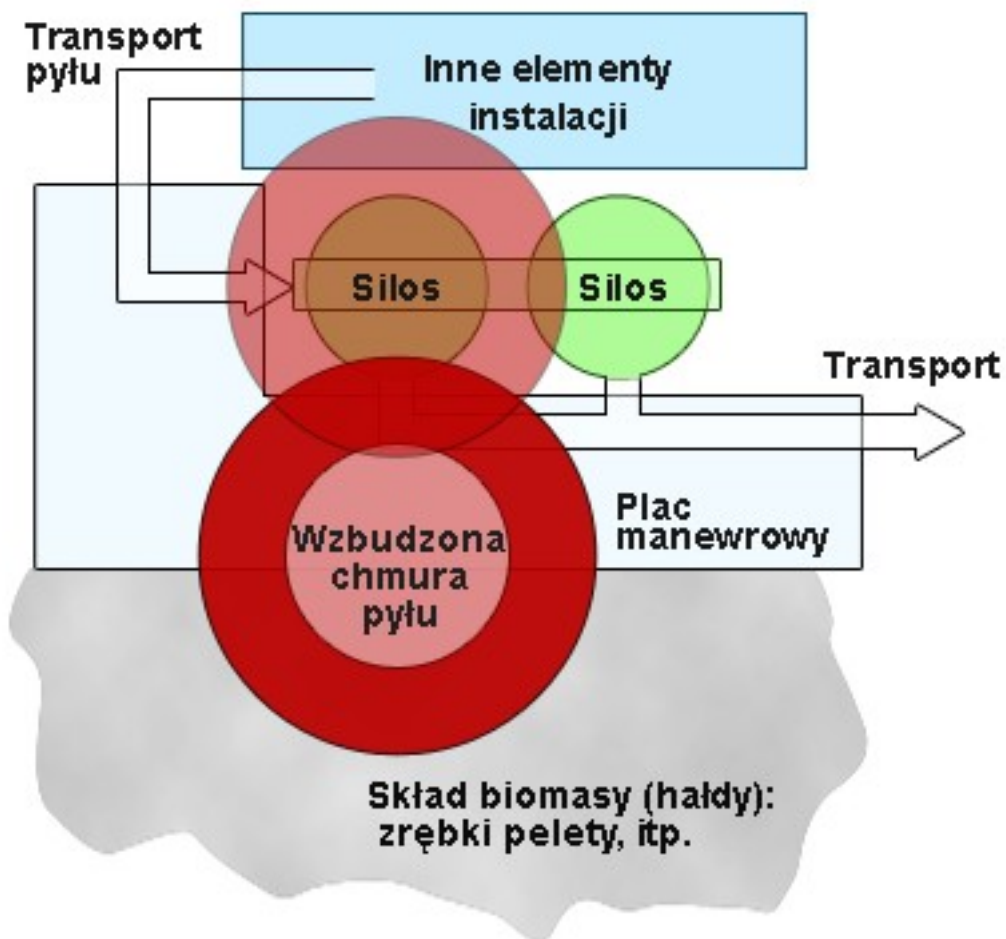


**Jak się przed tym zagrożeniem ochronić ? Nie jest to proste, szczególnie
w sytuacji gdy składowanie biomasy znajduje się na placu obok placu
manewrowego i samej instalacji ...**



**Jak się przed tym zagrożeniem
ochronić ?**

Wzbudzona chmura pyłów, wywołana falą ognia i ciśnienia z odciążenia wybuchu, może doprowadzić do wtórnego wybuchu (detonacja) o dużo większym zasięgu zniszczeń



Możliwe rozwiązania techniczne i zagrożenia:

A1: odciążanie silosu od góry

wady: odciążenie wybuchu zagraża pracownikom (okresowy przegląd, remonty na dachu), zagraża układowi zasilania, możliwe skażenie środowiska

zalety: umożliwia wykorzystanie objętości roboczej silosu, tanie rozwiązanie

A2: odciążanie silosu z boku

wady: odciążenie wybuchu zagraża sąsiednim aparatom i innym obiektom oraz samochodom/ludziom na placu manewrowym (fala wybuchu), ogranicza wykorzystanie objętości silosu, możliwe jest skażenie środowiska j.w.

zalety: tanie rozwiązanie

B: tłumienie wybuchu w silosie (butle HRD)

wady: ograniczone wykorzystanie objętości roboczej silosu (80%), rozwiązanie droższe, zastosowania dla silosów o pojemności do 1000 m³.

zalety: zasadniczo wyższy poziom bezpieczeństwa, brak wad odciążenia (wyżej)

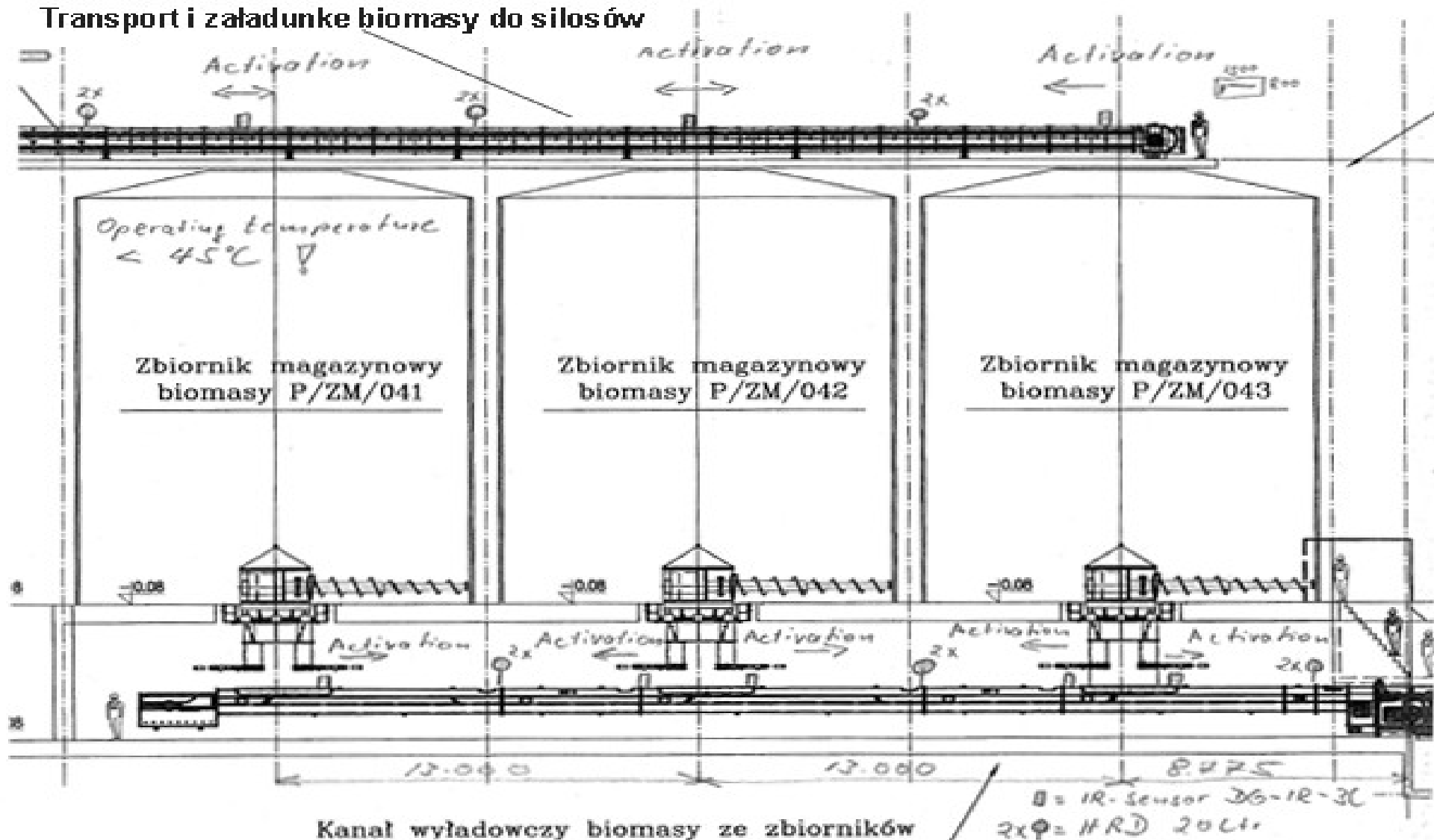
C: odsprężanie wybuchu na zasilaniu/opróżnianiu silosów w celu odcięcia od reszty instalacji

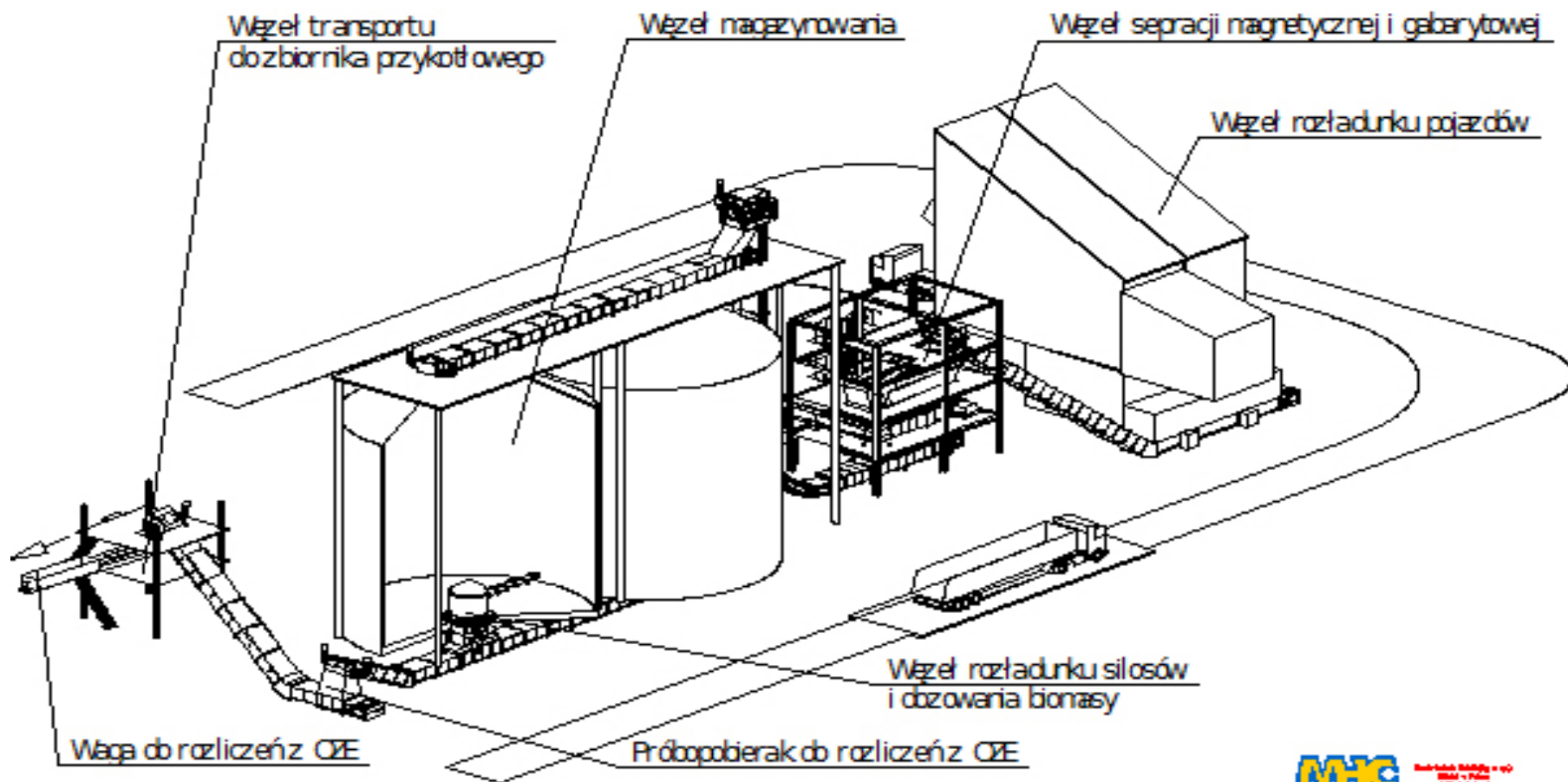
wady: brak, zasadniczo wyższy poziom bezpieczeństwa instalacji

możliwe rozwiązania techniczne (zależnie od przyjętych rozwiązań): tłumienie (butle HRD), zawory dozujące, klapy zwrotne, ...

Wniosek: zagadnienia te należy przeanalizować i uwzględnić konieczne rozwiązania już na etapie tworzenia koncepcji instalacji procesowej !!!

Transport i załadunki biomasy do silosów





Przykład stosunkowo prostej instalacji przyjęcia, magazynowania i transportu biomasy. Zwraca uwagę zwarta zabudowa instalacji. Ma to swoje zalety ale i potencjalne konsekwencje zasygnalizowane wcześniej.

Obszary zagrożenia wybuchem: budynek przyjęcia biomasy z samochodów (zapylenie), transport zgrzeblowy (kubelkowy), przesypy, separacja, mielenie i segregacja, magazynowanie,

II. Tłumienie wybuchu

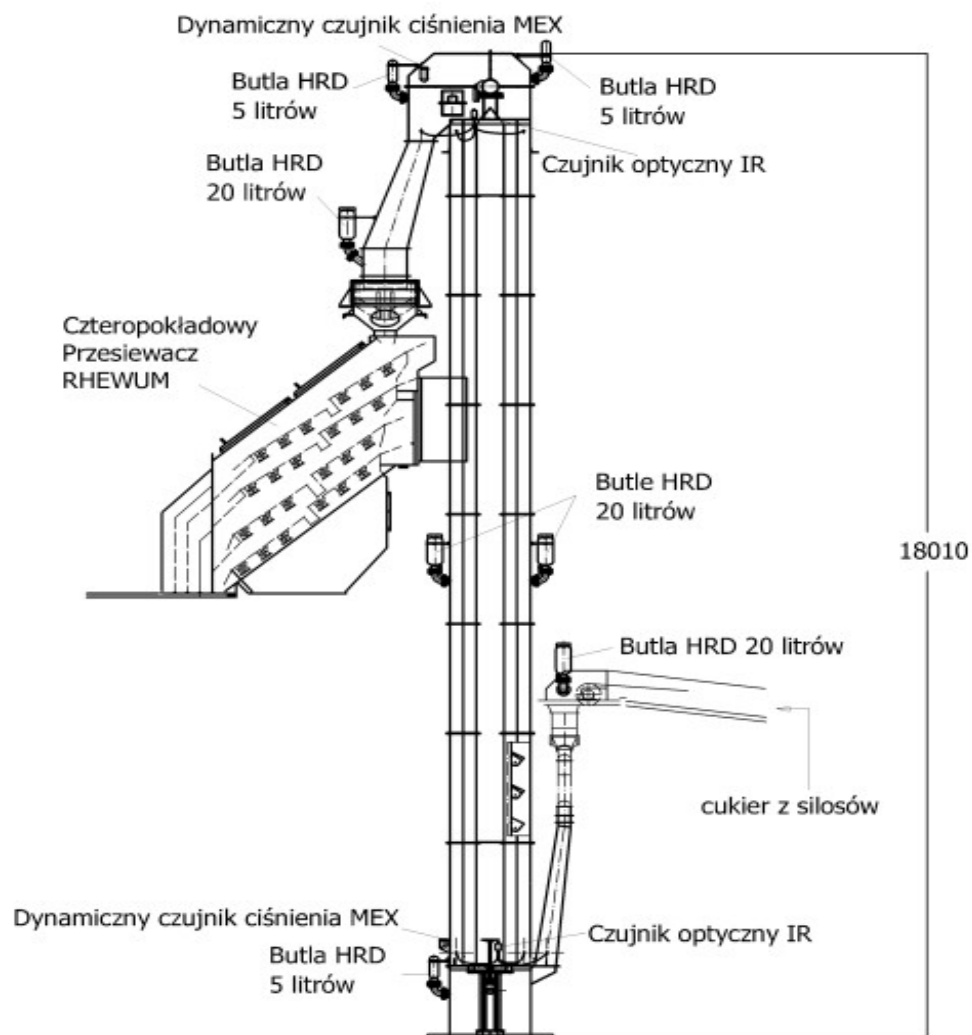
Zalety:

- zastosowanie dla pyłów, cieczy, gazów, mgieł i mieszanin hybrydowych
- zastosowanie dla substancji trujących i toksycznych
- możliwość współpracy z systemami odciążania wybuchu (przy spełnieniu pewnych warunków)
- maksymalna dopuszczalna wartość stałej K do 500 bar m/sek (pyły)
- możliwość pracy w warunkach podciśnienia i nadciśnienia roboczego
- typowa wartość zredukowanego ciśnienia wybuchu: 0,3 bar g
- chroniona objętość: zasadniczo poniżej 1000 m³
- czas efektywnego działania < 0,1 sek

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

Przykłady prawidłowo zabezpieczonych aparatów i instalacji procesowych:

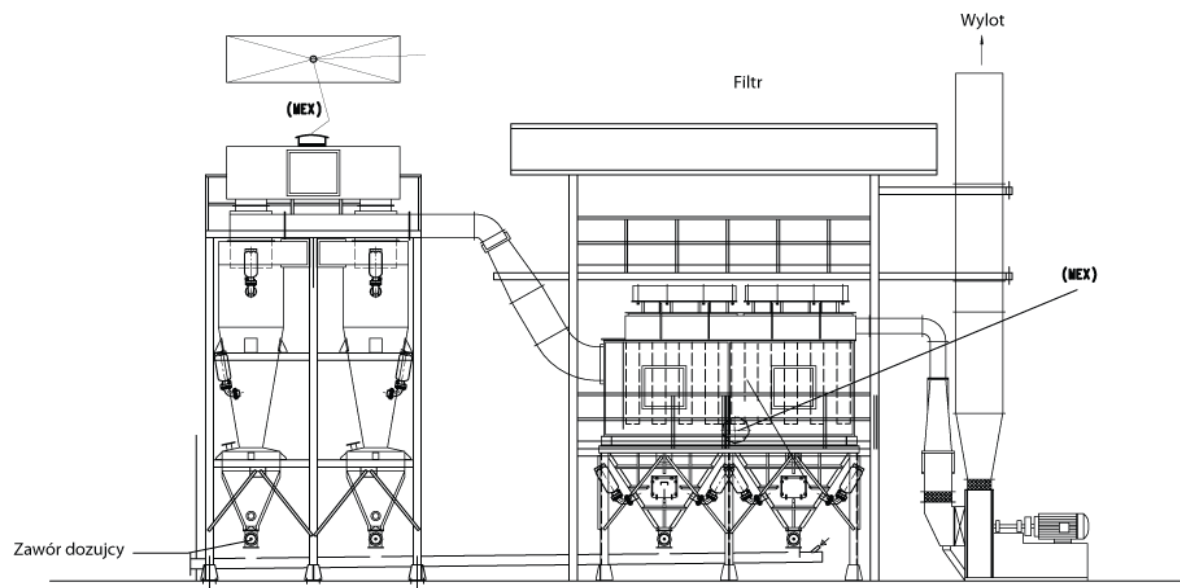




Stacja segregacji zasilana podajnikiem kubelkowym zabezpieczona przy pomocy systemu tłumienia (butle HRD)



Bateria silosów z zainstalowanym systemem tłumienia wybuchu. Butle HRD z proszkiem tłumiącym są zabudowane na wysokości silosów



Objętość podwójnego filtra: 27 m³

OKA Filtra: 0,4 bar g

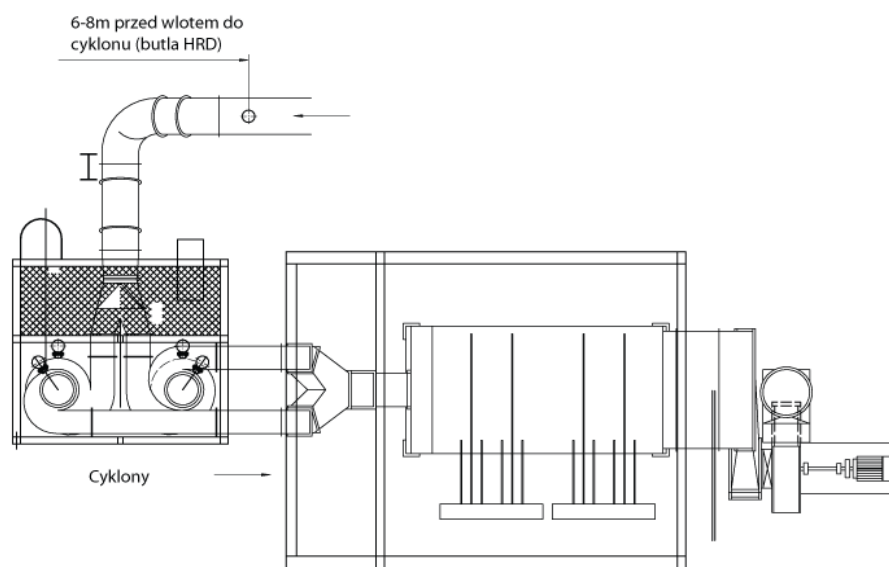
Objętość podwójnego cyklonu: 6,5 m³

OKA Cyklonu: 0,4 bar g

Stała Kst węgla: 200 bar m/s
(założone)

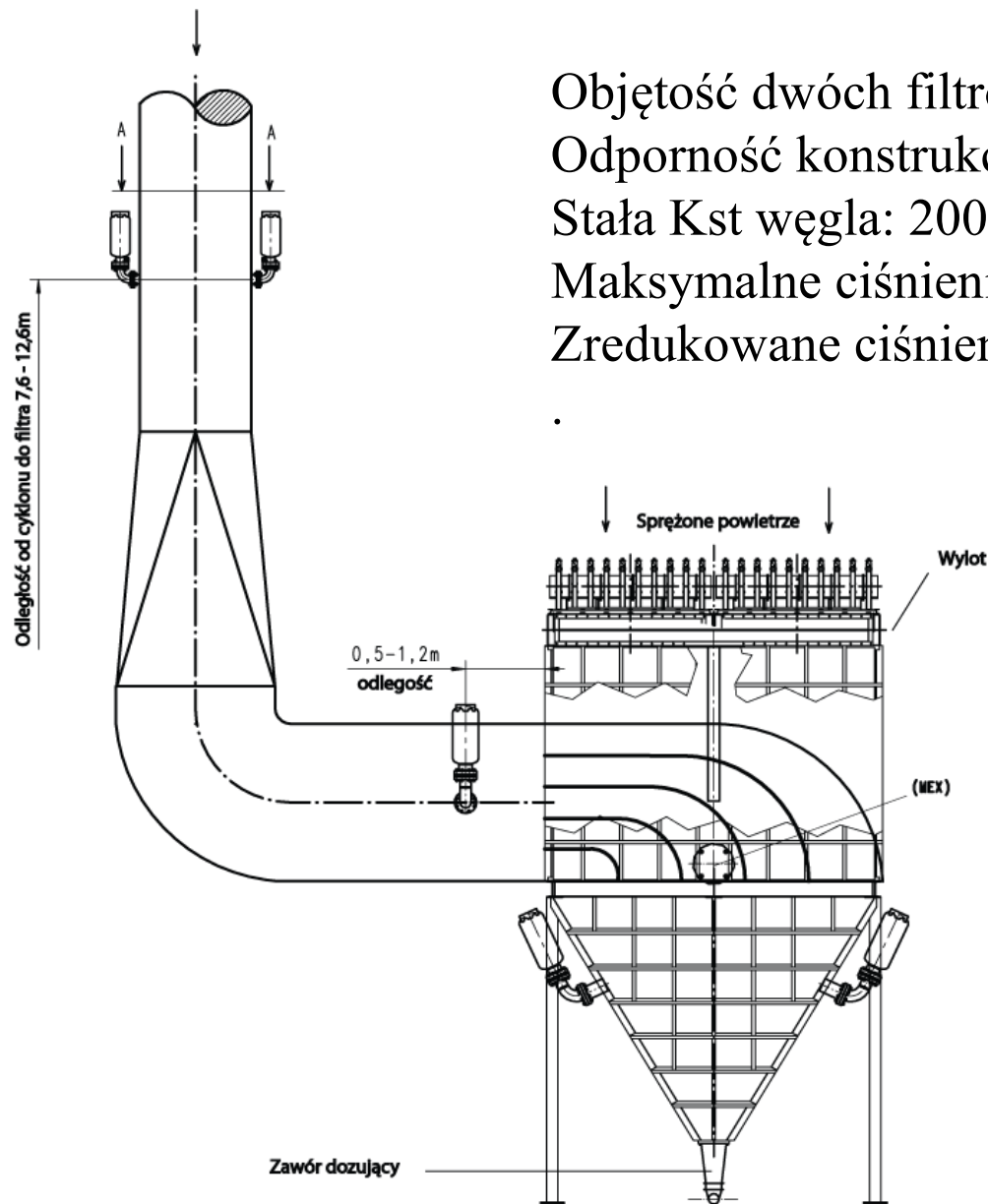
P_{max}: 10 bar

P_{red}: < 0,4 bar g.



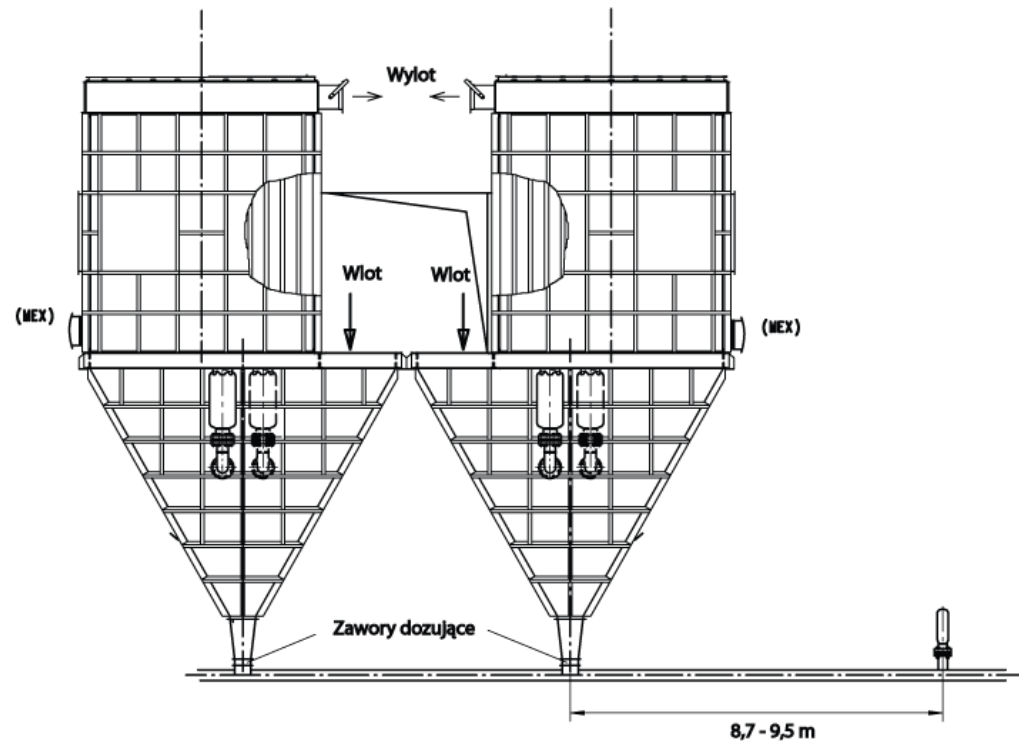
Stacja cyklonów i filtra na segregacji węgla

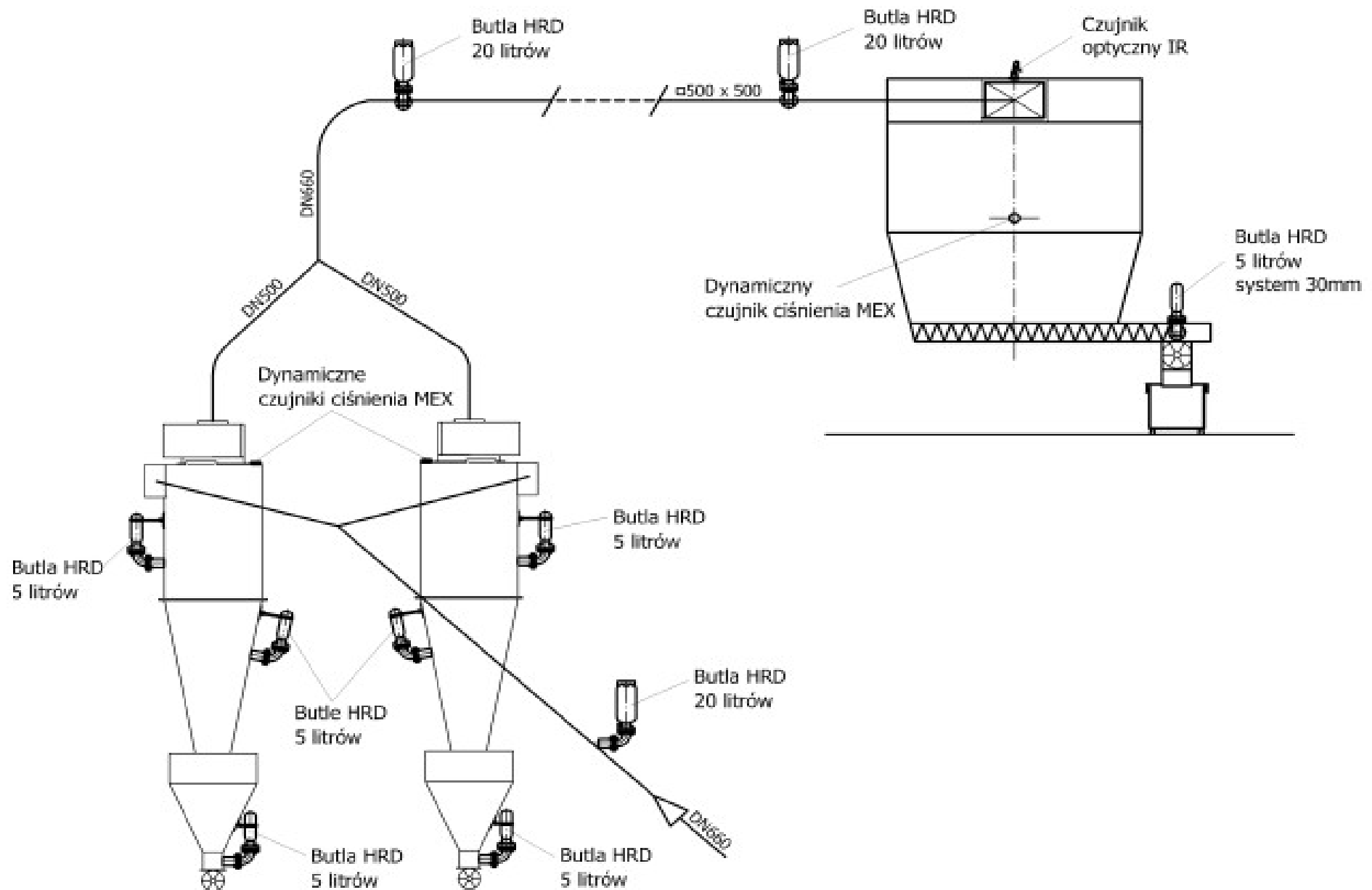
OKA – odporność
konstrukcyjna aparatu

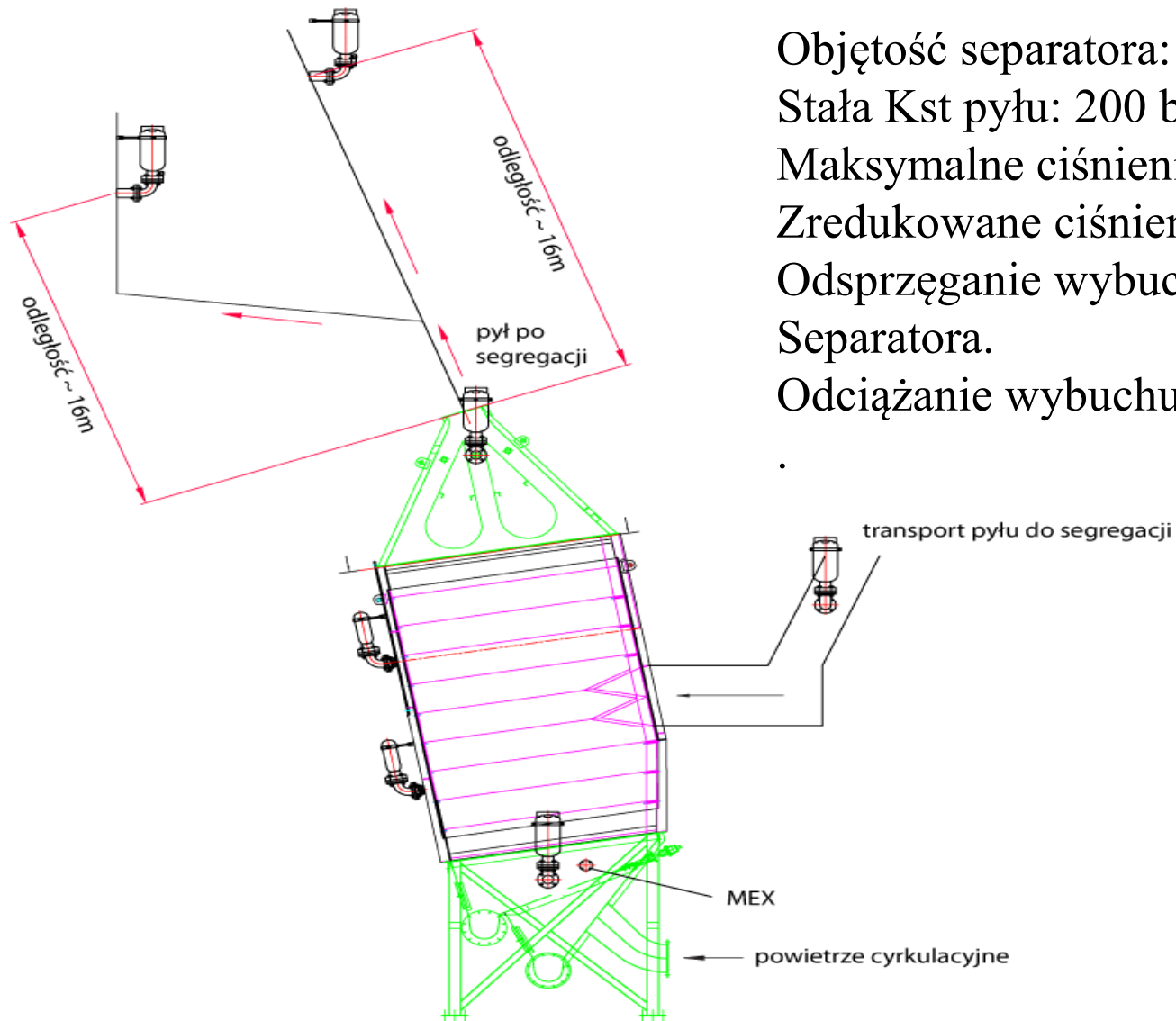


Filtr na zasobnikach węgla

Objętość dwóch filtrów: 90 m³
 Odporność konstrukcyjna filtra: 0,45 bar g
 Stała Kst węgla: 200 bar m/s (założone)
 Maksymalne ciśnienie wybuchu: 9 bar
 Zredukowane ciśnienie wybuchu: < 0,45 bar g







Objętość separatora: 33 m³

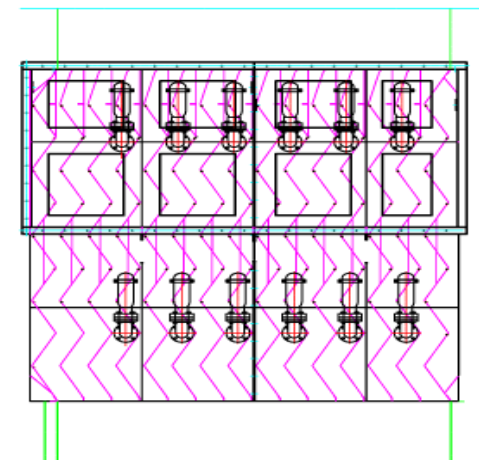
Stała Kst pyłu: 200 bar m/s (założone)

Maksymalne ciśnienie wybuchu: 9 bar

Zredukowane ciśnienie wybuchu: < 0,20 bar g

Odsprężanie wybuchu na wlocie i wylocie z Separatora.

Odciążanie wybuchu w separatorze



Separator powietrza na pył drzewny

III. Odsprężanie wybuchu na rurociągach i instalacjach procesowych



Konsekwencje braku
odsprężania wybuchu
na rurociągu.

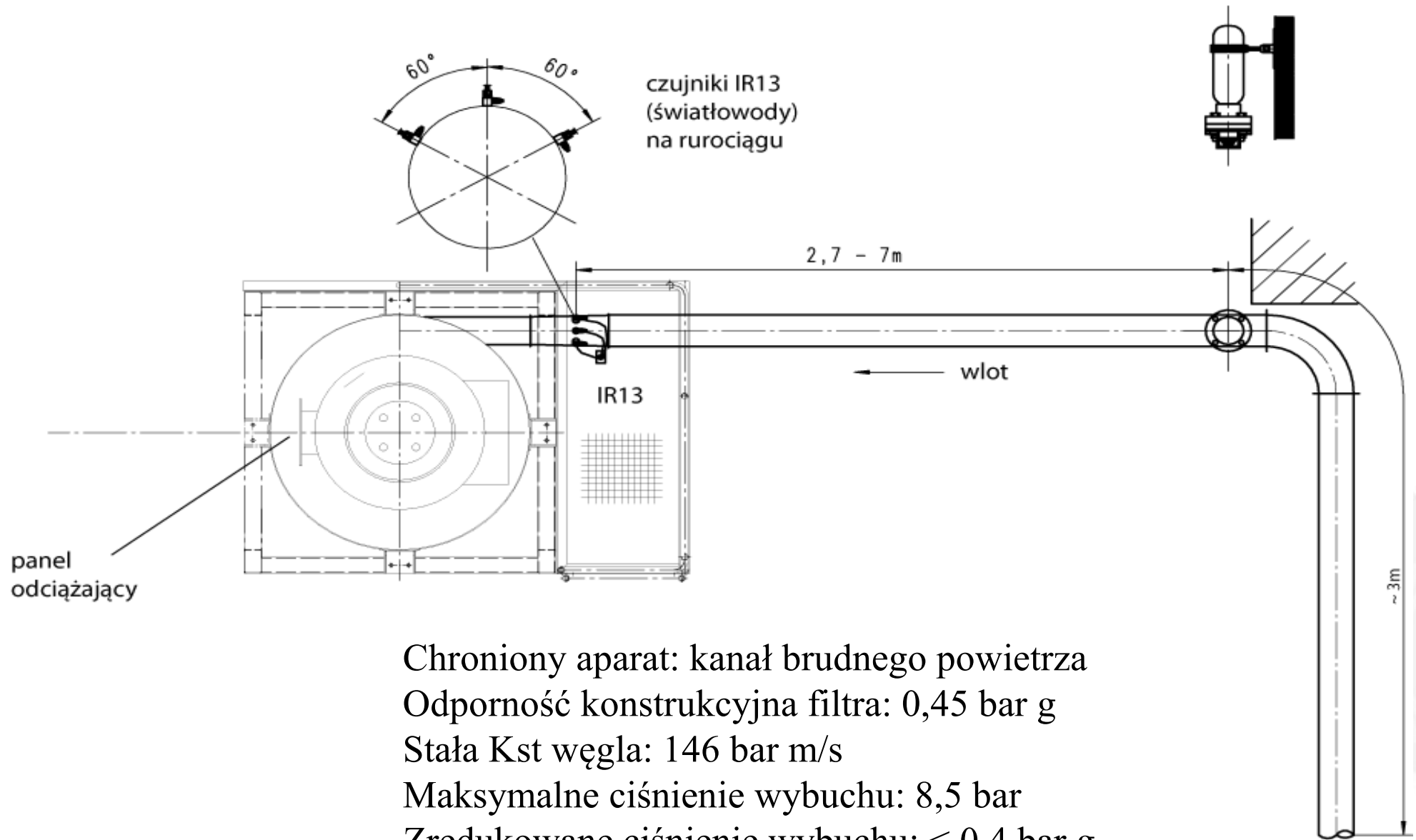
Zawór Ventex jako odsprężanie wybuchu na rurociągu



Odsprężanie wybuchu przy pomocy tłumienia (butle HRD)



Odsprężanie wybuchu przy pomocy zaworu dozującego



Chroniony aparat: kanał brudnego powietrza
 Odporność konstrukcyjna filtra: 0,45 bar g
 Stała Kst węgla: 146 bar m/s
 Maksymalne ciśnienie wybuchu: 8,5 bar
 Zredukowane ciśnienie wybuchu: < 0,4 bar g

System odkurzania/odpylania pyłów koksu w koksowni

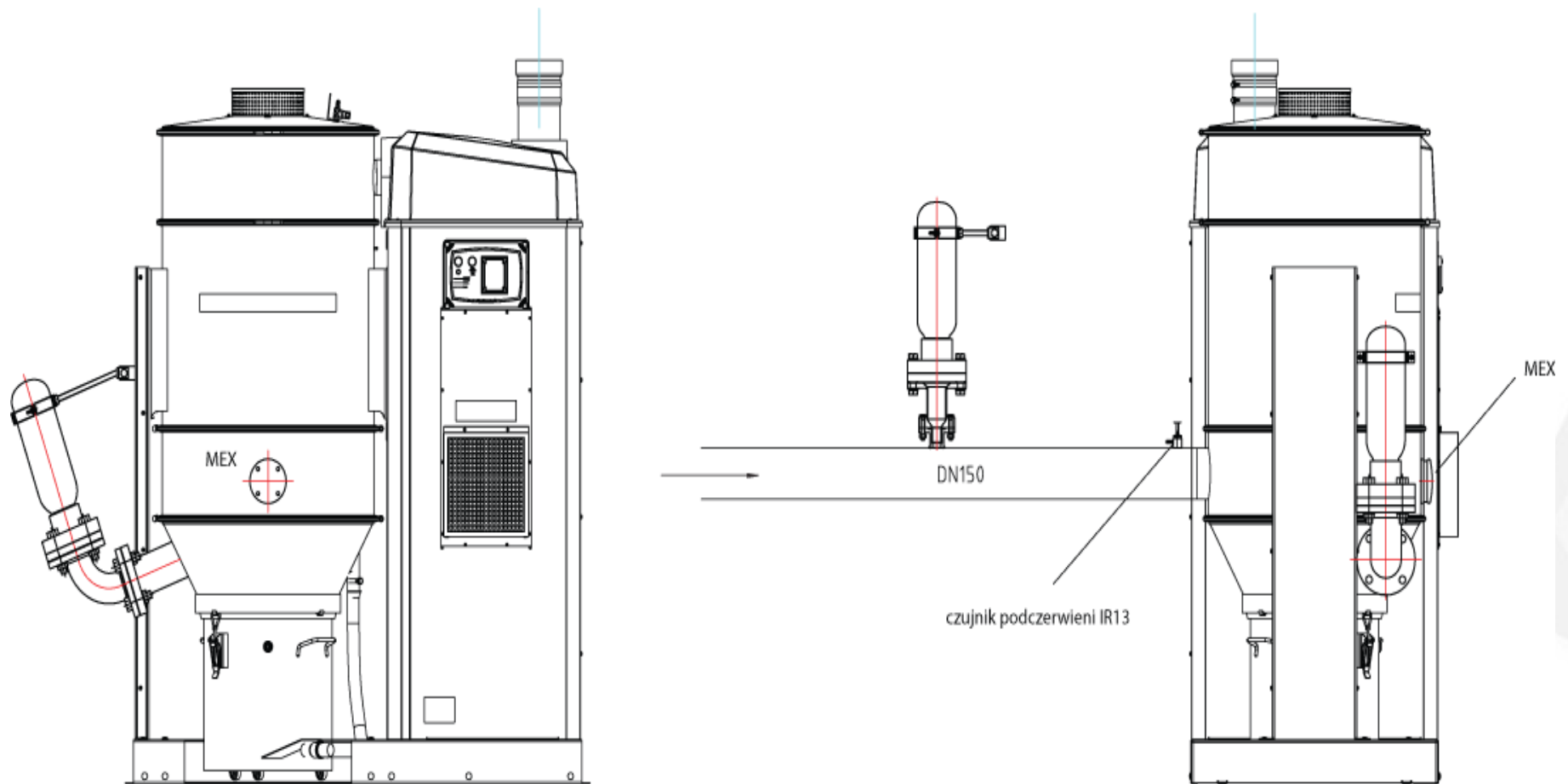
Chroniony aparat: filtr i kanał brudnego powietrza

Odporność konstrukcyjna filtra: 0,4 bar g

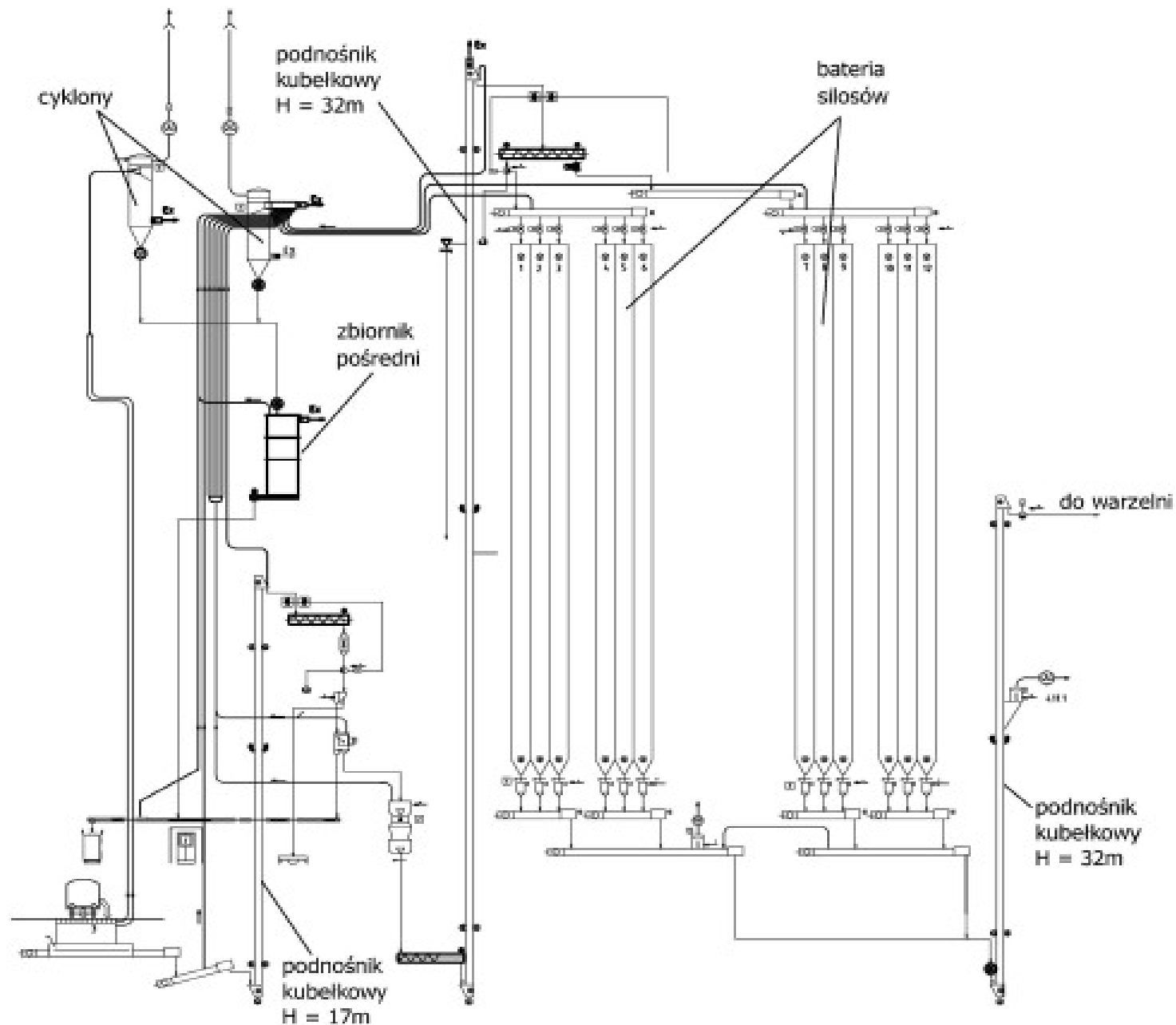
Stała K_{st} węgla: 160 bar m/s (założone)

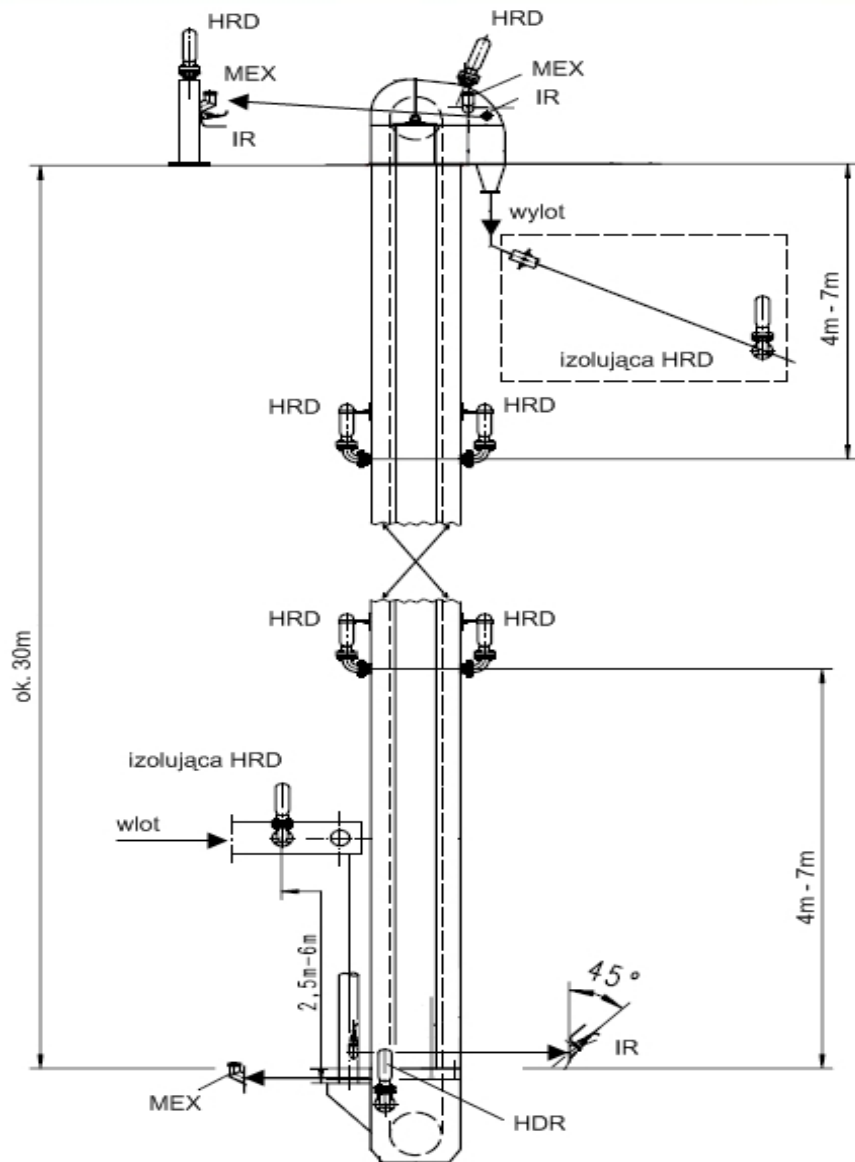
Maksymalne ciśnienie wybuchu: 9 bar

Zredukowane ciśnienie wybuchu: < 0,45 bar g

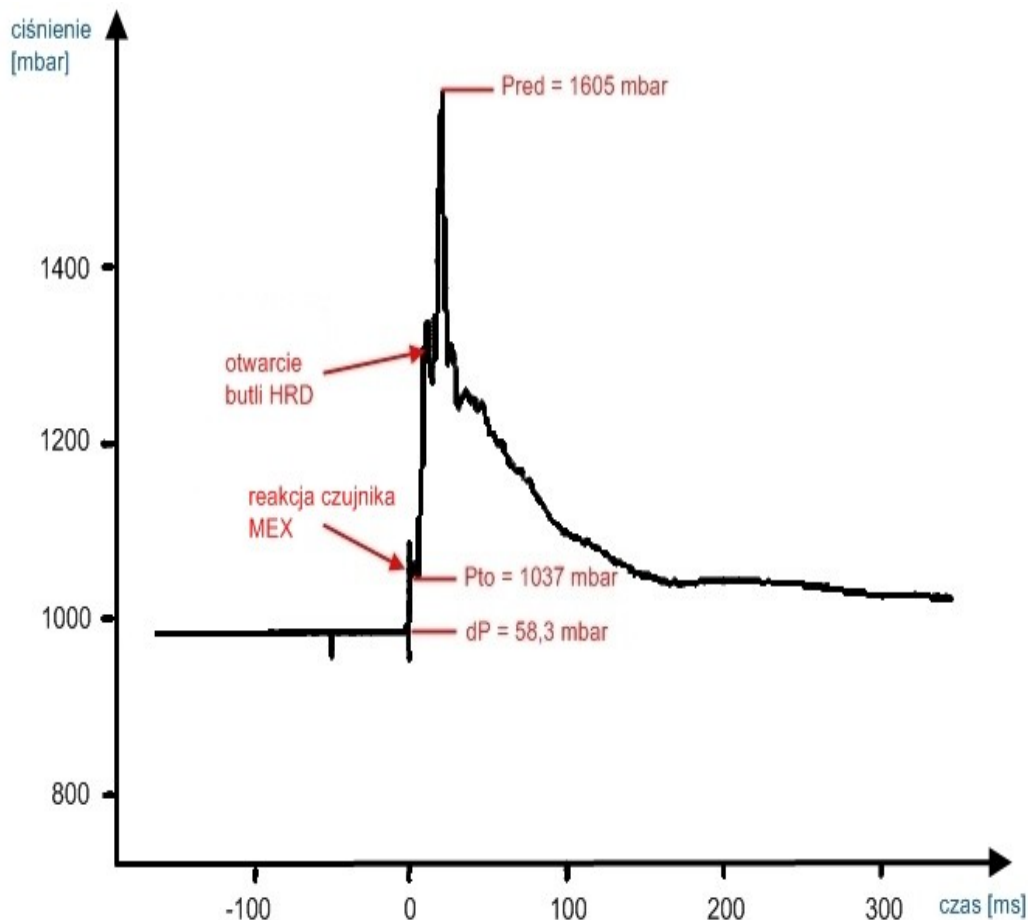


Zabezpieczenie filtra na pył drzewny





Podajniki kuleczkowe stwarzają poważne zagrożenie wybuchem, także przeniesienia wybuchu na resztę instalacji procesowej !



Przykład zarejestrowanego wybuchu i zadziałania systemu tłumienia wybuchu na podajniku kuleczkowym (dynamiczny czujnik ciśnienia) w browarze.

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

Dziękujemy za uwagę.

Tessa Wolff i Synowie sp.j.
www.tessa.eu

Atex Wolff i Synowie sp.j.
www.atex137.pl

Na koniec należy podkreślić wagę działań organizacyjnych, które zwiększają zarówno skuteczność Wstępnej Ochrony przed Wybuchem jak i Konstruktywnych Technik Zabezpieczenia przed Skutkami Wybuchu.

Działania organizacyjne są wprowadzone w ramach systemu zarządzania bezpieczeństwem w zakładzie i powinny być także zdefiniowane w Dokumencie Zabezpieczenia Stanowiska Pracy przed wybuchem (Rozporządzeniem Ministra GpiPS, Dz.U. Nr 107 i 121, poz. 2), który jest dokumentem obowiązującym w świetle prawa europejskiego i polskiego

Należy także podkreślić wagę typowych przyczyn awarii: korozja materiałów, zmęczenie materiałowe, naprężenia termiczne, przypadkowe uszkodzenia, zbyt duże zapylenie na obiektach. Ponadto należy brać pod uwagę:

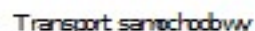
- Możliwe błędy projektowe

- Możliwe błędy konstrukcyjne

- Możliwe błędy w doborze materiałów (korozja, zmęczenie materiału), ...

Nie można również nie brać pod uwagę jakości prowadzonych przeglądów i okresowej konserwacji.

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



Separator magnetyczny

Przenośnik zgrzewowy
SKF 2/ 3 - 38,2m

Przenośnik grzewczy
TKF 2/4 - 37,1m

Przenośnik zgrzewkowy
TKF 2/ 5 - 28,4m

Przenośnik taśmowy ze wspomaganiem powietrznym
Tubulator 2 BRUKS - 2946m

Zbiorniki napezyczne
Pojemność użytkowa 3 x 1600m³

Przenośnik taśmowy z napędzaniem powietrznym
Tubulator 1 BRUKS - 38,9m

Ślinakowe urządzenie
wewnętrzne - SAS

Przesiewacz vibracyjny SPALBOK

Przenośnik zgrzeblowy
TKF 2/2 - 30.8m

Dwie konory rozładunkowe
z drami ruchowymi (2x178n8)

Przenośnik zgrzeblowy
TKF 2/ 1- 38,5m

Transport kolejowy