


TEMAT OPRACOWANIA:

**OCENA ZAGROŻENIA WYBUCHEM DLA
MAGAZYNU ZBOŻOWEGO
POWIAT: SŁUPSKI
GMINA: WIEJSKA USTKA
MIEJSCOWOŚĆ: DUNINOWO 76 - 270
DZIAŁKA NR: 70/4**

INWESTOR:

AGRODAN Produkcyjno-Handlowa Sp. z o.o.
ul. Bohaterów Warszawy 35a, 75-211 Koszalin

<p>inż. poż. Maciej Wojciechowski nr dyplomu SGSP 6859/2010</p>	<p> mgr inż. Maciej Wojciechowski</p>
---	---

Sławno, czerwiec 2024

I. DANE OGÓLNE

1. Przedmiot opracowania

Przedmiotem opracowania jest wykonanie oceny zagrożenia wybuchem i odpowiednie zakwalifikowanie przestrzeni w magazynie zbożowym zlokalizowanym w miejscowości Duninowo na działce nr: 70/4 oraz wyznaczenie stref zagrożenia wybuchem w oparciu o przepisy rozporządzenia [3] oraz aktualną wiedzę w tym zakresie.

2. Podstawa opracowania

♦ **Potrzeby i ustalenia, a także dokumentacja przekazana przez inwestora.**

♦ **Obowiązujące przepisy i normy.**

1. Dyrektywa 1999/92/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 16 grudnia 1999 r. w sprawie minimalnych wymagań mających na celu poprawę stanu bezpieczeństwa i ochrony zdrowia pracowników potencjalnie narażonych na ryzyko spowodowane atmosferami wybuchowymi.
2. Dyrektywa 1994/9/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 marca 1994 r. w sprawie ujednolicenia przepisów prawnych państw członkowskich dotyczących urządzeń i systemów ochronnych przeznaczonych do użytku w przestrzeniach zagrożonych wybuchem.
3. Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 07 czerwca 2010 roku w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów. (Dz. U. Nr 109, poz. 719).
4. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 8 lipca 2010 r. w sprawie minimalnych wymagań, dotyczących bezpieczeństwa i higieny pracy, związanych z możliwością wystąpienia w miejscu pracy atmosfery wybuchowej (ATEX 137) (Dz. U. Nr 138, poz. 931)
5. Rozporządzenie Ministra Rolnictwa z dnia 6 czerwca 2016 r. w sprawie wymagań dla urządzeń i systemów ochronnych przeznaczonych do użytku w

- atmosferze potencjalnie wybuchowej (ATEX 114) (Dz. U. z 2016 r. poz. 817)
6. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 roku w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie. (Dz. U. z 2019 r. poz. 1065 t.j.)
 7. Prawo budowlane” (j. t. Dz. U. z 2010 r, Nr 243, poz. 1623, z późniejszymi zmianami).
 8. PN-EN 1127-1:2001 „Atmosfery wybuchowe. Zapobieganie wybuchowi i ochrona przed wybuchem. Pojęcia podstawowe i metodologia.
 9. PN-EN 60079-10-1:2016 Atmosfery wybuchowe. Klasyfikacja przestrzeni. Gazowe atmosfery wybuchowe.
 10. PN-EN60079-17:2001 Urządzenia elektryczne w przestrzeniach zagrożonych wybuchem. Kontrola i konserwacja instalacji elektrycznych w przestrzeniach zagrożonych wybuchem (innych niż kopalniach).
 11. Marian Skaźnik - „Ochrona przeciwpożarowa. Metodyka oceny zagrożenia pożarowego i wybuchowego” Wyd. „EKO-POŻ”.
 12. dr inż. Dariusz Ratajczak - „Zasady wyznaczania stref zagrożenia wybuchem”. Wyd. SITP Oddz. Wielkopolski w Poznaniu.
 13. dr inż. Marek Woliński – „Ocena zagrożenia wybuchem” Wyd. SGSP Warszawa
 14. PN-IEC 611024-1:2001. Ochrona odgromowa obiektów budowlanych. Zasady ogólne,
 15. PN-IEC 61024-1-1:2001. Ochrona odgromowa obiektów budowlanych. Zasady ogólne. Wybór poziomów ochrony dla urządzeń piorunochronnych.
 16. PN-89/E-05003/03 Ochrona odgromowa obiektów budowlanych. Ochrona obostrzona.
 17. PN-94/E-05009/482. Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Ochrona zapewniająca bezpieczeństwo. Dobór środków ochrony w zależności od wpływów zewnętrznych. Ochrona przeciwpożarowa.

18. Wytyczne w zakresie ochrony przed elektrycznością statyczną obiektów i instalacji produkcyjnych WBP-84/MPChil-04 Wyd. Ministerstwo Przemysłu Chemicznego i Lekkiego,
19. Elektryczność statyczna. Poznanie, pomiar, zapobieganie, eliminowanie. Andrzej Gajewski IWZZ 1987 r.,
20. Zasady wyznaczania stref zagrożenia wybuchem. Poradnik SITP 1997r.
21. Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z 7 czerwca 2010 r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów (Dz. U. Nr 109, poz. 719).
22. Polska norma PN-EN 60079-10 – Lipiec 2002. Urządzenia elektryczne w przestrzeniach zagrożonych wybuchem. Klasyfikacja przestrzeni zagrożonej wybuchem.
23. Polska norma PN-EN 1127-1. Kwiecień 2001. Atmosfery wybuchowe. Zapobieganie wybuchowi i ochrona przed wybuchem. Pojęcia podstawowe i metodologia.
24. Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Socjalnej z 26 września 1997 r. w sprawie ogólnych przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy (Dz.U. z 2003 r. nr 169, poz. 1650),
25. PN-EN 1127-1:2011 Atmosfery wybuchowe -- Zapobieganie wybuchowi i ochrona przed wybuchem -- Część 1: Pojęcia podstawowe i metodyka
26. PN-EN 60079-0:2013-03E Atmosfery wybuchowe -- Część 0: Urządzenia -- Podstawowe wymagania
27. PN-EN 60079-10-1:2009E Atmosfery wybuchowe -- Część 10-1: Klasyfikacja przestrzeni -- Gazowe atmosfery wybuchowe
28. PN-EN 60079-14:2009E Atmosfery wybuchowe -- Część 14: Projektowanie, dobór i montaż instalacji elektrycznych
29. PN-EN 60079-17:2008E Atmosfery wybuchowe -- Część 17: Kontrola i konserwacja instalacji elektrycznych
30. PN-EN 13463-1:2010P Urządzenia nieelektryczne w przestrzeniach zagrożonych wybuchem -- Część 1: Podstawowe założenia i wymagania

- 31. PN-EN 60529:2003P Stopnie ochrony zapewnianej przez obudowy (Kod IP)
- 32. PN-EN 1149-5:2009P Odzież ochronna. Właściwości elektrostatyczne

II. PODSTAWOWE ZAGADNIENIA

1. Zagrożenia wybuchowe

Wybuch jest to reakcja chemiczna polegająca na gwałtownym spalaniu gazów palnych, par cieczy palnych albo pyłów lub włókien w powietrzu. Podczas wybuchu wydzielą się duża ilość ciepła i występuje fala uderzeniowa, wywołująca efekt akustyczny. Wybuch może wystąpić, gdy wytworzy się mieszanina wybuchowa, np. gazu palnego z powietrzem (z tlenem) w odpowiedniej proporcji obu składników **mieszaniny wybuchowej**. Do mieszanin wybuchowych zalicza się również mieszaniny powietrza i pyłów. Pyły niektórych materiałów niepalnych są palne (np. pył aluminiowy, pył cynowy) i mogą tworzyć mieszaniny wybuchowe. Wybuchem grożą, wzniecane podmuchem powietrza, chmury pyłowe, zawierające bardzo drobne ziarenka lub włókna. Przestrzenie, w których są stosowane, produkowane lub przetwarzane substancje mogące wytworzyć z powietrzem (lub z innymi utleniaczami) mieszaniny wybuchowe, uważa się za zagrożone wybuchem. Ocena zagrożenia wybuchem pomieszczeń oraz przestrzeni zewnętrznych obejmuje wskazanie ich, a także wyznaczenie w nich odpowiednich **stref zagrożenia wybuchem**. Za dokonanie tej oceny są odpowiedzialni: inwestor jednostka projektująca obiekt budowlany, użytkownik, który decyduje o stosowanych urządzeniach i procesie technologicznym. Przy ocenie zagrożenia wybuchem uwzględnia się wszystkie czynniki i okoliczności mogące mieć wpływ na powstanie mieszaniny wybuchowej - rodzaj źródła zagrożenia, składników palnych, wentylacji, czas wydzielania, ciśnienie, temperaturę itp. Dla cieczy istotną rolę odgrywa temperatura zapłonu i temperatura pracy - mieszanina wybuchowa powstaje, gdy ciecz zostanie ogrzana do temperatury zapłonu.

W obiektach zagrożonych wybuchem nie wolno stosować otwartego ognia. Wymagana jest ochrona odgromowa w wersji obostrzonej. W strefach zagrożonych wybuchem instaluje się tylko te urządzenia elektryczne, które są

absolutnie niezbędne. Urządzenia te powinny być tak wykonane, aby nie mogły przez zaiskrzenie lub silne nagrzanie zapalić mieszaniny wybuchowej - te, w których przewidziano środki konstrukcyjne wykluczające lub utrudniające możliwość zapłonu mieszanin wybuchowych na zewnątrz tych urządzeń nazywa się **urządzeniami elektrycznymi w wykonaniu przeciwwybuchowym**. Ich konstrukcja powinna być taka, aby temperatura ich zewnętrznych części (powierzchni) była niższa niż temperatura mieszaniny wybuchowej w otaczającej przestrzeni, zarówno podczas normalnej pracy, jak i w warunkach zakłóceń. Niezależnie od tego trzeba przeciwdziałać możliwości wytworzenia się mieszaniny wybuchowej lub ograniczać skutki wybuchu mieszaniny we wnętrzu urządzenia elektrycznego.

Zagrożenie wybuchem związane jest z materiałami i substancjami przetwarzanymi, stosowanymi lub uwalnianymi przez urządzenia, systemy ochronne, części i podzespoły oraz z materiałami stosowanymi do budowy urządzeń, systemów ochronnych, części i podzespołów. Niektóre z materiałów w postaci gazu, pary, cieczy, ciała stałego lub ich mieszaniny mogą ulegać procesom spalania w powietrzu. Procesom tym często towarzyszy wytworzenie znacznych ilości ciepła i mogą być one związane ze wzrostem ciśnienia oraz uwolnienia materiałów niebezpiecznych.

W odróżnieniu od pożaru, wybuch zasadniczo jest samopodtrzymującym rozprzestrzenianiem się strefy reakcji (płomienia) w atmosferze wybuchowej.

Na zagrożenie wybuchowe poszczególnych rodzajów materiałów i substancji istotny wpływ mają ich parametry fizykochemiczne, stopień rozproszenia substancji palnej, stężenie substancji palnej w powietrzu - (w zakresie granic wybuchowości), objętość atmosfery wybuchowej wystarczającej do spowodowania obrażeń u ludzi lub zniszczeń konstrukcji w wyniku zapłonu oraz obecności źródeł zapłonu.

- **Atmosfera wybuchowa** - mieszanina palnych gazów, par, mgieł lub pyłów z powietrzem, w której po zainicjowaniu źródłem zapłonu, spalanie

rozprzestrzenia się samorzutnie na całą mieszaninę.

- ***Miejsce, w którym mogą wystąpić atmosfery wybuchowe*** - przestrzeń, w obrębie której mogą wystąpić stężenia substancji łatwopalnych, określone granicami wybuchowości, wymagające zastosowania środków mających na celu zapewnienie bezpieczeństwa i ochronę zdrowia zatrudnionych tam pracowników;
- ***Czynności niebezpieczne*** - działania mogące zainicjować zapłon i wybuch atmosfery wybuchowej.
- ***Stężenie stanowiące zagrożenie*** - atmosfera wybuchowa w miejscu pracy, gdzie składnik palny występuje w stężeniu wyższym niż wartość dolnej granicy wybuchowości mieszaniny wybuchowej.
- ***Stężenie niewymagające zastosowania środków zapobiegawczych*** - atmosfera wybuchowa, w której składnik palny występuje w stężeniu niższym niż wartość dolnej granicy wybuchowości mieszaniny wybuchowej.
- ***Mieszanina wybuchowa*** - jest to mieszanina gazów, par lub mgieł palnych cieczy, a także pyłów lub włókien z powietrzem lub innymi gazami utleniającymi, o stężeniu substancji palnej zawartym między dolną a górną granicą wybuchowości, w której po zaistnieniu zapłonu reakcja przebiega dalej samorzutnie.
- ***Wybuch*** - gwałtowna reakcja utleniania lub rozkładu wywołująca wzrost temperatury i/lub ciśnienia.
- ***Deflagracja*** - wybuch rozprzestrzeniający się z prędkością poddźwiękową.
- ***Detonacja*** - wybuch rozprzestrzeniający się z prędkością naddźwiękową, któremu towarzyszy fala uderzeniowa.
- ***Dolna granica wybuchowości DGW***- jest to najniższe stężenie paliwa w mieszaninie z powietrzem, poniżej którego nie jest możliwy zapłon mieszaniny pod wpływem czynnika inicjującego i dalsze samoczynne rozprzestrzenienie się płomienia w określonych warunkach badania.
- ***Górna granica wybuchowości GGW*** - jest to najwyższe stężenie paliwa w mieszaninie powietrzem, powyżej którego nie jest możliwy zapłon

mieszaniny pod wpływem czynnika inicjującego i dalsze samoczynne rozprzestrzenienie się płomienia w określonych warunkach badania.

- ***Gęstość względna gazu lub pary w stosunku do powietrza*** - jest czynnikiem warunkującym wielkość obszaru, w którym występuje zagrożenie wybuchem oraz jego usytuowanie względem źródła emisji substancji stwarzającej zagrożenie.
- ***Temperatura zapłonu*** - cieczy palnej jest to najniższa temperatura, przy której tworzy się nad swoją powierzchnią mieszanina par z powietrzem o określonym stężeniu, zdolna zapalić się od bodźca energetycznego w określonych warunkach badania.
- ***Temperatura samozapłonu*** - jest to najniższa temperatura, przy której następuje zapalenie się substancji palnej w wyniku zetknięcia z gorącą powierzchnią lub wskutek oddziaływania cieplnego tej powierzchni(bez udziału zewnętrznego płomienia lub iskry).
- ***Prężność pary nasyconej*** - jest to ciśnienie par danej cieczy, mierzone bezpośrednio nad jej powierzchnią w temperaturze 20 [°C],
- ***Graniczne stężenie tlenu (GST)*** - maksymalne stężenie tlenu w mieszaninie substancji palnej, powietrza i gazu obojętnego, w której nie dojdzie do wybuchu w określonych warunkach badania.
- ***Maksymalny doświadczalny bezpieczny prześwit (MDBP)*** - maksymalny prześwit złącza pomiędzy dwiema częściami wewnętrznej komory aparatu do badań, który, gdy mieszanina gazowa wewnątrz ulega zapaleniu, w określonych warunkach zapobiega zapłonowi mieszaniny gazowej na zewnątrz poprzez złącza o długości 25 [mm], dla wszystkich stężeń badanego gazu lub badanej pary w powietrzu. MDBP jest właściwością określonej mieszaniny gazowej.
- ***Minimalna energia zapłonu (MEZ)*** - najmniejsza energia elektryczna nagromadzona w kondensatorze, która przy jego wyładowaniu jest wystarczająca do spowodowania zapłonu najbardziej zapalnej atmosfery w określonych warunkach badania.

- **Minimalna temperatura samozapłonu atmosfery wybuchowej** - temperatura samozapłonu palnego gazu lub pary palnej cieczy lub minimalna temperatura samozapłonu obłoku pyłu w określonych warunkach badania.
 - **Minimalna temperatura samozapłonu obłoku pyłu** - najniższa temperatura gorącej powierzchni, w której najbardziej zapalna mieszanina pyłu z powietrzem ulega zapłonowi w określonych warunkach badania.
 - **Minimalna temperatura samozapłonu warstwy pyłu** - najniższa temperatura gorącej powierzchni, przy której warstwa pyłu ulega zapłonowi w określonych warunkach badania.
 - **Maksymalna temperatura powierzchni** - najwyższa temperatura osiągnięta w czasie pracy, przez dowolną część lub powierzchnię urządzenia elektrycznego, w warunkach najbardziej niekorzystnych, (lecz dopuszczalnych), mogąca zainicjować zapalenie otaczającej je atmosfery wybuchowej.
 - **Stopień ochrony IP** - miara liczbowa poprzedzona symbolem IP, przypisana do obudowy urządzenia elektrycznego, zapewniającej jego ochronę przed wnikaniem wody
- i manipulacjami oraz w szczególnych przypadkach zapewniająca ochronę przeciwwybuchową.
- **Ryzyko** - kombinacja częstości lub prawdopodobieństwa wystąpienia określonego zdarzenia niebezpiecznego i konsekwencji związanych z tym zdarzeniem.
 - **Analiza ryzyka** - systematyczne stosowanie dostępnych informacji do zidentyfikowania zagrożenia i do oszacowania ryzyka dotyczącego osób, populacji, mienia lub środowiska.
 - **Ocena ryzyka** - pełny proces analizowania ryzyka i wyznaczania dopuszczalności ryzyka.
 - **Oszacowanie ryzyka** - proces stosowany do stworzenia miary poziomu analizowanego ryzyka, który składa się z następujących kroków: analizy częstości, analizy konsekwencji i ich połączenia.

- **Wyznaczanie ryzyka** - proces, w którym na podstawie analizy ryzyka przeprowadza się oceny dopuszczalności ryzyka i rozpatruje się takie czynniki, jak aspekty socjoekonomiczne i środowiskowe.
- **Zarządzanie ryzykiem** - systematyczne wprowadzanie polityki zarządzania, procedur, praktyk do zadań analizowania, wyznaczania i sterowania ryzykiem.
- **Maksymalna dopuszczalna temperatura powierzchni** - najwyższa temperatura powierzchni urządzenia elektrycznego, do jakiej można dopuścić w praktyce w celu wykluczenia zapłonu.
- **Maksymalna eksperymentalna bezpieczna szczelina (MESG Maximum Experimental Safe GaP)** - największy prześwit szczeliny o długości 25 mm między dwoma równymi częściami wewnętrznej komory aparatu pionowego, przy którym zainicjowany w ściśle określonych warunkach wybuch wewnątrz komory nie przenosi się jeszcze na zewnątrz, bez względu na stężenie w powietrzu badanego gazu lub pary (wewnątrz i na zewnątrz komory).
- **Maksymalne ciśnienie wybuchu ($p_{w,x}$)** - maksymalne ciśnienie występujące w zamkniętym naczyniu podczas wybuchu atmosfery wybuchowej, oznaczone w określonych warunkach badania (PN-EN 14034-4:2005).
- **Pomieszczenie zagrożone wybuchem** - wg aktualnie obowiązujących kryteriów (Dz. U. 10.109.719) pomieszczenie uznaje się, jako zagrożone wybuchem wtedy, gdy istnieje możliwość wytworzenia się mieszaniny wybuchowej powstałej z wydzielenia się takiej ilości palnych gazów, par i mgieł lub pyłów, której wybuch mógłby spowodować przyrost ciśnienia w tym pomieszczeniu przekraczający 5 kPa.
- **Strefa zagrożenia wybuchem** - rozumie się przez to przestrzeń, w której może występować mieszanina wybuchowa substancji palnych z powietrzem lub innymi gazami utleniającymi, o stężeniu zawartym pomiędzy dolną a górną granicą wybuchowości.

Klasa temperaturowa	Temperatura samozapalenia (°C)	Maksymalna temperatura powierzchni urządzeń elektrycznych (°C)
1	powyżej 450	450
12	powyżej 300 do 450	300
T 3	powyżej 200 do 300	200
T4	powyżej 135 do 200	135
T 5	powyżej 100 do 135	100
T 6	powyżej 85 do 100	85

Podział na klasy temperaturowe stanowi podstawę do konstruowania i do doboru urządzeń elektrycznych w zależności od temperatury, jaką może osiągnąć ich powierzchnia (obudowa) podczas eksploatacji w obszarach zagrożonych wybuchem.

- **Grupa wybuchowości** - jest to podział mieszanin wybuchowych gazów i par, ze względu na wartość MESG (maksymalna eksperymentalna bezpieczna szczelina gasząca);

Grupa wybuchowości	Wartość MESG (mm)
Grupa I	metan w wyrobiskach podziemnych
Grupa II A	$\geq 0,9$
Grupa II B	$>0,5$ lecz $< 0,9$
Grupa II C	$<0,5$

- **Urządzenia (wg ATEX);** - przez urządzenia rozumie się maszyny, sprzęt, przyrządy stałe lub ruchome, podzespoły sterujące i oprzyrządowanie do nich należące oraz systemy wykrywania i zapobiegania, które oddzielnie lub połączone ze sobą są przeznaczone do wytwarzania, przesyłania, magazynowania, pomiaru, regulacji i przetwarzania energii i/lub materiałów, a które przez ich własne źródło zapłonu są zdolne do spowodowania wybuchu.
- **Urządzenia elektryczne (wg ATEX);** - urządzenia zawierające elementy elektryczne używane do wytwarzania, przechowywania, mierzenia, przesyłania o raz przetwarzania energii elektrycznej celem sterowania

działaniem innych urządzeń za pomocą energii elektrycznej lub do przetwarzania materiałów poprzez bezpośrednie zastosowanie energii elektrycznej.

- * **Urządzenia nieelektryczne (wg ATEX);** - urządzenia mechaniczne nie będące urządzeniem elektrycznym posiadające własne źródło zapłonu (jest to głównie spowodowane ruchomymi częściami zdolnymi do stworzenia potencjalnego ryzyka zapłonu pochodzącego od gorących powierzchni lub iskier powstających wskutek tarcia). Przykład: mieszalniki, przekładnie, pompy, wentylatory, łożyska, kompresory, hamulce.

- **Kategorie urządzeń;**

kategoria 1; urządzenia zaprojektowane tak, aby mogły funkcjonować zgodnie z parametrami ruchowymi ustalonymi przez producenta, zapewniając bardzo wysoki poziom zabezpieczenia.

Urządzenia tej kategorii:

- a) są przeznaczone do użytku w miejscach, w których atmosfery wybuchowe są obecne stale lub często w długich okresach,
- b) zapewniają wymagany poziom zabezpieczenia nawet w przypadku rzadko występującej awarii urządzenia i charakteryzują się takimi środkami zabezpieczenia, że:
- c) w przypadku uszkodzenia jednego ze środków zabezpieczających, przynajmniej drugi niezależny środek zapewni wymagany poziom zabezpieczenia lub wymagany poziom zabezpieczenia będzie zapewniony w przypadku wystąpienia dwóch niezależnych od siebie uszkodzeń.

kategoria 2; urządzenia zaprojektowane tak, aby mogły funkcjonować zgodnie z parametrami ruchowymi ustalonymi przez producenta, zapewniając wysoki poziom zabezpieczenia.

Urządzenia tej kategorii:

- a) są przeznaczone do użytku w miejscach, w których występowanie atmosfery wybuchowej jest prawdopodobne,
- b) posiadają środki zabezpieczenia przeciwwybuchowego zapewniające wymagany poziom zabezpieczenia nawet w przypadku częstych zakłóceń lub uszkodzeń urządzeń, jakie bierze się pod uwagę

kategoria 3; urządzenia zaprojektowane tak, aby mogły funkcjonować zgodnie z parametrami ruchowymi ustalonymi przez producenta, zapewniając normalny poziom zabezpieczenia.

Urządzenia tej kategorii:

- a) są przeznaczone do użytku w miejscach, w których występowanie atmosfery wybuchowej jest mało prawdopodobne, a jeżeli wystąpi to w krótkim okresie,
- b) zapewniają wymagany poziom zabezpieczenia podczas normalnego działania urządzeń.

Kategoria urządzenia	Stopień ochrony	Strefa zagrożenia wybuchem
kategoria 1	bardzo wysoki poziom ochrony	0, 20
kategoria 2	wysoki poziom ochrony	1, 21
kategoria 3	normalny poziom ochrony	2, 22

- **Systemy ochronne (wg ATEX);** - są wyrobami innymi niż części i podzespoły urządzeń, przeznaczonymi do natychmiastowego powstrzymania wybuchów w stadium początkowym i/lub ograniczania efektywnego zasięgu wybuchu (przykład: przerywacze płomienia, systemy odciążające, zapory gaszące, systemy tłumienia wybuchów).
- **Części i podzespoły (wg ATEX);** - są wyrobami istotnymi ze względu na

bezpieczne funkcjonowanie urządzeń i systemów ochronnych w odniesieniu do zabezpieczenia przeciwwybuchowego, lecz nie pełnią samodzielnych funkcji (przykład: zaciski, zestawy przycisków, przekaźniki, puste osłony ognioszczelne, zapłonnik do światełek zahermetyzowane przekaźniki i styczniki wraz z zaciskami i połączeniami wewnętrznymi, hamulce maszyn zaprojektowane jako urządzenia ATEX, zbiorniki ciśnieniowe wypełnione proszkiem tłumiącym wybuch, taśmy przenośnikowe stosowane w przenośnikach pyłów palnych, niesamodzielne systemy ochronne, węże ssące odkurzaczy, widły wózków widłowych).

- ***Aparatura zabezpieczająca, sterująca, regulująca (wg ATEX);*** - jeśli przyczynia się lub jest wymagana do bezpiecznego funkcjonowania urządzeń i systemów ochronnych wobec zagrożeń zapłonami, albo zagrożeń niekontrolowanymi wybuchami (przykład: pompa, regulator ciśnienia, akumulator, zabezpieczenie przeciążeniowe silników elektrycznych [Ex e], zespoły sterowników w przestrzeni niezagrożonej wybuchem, systemy środowiska zawierające przyrządy wykrywające gaz rozmieszczone w przestrzeni Ex inicjujące działania w jednym lub kilku urządzeniach lub systemach ochronnych, zespoły sterowników poza przestrzenią Ex połączone z czujnikami temperatury, ciśnienia, przepływu itp., a używane w celu kontroli urządzeń elektrycznych [w strefach Ex] mającej na celu uniknięcie zagrożenia wybuchem.

2. Elektryczność statyczna.

Zagrożenie elektrycznością statyczną.

Nagromadzone ładunki elektrostatyczne oraz wytworzone przez nie pola elektrostatyczne mogą doprowadzić w sprzyjających warunkach do:

1. wywołania pożaru lub wybuchu (deflagracji lub detonacji) mieszanin par, gazów i pyłów z powietrzem poprzez wyładowania iskrowe.
2. wywołanie u pracowników bólu, bojaźni lub zmniejszenia reakcji ich mięśni czy nawet doprowadzenie do zachorowania przy długotrwałym działaniu,

3. zniszczenia lub uszkodzenia struktury materiałów (np. olejów), korozji metali, erozji powierzchniowej tworzyw sztucznych, wywołania taśm filmowych itp.,
4. zakłóceń w działaniu niektórych mierników i w automatyce oraz łączności,
5. przyciągania pyłów przez naelektryzowane materiały, co obniża ich jakość, a nawet je uszkadza.

Ładunki elektrostatyczne powstają przeważnie na skutek oddziaływań mechanicznych, termicznych lub chemicznych na różne ciała a w szczególności przy:

- wzajemnym tarciu stykających się powierzchni,
- rozrywaniu sklejonnych powierzchni,
- przełamywaniu ciał,
- wypływie gazów,

Wartość natężenia pola elektrostatycznego przy powierzchni naładowanego przewodnika jest odwrotnie proporcjonalna do kwadratu promienia krzywizny tej powierzchni. Ostre występy lub krawędzie naładowanego przewodnika można uważać jako zaokrąglenia o bardzo małym promieniu krzywizny. Natężenie pola elektrostatycznego w pobliżu takich krawędzi może przybierać bardzo duże wartości.

Badanie zjawisk elektrostatycznych cechuje często niepowtarzalność uzyskiwanych wyników. w tablicy zestawiono przykładowo powstawanie potencjałów elektrostatycznych w czasie przebiegu różnych zjawisk fizycznych.

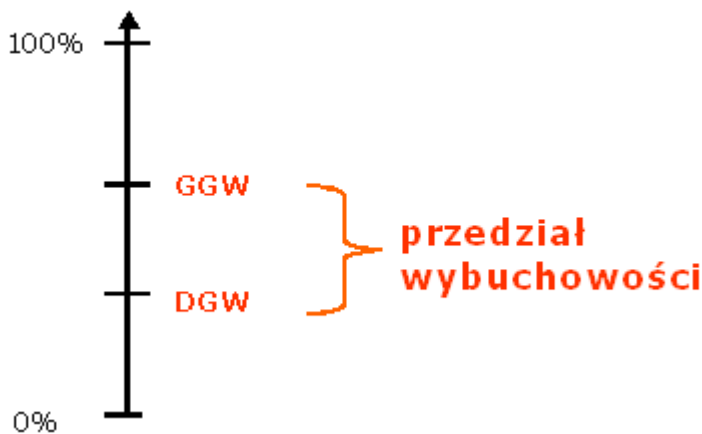
3. Klasyfikacja stref zagrożenia wybuchem

Ocena zagrożenia wybuchem pomieszczeń oraz przestrzeni zewnętrznych obejmuje wskazanie pomieszczeń zagrożonych wybuchem a także wyznaczenie w pomieszczeniach i przestrzeniach zewnętrznych, stref zagrożenia wybuchem.

W przepisach krajowych, za strefę zagrożenia wybuchem rozumie się przestrzeń, w której może występować mieszanina substancji palnych z powietrzem lub innymi gazami utleniającymi, o stężeniu zawartym pomiędzy dolną a górną granicą wybuchowości.

DOLNA GRANICA WYBUCHOWOŚCI – minimalna zawartość składnika palnego w mieszaninie z powietrzem, przy której zapłon jest już możliwy

GÓRNA GRANICA WYBUCHOWOŚCI – maksymalna zawartość składnika palnego w mieszaninie z powietrzem, przy której zapłon jest jeszcze możliwy



W pomieszczeniach należy wyznaczyć strefę zagrożenia wybuchem, zgodnie z rozporządzeniem [3] jeżeli może w nim występować mieszanina wybuchowa o objętości co najmniej $0,01 \text{ m}^3$ (10 l) w zwartej przestrzeni (nie rozbita na mniejsze nie połączone ze sobą ilości).

Strefy zagrożenia wybuchem klasyfikuje się następująco:

Strefy dla gazów/par:

- strefa O – strefa, w której mieszanina wybuchowa gazów, par lub mgieł występuje stale lub długotrwale w normalnych warunkach pracy,
- strefa 1 – strefa, w której mieszanina wybuchowa gazów, par lub mgieł może występować w normalnych warunkach pracy,

- strefa 2 – strefa, w której istnieje niewielkie prawdopodobieństwo wystąpienia mieszaniny wybuchowej gazów, par lub mgieł, przy czym mieszanina wybuchowa może wystąpić jedynie krótkotrwale,
Strefy dla pyłów:
- strefa 20 – strefa, w której mieszanina wybuchowa pyłów występuje stale lub często w normalnych warunkach pracy,
- strefa 21 i 22 – strefa, w której zalegające pyły mogą krótkotrwale stworzyć mieszaninę wybuchową wskutek przypadkowego zawirowania powietrza.

Maksymalna szybkość narastania ciśnienia wybuchu ($(dp/dt)_{max}$) -

maksymalna wartość przyrostu ciśnienia w jednostce czasu w trakcie wybuchu wszystkich atmosfer wybuchowych w zakresie wybuchowości substancji palnej w zamkniętym naczyniu w określonych warunkach badania. Wartość $(dp/dt)_{max}$ wyznaczona w objętości 1 m nazywa się wskaźnikiem wybuchowości pyłu oznaczona $K_{st max}$ i stanowi podstawę międzynarodowej klasyfikacji pyłów.

Podział pyłów na klasy (P) w zależności od wartości $K_{st max}$

Klasa wybuchowości	K_{st} (MPa*m/s)	Nazwa
0	0	nie wybuchowy
1	1-20	słabo wybuchowy
2	20-30	silnie wybuchowy
3	>30	bardzo silnie

4. Wpływ wentylacji na zagrożenie wybuchem.

Stopnie wentylacji

Skuteczność wentylacji w procesie rozpraszania i zalegania atmosfery wybuchowej, będzie zależała od stopnia i dyspozycyjności wentylacji oraz od konfiguracji systemu. Na przykład, wentylacja może nie być wystarczająca do zapobieżenia tworzeniu się atmosfery wybuchowej, lecz może być

wystarczająca do uniknięcia zalegania atmosfery wybuchowej. Rozróżnia się następujące trzy stopnie wentylacji:

Wysoki (VH)

Jest w stanie zredukować stężenie przy źródle emisji niemal natychmiast, dając w wyniku stężenie poniżej dolnej granicy wybuchowości. W rezultacie otrzymuje się strefę o małym (nawet pomijalnym) zasięgu.

Średni (VM)

Jest w stanie wpływać na stężenie, czego rezultatem jest sytuacja stabilna, w której stężenie poza granicami strefy, w czasie trwania emisji, jest poniżej dolnej granicy wybuchowości i gdzie atmosfera wybuchowa nie zalega w nadmiarze po zakończeniu emisji. Zasięg i rodzaj strefy są ograniczone parametrami konstrukcyjnymi.

Niski (VL)

Nie jest w stanie wpływać na stężenie, w czasie trwania emisji i/lub nie może zabezpieczyć przed zbytnim zaleganiem atmosfery palnej po zakończeniu emisji.

Dyspozycyjność wentylacji

Dyspozycyjność wentylacji ma wpływ na obecność lub występowanie atmosfery wybuchowej. Dlatego podczas określania rodzaju strefy dyspozycyjność (tak samo jak stopień) wentylacji należy brać pod uwagę. Wyróżnia się trzy poziomy dyspozycyjności wentylacji:

- dobra: wentylacja prawie zawsze,
- dostateczna: wentylacja w czasie normalnej pracy. Przerwy są dopuszczalne pod warunkiem ich rzadkiego występowania i w krótkich okresach,
- słaba: wentylacja, która nie spełnia wymagań dotyczących wentylacji dość dobrej lub dobrej, lecz nie dopuszcza się występowania przerw o długich okresach.

Wentylacji, która nie spełnia wymagań nawet dyspozycyjności słabej, nie należy brać pod uwagę jako przyczyniającej się do wentylacji przestrzeni.

Wentylacja naturalna

Normalnie szacowanie wentylacji w terenie otwartym powinno bazować na przyjętej minimalnej prędkości wiatru 0,5 m/s występującej prawie zawsze. W takim przypadku dyspozycyjność wentylacji może być uznawana jako „dobra”.

Wentylacja mechaniczna

Podczas szacowania dyspozycyjności wentylacji mechanicznej, należy rozważyć niezawodność i dyspozycyjność wyposażenia, np. stan gotowości dmuchaw. Zazwyczaj żąda się dobrej dyspozycyjności, a w razie uszkodzenia, automatycznego uruchamiania rezerwowej dmuchawy (dmuchaw). Jeżeli wprowadzono gotowość do zapobieżenia emisji materiałów palnych, wówczas, gdy wentylacja jest uszkodzona (np. przez automatyczne zatrzymanie procesu), klasyfikacja określona przy uwzględnieniu działającej wentylacji podstawowej nie musi być modyfikowana, tj. dyspozycyjność może być uznana za dobrą.

Stopnie emisji:

emisja ciągła - emisja, która występuje stale lub której występowania może spodziewać się w długich okresach

pierwszy stopień emisji - emisja, której występowanie podczas normalnej pracy można spodziewać się okresowo lub okazjonalnie

drugi stopień emisji - emisja, której występowania w warunkach normalnej pracy nie można spodziewać się, a jeżeli pojawi się ona rzeczywiście, to tylko rzadko i tylko na krótkie okresy

III. DANE OGÓLNE:

1. Charakterystyka ogólna i przeznaczenie obiektu, kwalifikacja pożarowa i gęstość obciążenia ogniowego, klasa odporności pożarowej budynku, odporności ogniowej zastosowanych elementów budowlanych i ich stopień rozprzestrzeniania ognia.

1.1. Dane ogólne

Budynek magazynowy (PM)	
Powierzchnia zabudowy [m ²]	1500
Powierzchnia wewnętrzna [m ²]	1496
Kubatura [m ³]	16440
Wysokość [m]	15,63
Grupa wysokości	Niski w grupie wysokości (N)
Liczba użytkowanych kondygnacji	1
Liczba użytkowanych kondygnacji podziemnych	0
Liczba użytkowanych kondygnacji nadziemnych	1
Maksymalne wymiary budynku [m]	25,00 x 60,00

1.2. Zagrożenie pożarowe.

Budynek magazynowy został sklasyfikowany pożarowo jako "PM".

Projektuje się budynek rolniczy, przeznaczony do magazynowania zboża. Magazynowany tu będzie produkt wyselekcjonowany, wysuszony i zapakowany w worki np. typu Big Bag. Składowany w sztapple (przewiewny stos) do wysokości 2m. Worki Big Bag zapewniają swobodny przepływ powietrza. Dzięki temu temperatura wewnątrz worka jest stała, co zapobiega zagrzewaniu przechowywanego materiału. Odpowiednie warunki panujące wewnątrz worka zapobiegają rozwojowi pleśni i innych patogenów.

Obiekt nie ogrzewany. Nie przeznaczony na stały pobyt ludzi,

1.3. Informacja o przewidywanej gęstości obciążenia ogniowego.

Strefy pożarowe zaliczone do obiektów produkcyjno-magazynowych PM				
strefa	zawarta powierzchnia strefy pożarowej [m ²]	przewidywana gęstość obciążenia ogniowego	Ilość magazynowanego zboża (kg)	Sposób magazynowania
Sl.	1496	2139 MJ/m ²	1000000	w workach typu Big-bag

Obliczenia:

Do obliczenia gęstości obciążenia ogniowego uwzględniono materiały palne składowane, przerabiane lub transportowane w sposób ciągły, znajdujące się w magazynie, stanowiącym jedną strefę pożarową. Materiał ten stanowi zboże składowane w workach do wysokości 2m w ilość 1000000 kg. Do obliczeń zakłada się równomierne rozmieszczenie zboża na całej powierzchni hali. Przyjęto 20% masy składowanego materiału.

Gęstość obciążenia ogniowego Q_d w megadżulach na metr kwadratowy obliczono według wzoru:

$$Q_d = \frac{\sum_{i=1}^n (Q_d \cdot G_1)}{F}$$

w którym:

n – liczba rodzajów materiałów palnych znajdujących się w pomieszczeniu, strefie pożarowej lub składowisku,

G₁ – masa poszczególnych materiałów w kilogramach,

F – powierzchnia rzutu poziomego pomieszczenia, strefy pożarowej lub składowiska w metrach kwadratowych,

Q – ciepło spalania poszczególnych materiałów w megadżulach na kilogram (wartości liczbowe ciepła spalania niektórych materiałów przedstawiono w załączniku)

$$\underline{Q_d = 16 \times 200000 / 1496 = 2139 \text{ MJ/m}^2}$$

1.4. Informacja o klasie odporności pożarowej oraz klasie odporności ogniowej i stopniu rozprzestrzeniania ognia elementów budowlanych.

Klasa odporności pożarowej zgodnie z § 212 ÷ § 215 przepisu [4] dla stref pożarowych.			
oznaczenie strefy pożarowej	zawarta powierzchnia strefy pożarowej [m ²]	kwalifikacja strefy pożarowej	wymagalna klasa odporności pożarowej
S1	1496	2000<Q<4000	"B" obniżono do "E"

Dla poszczególnych klas odporności pożarowej elementy budowlane powinny mieć klasę odporności ogniowej:

Klasa odporności pożarowej budynku	Klasa odporności ogniowej elementów budynku					Przekrycie dachu 3)
	główna konstrukcja nośna	konstrukcja dachu	strop ¹⁾	Ściana zewnętrzna ^{1),2)}	Ściana wewnętrzna ¹⁾	
„B”	R 120	R 30	R E I 60	E I 60 (o ↔ i)	E I 30 ⁴⁾	RE 30
„E”	-	-	-	-	-	-

Oznaczenia w tabeli:

R — nośność ogniowa (w minutach), określona zgodnie z Polską Normą dotyczącą zasad ustalania klas odporności ogniowej elementów budynku,

E — szczelność ogniowa (w minutach) określona jw.

I — izolacyjność ogniowa (w minutach), określona jw.,

(-) — nie stawia się wymagań.

- elementy budynku NRO

UWAGA

Dopuszcza się przyjęcie klasy „E” , pod warunkiem zastosowania:

1. wszystkich elementów budynku nierozprzestrzeniających ognia (NRO);
2. samoczynnych urządzeń oddymiających w strefach pożarowych o

powierzchni przekraczającej 1000m²

Obniżenie klasy odporności pożarowej budynku, nie zwalnia z zachowania wymaganej pierwotnie klasy odporności ogniowej elementów oddzielenia przeciwpożarowego, określonej w tabelce

W budynku zaprojektowano system samoczynnych urządzeń oddymiających – kłapy dymowe w świetliku liniowym - przyjęto klasę „E”.

Brak elementów oddzielenia przeciwpożarowego

1.5. Informacja o usytuowaniu z uwagi na bezpieczeństwo pożarowe.

Odległość projektowanego obiektu w granicach obszaru inwestycji od:

Od granicy działki-

- północna – 22,0 m

- wschodniej -103,6 m

- zachodniej – 59,21 m

- południowej – 80,52 m

od zbiornika pożarowego - 31,81 m

od stanowiska czerpania wody - 17,00 m

Odległość projektowanego obiektu od obiektów na sąsiadujących działkach:

budynek gospodarczy – 138,21 m (minimum 20m)

naziemne zbiorniki gazu – 115,23 m

1.6. Informacje o warunkach i strategii ewakuacji ludzi lub ich uratowania w inny sposób.

WARUNKI EWAKUACJI

Maksymalną liczbę osób przebywających w budynkach obliczono na podstawie obowiązujących współczynników, tj.:

magazyny – 30 m²/osobę,

Warunki ewakuacji w budynku zaprojektowano dla max. 50 osób

zaprojektowano 6 wyjść ewakuacyjne na zewnątrz budynku

- dopuszczalne długości przejścia ewakuacyjnego (40m)
- oddymiane grawitacyjnie przez klapę dymową przyjmując 3% rzutu hali. Sterowanie automatyczne z systemu SSP, czujnikami podłączonymi pod centrale oddymiającą lub przyciskami oddymiania
- drzwi wyjściowe z budynku otwierane zgodnie z kierunkiem ewakuacji. Minimalna szerokość drzwi, została obliczona na podstawie współczynnika 0.6 m na 100 osób
- dojścia ewakuacyjne prowadzą bezpośrednio na zewnątrz budynku

1.7. Informacje o doborze urządzeń przeciwpożarowych i innych urządzeń służących bezpieczeństwu pożarowemu, dostosowanym do wymagań wynikających z przepisów dotyczących ochrony przeciwpożarowej i przyjętych scenariuszy pożarowych, z podstawową charakterystyką tych urządzeń.

Budynek zostanie wyposażony w następujące urządzenia przeciwpożarowe:

- przeciwpożarowy wyłącznik prądu
- System sygnalizacji pożaru
- System oddymiania grawitacyjnego – w obiekcie zaprojektowano samoczynną instalację oddymiającą uruchamianą przez system wykrywania dymu;
- Hydranty wewnętrzne - dwa jednocześnie działające hydranty HP52 (2 x 2,5l/s)

1.8. PODRĘCZNY SPRZĘT GAŚNICZY (GAŚNICE)

Budynek zostanie wyposażony w gaśnice proszkowe ABC 4kg i CO_2 o zawartości środka gaśniczego 5 kg - 2 kg (3 dm^3) środka gaśniczego na każde 100 m^2 powierzchni.

Minimalna odległość dojścia do gaśnicy: 1 m., maksymalna odległość dojścia do gaśnicy: 30 m. Szczegółowy wykaz rodzajowy i ilościowy zostanie określony w Instrukcji Bezpieczeństwa Pożarowego użytkownika obiektu.

1.9. Informacje o przygotowaniu obiektu budowlanego i terenu do prowadzenia działań ratowniczo-gaśniczych, a w szczególności informacje o drogach pożarowych, zaopatrzeniu w wodę do zewnętrznego gaszenia pożaru oraz o sprzęcie służącym do tych działań.

ZAOPATRZENIE W WODĘ DO ZEWNĘTRZNEGO GASZENIA POŻARU

Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 24 lipca 2009 r. w sprawie przeciwpożarowego zaopatrzenia w wodę oraz dróg pożarowych nowoprojektowany obiekt budowlany będzie wymagał 90 m³ wody gromadzonej w zbiorniku do celów p.poż.. Na terenie dz. nr 70/4 znajduje się szczelny otwarty zbiornik do celów p.poż. o pojemności całkowitej 150 m³. Taka pojemność jest wystarczająca zarówno dla zabezpieczenia pod względem p.poż. istniejących obiektów jak i nowoprojektowanego. Zbiornik należy jedynie przebudować w celu dostosowania go do istniejących wymagań i przepisów.

Istniejąca gminna sieć wodociągowa nie zapewnia wystarczających parametrów wody do zabezpieczenia obiektów pod względem p.poż.

Wyznaczenie pojemności zbiornika do celów p.poż. (dla nowoprojektowanego obiektu budowlanego gospodarki rolnej):

Powierzchnia strefy pożarowej – 1500 m² (do 2000 m²)

Gęstość obciążenia ogniowego – 2178,4 MJ/m²

Wymagana ilość wody na zewnętrzne cele p.poż. – co najmniej 10 dm³/s

W przypadku, gdy wydajność wodociągu stanowiącego źródło wody do celów p.poż. nie zapewnia wskazanej powyżej ilości, należy zapewnić uzupełniający zapas wody w zbiorniku, np. do celów p.poż. w ilości odpowiadającej 10 m³ zapasu wody na 1 dm³/s brakującej wydajności wodociągu. Zatem min. pojemność zbiornika na cele p.poż :

$$10 \text{ m}^3 \times 10 \text{ dm}^3/\text{s} = 100 \text{ m}^3$$

Pojemność przebudowywanego zbiornika do celów p.poż. - $150 \text{ m}^3 > 100 \text{ m}^3$

DROGI POŻAROWE

Wymagane jest doprowadzenie drogi pożarowej dla budynku i zabezpieczenie 30% obwodu obiektu

100% obwodu budynku wynosi 110 m.

30% obwodu budynku wynosi 33 m.

Długość zaprojektowanej drogi pożarowej wynosi wokół obiektu wynosi 110 m
(100%)

IV. OCENA ZAGROŻENIA WYBUCHEM:

W omawianym przypadku do możliwości tworzenia się mieszaniny wybuchowej może dojść teoretycznie w następujących miejscach:

1. Miejsca zalegania pyłów zbożowych osiadłych w magazynie big bagów o powierzchni ok. 1500m².

Warunki eksplozji pyłu

W literaturze przedmiotu określono następujące czynniki warunkujące wybuch pyłu:

- rozmiar ziarna pyłu
- niska wilgotność pyłu
- palność
- dolna granica wybuchowości
- minimalna koncentracja w przestrzeni
- rozproszenie w przestrzeni
- rodzaj ograniczenia przestrzennego
- efektywne źródło zapłonu
- temperatura tlenia i wylewania, zapalania pyłu osiadłego, zapalenia chmury pyłu
- minimalna energia zapłonu
- maksymalne ciśnienie wybuchu
- maksymalna szybkość narastania wybuchu
- współczynnik klasyfikacji wybuchowej pyłów
- predyspozycje pyłu do gromadzenia i uwolnienia elektrostatycznego ładunku mogącego być źródłem zapłonu

- minimalna ilość tlenu niezbędna do wybuchu obłoku pyłu

Warto zauważyć, że jeżeli znikną parametry ograniczenia w przestrzeni oraz rozproszenia, wówczas uzyskamy podstawowy trójkąt spalania, czyli komplet czynników niezbędnych do pojawienia się pożaru. Dochodzi jednak dodatkowy czynnik, w postaci chemicznej reakcji łańcuchowej. Reakcja łańcuchowa powstaje, gdy energia z procesu spalania zwrócona do paliwa wystarcza do rozłożenia kolejnych partii paliwa. Co oczywiste, w przypadku gdyby nie wystarczyła, proces spalania zostanie zatrzymany wraz z zanikiem źródła zapłonu.

W Stanach Zjednoczonych od 1980 do 2005 r. z powodu pożarów i wybuchów pyłu (281 incydentów) zginęło 119 pracowników a 718 zostało rannych, oraz zostało zniszczonych wiele przemysłowych instalacji. W 2003 roku eksplozja zniszczyła fabrykę farmaceutyków w Kinston (Północna Karolina, USA) i spowodowała zgon sześciu pracowników. Stwierdzono nagromadzenie warstwy pyłu o grubości nie przekraczającej 0.6 cm. Narodowe Stowarzyszenie Ochrony Pożarowej w USA ostrzega, że znaczące zagrożenie wybuchem spowoduje każda grubsza niż 0,8 mm warstwa pyłu rozpościerająca się na więcej niż 5 procentach powierzchni pomieszczenia (do 1860 m²). W większych pomieszczeniach, o powierzchni przekraczającej 1860 m² należy przyjąć, że warstwy pyłu o powierzchni 93m² powoduje znaczące zagrożenie.

Typy eksplozji

Aczkolwiek omawiamy wybuchy pyłów, celowe będzie sporządzenie krótkiego przeglądu różnych typów eksplozji ponieważ identyfikacja paliwa i typu wybuchu jest jednym z kluczowych elementów śledztwa. - Eksplozja to pojęcie obejmujące zdarzenia o różnym charakterze zawsze jest jednak gwałtownym zjawiskiem, któremu towarzyszy fala ciśnienia i efekt akustyczny. Dzieli się na zjawiska zachodzące w przestrzeni otwartej albo ograniczonej.

Eksplzja występuje osobno (tzn. bez dodatkowych skutków), powoduje pożar lub jest skutkiem pożaru.

Eksplzje dzieli się na dwa główne rodzaje - mechaniczną i chemiczną. Typowym przykładem eksplzji mechanicznej są wybuchy kotłów parowych i zbiorników kompresorów powietrza. Mechaniczna (fizyczna) eksplzja ma miejsce jeśli fala wysokiego ciśnienia powstaje bez udziału reakcji chemicznej. Przykład – niekontrolowane podgrzewanie szczelnego zbiornika wytworzy wewnątrz nadciśnienie. W pewnym momencie powłoka zbiornika pęka i dochodzi do eksplzji. Przyczyną jest nadmierne rozprężanie się par wrzącej cieczy powodujące narastanie ciśnienia i w konsekwencji wybuch Bleve (z angielskiego: Bleve-Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion). Palność cieczy w kotle nie ma w tym przypadku znaczenia; wybuchnąć może każda ciecz doprowadzona do odpowiedniej temperatury. Jeżeli jednak ciecz lub zgromadzony w zbiorniku gaz jest palny, wówczas może temu towarzyszyć eksplzja typu chemicznego (ang. fireball). Obydwa typy eksplzji często zachodzą razem i są nazywane wybuchem „bleve-fireball”.

Szczególnym przypadkiem jest jeszcze eksplzja, w rezultacie wyzwolenia energii łuku elektrycznego gwałtownie ogrzewającego gazy w otoczeniu, powodująca eksplzję mechaniczną, a często także groźny pożar. Jest to typ zdarzenia często spotykany zwłaszcza w urządzeniach wytwarzających lub przesyłowych energii elektrycznej.

W naukowym dochodzeniu powybuchowym przyjęto badać efekty wybuchu na czterech polach: oceniając ciśnienie fali podmuchowej (burzącej) nim wywołanej, oceniając efekt odłamkowy, efekt termiczny i efekt sejsmiczny. Etapowe przeanalizowanie efektów pozwala uprawdopodobnić zakładane scenariusze zdarzenia, odrzucić błędne założenia oraz zweryfikować na użytek sądu zeznania świadków.

Fala ciśnienia wybuchu

Fala podmuchowa jest rezultatem gwałtownego wyzwolenia gazów, powodującym falę ciśnienia poruszającą się w kierunku odśrodkowym na zewnątrz od centrum wybuchu. Wraz ze wzrostem fali jej siła maleje. Występuje także efekt przeciwny polegający na powrocie fali do miejsca wybuchu. Ta fala jest spowodowana ruchem powietrza po zassaniu do miejsca eksplozji, gdzie wytworzyło się niskie ciśnienie. Fala powrotna jest znacznie słabsza, ale może powodować dodatkowe zniszczenia osłabionej struktury oraz przemieścić szczątki w taki sposób, że utrudnią śledczemu zlokalizowanie usadowienia wybuchu.

Efekt odłamkowy

Odłamki – części zbiornika, urządzeń lub struktury oderwane lub wyrzucone przez ciśnienie wybuchu. Mogą być wyrzucone na szeroki obszar i znaczną odległość. Charakterystyczne cechy odłamków ich uszkodzenia oraz lokalizacja są cennym źródłem informacji.

Efekt termiczny

Ocenie podlega typ tego efektu. Zazwyczaj jest to rezultat procesu spalania obecny jako kula ogniowa podczas eksplozji i krótko po niej. W oparciu o ustalenia skutku termicznego i inne dane zebrane w związku z prowadzonym dochodzeniem powybuchowym można min. obliczyć, ile paliwa znajdowało się przed wybuchem w zbiorniku.

Sejsmiczny efekt

Wybuch blisko poziomu ziemi, a z takim mamy najczęściej do czynienia, powoduje wstrząs sejsmiczny. Fala wstrząsu rozchodzi się pod ziemią na odległość zależną od typu i rozmiaru eksplozji oraz rodzaju gruntu i zawartych

w nim struktur (skalnych lub innych). Jeżeli dane te zostały zarejestrowane przez czujnik, mogą być cennym źródłem informacji dla analizy przyczyn i skali zjawiska (czasu eksplozji, liczby eksplozji, stosunku sił tych eksplozji, a nawet czasu jej trwania).

Prawidła zjawisk eksplozyjnych

Na eksplozję oddziałuje typ paliwa i jego ilość oraz konstrukcja ograniczenia. Przykładowo: im mniejszy rozmiar naczynia, tym wyższe ciśnienie w wyniku zapłonu identycznej porcji powstałej tam mieszaniny paliwa z powietrzem. Między innymi z tego względu staramy się precyzyjnie określać położenie przeszkód na drodze wybuchu. Urządzenia technologiczne, kolumny podpór itp. elementy mogą przyspieszyć mieszanie paliwa z powietrzem i zwiększyć w ten sposób szybkość reakcji oraz eskalować zniszczenia.

Od wielkości i kształtu drobin pyłu zależy powierzchnia paliwa przypadająca na jednostkę masy, czyli także prędkość reakcji pyłu z powietrzem. Czym większy stosunek powierzchni do jednostki masy, tym pył jest bardziej wybuchowy. Najgroźniejsze pyły posiadają ziarna o wielkości poniżej 75 μm (10-6m). Doświadczenie uczy, że zagrożenie wybuchem pyłów o wielkości ziaren powyżej 500 μm jest minimalne.

Wielkość źródła zapłonu ma mały wpływ na typ eksplozji, jeśli jednak jest to duże źródło zazwyczaj zwiększa ono falę ciśnienia. Zasadniczy wpływ na właściwości wybuchowe pyłu ma wilgotność. Pyły o wilgotności powyżej 30 proc. nie wybuchają.

Fala ciśnienia powoduje określone zniszczenia struktury. Ich analiza może doprowadzić do określenia parametrów wybuchu. Ponadto fala ciśnienia generuje fale dźwiękowe. W przypadku zarejestrowania próbki dźwięku, może być ona pomocna przy identyfikacji rodzaju paliwa.

Oceniamy też odłamki. Zwłaszcza te znalezione daleko od miejsca wybuchu i noszące ślady długiego oddziaływania ciepła, będą dowodem, że eksplozję mógł poprzedzić pożar.

Jeśli eksplozja poprzedzała pożar, możemy się spodziewać, że daleko od miejsca wybuchu/pożaru zastaniemy szkło szyb okiennych czyste. Osmołone kawałki szkła lub inne elementy znajdujące się daleko od epicentrum wybuchu mogą wskazywać, że przynajmniej przez krótki czas pożar poprzedzał eksplozję.

Materiały znajdujące się w czasie wybuchu daleko od epicentrum bardziej przypominają poddane działaniu deflagracji. Materiały znajdujące się w pobliżu epicentrum zazwyczaj noszą znamiona oddziaływania detonacji, będą porozrywane pokruszone i poszarpane.

Usadowienie eksplozji

Jest definiowane jako wgniecenie (lej, krater) albo obszar największego spustoszenia związanego z eksplozją. Największe spustoszenie występuje w miejscu (epicentrum) detonacji – gdzie paliwo miało kontakt z efektywnym źródłem zapłonu. Obszar ten może mieć średnicę od kilkunastu centymetrów do wielu metrów. Dowodem jest zwykle wgniecenie, w którym widać sproszkowaną ziemię lub elementy struktury. Efekt ten powodują eksplozje o wysokim ciśnieniu i szybkości narastania ciśnienia. Generalnie szybkość wybuchu musi przekraczać prędkość dźwięku. Na miejscu oceniamy jednak, czy wgłębienie nie zostało wywołane przez odłamek lub upadającą strukturę.

Specyficzne typy albo konfiguracje paliwa mogą tworzyć usadowione eksplozje: materiałów wybuchowych, kotłów parowych, szczególnie ograniczonych gazów i par, bleve w relatywnie małych zbiornikach np. beczkach, małe zbiorniki.

Chemiczna analiza próbek pobranych z omawianego miejsca (np. ziemi, cząstek cementu) może doprowadzić do określenia rodzaju paliwa.

Nieusadowione eksplozje

Paliwa, w czasie wybuchu wywołujące falę ciśnienia o prędkości poddźwiękowej, często są eksplozjami nieusadowionymi. Najbardziej niszczące i gwałtowne są wybuchy pyłu w ograniczonych przestrzeniach takich jak podziemne chodniki kopalń węgla, hale produkcyjne, elewatory zbożowe. Duży obszar wyklucza możliwość stworzenia usadowienia lub krateru.

Wysoki poziom zniszczeń - high-order damage

Terminy „high-order damage i low-order damage” wyznaczono w celu charakteryzacji poziomu zniszczeń.

Wysoki poziom zniszczeń charakteryzuje się rozbiciem struktury ograniczenia, wytworzeniem małych sproszkowanych odłamków materiału. Ograniczenie zostaje całkowicie zniszczone, części ścian i dachu są rozerwane. Odłamki wybuch rozrzuca na znaczne odległości. Wnioskujemy na tej podstawie, że miał miejsce gwałtowny wzrost ciśnienia.

Niski poziom zniszczeń - low-order damage

Niski poziom zniszczeń charakteryzuje się wybrzuszeniem ścian lub ich przewróceniem oraz brakiem istotnych uszkodzeń struktur sąsiednich. W momencie wybuchu dach może zostać nieznacznie podniesiony ale powróci w przybliżeniu na swoje poprzednie miejsce. Okna mogą być wyparte, czasem zdarza się że niektóre szyby pozostają w całości. Odłamki są większe i znajdują się bliżej. Wniosek prosty: miał miejsce powolny wzrost ciśnienia.

Analizując zagrożenia wybuchem pochodzące od mieszanin pyłowo-powietrznych należy pamiętać, że na mierzone eksperymentalnie parametry

opisujące wybuchowość takich mieszanin mają wpływ różne czynniki, a przede wszystkim:

- granulacja pyłu. Od rozdrobnienia pyłu zależy wielkość jego powierzchni przypadającej na jednostkę masy, a co za tym idzie - prędkość reagowania pyłu z tlenem. Im pył jest drobniejszy, tym jest bardziej wybuchowy (za najgroźniejsze po tym względem uznaje się pyły o ziarnach mniejszych niż 75 μm). Natomiast pyły o rozmiarach cząstek ponad 500 μm praktycznie nie stwarzają zagrożeń wybuchowego,
- zawartość wilgoci w pyłe. Zwiększanie zawilgocenia pyłu zmniejsza jego wybuchowość - pyły zawierające ponad 15% wilgoci wykazują znacznie mniejsze skłonności do wybuchu, zaś pyły zawierające ponad 30% wilgoci już nie wybuchają,
- zawartość tlenu w mieszaninie. Zmniejszanie stężenia tlenu znacznie redukuje zagrożenie wybuchem pyłowym. Dla większości pyłów przy stężeniach tlenu poniżej 10% obj. prawdopodobieństwo wybuchu jest znikomo małe.

1. Miejsca zalegania osiadłych pyłów zbożowych.

Wejściowe dane tabelaryczne:

Tabela 1. Zestawienie parametrów kalometrycznych wybranych zbóż na podstawie danych literaturowych [13].

Zboże	Czas zapłonu	Srednia HRR	Maksymalna HRR	Całkowita ilość wydzielonego ciepła	Całkowita ilość wydzielonego dymu
	[s]	[kW/m ²]	[kW/m ²]	[kW/m ²]	[m ² /m ²]
pszenica	106	92,9	245	24,6	27,9
pszenżyto	41	86,3	174	22,3	31,2
kukurydza	48	129	260	60	88,5
owies	28	94,7	219	26,9	64,1

Tabela 2. Charakterystyczne parametry zapalności pyłów pochodzenia organicznego, które mogą tworzyć atmosfery wybuchowe na podstawie danych literaturowych [5] [6].

Materiał palny	Parametry wybuchowe				Temperatura samozapłonu			Uwagi
	DGW [g/m ³]	Klasa wyb. pyłu	K _{ST} [bar m/s]	P _{max} max. ciśnienie wybuchu [bar]	Minimalna energia zapłonu [mJ]	Warstwy [°C]	Obłoku [°C]	
skrobia kukurydziana	40	ST1	120	9	30	bd.	380	[5]
pszenica w dużej ilości	65	ST1	bd.	b.d.	60	220	500	[5]
mąka (pszenica)	50	ST1	140	8	60	440	440	[5]
skrobia (pszenica)	25	ST1	bd.	bd.	25	380	400	[5]
zboże	bd.	ST1	130	9	bd.	bd.	bd.	[5]
soja mąka	60	ST1	120	9	100	340	550	[5]
pasza dla zwierząt	bd.	ST1	40	8	bd.	bd.	bd.	[6]
żyto	bd.	ST1	100	9	bd.	bd.	bd.	[6]
ryż	45	ST1	bd.	bd.	30	450	510	[5]

W efekcie analizy parametrów, opisujących charakterystykę wybuchu mieszanin pyłowo-powietrznych pyłów mieszanek zbożowych, można wywnioskować, że zgodnie z ogólnie przyjętymi kryteriami, wszystkie pyły wykazują podobne charakterystyki wybuchu: klasa ST1 (pył słabo wybuchowy).

Wybuch kukurydzy charakteryzuje się znacznie mniejszą szybkością przyrostu ciśnienia wybuchu w jednostce czasu niż pył pozostałych zbóż. Parametr K_{ST} na poziomie 52 bar·m/s oznacza stosunkowo wolny procesie spalania mieszaniny pyłowo-powietrznej. Zbożem charakteryzującym się najwyższą wartością parametru K_{ST} jest pszenica (158 bar·m/s). Wszystkie pyły zbóż wykazują wysoki przyrost ciśnienia wybuchu ok. 6-9 bar. Wysoka wartość ciśnienia wybuchu, podobnie jak duży skok ciśnienia, wykazują możliwość

wystąpienia większych szkód w wyniku ewentualnego zdarzenia na terenie zakładu, w szczególności wewnątrz pomieszczeń zamkniętych. Wartości minimalnej energii zapłonu dla zbóż mieszczą się w zakresie 25-100 mJ.

2. Magazyn big bagów o powierzchni ok. 1500m²

Ocena zagrożenia wybuchem w pomieszczeniu magazynowym.

W przypadku magazynu z big bagami, teoretyczna strefa zagrożenia wybuchem mogłaby powstać tylko w awaryjnym przypadku, tj. nagromadzeniu się i równomiernym rozłożeniu pyłów zbożowych w analizowanej przestrzeni. Dla takiego przypadku istnieje możliwość obliczenia granicznej masy pyłu, która może stworzyć zagrożenie dla pomieszczenia. Określenie masy krytycznej pyłu, która przesądzi o zakwalifikowaniu pomieszczenia, jako zagrożone wybuchem określają poniższe wzory:

$$\Delta P = \frac{m_{\max} \times q_{sp} \times P_0 \times W}{V \times \rho_p \times c_p \times T} \quad [1]$$

$$m_{\max} = \frac{\Delta P \times V \times \rho_p \times c_p \times T}{q_{sp} \times P_0 \times W} \quad [2]$$

Założenia:

P_{\max} - 5 (kPa) - maksymalne dopuszczalne nadciśnienie w analizowanym pomieszczeniu magazynowym

q_{sp} - $16,0 \times 10^6$ (J x kg) ciepło spalania analizowanego pyłu palnego, współczynnik przyjęty przez analogię do innych substancji organicznych (tytoń, słoma roślin oleistych, siano)

P_0 - 101,325 (kPa) - ciśnienie atmosferyczne normalne (wartość stała),

ρ_p - 1,2 (kg/m³) - gęstość powietrza w temperaturze T (wartość stała),

c_p - 1,01 x 10³ (J/kg x K) - (wartość stała),

T- 293 (K) = 20 ° C - temperatura otoczenia,

V_k – ok. 22500 (m³) - kubatura analizowanego magazynu

W = 0,17 - współczynnik przebiegu reakcji - (wartość stała),

$$\Delta P = \frac{m_{\max} \times q_{sp} \times P_0 \times W}{V \times \rho_p \times c_p \times T} \quad [1]$$

$$m_{\max} = \frac{\Delta P \times V \times \rho_p \times c_p \times T}{q_{sp} \times P_0 \times W} \quad [2]$$

$m_{\max} = 144,8\text{kg}$ (dla całego magazynu)

Magazyn należałby zakwalifikować jako zagrożony wybuchem, jeżeli masa pyłu osiadłego w strefie przekroczy **144,8kg**.

Pył zbożowy posiada duże możliwości higroskopijne i łącząc się z wilgocią zawartą w powietrzu koaguluje w większe frakcje niezdolne do przemieszczania się na większą odległość.

Mając na uwadze fakt, że podniesienie się pyłu wysypanego z big бага na całej powierzchni jest praktycznie niemożliwe, bardziej prawdopodobne jest uniesienie się pyłu lokalnie, dlatego do dalszych obliczeń grubości warstwy pyłu która powoduje zaliczenie pomieszczenia do zagrożonego wybuchem przyjęto powierzchnię koła o średnicy 2 m² - jest to mało prawdopodobna, ale możliwa powierzchnia rozsypanego pyłu w jednym miejscu (większy wysyp jest nie do przegapienia przez pracowników). Grubość warstwy dla tej powierzchni wynosi:

$$d = \frac{m_{\max}}{F_{\text{pom}} \times q_n}$$

gdzie:

q_n - gęstość nasypowa pyłu średnio - 550 kg/m³,

d - grubość warstwy pyłu,

F_{pom} - powierzchnia osiadania warstwy pyłu 12,56 m²,

m_{\max} - graniczna masa pyłu.

$$d = 6,7 \text{ mm}$$

Jeżeli w przypadku rozsypu pyłu na powierzchni 12,56m² ograniczymy grubość warstwy pyłu poniżej 6,7 mm/m² **należy uznać , że nie będzie zagrożenia wybuchem.**

Zaniedbanie posprzątania rozsypanej warstwy pyłu i doprowadzenie do:

- nagromadzenia się pyłu o grubości ponad 6,7 mm na powierzchni 12,56m²
- nagromadzenia się pyłu w ilości ponad 144,8 kg w magazynie,

spowoduje zakwalifikowanie pomieszczenia jako zagrożonego wybuchem ze strefą zagrożenia wybuchem 22 w całym magazynie.

Rozsypany pył należy niezwłocznie posprzątać tak dostosować, aby określone warunki (grubość warstwy, lub masa pyłu) nigdy nie były przekroczone.

VI. UWAGI I WNIOSKI

- Po dokonaniu oceny zagrożenia wybuchem, należy uznać, że w magazynie nie występują pomieszczenia zagrożone wybuchem. Mogą jedynie w przypadkach awaryjnych wystąpić przestrzenie zagrożone wybuchem.
- Zaniechanie posprzątania rozsypanej warstwy pyłu i doprowadzenie do:
 - nagromadzenia się pyłu o grubości ponad 6,7 mm na powierzchni 12,56m²
 - nagromadzenia się pyłu w ilości ponad 144,8 kg w magazynie,spowoduje zakwalifikowanie pomieszczenia jako zagrożonego wybuchem ze strefą zagrożenia wybuchem 22 w całym magazynie.
- Należy regularnie usuwać warstwy zalegającego pyłu zbożowego.
- Należy bezzwłocznie usuwać większe warstwy zalegającego pyłu zbożowego.
- Najlepszym środkiem zabezpieczającym przed powstawaniem elektryczności statycznej jest uziemienie wszystkich tych elementów przewodzących prąd, na których mogą zgromadzić się ładunki elektrostatyczne w niebezpiecznej ilości.
- Należy przestrzegać reżimu technologicznego:
 - niedopuszczanie do awaryjnego stanu urządzeń,
 - wstrzymanie pracy urządzeń w okolicy rozszczelnionych big-bagów,
- W magazynie zbożowym wprowadza się zakaz używania ognia otwartego.
- Ponadto wprowadza się nakaz usuwania z pomieszczenia przynajmniej raz w miesiącu kurzu, pajęczyny i pyłów technologicznych osiadłych w miejscach niedostępnych przy codziennym sprzątaniu
- Wprowadza się bezwzględny zakaz dopuszczania do pracy osób nie mających właściwego przeszkolenia przeciwpożarowego uwzględniającego zagrożenia występujące w technologii.

- Należy regularnie czyścić i sprawdzać sprawność urządzeń wentylująco – odpylających.
- Badania instalacji elektrycznej należy wykonywać regularnie, nie rzadziej niż 1 raz w roku.


mgr inż. Maciej Wojciechowski

WAŻNOŚĆ OPRACOWANIA.

Powyższe opracowanie zachowuje ważność w stosunku do obiektu będącego przedmiotem opracowania, jest opracowaniem indywidualnym i bez wiedzy oraz zgody autora niniejszego opracowania nie może być wykorzystywana w innych okoliczności.