

OCENA ZAGROŻENIA WYBUCEM

**DO PROJEKTU KONCEPCYJNEGO PRZEBUDOWY
ISTNIEJĄCYCH BUDYNKÓW NR 4, 7, 12 ORAZ 13
PRZY AL. LOTNIKÓW 32/46 W WARSZAWIE,
DLA ZAMIERZENIA INWESTYCYJNEGO PN.
„REMONT I BUDOWA CENTRUM KOMPETENCJI
MIKROELEKTRONIKI I FOTONIKI” ŁUKASIEWICZ -
IMIF**

Opracowała:

Marzec 2025

Spis treści

1. CEL OPRACOWANIA	6
2. PODSTAWY PRAWNE	7
3. PODSTAWOWE DEFINICJE I OKREŚLENIA	8
4. OCENA ZAGROŻENIA WYBUchem	13
4.1. POMIARÓWKA - BUDYNEK 4 (PIWNICA).....	13
4.1.1. Charakterystyka	13
4.1.2. Źródła emisji i ich klasyfikacja	13
4.1.3. Ocena stopnia wentylacji.....	14
4.1.4. Wyznaczenie stref.....	14
4.1.5. Ocena pomieszczenia pod kątem kwalifikacji jako pomieszczenia zagrożonego wybuchem 14	
4.2. LABORATORIUM BIOLOGICZNO-CHEMICZNE BSL-2 - BUDYNEK 4 (PARTER).....	16
4.2.1. Charakterystyka	16
4.2.2. Źródła emisji i ich klasyfikacja	18
4.2.3. Ocena stopnia wentylacji.....	19
4.2.4. Wyznaczenie stref.....	19
4.2.5. Ocena pomieszczenia pod kątem kwalifikacji jako pomieszczenia zagrożonego wybuchem 19	
4.3. LABORATORIUM POMIAROWE 10kV - BUDYNEK 4 (PARTER)	21
4.3.1. Charakterystyka	21
4.3.2. Źródła emisji i ich klasyfikacja	22
4.3.3. Ocena stopnia wentylacji.....	22
4.3.4. Wyznaczenie stref.....	22
4.3.5. Ocena pomieszczenia pod kątem kwalifikacji jako pomieszczenia zagrożonego wybuchem 23	
4.4. MONTAŻ - BUDYNEK 4 (PARTER)	24
4.4.1. Charakterystyka	24
4.5. LABORATORIUM TECHNOLOGICZNE ALD I PIEC CVD - BUDYNEK 4 (PIĘTRO 1).....	25
4.5.1. Charakterystyka	25
4.5.2. Źródła emisji i ich klasyfikacja	27
4.5.3. Ocena stopnia wentylacji.....	28
4.5.4. Wyznaczenie stref.....	29
4.5.5. Ocena pomieszczenia 1.114 pod kątem kwalifikacji jako pomieszczenia zagrożonego wybuchem.....	29
4.5.6. Ocena pomieszczenia 1.114a pod kątem kwalifikacji jako pomieszczenia zagrożonego wybuchem.....	31
4.5.7. Ocena pomieszczenia 1.114b pod kątem kwalifikacji jako pomieszczenia zagrożonego wybuchem.....	31
4.6. BRUDNA CHEMIA - BUDYNEK 4 (PIĘTRO 1).....	32
4.6.1. Charakterystyka	32
4.6.2. Źródła emisji i ich klasyfikacja	32
4.6.3. Ocena stopnia wentylacji.....	33
4.6.4. Wyznaczenie stref.....	33
4.6.5. Ocena pomieszczenia pod kątem kwalifikacji jako pomieszczenia zagrożonego wybuchem 33	
4.7. LABORATORIUM DO OSADZANIA WARSTW METODAMI PVD - BUDYNEK 4 (PIĘTRO 1 ORAZ PIWNICA)	35
4.7.1. Charakterystyka	35
4.7.2. Źródła emisji i ich klasyfikacja	36
4.7.3. Ocena stopnia wentylacji.....	36
4.7.4. Wyznaczenie stref.....	36
4.7.5. Ocena pomieszczeń U1.07 pod kątem kwalifikacji jako pomieszczenia zagrożonego wybuchem.....	36
4.7.6. Ocena pomieszczenia 1.112 pod kątem kwalifikacji jako pomieszczenia zagrożonego wybuchem.....	37

4.7.7.	<i>Ocena pomieszczenia 1.108 pod kątem kwalifikacji jako pomieszczenia zagrożonego wybuchem</i>	39
4.8.	CZYSTA CHEMIA - BUDYNEK 4 (PIĘTRO 1).....	40
4.8.1.	<i>Charakterystyka</i>	40
4.8.2.	<i>Źródła emisji i ich klasyfikacja</i>	41
4.8.3.	<i>Ocena stopnia wentylacji</i>	41
4.8.4.	<i>Wyznaczenie stref</i>	41
4.8.5.	<i>Ocena pomieszczenia pod kątem kwalifikacji jako pomieszczenia zagrożonego wybuchem</i> 42	42
4.9.	LABORATORIUM FOTOLITOGRAFII - BUDYNEK 4 (PIĘTRO 1).....	43
4.9.1.	<i>Charakterystyka</i>	43
4.9.2.	<i>Źródła emisji i ich klasyfikacja</i>	45
4.9.3.	<i>Ocena stopnia wentylacji</i>	45
4.9.4.	<i>Wyznaczenie stref</i>	45
4.9.5.	<i>Ocena pomieszczenia pod kątem kwalifikacji jako pomieszczenia zagrożonego wybuchem</i> 46	46
4.10.	ZEWNĘTRZNA STACJA ROZPRĘŻALNI WODORU – PRZY BUDYNKU 7.....	46
4.10.1.	<i>Charakterystyka</i>	46
4.10.2.	<i>Źródła emisji i ich klasyfikacja</i>	46
4.10.3.	<i>Ocena stopnia wentylacji</i>	47
4.10.4.	<i>Wyznaczenie stref</i>	47
4.11.	LABORATORIA MBE1, MBE2 I MBE3 - BUDYNEK 7 (PARTER).....	47
4.11.1.	<i>Charakterystyka</i>	47
4.11.2.	<i>Źródła emisji i ich klasyfikacja</i>	48
4.11.3.	<i>Ocena stopnia wentylacji</i>	49
4.11.4.	<i>Wyznaczenie stref</i>	49
4.11.5.	<i>Ocena pomieszczenia pod kątem kwalifikacji jako pomieszczenia zagrożonego wybuchem</i> 49	49
4.12.	LABORATORIUM CHEMICZNE - BUDYNEK 7 (PARTER)	50
4.12.1.	<i>Charakterystyka</i>	50
4.12.2.	<i>Źródła emisji i ich klasyfikacja</i>	51
4.12.3.	<i>Ocena stopnia wentylacji</i>	51
4.12.4.	<i>Wyznaczenie stref</i>	51
4.12.5.	<i>Ocena pomieszczenia pod kątem kwalifikacji jako pomieszczenia zagrożonego wybuchem</i> 51	51
4.13.	LABORATORIUM MOCVD - BUDYNEK 7 (PARTER)	53
4.13.1.	<i>Charakterystyka</i>	53
4.13.2.	<i>Źródła emisji i ich klasyfikacja</i>	53
4.13.3.	<i>Ocena stopnia wentylacji</i>	54
4.13.4.	<i>Wyznaczenie stref</i>	54
4.13.5.	<i>Ocena pomieszczenia pod kątem kwalifikacji jako pomieszczenia zagrożonego wybuchem</i> 55	55
4.14.	POMIESZCZENIE APARATUROWE - BUDYNEK 7 (PARTER)	56
4.14.1.	<i>Charakterystyka</i>	56
4.14.2.	<i>Źródła emisji i ich klasyfikacja</i>	56
4.14.3.	<i>Ocena stopnia wentylacji</i>	56
4.14.4.	<i>Wyznaczenie stref</i>	57
4.14.5.	<i>Ocena pomieszczenia pod kątem kwalifikacji jako pomieszczenia zagrożonego wybuchem</i> 57	57
4.15.	FOTOLITOGRAFIA - BUDYNEK 7 (PIĘTRO 1)	57
4.15.1.	<i>Charakterystyka</i>	57
4.15.1.	<i>Źródła emisji i ich klasyfikacja</i>	58
4.15.2.	<i>Ocena stopnia wentylacji</i>	58
4.15.3.	<i>Wyznaczenie stref</i>	58
4.15.4.	<i>Ocena pomieszczenia pod kątem kwalifikacji jako pomieszczenia zagrożonego wybuchem</i> 59	59
4.16.	NANOCHEMIA - BUDYNEK 7 (PIĘTRO 1).....	60
4.16.1.	<i>Charakterystyka</i>	60
4.16.2.	<i>Źródła emisji i ich klasyfikacja</i>	60
4.16.3.	<i>Ocena stopnia wentylacji</i>	61

4.16.4.	Wyznaczenie stref.....	61
4.16.5.	Ocena pomieszczenia pod kątem kwalifikacji jako pomieszczenia zagrożonego wybuchem	61
4.17.	MIKROCHEMIA - BUDYNEK 7 (PIĘTRO 1)	62
4.17.1.	Charakterystyka	62
4.17.2.	Źródła emisji i ich klasyfikacja	63
4.17.3.	Ocena stopnia wentylacji	63
4.17.4.	Wyznaczenie stref.....	63
4.17.5.	Ocena pomieszczenia pod kątem kwalifikacji jako pomieszczenia zagrożonego wybuchem	64
4.18.	POMIARY - BUDYNEK 7 (PIĘTRO 1).....	65
4.18.1.	Charakterystyka	65
4.19.	OBRÓBKA MECHANICZNA BRUDNA - BUDYNEK 7 (PIĘTRO 1)	65
4.19.1.	Charakterystyka	65
4.19.2.	Źródła emisji i ich klasyfikacja	66
4.19.3.	Ocena stopnia wentylacji	66
4.19.4.	Wyznaczenie stref.....	66
4.19.5.	Ocena pomieszczenia pod kątem kwalifikacji jako pomieszczenia zagrożonego wybuchem	66
4.20.	DIELEKTRYKA/OSADZANIE/TRAWIENIE - BUDYNEK 7 (PIĘTRO 1)	68
4.20.1.	Charakterystyka	68
4.20.2.	Źródła emisji i ich klasyfikacja	68
4.20.3.	Ocena stopnia wentylacji	70
4.20.4.	Wyznaczenie stref.....	70
4.20.5.	Ocena pomieszczenia 1.06 pod kątem kwalifikacji jako pomieszczenia zagrożonego wybuchem	70
4.20.6.	Ocena pomieszczenia 1.107 pod kątem kwalifikacji jako pomieszczenia zagrożonego wybuchem	72
4.21.	METALIZACJA - BUDYNEK 7 (PIĘTRO 1)	73
4.21.1.	Charakterystyka	73
4.21.2.	Źródła emisji i ich klasyfikacja	73
4.21.3.	Ocena stopnia wentylacji	74
4.21.4.	Wyznaczenie stref.....	74
4.21.5.	Ocena pomieszczenia pod kątem kwalifikacji jako pomieszczenia zagrożonego wybuchem	74
4.22.	MONTAŻ - BUDYNEK 7 (PIĘTRO 1).....	76
4.22.1.	Charakterystyka	76
4.23.	MAGAZYN CHEMICZNY/POMIESZCZENIE APARATUROWE - BUDYNEK 7 (PIĘTRO 1).....	76
4.23.1.	Charakterystyka	76
4.23.2.	Źródła emisji i ich klasyfikacja	76
4.23.3.	Ocena stopnia wentylacji	76
4.23.4.	Wyznaczenie stref.....	77
4.23.5.	Ocena pomieszczenia pod kątem kwalifikacji jako pomieszczenia zagrożonego wybuchem	77
4.24.	LABORATORIUM VISTEC - BUDYNEK 12.....	77
4.24.1.	Charakterystyka	77
4.24.2.	Źródła emisji i ich klasyfikacja	78
4.24.3.	Ocena stopnia wentylacji	78
4.24.4.	Wyznaczenie stref.....	78
4.24.5.	Ocena pomieszczenia pod kątem kwalifikacji jako pomieszczenia zagrożonego wybuchem	78
4.25.	MAGAZYN PODRĘCZNY - BUDYNEK 12 (CZĘŚĆ WARSZTATOWA).....	80
4.25.1.	Charakterystyka	80
4.25.2.	Źródła emisji i ich klasyfikacja	80
4.25.3.	Ocena stopnia wentylacji	80
4.25.4.	Wyznaczenie stref.....	81
4.25.5.	Ocena pomieszczenia pod kątem kwalifikacji jako pomieszczenia zagrożonego wybuchem	81
4.26.	CENTRALNY MAGAZYN ODPADÓW CHEMICZNYCH - BUDYNEK 12	82
4.26.1.	Charakterystyka	82

4.26.2.	<i>Źródła emisji i ich klasyfikacja</i>	83
4.26.3.	<i>Ocena stopnia wentylacji</i>	83
4.26.4.	<i>Wyznaczenie stref</i>	83
4.26.5.	<i>Ocena pomieszczenia pod kątem kwalifikacji jako pomieszczenia zagrożonego wybuchem</i> 83	
4.27.	IMPLANTATOR - BUDYNEK 13	85
4.27.1.	<i>Charakterystyka</i>	85
4.27.2.	<i>Źródła emisji i ich klasyfikacja</i>	86
4.27.3.	<i>Ocena stopnia wentylacji</i>	87
4.27.4.	<i>Wyznaczenie stref</i>	87
4.27.5.	<i>Ocena pomieszczenia 01 pod kątem kwalifikacji jako pomieszczenia zagrożonego wybuchem</i> 87	
4.27.6.	<i>Ocena pomieszczenia 07 pod kątem kwalifikacji jako pomieszczenia zagrożonego wybuchem</i> 89	
5.	CZYNNIKI MOGĄCE ZAINICJOWAĆ ZAPŁON	90
6.	KRYTERIA DOBORU URZĄDZEŃ ELEKTRYCZNYCH	93
7.	WNIOSKI I ZALECENIA	94
8.	LITERATURA	96
8.1.	PRAWODAWSTWO I NORMY	96
8.2.	BIBLIOGRAFIA	97
9.	ZAŁĄCZNIKI	98

1. Cel opracowania

Celem opracowania jest ocena zagrożenia wybuchem DO PROJEKTU KONCEPCYJNEGO PRZEBUDOWY ISTNIEJĄCYCH BUDYNKÓW NR 4, 7, 12 ORAZ 13 PRZY AL. LOTNIKÓW 32/46 W WARSZAWIE, DLA ZAMIERZENIA INWESTYCYJNEGO PN. „REMONT I BUDOWA CENTRUM KOMPETENCJI MIKROELEKTRONIKI I FOTONIKI” ŁUKASIEWICZ - IMIF.

Ocenę zagrożenia wybuchem wykonano w oparciu o informacje uzyskane od Zleceniodawcy. W obiekcie znajdować się będą pomieszczenia i laboratoria różnego typu, część z nich będzie używała substancji nie stwarzających zagrożenia wybuchem. Ocenie zagrożenia wybuchem poddano pomieszczenia objęte zakresem projektu koncepcyjnego, w których użytkownicy wskazali obecność substancji palnych.

Ocena zagrożenia wybuchem wymaga weryfikacji w późniejszym etapie i w przypadku zmian w koncepcji wymaga ponownej analizy.

Uwaga: Wyznaczenie stref zagrożenia wybuchem odnosi się do normalnych warunków pracy. Nie obejmuje ona sytuacji awaryjnych (gwałtownych rozszczelnień, pęknięć itp.) i napraw. W przypadku prac konserwacyjnych należy za każdym razem przed przystąpieniem do prac wykonać ocenę zagrożeń, w tym pożarowo-wybuchowych.

2. Podstawy prawne

Wykonanie oceny zagrożenia wybuchem wynika z Rozporządzenia Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 7 czerwca 2010r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów (Dz. U. Nr 109, poz. 719).

Oceny dokonano na podstawie:

- Normy PN-EN 60079-0:2018-09 Atmosfery wybuchowe -- Część 0: Urządzenia -- Podstawowe wymagania.
- Normy PN-EN 60079-10-1:2021 Atmosfery wybuchowe -- Część 10-1: Klasyfikacja przestrzeni -- Gazowe atmosfery wybuchowe.
- Normy PN-EN 1127-1:2019-10 Atmosfery wybuchowe – Zapobieganie wybuchowi i ochrona przed wybuchem – Część 1: Pojęcia podstawowe i metodyka.
- Materiałów udostępnionych przez Zleceniodawcę.

3. Podstawowe definicje i określenia

Wybuch:

Gwałtowna reakcja utleniania lub rozkładu wywołująca wzrost ciśnienia.

Dolna granica wybuchowości:

Najniższe stężenie łatwopalnej substancji w powietrzu, przy którym może już nastąpić wybuch.

Górna granica wybuchowości:

Najwyższe stężenie łatwopalnej substancji w powietrzu, przy którym może jeszcze nastąpić wybuch.

Mieszanina wybuchowa:

Mieszanina paliwa rozdrobnionego w fazie gazowej i gazowego utleniacza, w której wybuch może rozprzestrzenić się po nastąpieniu zapłonu. Jeżeli utleniacz jest powietrzem w warunkach atmosferycznych, stosuje się termin atmosfera wybuchowa.

Atmosfera wybuchowa:

Atmosfera wybuchowa oznacza mieszaninę substancji łatwopalnej w postaci gazu, par, mgły lub pyłów z powietrzem, w warunkach atmosferycznych, w której po zapaleniu spalanie rozprzestrzeni się na całą niespaloną mieszaninę¹.

Należy zauważyć, iż atmosfera wybuchowa, jak wskazano w dyrektywie, może nie spalać się wystarczająco szybko, aby doprowadzić do wybuchu, jak określono w normie PN-EN 1127-1.

Strefa zagrożenia wybuchem:

Jest to przestrzeń, w której może występować mieszanina wybuchowa, o stężeniu zawartym między dolną i górną granicą wybuchowości.

¹ Dyrektywa 1999/92/WE, str.57.

Strefa 0:

Przestrzeń, w której gazowa atmosfera wybuchowa występuje ciągle lub w długich okresach.

Strefa 1:

Przestrzeń, w której pojawienie się gazowej atmosfery wybuchowej jest prawdopodobne w warunkach normalnej pracy.

Strefa 2:

Przestrzeń, w której w warunkach normalnej pracy nie jest prawdopodobne pojawienie się gazowej atmosfery wybuchowej, a jeżeli pojawi się ona rzeczywiście, to może tak się stać tylko rzadko i tylko na krótki okres².

Pomieszczenie zagrożone wybuchem:

Pomieszczenie, w którym może wytworzyć się mieszanina wybuchowa, powstała z wydzielającej się takiej ilości palnych gazów, par, mgieł lub pyłów, której wybuch mógłby spowodować przyrost ciśnienia w tym pomieszczeniu przekraczający 5 kPa.

Emisja ciągła:

Emisja, która występuje stale lub której występowania można spodziewać się w długich okresach czasu.

Pierwszy stopień emisji:

Emisja, której występowania w warunkach normalnej pracy można spodziewać się okresowo lub okazjnie.

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 czasu.

² Norma PN-EN 60079-10.

Wentylacja stopnia wysokiego³:

Jest w stanie zredukować stężenie przy źródle emisji niemal natychmiast. Dając w wyniku stężenie poniżej dolnej granicy wybuchowości.

Wentylacja stopnia średniego⁴:

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 atmosfera wybuchowa nie zalega w nadmiarze po zakończeniu emisji.

Wentylacja stopnia niskiego⁵:

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 wentylacji⁶:

Wyróżnia się trzy poziomy dyspozycyjności wentylacji:

- dobra – wentylacja prawie zawsze;
- dostateczna – wentylacja w czasie normalnej pracy;

słaba – wentylacja, która nie spełnia wymagań wentylacji dobrej i dostatecznej.

Technicznie szczelny:

Podzespół jest „technicznie szczelny” jeżeli nie zaobserwowano przecieku podczas badania, monitorowania lub kontroli szczelności odpowiednią metodą, np.: przy wykorzystaniu środków piniących lub urządzeń detekcyjnych/ wskazujących przeciek, jednakże możliwość rzadkich, niewielkich przecieków substancji łatwopalnych nie może być wykluczona (zawory, połączenia).

Praca normalna:

Sytuacja kiedy urządzenia, systemy ochronne, części i podzespoły realizują przewidzianą funkcję w zakresie parametrów znamionowych.

³ PN-EN 60079

⁴ PN-EN 60079

⁵ PN-EN 60079

⁶ PN-EN 60079

Niewielkie emisje substancji palnej mogą być związane z normalną pracą. Na przykład, emisje substancji z uszczelnień zwilżalnych pompowaną cieczą traktowane są jako niewielkie emisje.

Kategoria urządzeń:

Klasyfikacja urządzeń zgodnie z wymagany poziomem ochrony.

Urządzenia i systemy ochronne powinny być zaprojektowane dla konkretnej atmosfery wybuchowej. W tym przypadku muszą być one odpowiednio oznakowane⁷. Urządzenia mogą być również zaprojektowane do wykorzystania w różnych mieszaninach wybuchowych, np. zarówno w mieszaninach pył/powietrze oraz gaz/powietrze.

Grupa urządzeń:

Grupa urządzeń I stanowi urządzenia przeznaczone do stosowania w wyrobiskach podziemnych kopalń i w częściach instalacji powierzchniowych tych kopalń, narażonych na występowanie zagrożenia wybuchem metanu i/lub pyłu palnego. Grupę urządzeń II stanowią urządzenia przeznaczone do stosowania w innych gałęziach przemysłu, narażonych na występowanie atmosfer wybuchowych⁸.

Maksymalne ciśnienie wybuchu (p_{max}):

Maksymalne ciśnienie występujące w zamkniętym naczyniu podczas wybuchu atmosfery wybuchowej, oznaczone w określonych warunkach badania⁹.

Źródło zapłonu:

Źródło zapłonu przekazuje mieszaninie wybuchowej ilość energii zdolną do spowodowania rozprzestrzenienia się zapłonu w tej mieszaninie.

⁷ Dyrektywa 2014/34/UE.

⁸ Tamże.

⁹ Norma PN-EN 1127-1.

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 badania¹⁰.

Temperatura samozapłonu (palnego gazu lub palnej cieczy):

Najniższa temperatura ogrzanych ścianek naczynia, oznaczona w określonych warunkach badania, w której następuje zapalenie palnej substancji w postaci mieszaniny gazu lub par z powietrzem.

¹⁰ Norma PN-EN 1127-1.

4. Ocena zagrożenia wybuchem

4.1. Pomiarówka - Budynek 4 (piwnica)

4.1.1. Charakterystyka

W laboratorium U1.09 pomiarówka będą się znajdowały dwa stanowiska do pomiarów elektrycznych wytworzonych przyrządów półprzewodników oraz do międzyoperacyjnej kontroli struktur testowych.

W pomieszczeniu przewiduje się przechowywanie podręcznej ilości substancji takich jak: Aceton, Izopropanol, Fluorinert FC-770, Fluorinert FC-70. Fluorinert FC-770, Fluorinert FC-70 to ciecze o temperaturze zapłonu powyżej 55°C. W przypadku cieczy łatwopalnych (aceton, izopropanol w pojemnikach do 0,5dm³, łącznie do 2dm³) będą używane do dezynfekcji, przechowywane w szafie wentylowanej.

Dezynfekcja prowadzona będzie przez nanoszenie rozpuszczalnika miejscowo na urządzenie, blat itp. jednorazowo o powierzchni do 1m², a następnie przetarciu tego miejsca czyściwem. Następnie kolejne powierzchnie pokrywane będą cieczą i przecierane.

Dezynfekcja urządzeń poprzedzona będzie ich wyłączeniem z zasilania.

Do dezynfekcji używane będzie czyściwo, które po użyciu trafiać będzie do specjalnego zamykanego pojemnika.

Ilości zużywane podczas dezynfekcji urządzeń i powierzchni miejscowo jest zbyt mała aby wytworzyć mieszaninę o objętości 0,01m³ mieszaniny par z powietrzem. Pojemnik z cieczą palną w miejscu dezynfekcji znajdować się będzie tylko w czasie prowadzenia dezynfekcji, a po skończeniu trafiać do wentylowanej szafy przeznaczonej do przechowywania cieczy palnych. Zatem odstępuje się od wyznaczenia strefy zagrożenia wybuchem podczas dezynfekcji.

4.1.2. Źródła emisji i ich klasyfikacja

W normalnych warunkach nieszczelności w zamknięciach pojemników z substancjami łatwopalnymi należy uznać jako źródło emisji **stopnia drugiego**.

Brudne czyściwo należy zaliczyć do źródła **emisji stopnia drugiego**.

Zestawienie źródeł emisji znajduje się w załączniku nr 3.

4.1.3. Ocena stopnia wentylacji

Pomieszczenie wyposażone będzie w wentylację mechaniczną bytową o wydajności co najmniej 4wym/h.

W wentylowanej szafie zgodnie zapewniona powinna być wydajność zapewniająca co najmniej 8wym/h.

Zgodnie z wykresem C.1 normy PN-EN 60079-10-1:2016-02 wentylację w pomieszczeniu ocenia się jako wentylację o **stopniu średnim** oraz **dyspozycyjności dostatecznej**, wentylację szafy ocenia się jako wentylację o **stopniu wysokim** oraz **dyspozycyjności dostatecznej**.

Pojemnik na zużyte czysciwo jest zamknięty, a zatem wentylację ocenia się jako wentylację o **stopniu niskim** oraz **dyspozycyjności słabej**.

4.1.4. Wyznaczenie stref

Zgodnie z tabelą załącznika nr 1 oraz arkuszami danych z załączników nr 2 i 3 oraz wykresem D.1 normy PN-EN 60079-10-1:2016-02 ze względu na ilość magazynowanych rozpuszczalników w niewielkiej ilości odstępuje się od wyznaczenia strefy zagrożenia wybuchem w wentylowanej szafie.

W pojemniku na brudne czysciwo wyznacza się **STREFĘ 2 zagrożenia wybuchem**.

4.1.5. Ocena pomieszczenia pod kątem kwalifikacji jako pomieszczenia zagrożonego wybuchem

W celu oceny pomieszczeń pod kątem kwalifikacji jako pomieszczenia zagrożonego wybuchem należy obliczyć przyrost ciśnienia, jaki mógłby zostać spowodowany przez wybuch. Możliwy przyrost ciśnienia oblicza się przy założeniu sytuacji, że dojdzie do rozlania acetonu z pojemnika 0,5dm³ podczas prac.

$$\Delta P = \frac{m_{\max} \cdot \Delta P_{\max} \cdot W}{V \cdot C_{st} \cdot \rho}$$

gdzie: m_{\max} – maksymalna masa substancji palnych, tworzących mieszaninę wybuchową, jaka może wydzielić się w rozpatrywanym pomieszczeniu (kg),

ΔP_{\max} – maksymalny przyrost ciśnienia przy wybuchu stechiometrycznej mieszaniny w zamkniętej komorze (tutaj 772kPa),

W – współczynnik przebiegu reakcji wybuchu, dla par cieczy = 0,1,

V – objętość przestrzeni powietrznej pomieszczenia (przyjmuje się kubaturę pomieszczenia -10%) 65,88m³,

C_{st} – objętościowe stężenie stechiometryczne,

$$C_{st} = \frac{1}{1 + 4,84 \cdot \beta} = 0,049$$

β – stechiometryczny współczynnik tlenu w reakcji wybuchu

$$\beta = n_C + \frac{n_H - n_{Cl}}{4} - \frac{n_O}{2} = 4$$

ρ – gęstość par w temperaturze pomieszczenia $\rho = \frac{p \cdot M}{R \cdot T} = 2,414 \text{ kg/m}^3$.

Masę palnych par, która wytworzyć może atmosferę wybuchową oblicza się z zależności:

$$m = 10^{-9} \cdot F \cdot \tau \cdot K \cdot P_s \cdot \sqrt{M} = 0,15 \text{ kg}$$

gdzie: F – powierzchnia parowania, tutaj 0,5m²,

τ – przewidywany maksymalny czas wydzielania się par (s), zakłada się, że ciecz po rozlaniu zostanie zebrane przez pracownika, stąd przyjmuje się 5 minut czyli 300 s,

K – współczynnik parowania, dla 20°C i prędkości przepływu powietrza nad powierzchnią parowania 0,5 m/s równy 5,4,

P_s – prężność pary nasyconej w temperaturze pomieszczenia =24465,5Pa,

M – masa molowa cieczy, tutaj równa 58kg/kmol.

Stąd

$$\Delta P = 1,48 \text{ kPa}$$

Mieszanina wybuchowa, która może wytworzyć się w pomieszczeniu, spowoduje przyrost ciśnienia równy 1,48kPa, czyli mniejszy niż 5kPa, stąd pomieszczenie nie zostaje zakwalifikowane jako zagrożone wybuchem.

4.2. Laboratorium biologiczno-chemiczne BSL-2 - Budynek 4 (parter)

4.2.1. Charakterystyka

W laboratorium 0.14 planowane jest prowadzenie badań związanych z:

- biofunkcjonalizacją powierzchni, unieruchamianiem makromolekuł;
- opracowywaniem i technologią wytwarzania bioczuJNIKÓW oraz analizą ich właściwości, testowaniem ich działania w warunkach ustandaryzowanych oraz rzeczywistych (czyli w oddziaływaniu z rzeczywistymi próbkami biologicznymi) - dla celów medycznych, kontroli środowiska, kontroli procesów biotechnologicznych, kontroli procesów przemysłowych jak np. petrochemicznych;
- wpływem właściwości powierzchni materiałów i różnych sposobów jej modyfikacji (realizowanej m.in. poprzez osadzanie powłok funkcjonalnych, biofunkcjonalizację, unieruchamianie makromolekuł) na procesy życiowe żywych komórek (dla celów opracowywania materiałów biomedycznych i innych zastosowań medycznych, rozwoju technologii bioprodukcji realizowanej w bioreaktorach, zabezpieczania elementów infrastruktury przed procesami korozji biologicznej).

W laboratorium prowadzone będą badania z zastosowaniem:

- hodowli komórkowych (Eukaryota) in vitro;
- kultur mikrobiologicznych in vitro, takich, których prowadzenie jest możliwe po zapewnieniu zabezpieczeń biologicznych na planowanym poziomie;
- próbek rzeczywistych pobieranych od pacjentów, chodzi więc o próbki potencjalnie zakaźne, przygotowywane z materiału potencjalnie zakaźnego tj. materiału klinicznego takiego jak osocze/surowica krwi, ślina, mocz, inne płyny ustrojowe oraz tkanki i fragmenty narządów pobrane w warunkach klinicznych.

Odczynniki chemiczne potrzebne do wykonywania eksperymentów, m.in. procesów funkcjonalizacji i in., będą w zależności od rodzaju przechowywane

w wentylowanej szafie chemicznej (zwłaszcza toksyczne lub w inny sposób niebezpieczne) lub w chłodziarce (+4°C) – odczynniki wrażliwe termicznie. Odczynniki będą przechowywane w pojemnikach szklanych lub plastikowych (w zależności od rodzaju). Małe ilości odczynników będą odważane z zachowaniem wymaganej dokładności z zastosowaniem wagi analitycznej. Procesy wymagające warunków beztlenowych/bezwodnych wykonywane będą w komorze rękawicowej. Operowanie odczynnikami chemicznymi wymagającymi zachowania bezpieczeństwa będzie realizowane pod dygestorium. W przypadku cieczy łatwopalnych (aceton, izopropanol w pojemnikach do 0,5dm³, łącznie do 2dm³) będą używane do dezynfekcji, przechowywane w szafie wentylowanej.

Okresowo podczas regeneracji złoża (oczyszczalnika) komory rękawicowej, do laboratorium dostarczana będzie butla z mieszaniną gazu 10%H₂ w 90%N₂), próżnia z pompy, gaz propan-butan (z butli 1kg w pomieszczeniu) do palnika Bunsena.

W odniesieniu do zagrożenia wybuchem, należy uwzględnić gaz propan butan zasilający palnik wewnątrz dygestorium.

Butla LPG zasilająca palnik będzie znajdowała się w obrębie dygestorium i w przypadku nie realizowania prac przy użyciu palnika butla będzie zakręcona.

Dezynfekcja prowadzona będzie przez nanoszenie rozpuszczalnika miejscowo na urządzenie, blat itp. jednorazowo o powierzchni do 1m², a następnie przetarcu tego miejsca czyściwem. Następnie kolejne powierzchnie pokrywane będą cieczą i przecierane.

Dezynfekcja urządzeń poprzedzona będzie ich wyłączeniem z zasilania.

Do dezynfekcji używane będzie czyściwo, które po użyciu trafiać będzie do specjalnego zamykanego pojemnika.

Ilości zużywane podczas dezynfekcji urządzeń i powierzchni miejscowo jest zbyt mała aby wytworzyć mieszaninę o objętości 0,01m³ mieszaniny par z powietrzem. Pojemnik z cieczą palną w miejscu dezynfekcji znajdować się będzie tylko w czasie prowadzenia dezynfekcji, a po skończeniu trafiać do wentylowanej szafy przeznaczonej do przechowywania cieczy palnych. Zatem odstępuje się od wyznaczenia strefy zagrożenia wybuchem podczas dezynfekcji.

4.2.2. Źródła emisji i ich klasyfikacja

W normalnych warunkach nieszczelności w zamknięciach pojemników z substancjami łatwopalnymi należy uznać jako źródło emisji **stopnia drugiego**.

Brudne czyściwo należy zaliczyć do źródła **emisji stopnia drugiego**.

W normalnych warunkach połączenia rozłączalne na instalacji z gazem propan-butan należy uznać jako źródło emisji **stopnia drugiego**.

Aby określić wydajność wypływu gazu z nieszczelności należy stwierdzić czy wypływ gazu będzie dławiony czy nie, na podstawie zależności na ciśnienie krytyczne (obliczenia wykonywane dla propanu):

$$p_c = p_0 \left(\frac{\gamma + 1}{2} \right)^{\gamma/(\gamma-1)} = 1,66 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

gdzie: p_0 – ciśnienie poza instalacją 10^5 Pa ,

γ – współczynnik politropy, liczony z zależności:

$$\gamma = \frac{M \cdot c_p}{M \cdot c_p - R} = 1,013$$

gdzie: M – masa molowa, tutaj 44 kg/kmol ,

c_p – ciepło właściwe, tutaj 14400 J/kgK ,

R – stała gazowa 8314 J/kmolK .

Dla ciśnienia absolutnego w butli $0,4 \text{ MPa}$ ciśnienie jest większe od ciśnienia krytycznego p_c mamy do czynienia z wypływem dławionym.

Dla wypływu dławionego wydajność emisji oblicza się z zależności:

$$W_g = C_d S p \sqrt{\gamma \frac{M}{ZRT} \left(\frac{2}{\gamma + 1} \right)^{(\gamma+1)/(\gamma-1)}} = 0,002 \text{ kg/s}$$

gdzie: p – ciśnienie wewnątrz butli, tutaj 400000 Pa ,

S – powierzchnia wypływu, tutaj $0,25 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$,

T – temperatura 293 K .

Objętościowa wydajność wypływu jest równa $0,001 \text{ m}^3/\text{s}$, a objętościowa charakterystyka wypływu równa $0,08 \text{ m}^3/\text{s}$.

Zestawienie źródeł emisji znajduje się w załączniku nr 3.

4.2.3. Ocena stopnia wentylacji

Pomieszczenie wyposażone będzie w wentylację mechaniczną bytową o wydajności co najmniej 4wym/h.

W wentylowanej szafie zgodnie zapewniona powinna być wydajność zapewniająca co najmniej 8wym/h. Wydajność wentylacji dygestorium w zależności od jego wielkości na poziomie 500-900m³/h.

Zgodnie z wykresem C.1 normy PN-EN 60079-10-1:2016-02 wentylację w pomieszczeniu ocenia się jako wentylację o **stopniu średnim** oraz **dyspozycyjności dostatecznej**, wentylację szafy ocenia się jako wentylację o **stopniu wysokim** oraz **dyspozycyjności dostatecznej** oraz dygestorium o **stopniu wysokim** oraz **dyspozycyjności dobrej**.

Pojemnik na zużyte czysciwo jest zamknięty, a zatem wentylację ocenia się jako wentylację o **stopniu niskim** oraz **dyspozycyjności słabej**.

4.2.4. Wyznaczenie stref

Zgodnie z tabelą załącznika nr 1 oraz arkuszami danych z załączników nr 2 i 3 oraz wykresem D.1 normy PN-EN 60079-10-1:2016-02 w obrębie palnika i butli ze względu na usytuowanie wewnątrz dygestorium odstępuje się od wyznaczenia strefy zagrożenia wybuchem.

Ze względu na ilość magazynowanych rozpuszczalników w niewielkiej ilości odstępuje się od wyznaczenia strefy zagrożenia wybuchem w wentylowanej szafie.

Wewnątrz dygestorium występuje teoretyczna strefa zagrożenia wybuchem, o pomijalnie małym zasięgu, stąd odstępuje się od wyznaczenia stref zagrożenia wybuchem.

W pojemniku na brudne czysciwo wyznacza się **STREFĘ 2 zagrożenia wybuchem**.

4.2.5. Ocena pomieszczenia pod kątem kwalifikacji jako pomieszczenia zagrożonego wybuchem

W celu oceny pomieszczenia 0.14 pod kątem kwalifikacji jako pomieszczenia zagrożonego wybuchem należy obliczyć przyrost ciśnienia, jaki mógłby zostać

spowodowany przez wybuch. Możliwy przyrost ciśnienia oblicza się przy założeniu sytuacji, że dojdzie do rozlania acetonu z pojemnika 0,5dm³ podczas dezynfekcji.

$$\Delta P = \frac{m_{\max} \cdot \Delta P_{\max} \cdot W}{V \cdot C_{st} \cdot \rho}$$

gdzie: m_{\max} – maksymalna masa substancji palnych, tworzących mieszaninę wybuchową, jaka może wydzielić się w rozpatrywanym pomieszczeniu (kg),

ΔP_{\max} – maksymalny przyrost ciśnienia przy wybuchu stechiometrycznej mieszaniny w zamkniętej komorze (tutaj 772kPa),

W – współczynnik przebiegu reakcji wybuchu, dla par cieczy = 0,1,

V – objętość przestrzeni powietrznej pomieszczenia (przyjmuje się kubaturę pomieszczenia -10%) 123,3m³,

C_{st} – objętościowe stężenie stechiometryczne,

$$C_{st} = \frac{1}{1 + 4,84 \cdot \beta} = 0,049$$

β – stechiometryczny współczynnik tlenu w reakcji wybuchu

$$\beta = n_C + \frac{n_H - n_{Cl}}{4} - \frac{n_O}{2} = 4$$

ρ – gęstość par w temperaturze pomieszczenia $\rho = \frac{p \cdot M}{R \cdot T} = 2,414 \text{ kg/m}^3$.

Masę palnych par, która wytworzyć może atmosferę wybuchową oblicza się z zależności:

$$m = 10^{-9} \cdot F \cdot \tau \cdot K \cdot P_s \cdot \sqrt{M} = 0,15 \text{ kg}$$

gdzie: F – powierzchnia parowania, tutaj 0,5m²,

τ – przewidywany maksymalny czas wydzielania się par (s), zakłada się, że ciecz po rozlaniu zostanie zebrane przez pracownika, stąd przyjmuje się 5 minut czyli 300 s,

K – współczynnik parowania, dla 20°C i prędkości przepływu powietrza nad powierzchnią parowania 0,5 m/s równy 5,4,

P_s – prężność pary nasyconej w temperaturze pomieszczenia =24465,5Pa,

M – masa molowa cieczy, tutaj równa 58kg/kmol.

Stąd

$$\Delta P = 0,79 \text{ kPa}$$

Mieszanina wybuchowa, która może wytworzyć się w pomieszczeniu, spowoduje przyrost ciśnienia równy 0,79kPa, czyli mniejszy niż 5kPa, stąd pomieszczenie nie zostaje zakwalifikowane jako zagrożone wybuchem

Ze względu na to, iż butla LPG w pomieszczeniu 0.14 będzie używana w dygestorium, a w przypadku jej nieużytkowania będzie zakręcona, nie uwzględnia się możliwości wytworzenia mieszaniny wybuchowej w pomieszczeniu.

4.3.Laboratorium pomiarowe 10kV - Budynek 4 (parter)

4.3.1. Charakterystyka

W laboratorium 0.12 będą się znajdowały dwa stanowiska do pomiarów elektrycznych wytworzonych przyrządów półprzewodników oraz do międzyoperacyjnej kontroli struktur testowych. Pierwsze stanowisko przeznaczone będzie do pomiarów wysokoprądowych (50A) i wysokonapięciowych (10 kV) w trybie DC oraz impulsowym. Drugie stanowisko przeznaczone będzie do mikroskopii emisyjnej służącej do badania niezawodności wytworzonych przyrządów. W laboratorium nie przewiduje się pracy ciągłej urządzeń do charakteryzacji elektrycznej. Każde stanowisko wyposażone będzie w komputer do obsługi urządzenia z dostępem do sieci LAN.

W pomieszczeniu przewiduje się przechowywanie podręcznej ilości substancji takich jak: Aceton, Izopropanol, Fluorinert FC-770, Fluorinert FC-70. Fluorinert FC-770, Fluorinert FC-70 to ciecze o temperaturze zapłonu powyżej 55°C. W przypadku cieczy łatwopalnych (aceton, izopropanol w pojemnikach do 0,5dm³, łącznie do 2dm³) będą używane do dezynfekcji, przechowywane w szafie wentylowanej.

Dezynfekcja prowadzona będzie przez nanoszenie rozpuszczalnika miejscowo na urządzenie, blat itp. jednorazowo o powierzchni do 1m², a następnie przetrzaniu tego miejsca czyściwem. Następnie kolejne powierzchnie pokrywane będą cieczą i przecierane.

Dezynfekcja urządzeń poprzedzona będzie ich wyłączeniem z zasilania.

Do dezynfekcji używane będzie czyściwo, które po użyciu trafiać będzie do specjalnego zamykanego pojemnika.

Ilości zużywane podczas dezynfekcji urządzeń i powierzchni miejscowo jest zbyt mała aby wytworzyć mieszaninę o objętości 0,01m³ mieszaniny par z powietrzem. Pojemnik z cieczą palną w miejscu dezynfekcji znajdować się będzie tylko w czasie prowadzenia dezynfekcji, a po skończeniu trafił do wentylowanej szafy przeznaczonej do przechowywania cieczy palnych. Zatem odstępuje się od wyznaczenia strefy zagrożenia wybuchem podczas dezynfekcji.

4.3.2. Źródła emisji i ich klasyfikacja

W normalnych warunkach nieszczelności w zamknięciach pojemników z substancjami łatwopalnymi należy uznać jako źródło emisji **stopnia drugiego**.

Brudne czyściwo należy zaliczyć do źródła **emisji stopnia drugiego**.

Zestawienie źródeł emisji znajduje się w załączniku nr 3.

4.3.3. Ocena stopnia wentylacji

Pomieszczenie wyposażone będzie w wentylację mechaniczną bytową o wydajności co najmniej 4wym/h.

W wentylowanej szafie zgodnie zapewniona powinna być wydajność zapewniająca co najmniej 8wym/h.

Zgodnie z wykresem C.1 normy PN-EN 60079-10-1:2016-02 wentylację w pomieszczeniu ocenia się jako wentylację o **stopniu średnim** oraz **dyspozycyjności dostatecznej**, wentylację szafy ocenia się jako wentylację o **stopniu wysokim** oraz **dyspozycyjności dostatecznej**.

Pojemnik na zużyte czyściwo jest zamknięty, a zatem wentylację ocenia się jako wentylację o **stopniu niskim** oraz **dyspozycyjności słabej**.

4.3.4. Wyznaczenie stref

Zgodnie z tabelą załącznika nr 1 oraz arkuszami danych z załączników nr 2 i 3 oraz wykresem D.1 normy PN-EN 60079-10-1:2016-02 ze względu na ilość magazynowanych rozpuszczalników w niewielkiej ilości odstępuje się od wyznaczenia strefy zagrożenia wybuchem w wentylowanej szafie.

W pojemniku na brudne czyściwo wyznacza się **STREFĘ 2 zagrożenia wybuchem**.

4.3.5. Ocena pomieszczenia pod kątem kwalifikacji jako pomieszczenia zagrożonego wybuchem

W celu oceny pomieszczeń pod kątem kwalifikacji jako pomieszczenia zagrożonego wybuchem należy obliczyć przyrost ciśnienia, jaki mógłby zostać spowodowany przez wybuch. Możliwy przyrost ciśnienia oblicza się przy założeniu sytuacji, że dojdzie do rozlania acetonu z pojemnika 0,5dm³ podczas prac.

$$\Delta P = \frac{m_{\max} \cdot \Delta P_{\max} \cdot W}{V \cdot C_{st} \cdot \rho}$$

gdzie: m_{\max} – maksymalna masa substancji palnych, tworzących mieszaninę wybuchową, jaka może wydzielić się w rozpatrywanym pomieszczeniu (kg),

ΔP_{\max} – maksymalny przyrost ciśnienia przy wybuchu stechiometrycznej mieszaniny w zamkniętej komorze (tutaj 772kPa),

W – współczynnik przebiegu reakcji wybuchu, dla par cieczy = 0,1,

V – objętość przestrzeni powietrznej pomieszczenia (przyjmuje się kubaturę pomieszczenia -10%) 47,29m³,

C_{st} – objętościowe stężenie stechiometryczne,

$$C_{st} = \frac{1}{1 + 4,84 \cdot \beta} = 0,049$$

β – stechiometryczny współczynnik tlenu w reakcji wybuchu

$$\beta = n_C + \frac{n_H - n_{Cl}}{4} - \frac{n_O}{2} = 4$$

ρ – gęstość par w temperaturze pomieszczenia $\rho = \frac{p \cdot M}{R \cdot T} = 2,414 \text{ kg/m}^3$.

Masę palnych par, która wytworzyć może atmosferę wybuchową oblicza się z zależności:

$$m = 10^{-9} \cdot F \cdot \tau \cdot K \cdot P_s \cdot \sqrt{M} = 0,3 \text{ kg}$$

gdzie: F – powierzchnia parowania, tutaj 1m²,

τ – przewidywany maksymalny czas wydzielania się par (s), zakłada się, że ciecz po rozlaniu zostanie zebrane przez pracownika, stąd przyjmuje się 5 minut czyli 300 s,

K – współczynnik parowania, dla 20°C i prędkości przepływu powietrza nad powierzchnią parowania 0,5 m/s równy 5,4,

P_s – prężność pary nasyconej w temperaturze pomieszczenia =24465,5Pa,

M – masa molowa cieczy, tutaj równa 58kg/kmol.

Stąd

$$\Delta P = 4,1kPa$$

Mieszanina wybuchowa, która może wytworzyć się w pomieszczeniu, spowoduje przyrost ciśnienia równy 4,1kPa, czyli mniejszy niż 5kPa, stąd pomieszczenie nie zostaje zakwalifikowane jako zagrożone wybuchem.

4.4.Montaż - Budynek 4 (parter)

4.4.1. Charakterystyka

W laboratorium 0.13 Montaż prowadzone będą prace technologiczne na urządzeniach do zamykania elementów w docelowych obudowach. Jednym z pierwszych kroków jest pogrubienie metalicznych obszarów poprzez elektrolityczne pogrubienie warstwami złota lub miedzi, które wykonuje się w dedykowanym urządzeniu w komorze chemicznej z wyciągiem. Kolejnymi etapami jest doklejenie pociętych elementów półprzewodnikowych do podłoża obudowy z pomocą systemu *Chip bonder*, a następnie wykonanie połączeń drutowych do wyprowadzeń na obudowie. Tak zmontowane chipy poddaje się hermetycznemu zamknięciu, które wykonuje się stosując obudowy metaliczne i spawanie laserowe w środowisku gazu neutralnego (*Laser welding system*), albo w technologii gorącej hermetyzacji żywicą epoksydową (*Molding system*).

Umieszczone będą w nim urządzenia technologiczne (5 szt.) przy ścianach, na których montowane będą wyjścia linii azotu technicznego, do nich podłączany będzie pistolet azotowy, niektóre dodatkowe wyjście N2 do urządzenia lub sprężone powietrze. Dodatkowo mikroskop optyczny do kontroli wykonania montowanych chipów i opakowania.

Z informacji od użytkownika wynika, że nie będą stosowane ciecze łatwopalne.

4.5. Laboratorium technologiczne ALD i piec CVD - Budynek 4 (piętro 1)

4.5.1. Charakterystyka

W obszarze modułu w pomieszczeniu 1.114 ustawione będą trzy urządzenia do osadzania cienkich warstw metodą ALD (atomic layer deposition). Osadzane warstwy będą służyć badaniom oraz technologiom w zakresie mikroelektroniki, fotoniki, czujników, urządzeń do magazynowania energii, materiałów katalitycznych, innych materiałów funkcjonalnych m.in. dla kontroli procesów przemysłowych i biotechnologicznych, materiałów medycznych.

Media – gazy stosowane w obrębie tych urządzeń to: układ chłodzenia (centralny laboratoryjny, wodny), azot techniczny do operowania zaworami i do pistoletu, gazy z butli umieszczonych w szafach na zapleczu techn.: gaz nośny (czysty Ar), gazy prekursorowe (czyste N₂, O₂, NH₃, 10%H₂-90%Ar), H₂ z generatora umieszczonego na zapleczu techn.; na linii H₂ pomiędzy generatorem a urządzeniem ALD zbiornik magazynujący H₂ zamknięty w wentylowanej szafie gazowej; linie 10%H₂-90%Ar i H₂ łączące się przed urządzeniem i używane alternatywnie.

Piec CVD

Urządzenie będzie miało formę pieca rurowego i będzie służyć do przeprowadzania procesów osadzania cienkich warstw metodą CVD (chemical vapour deposition).

Osadzane warstwy będą służyć badaniom oraz technologiom w zakresie mikroelektroniki, fotoniki, czujników, urządzeń do magazynowania energii, materiałów katalitycznych, innych materiałów funkcjonalnych m.in. dla kontroli procesów przemysłowych i biotechnologicznych, materiałów medycznych.

Media - gazy stosowane w obrębie pieca: układ chłodzenia (centralny laboratoryjny, wodny), azot techniczny do operowania zaworami i do pistoletu, gazy z butli umieszczonych w szafach na zapleczu techn.: gaz nośny (czysty Ar), gazy prekursorowe (czyste O₂, H₂S, N₂, 10%H₂-90%Ar), H₂ z generatora umieszczonego na zapleczu techn.; na linii H₂ pomiędzy generatorem a urządzeniem zbiornik magazynujący H₂ zamknięty w wentylowanej szafie gazowej; linie 10%H₂-90%Ar i H₂ łączące się przed urządzeniem i używane alternatywnie.

Piec typu RTP

W tej części laboratorium prowadzone są prace nad przyrządami półprzewodnikowymi wykorzystujące procesy termiczne, obejmujące formowanie kontaktów omowych, formowanie tlenków termicznych, aktywacja elektryczna podłoża półprzewodnikowych po procesie implantacji oraz hartowanie termiczne polimerów. Podłoża są umieszczane w kwarcowej komorze, a następnie ogrzewane za pomocą lamp halogenowych. W zależności od planowanego efektu, proces odbywa się w atmosferze inertnej lub reaktywnej.

W odniesieniu do zagrożenia wybuchem, należy uwzględnić w laboratorium gazy palne używane w badaniach, tj. wodór, amoniak, silan, metan. Wodór będzie wytwarzany generatorami wodoru i gromadzony w zbiorniku znajdującym się w pomieszczeniu aparaturowym 1.114b w szafie wentylowanej, w odporności ogniowej zgodnie z normą PN-EN 14470-2, podobnie jak butle z pozostałymi gazami palnymi. Ciśnienie gazów w instalacji zasilającej urządzenia to maksymalnie 4,5bar.

Pomieszczenie 1.114 wyposażone będzie w detekcję gazów palnych, zamykających automatycznie dopływ tych gazów do pomieszczenia.

Ponadto butle oraz zbiornik z wodorem w pomieszczeniu 1.114b będą podłączone do instalacji zasilającej urządzenia w pomieszczeniu 1.114, nie będą one w tych szafach magazynowane. Generator wodoru będzie znajdował się w pomieszczeniach technicznych 1.114a i 1.114b.

Dezynfekcja prowadzona będzie przez nanoszenie rozpuszczalnika (magazynowane w szafach wentylowanych w pomieszczeniach 1.113 lub 1.107) miejscowo na urządzenie, blat itp. jednorazowo o powierzchni do 1m², a następnie przetarciu tego miejsca czyściwem. Następnie kolejne powierzchnie pokrywane będą cieczą i przecierane.

Dezynfekcja urządzeń poprzedzona będzie ich wyłączeniem z zasilania.

Do dezynfekcji używane będzie czyściwo, które po użyciu trafiać będzie do specjalnego zamykanego pojemnika.

Ilości zużywane podczas dezynfekcji urządzeń i powierzchni miejscowo jest zbyt mała aby wytworzyć mieszaninę o objętości 0,01m³ mieszaniny par z powietrzem. Pojemnik z cieczą palną w miejscu dezynfekcji znajdować się będzie tylko w czasie prowadzenia dezynfekcji, a po skończeniu trafiać do wentylowanej szafy

przeznaczonej do przechowywania cieczy palnych. Zatem odstępuje się od wyznaczenia strefy zagrożenia wybuchem podczas dezynfekcji.

4.5.2. Źródła emisji i ich klasyfikacja

W normalnych warunkach generatory wodoru nie stanowią możliwego źródła emisji wodoru poza układ, ze względu na zabezpieczenia urządzeń. Zatem odstępuje się od wyznaczenia stref zagrożenia wybuchem w tym obszarze.

Brudne czyściwo należy zaliczyć do źródła **emisji stopnia drugiego**.

Połączenia rozłączalne na instalacji z wodorem, amoniakiem, silanem, metanem należy uznać jako źródło emisji **stopnia drugiego**.

Obliczenia wykonano dla wodoru oraz metanu.

Aby określić wydajność wypływu wodoru z nieszczelności należy stwierdzić czy wypływ gazu będzie dławiony czy nie, na podstawie zależności na ciśnienie krytyczne:

$$p_c = p_0 \left(\frac{\gamma + 1}{2} \right)^{\frac{\gamma}{\gamma - 1}} = 189645,2 Pa = 0,19 MPa$$

gdzie: p_0 – ciśnienie poza instalacją (Pa),

γ – współczynnik politropy, liczony z zależności:

$$\gamma = \frac{M \cdot c_p}{M \cdot c_p - R} = 1,406$$

gdzie: M – masa molowa, tutaj 2kg/kmol,

c_p – ciepło właściwe, tutaj 14400J/kgK.

W związku z tym, że ciśnienie absolutne w instalacji $p=0,55MPa$ jest większe od ciśnienia krytycznego p_c mamy do czynienia z wypływem dławionym.

Dla wypływu dławionego wydajność emisji oblicza się z zależności:

$$W_g = C_d S p \sqrt{\gamma \frac{M}{ZRT} \left(\frac{2}{\gamma + 1} \right)^{\frac{(\gamma + 1)}{(\gamma - 1)}}} = 6,5 \cdot 10^{-5} kg/s$$

gdzie: p – ciśnienie wewnątrz instalacji, tutaj 550000Pa,

S – powierzchnia wypływu, tutaj $0,25 \cdot 10^{-6} m^2$,

T – temperatura 293K.

Objętościowa wydajność wypływu jest równa 0,0008m³/s, a objętościowa charakterystyka wypływu równa 0,019m³/s.

Aby określić wydajność wypływu metanu należy stwierdzić czy wypływ gazu będzie dławiony czy nie, na podstawie zależności na ciśnienie krytyczne:

$$p_c = p_0 \left(\frac{\gamma + 1}{2} \right)^{\frac{\gamma}{\gamma - 1}} = 1,84 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

gdzie: p_0 – ciśnienie poza instalacją 10⁵ Pa,

γ – współczynnik politropy, liczony z zależności:

$$\gamma = \frac{M \cdot c_p}{M \cdot c_p - R} = 1,31$$

gdzie: M – masa molowa, tutaj 16kg/kmol,

c_p – ciepło właściwe, tutaj 2207J/kgK,

R – stała gazowa 8314J/kmolK.

W związku z tym, że ciśnienie absolutne w instalacji $p=0,55\text{MPa}$ jest większe od ciśnienia krytycznego p_c mamy do czynienia z wypływem dławionym.

Dla wypływu dławionego wydajność emisji oblicza się z zależności:

$$W_g = C_d S p \sqrt{\gamma \frac{M}{ZRT} \left(\frac{2}{\gamma + 1} \right)^{\frac{(\gamma + 1)}{(\gamma - 1)}}} = 1,8 \cdot 10^{-4} \text{ kg/s}$$

gdzie: p – ciśnienie wewnątrz instalacji, tutaj 550000Pa,

S – powierzchnia wypływu, tutaj $0,25 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$,

T – temperatura 293K.

Objętościowa wydajność wypływu jest równa 0,00026m³/s, a objętościowa charakterystyka wypływu równa 0,006m³/s.

Zestawienie źródeł emisji znajduje się w załączniku nr 3.

4.5.3. Ocena stopnia wentylacji

Pomieszczenia wyposażone będą w wentylację mechaniczną bytową o wydajności co najmniej 4wym/h.

Zgodnie z wykresem C.1 normy PN-EN 60079-10-1:2016-02 wentylację w pomieszczeniu ocenia się jako wentylację o **stopniu średnim** oraz **dyspozycyjności dostatecznej**, wentylację szaf ocenia się jako wentylację o **stopniu wysokim** oraz **dyspozycyjności dostatecznej**.

Pojemnik na zużyte czysciwo jest zamknięty, a zatem wentylację ocenia się jako wentylację o **stopniu niskim** oraz **dyspozycyjności słabej**.

4.5.4. Wyznaczenie stref

Zgodnie z tabelą załącznika nr 1 oraz arkuszami danych z załączników nr 2 i 3 oraz wykresem D.1 normy PN-EN 60079-10-1:2016-02 w obrębie połączeń rozłączalnych na instalacji z gazami palnymi wyznacza się **STREFĘ 2 zagrożenia wybuchem** w promieniu 0,25m.

Wewnątrz kanału wentylacji szaf z gazami palnymi w pomieszczeniu 1.114b wyznacz się **STREFĘ 2 zagrożenia wybuchem** oraz w promieniu 2m od jej ujęcia.

W pojemniku na brudne czysciwo wyznacza się **STREFĘ 2 zagrożenia wybuchem**.

4.5.5. Ocena pomieszczenia 1.114 pod kątem kwalifikacji jako pomieszczenia zagrożonego wybuchem

W celu oceny pomieszczeń pod kątem kwalifikacji jako pomieszczenia zagrożonego wybuchem należy obliczyć przyrost ciśnienia, jaki mógłby zostać spowodowany przez wybuch w rozpatrywanym pomieszczeniu. Możliwy przyrost ciśnienia oblicza się przy założeniu sytuacji, że dojdzie do uwolnienia wodoru z instalacji.

$$\Delta P = \frac{m_{\max} \cdot \Delta P_{\max} \cdot W}{V \cdot C_{st} \cdot \rho}$$

gdzie: m_{\max} – maksymalna masa substancji palnych, tworzących mieszaninę wybuchową, jaka może wydzielć się w rozpatrywanym pomieszczeniu (kg),

ΔP_{\max} – maksymalny przyrost ciśnienia przy wybuchu stechiometrycznej mieszaniny w zamkniętej komorze (tutaj 625kPa),

W – współczynnik przebiegu reakcji wybuchu, dla gazów = 0,17,

V – objętość przestrzeni powietrznej pomieszczenia (przyjmuje się kubaturę pomieszczenia -10%) $300,74\text{m}^3$,

C_{st} – objętościowe stężenie stechiometryczne,

$$C_{st} = \frac{1}{1 + 4,84 \cdot \beta} = 0,29$$

β – stechiometryczny współczynnik tlenu w reakcji wybuchu

$$\beta = n_c + \frac{n_H - n_{Cl}}{4} - \frac{n_O}{2} = 0,5$$

ρ – gęstość par w temperaturze pomieszczenia $\rho = \frac{p \cdot M}{R \cdot T} = 0,083 \text{ kg/m}^3$.

Masę gazu jaka może się uwolnić w pomieszczeniu ze względu na detekcję odcinającą dopływ gazu do pomieszczenia to ilość gazu w instalacji na poziomie $0,1\text{kg}$.

Stąd

$$\Delta P = 2,5\text{kPa}$$

Mieszanina wybuchowa, która może wytworzyć się w pomieszczeniu, spowoduje przyrost ciśnienia równy $2,5\text{kPa}$, czyli mniejszy niż 5kPa , stąd pomieszczenie nie zostaje zakwalifikowane jako zagrożone wybuchem.

W celu oceny pomieszczenia pod kątem kwalifikacji jako pomieszczenia zagrożonego wybuchem należy obliczyć również przyrost ciśnienia, jaki mógłby zostać spowodowany przez wybuch metanu. Możliwy przyrost ciśnienia oblicza się przy założeniu sytuacji, że dojdzie do emisji metanu z nieszczelności na instalacji.

$$\Delta P = \frac{m_{\max} \cdot \Delta P_{\max} \cdot W}{V \cdot C_{st} \cdot \rho}$$

gdzie: m_{\max} – maksymalna masa substancji palnych, tworzących mieszaninę wybuchową, jaka może wydzielć się w rozpatrywanym pomieszczeniu (kg),

ΔP_{\max} – maksymalny przyrost ciśnienia przy wybuchu stechiometrycznej mieszaniny w zamkniętej komorze (tutaj 605kPa),

W – współczynnik przebiegu reakcji wybuchu, dla gazu = $0,17$,

V – objętość przestrzeni powietrznej pomieszczenia netto, tutaj (-10%),

C_{st} – objętościowe stężenie stechiometryczne,

$$C_{st} = \frac{1}{1 + 4,84 \cdot \beta} = 0,09$$

β – stechiometryczny współczynnik tlenu w reakcji wybuchu

$$\beta = n_c + \frac{n_H - n_{Cl}}{4} - \frac{n_O}{2} = 2$$

ρ – gęstość gazu w temperaturze pomieszczenia 0,665kg/m³.

Ze względu na zabezpieczenie instalacji systemem detekcji metanu, który automatycznie zamyka dopływ gazu do pomieszczenia masę gazu, która wytworzyć może atmosferę wybuchową przyjmuje się nie więcej niż 0,05kg.

Stąd

$$\Delta P = 1,45kPa$$

Mieszanina wybuchowa, która może wytworzyć się w pomieszczeniu, spowoduje przyrost ciśnienia równy 1,45kPa, czyli mniejszy niż 5kPa, stąd pomieszczenie nie będzie zagrożone wybuchem.

Uwaga: W przypadku nie zastosowania detekcji zamykającej automatycznie dopływ gazu do pomieszczenia będzie kwalifikowane jako zagrożone wybuchem.

4.5.6. Ocena pomieszczenia 1.114a pod kątem kwalifikacji jako pomieszczenia zagrożonego wybuchem

W normalnych warunkach generatory wodoru nie stanowią możliwego źródła emisji wodoru poza układ, ze względu na zabezpieczania urządzeń. Zatem kwalifikuje się pomieszczenie jako nie zagrożone wybuchem.

4.5.7. Ocena pomieszczenia 1.114b pod kątem kwalifikacji jako pomieszczenia zagrożonego wybuchem

Ze względu na to, iż gazy palne będą przetrzymywane w wentylowanych szafach w odporności ogniowej nie uwzględnia się możliwości wytworzenia mieszaniny wybuchowej w pomieszczeniu aparaturowym 1.114b.

Ponadto butle oraz zbiornik z wodorem będą podłączone do instalacji zasilającej urządzenia, nie będą one w tych szafach magazynowane.

4.6. Brudna chemia - Budynek 4 (piętro 1)

4.6.1. Charakterystyka

W laboratorium 1.113 brudna chemia, realizowane będą badania laboratoryjne przy użyciu kwasów, zasad, związków organicznych. Prace realizowane będą pod dygestorium, a ciecze przechowywane będą w szafach wentylowanych.

Wśród odczynników używanych w pomieszczeniu, będą rozpuszczalniki, takie jak aceton, izopropanol, etanol. Maksymalne opakowanie to 4dm³. Podczas prac pod dygestorium nie przewiduje się swobodnego parowania tych cieczy.

Dezynfekcja prowadzona będzie przez nanoszenie rozpuszczalnika miejscowo na urządzenie, blat itp. jednorazowo o powierzchni do 1m², a następnie przetarciu tego miejsca czyściwym. Następnie kolejne powierzchnie pokrywane będą cieczą i przecierane.

Dezynfekcja urządzeń poprzedzona będzie ich wyłączeniem z zasilania.

Do dezynfekcji używane będzie czyściwo, które po użyciu trafiać będzie do specjalnego zamykanego pojemnika.

Ilości zużywane podczas dezynfekcji urządzeń i powierzchni miejscowo jest zbyt mała aby wytworzyć mieszaninę o objętości 0,01m³ mieszaniny par z powietrzem. Pojemnik z cieczą palną w miejscu dezynfekcji znajdować się będzie tylko w czasie prowadzenia dezynfekcji, a po skończeniu trafiać do wentylowanej szafy przeznaczonej do przechowywania cieczy palnych. Zatem odstępuje się od wyznaczenia strefy zagrożenia wybuchem podczas dezynfekcji.

4.6.2. Źródła emisji i ich klasyfikacja

W normalnych warunkach nieszczelności w zamknięciach pojemników z substancjami łatwopalnymi należy uznać jako źródło emisji **stopnia drugiego**.

Podczas prac laboratoryjnych przy użyciu rozpuszczalników przyjmuje się źródło emisji **stopnia pierwszego**.

Brudne czyściwo należy zaliczyć do źródła **emisji stopnia drugiego**.

Zestawienie źródeł emisji znajduje się w załączniku nr 3.

4.6.3. Ocena stopnia wentylacji

Pomieszczenie wyposażone będzie w wentylację mechaniczną bytową o wydajności co najmniej 4wym/h.

W wentylowanej szafie zgodnie zapewniona powinna być wydajność zapewniająca co najmniej 8wym/h. Wydajność wentylacji dygestorium w zależności od jego wielkości na poziomie 500-900m³/h.

Zgodnie z wykresem C.1 normy PN-EN 60079-10-1:2016-02 wentylację w pomieszczeniu ocenia się jako wentylację o **stopniu średnim** oraz **dyspozycyjności dostatecznej**, wentylację szafy ocenia się jako wentylację o **stopniu wysokim** oraz **dyspozycyjności dostatecznej** oraz dygestorium o **stopniu wysokim** oraz **dyspozycyjności dobrej**.

Pojemnik na zużyte czyściwo jest zamknięty, a zatem wentylację ocenia się jako wentylację o **stopniu niskim** oraz **dyspozycyjności słabej**.

4.6.4. Wyznaczenie stref

Zgodnie z tabelą załącznika nr 1 oraz arkuszami danych z załączników nr 2 i 3 oraz wykresem D.1 normy PN-EN 60079-10-1:2016-02 ze względu na dużą ilość magazynowanych rozpuszczalników wyznacza się **STREFĘ 2 zagrożenia wybuchem** wewnątrz kanału wentylacyjnego szafy oraz w promieniu 2m od jej ujścia.

Wewnątrz dygestorium występuje teoretyczna strefa zagrożenia wybuchem, o pomijalnie małym zasięgu, stąd odstępuje się od wyznaczenia stref zagrożenia wybuchem.

W pojemniku na brudne czyściwo wyznacza się **STREFĘ 2 zagrożenia wybuchem**.

4.6.5. Ocena pomieszczenia pod kątem kwalifikacji jako pomieszczenia zagrożonego wybuchem

W celu oceny pomieszczenia 1.113 pod kątem kwalifikacji jako pomieszczenia zagrożonego wybuchem należy obliczyć przyrost ciśnienia, jaki mógłby zostać spowodowany przez wybuch. Możliwy przyrost ciśnienia oblicza się przy założeniu sytuacji, że dojdzie do rozlania 1dm³ acetonu podczas przelewania z pojemnika.

$$\Delta P = \frac{m_{\max} \cdot \Delta P_{\max} \cdot W}{V \cdot C_{st} \cdot \rho}$$

gdzie: m_{\max} – maksymalna masa substancji palnych, tworzących mieszaninę wybuchową, jaka może wydzielić się w rozpatrywanym pomieszczeniu (kg),

ΔP_{\max} – maksymalny przyrost ciśnienia przy wybuchu stechiometrycznej mieszaniny w zamkniętej komorze (tutaj 772kPa),

W – współczynnik przebiegu reakcji wybuchu, dla par cieczy = 0,1,

V – objętość przestrzeni powietrznej pomieszczenia (przyjmuje się kubaturę pomieszczenia -10%) 49,2m³,

C_{st} – objętościowe stężenie stechiometryczne,

$$C_{st} = \frac{1}{1 + 4,84 \cdot \beta} = 0,049$$

β – stechiometryczny współczynnik tlenu w reakcji wybuchu

$$\beta = n_C + \frac{n_H - n_{Cl}}{4} - \frac{n_O}{2} = 4$$

ρ – gęstość par w temperaturze pomieszczenia $\rho = \frac{p \cdot M}{R \cdot T} = 2,414 \text{ kg/m}^3$.

Masę palnych par, która wytworzyć może atmosferę wybuchową oblicza się z zależności:

$$m = 10^{-9} \cdot F \cdot \tau \cdot K \cdot P_s \cdot \sqrt{M} = 0,3 \text{ kg}$$

gdzie: F – powierzchnia parowania, tutaj 1m²,

τ – przewidywany maksymalny czas wydzielania się par (s), zakłada się, że ciecz po rozlaniu zostanie zebrane przez pracownika, stąd przyjmuje się 5 minut czyli 300 s,

K – współczynnik parowania, dla 20°C i prędkości przepływu powietrza nad powierzchnią parowania 0,5 m/s równy 5,4,

P_s – prężność pary nasyconej w temperaturze pomieszczenia =24465,5Pa,

M – masa molowa cieczy, tutaj równa 58kg/kmol.

Stąd

$$\Delta P = 4,4 \text{ kPa}$$

Mieszanina wybuchowa, która może wytworzyć się w pomieszczeniu, spowoduje przyrost ciśnienia równy 4,4kPa, czyli mniejszy niż 5kPa, stąd pomieszczenie nie zostaje zakwalifikowane jako zagrożone wybuchem.

4.7.Laboratorium do osadzania warstw metodami PVD - Budynek 4 (piętro 1 oraz piwnica)

4.7.1. Charakterystyka

Laboratorium będzie zlokalizowane w trzech pomieszczeniach U1.07, 1.112 oraz 1.108. Obejmuje ono systemy do osadzania warstw z par metodą rozpylania katodowego i za pomocą wiązki elektronowej (PVD), także 1 dygestorium chemiczne. Procesy polegają na nanoszeniu warstw metodą parowania próżniowego z zastosowaniem wiązki elektronowej do odparowania materiału na odpowiednio przygotowane podłoże, lub w atmosferze odpowiednich gazów czystych poprzez magnetronowe rozpylanie katodowe materiału z targetu.

Do zasilania urządzeń stosowane będą gazy niepalne.

Z informacji od użytkownika wynika, że nie będą stosowane ciecze łatwopalne, a jedynie do dezynfekcji.

Dezynfekcja prowadzona będzie przez nanoszenie rozpuszczalnika (magazynowane w szafach wentylowanych w pomieszczeniach 1.113 lub 1.107) miejscowo na urządzenie, blat itp. jednorazowo o powierzchni do 1m², a następnie przetarciu tego miejsca czyściwym. Następnie kolejne powierzchnie pokrywane będą cieczą i przecierane.

Dezynfekcja urządzeń poprzedzona będzie ich wyłączeniem z zasilania.

Do dezynfekcji używane będzie czyściwo, które po użyciu trafiać będzie do specjalnego zamykanego pojemnika.

Ilości zużywane podczas dezynfekcji urządzeń i powierzchni miejscowo jest zbyt mała aby wytworzyć mieszaninę o objętości 0,01m³ mieszaniny par z powietrzem. Pojemnik z cieczą palną w miejscu dezynfekcji znajdować się będzie tylko w czasie prowadzenia dezynfekcji, a po skończeniu trafiać do wentylowanej szafy

przeznaczonej do przechowywania cieczy palnych. Zatem odstępuje się od wyznaczenia strefy zagrożenia wybuchem podczas dezynfekcji.

4.7.2. Źródła emisji i ich klasyfikacja

Brudne czyściwo należy zaliczyć do źródła **emisji stopnia drugiego**.

Zestawienie źródeł emisji znajduje się w załączniku nr 3.

4.7.3. Ocena stopnia wentylacji

Pomieszczenia wyposażone będą w wentylację mechaniczną bytową o wydajności co najmniej 4wym/h.

Pojemnik na zużyte czyściwo jest zamknięty, a zatem wentylację ocenia się jako wentylację o **stopniu niskim** oraz **dyspozycyjności słabej**.

4.7.4. Wyznaczenie stref

Zgodnie z tabelą załącznika nr 1 oraz arkuszami danych z załączników nr 2 i 3 oraz wykresem D.1 normy PN-EN 60079-10-1:2016-02 w pojemniku na brudne czyściwo wyznacza się **STREFĘ 2 zagrożenia wybuchem**.

4.7.5. Ocena pomieszczeń U1.07 pod kątem kwalifikacji jako pomieszczenia zagrożonego wybuchem

W celu oceny pomieszczenia pod kątem kwalifikacji jako pomieszczenia zagrożonego wybuchem należy obliczyć przyrost ciśnienia, jaki mógłby zostać spowodowany przez wybuch. Możliwy przyrost ciśnienia oblicza się przy założeniu sytuacji, że dojdzie do rozlania acetonu z pojemnika 0,5dm³.

$$\Delta P = \frac{m_{\max} \cdot \Delta P_{\max} \cdot W}{V \cdot C_{st} \cdot \rho}$$

gdzie: m_{\max} – maksymalna masa substancji palnych, tworzących mieszaninę wybuchową, jaka może wydzielić się w rozpatrywanym pomieszczeniu (kg),

ΔP_{\max} – maksymalny przyrost ciśnienia przy wybuchu stechiometrycznej mieszaniny w zamkniętej komorze (tutaj 772kPa),

W – współczynnik przebiegu reakcji wybuchu, dla par cieczy = 0,1,

V – objętość przestrzeni powietrznej pomieszczenia (przyjmuje się kubaturę pomieszczenia -10%) $43,65\text{m}^3$,

C_{st} – objętościowe stężenie stechiometryczne,

$$C_{st} = \frac{1}{1 + 4,84 \cdot \beta} = 0,049$$

β – stechiometryczny współczynnik tlenu w reakcji wybuchu

$$\beta = n_C + \frac{n_H - n_{Cl}}{4} - \frac{n_O}{2} = 4$$

ρ – gęstość par w temperaturze pomieszczenia $\rho = \frac{p \cdot M}{R \cdot T} = 2,414 \text{ kg/m}^3$.

Masę palnych par, która wytworzyć może atmosferę wybuchową oblicza się z zależności:

$$m = 10^{-9} \cdot F \cdot \tau \cdot K \cdot P_s \cdot \sqrt{M} = 0,15 \text{ kg}$$

gdzie: F – powierzchnia parowania, tutaj $0,5\text{m}^2$,

τ – przewidywany maksymalny czas wydzielania się par (s), zakłada się, że ciecz po rozlaniu zostanie zebrane przez pracownika, stąd przyjmuje się 5 minut czyli 300 s,

K – współczynnik parowania, dla 20°C i prędkości przepływu powietrza nad powierzchnią parowania $0,5 \text{ m/s}$ równy 5,4,

P_s – prężność pary nasyconej w temperaturze pomieszczenia $=24465,5\text{Pa}$,

M – masa molowa cieczy, tutaj równa 58kg/kmol .

Stąd

$$\Delta P = 2,24 \text{ kPa}$$

Mieszanina wybuchowa, która może wytworzyć się w pomieszczeniu, spowoduje przyrost ciśnienia równy $2,24\text{kPa}$, czyli mniejszy niż 5kPa , stąd pomieszczenie nie zostaje zakwalifikowane jako zagrożone wybuchem

4.7.6. Ocena pomieszczenia 1.112 pod kątem kwalifikacji jako pomieszczenia zagrożonego wybuchem

W celu oceny pomieszczeń pod kątem kwalifikacji jako pomieszczenia zagrożonego wybuchem należy obliczyć przyrost ciśnienia, jaki mógłby zostać

spowodowany przez wybuch. Możliwy przyrost ciśnienia oblicza się przy założeniu sytuacji, że dojdzie do rozlania acetonu z pojemnika 0,5dm³.

$$\Delta P = \frac{m_{\max} \cdot \Delta P_{\max} \cdot W}{V \cdot C_{st} \cdot \rho}$$

gdzie: m_{\max} – maksymalna masa substancji palnych, tworzących mieszaninę wybuchową, jaka może wydzielić się w rozpatrywanym pomieszczeniu (kg),

ΔP_{\max} – maksymalny przyrost ciśnienia przy wybuchu stechiometrycznej mieszaniny w zamkniętej komorze (tutaj 772kPa),

W – współczynnik przebiegu reakcji wybuchu, dla par cieczy = 0,1,

V – objętość przestrzeni powietrznej pomieszczenia (przyjmuje się kubaturę pomieszczenia -10%) 91,8m³,

C_{st} – objętościowe stężenie stechiometryczne,

$$C_{st} = \frac{1}{1 + 4,84 \cdot \beta} = 0,049$$

β – stechiometryczny współczynnik tlenu w reakcji wybuchu

$$\beta = n_C + \frac{n_H - n_{Cl}}{4} - \frac{n_O}{2} = 4$$

ρ – gęstość par w temperaturze pomieszczenia $\rho = \frac{p \cdot M}{R \cdot T} = 2,414 \text{ kg/m}^3$.

Masę palnych par, która wytworzyć może atmosferę wybuchową oblicza się z zależności:

$$m = 10^{-9} \cdot F \cdot \tau \cdot K \cdot P_s \cdot \sqrt{M} = 0,15 \text{ kg}$$

gdzie: F – powierzchnia parowania, tutaj 0,5m²,

τ – przewidywany maksymalny czas wydzielania się par (s), zakłada się, że ciecz po rozlaniu zostanie zebrane przez pracownika, stąd przyjmuje się 5 minut czyli 300 s,

K – współczynnik parowania, dla 20°C i prędkości przepływu powietrza nad powierzchnią parowania 0,5 m/s równy 5,4,

P_s – prężność pary nasyconej w temperaturze pomieszczenia =24465,5Pa,

M – masa molowa cieczy, tutaj równa 58kg/kmol.

Stąd

$$\Delta P = 1,07 \text{ kPa}$$

Mieszanina wybuchowa, która może wytworzyć się w pomieszczeniu, spowoduje przyrost ciśnienia równy 1,07kPa, czyli mniejszy niż 5kPa, stąd pomieszczenie nie zostaje zakwalifikowane jako zagrożone wybuchem.

4.7.7. Ocena pomieszczenia 1.108 pod kątem kwalifikacji jako pomieszczenia zagrożonego wybuchem

W celu oceny pomieszczeń pod kątem kwalifikacji jako pomieszczenia zagrożonego wybuchem należy obliczyć przyrost ciśnienia, jaki mógłby zostać spowodowany przez wybuch. Możliwy przyrost ciśnienia oblicza się przy założeniu sytuacji, że dojdzie do rozlania acetonu z pojemnika 0,5dm³.

$$\Delta P = \frac{m_{\max} \cdot \Delta P_{\max} \cdot W}{V \cdot C_{st} \cdot \rho}$$

gdzie: m_{\max} – maksymalna masa substancji palnych, tworzących mieszaninę wybuchową, jaka może wydzielić się w rozpatrywanym pomieszczeniu (kg),

ΔP_{\max} – maksymalny przyrost ciśnienia przy wybuchu stechiometrycznej mieszaniny w zamkniętej komorze (tutaj 772kPa),

W – współczynnik przebiegu reakcji wybuchu, dla par cieczy = 0,1,

V – objętość przestrzeni powietrznej pomieszczenia (przyjmuje się kubaturę pomieszczenia -10%) 85,8m³,

C_{st} – objętościowe stężenie stechiometryczne,

$$C_{st} = \frac{1}{1 + 4,84 \cdot \beta} = 0,049$$

β – stechiometryczny współczynnik tlenu w reakcji wybuchu

$$\beta = n_c + \frac{n_H - n_{Cl}}{4} - \frac{n_O}{2} = 4$$

ρ – gęstość par w temperaturze pomieszczenia $\rho = \frac{p \cdot M}{R \cdot T} = 2,414 \text{ kg/m}^3$.

Masę palnych par, która wytworzyć może atmosferę wybuchową oblicza się z zależności:

$$m = 10^{-9} \cdot F \cdot \tau \cdot K \cdot P_s \cdot \sqrt{M} = 0,15 \text{ kg}$$

gdzie: F – powierzchnia parowania, tutaj 0,5m²,

τ – przewidywany maksymalny czas wydzielania się par (s), zakłada się, że ciecz po rozlaniu zostanie zebrane przez pracownika, stąd przyjmuje się 5 minut czyli 300 s,

K – współczynnik parowania, dla 20°C i prędkości przepływu powietrza nad powierzchnią parowania 0,5 m/s równy 5,4,

P_s – prężność pary nasyconej w temperaturze pomieszczenia =24465,5Pa,

M – masa molowa cieczy, tutaj równa 58kg/kmol.

Stąd

$$\Delta P = 1,14kPa$$

Mieszanina wybuchowa, która może wytworzyć się w pomieszczeniu, spowoduje przyrost ciśnienia równy 1,14kPa, czyli mniejszy niż 5kPa, stąd pomieszczenie nie zostaje zakwalifikowane jako zagrożone wybuchem.

4.8. Czysta chemia - Budynek 4 (piętro 1)

4.8.1. Charakterystyka

W laboratorium 1.107 czysta chemia, realizowane będą badania laboratoryjne przy użyciu kwasów, zasad, związków organicznych. Prace realizowane będą pod dygestorium, a ciecze przechowywane będą w szafach wentylowanych.

Wśród odczynników używanych w pomieszczeniu, będą rozpuszczalniki, takie jak aceton, izopropanol, etanol, anizol, n-heksan, toluen, dichlorometan, ksylen. Maksymalne opakowanie to 4dm³. Podczas prac pod dygestorium nie przewiduje się swobodnego parowania tych cieczy.

Dezynfekcja prowadzona będzie przez nanoszenie rozpuszczalnika miejscowo na urządzenie, blat itp. jednorazowo o powierzchni do 1m², a następnie przetrzaniu tego miejsca czyściwem. Następnie kolejne powierzchnie pokrywane będą cieczą i przecierane.

Dezynfekcja urządzeń poprzedzona będzie ich wyłączeniem z zasilania.

Do dezynfekcji używane będzie czyściwo, które po użyciu trafiać będzie do specjalnego zamykanego pojemnika.

Ilości zużywane podczas dezynfekcji urządzeń i powierzchni miejscowo jest zbyt mała aby wytworzyć mieszaninę o objętości 0,01m³ mieszaniny par z powietrzem. Pojemnik z cieczą palną w miejscu dezynfekcji znajdować się będzie tylko w czasie prowadzenia dezynfekcji, a po skończeniu trafił do wentylowanej szafy przeznaczonej do przechowywania cieczy palnych. Zatem odstępuje się od wyznaczenia strefy zagrożenia wybuchem podczas dezynfekcji.

4.8.2. Źródła emisji i ich klasyfikacja

W normalnych warunkach nieszczelności w zamknięciach pojemników z substancjami łatwopalnymi należy uznać jako źródło emisji **stopnia drugiego**.

Podczas prac laboratoryjnych przy użyciu rozpuszczalników przyjmuje się źródło emisji **stopnia pierwszego**.

Brudne czyściwo należy zaliczyć do źródła **emisji stopnia drugiego**.

Zestawienie źródeł emisji znajduje się w załączniku nr 3.

4.8.3. Ocena stopnia wentylacji

Pomieszczenie wyposażone będzie w wentylację mechaniczną bytową o wydajności co najmniej 4wym/h.

W wentylowanej szafie zgodnie zapewniona powinna być wydajność zapewniająca co najmniej 8wym/h. Wydajność wentylacji dygestorium w zależności od jego wielkości na poziomie 500-900m³/h.

Zgodnie z wykresem C.1 normy PN-EN 60079-10-1:2016-02 wentylację w pomieszczeniu ocenia się jako wentylację o **stopniu średnim** oraz **dyspozycyjności dostatecznej**, wentylację szafy ocenia się jako wentylację o **stopniu wysokim** oraz **dyspozycyjności dostatecznej** oraz dygestorium o **stopniu wysokim** oraz **dyspozycyjności dobrej**.

Pojemnik na zużyte czyściwo jest zamknięty, a zatem wentylację ocenia się jako wentylację o **stopniu niskim** oraz **dyspozycyjności słabej**.

4.8.4. Wyznaczenie stref

Zgodnie z tabelą załącznika nr 1 oraz arkuszami danych z załączników nr 2 i 3 oraz wykresem D.1 normy PN-EN 60079-10-1:2016-02 ze względu na dużą ilość

magazynowanych rozpuszczalników wyznacza się **STREFĘ 2 zagrożenia wybuchem** wewnątrz kanału wentylacyjnego szafy oraz w promieniu 2m od jej ujęcia.

Wewnątrz dygestorium występuje teoretyczna strefa zagrożenia wybuchem, o pomijalnie małym zasięgu, stąd odstępuje się od wyznaczenia stref zagrożenia wybuchem.

W pojemniku na brudne czyściwo wyznacza się **STREFĘ 2 zagrożenia wybuchem**.

4.8.5. Ocena pomieszczenia pod kątem kwalifikacji jako pomieszczenia zagrożonego wybuchem

W celu oceny pomieszczenia 1.107 pod kątem kwalifikacji jako pomieszczenia zagrożonego wybuchem należy obliczyć przyrost ciśnienia, jaki mógłby zostać spowodowany przez wybuch. Możliwy przyrost ciśnienia oblicza się przy założeniu sytuacji, że dojdzie do rozlania 1dm³ acetonu podczas przelewania z pojemnika.

$$\Delta P = \frac{m_{\max} \cdot \Delta P_{\max} \cdot W}{V \cdot C_{st} \cdot \rho}$$

gdzie: m_{\max} – maksymalna masa substancji palnych, tworzących mieszaninę wybuchową, jaka może wydzielić się w rozpatrywanym pomieszczeniu (kg),

ΔP_{\max} – maksymalny przyrost ciśnienia przy wybuchu stechiometrycznej mieszaniny w zamkniętej komorze (tutaj 772kPa),

W – współczynnik przebiegu reakcji wybuchu, dla par cieczy = 0,1,

V – objętość przestrzeni powietrznej pomieszczenia (przyjmuje się kubaturę pomieszczenia -10%) 49,2m³,

C_{st} – objętościowe stężenie stechiometryczne,

$$C_{st} = \frac{1}{1 + 4,84 \cdot \beta} = 0,049$$

β – stechiometryczny współczynnik tlenu w reakcji wybuchu

$$\beta = n_C + \frac{n_H - n_{Cl}}{4} - \frac{n_O}{2} = 4$$

ρ – gęstość par w temperaturze pomieszczenia $\rho = \frac{p \cdot M}{R \cdot T} = 2,414 \text{ kg/m}^3$.

Masę palnych par, która wytworzyć może atmosferę wybuchową oblicza się z zależności:

$$m = 10^{-9} \cdot F \cdot \tau \cdot K \cdot P_s \cdot \sqrt{M} = 0,3kg$$

gdzie: F – powierzchnia parowania, tutaj $1m^2$,

τ – przewidywany maksymalny czas wydzielania się par (s), zakłada się, że ciecz po rozlaniu zostanie zebrane przez pracownika, stąd przyjmuje się 5 minut czyli 300 s,

K – współczynnik parowania, dla $20^\circ C$ i prędkości przepływu powietrza nad powierzchnią parowania 0,5 m/s równy 5,4,

P_s – prężność pary nasyconej w temperaturze pomieszczenia = 24465,5Pa,

M – masa molowa cieczy, tutaj równa 58kg/kmol.

Stąd

$$\Delta P = 2,9kPa$$

Mieszanina wybuchowa, która może wytworzyć się w pomieszczeniu, spowoduje przyrost ciśnienia równy 2,9kPa, czyli mniejszy niż 5kPa, stąd pomieszczenie nie zostaje zakwalifikowane jako zagrożone wybuchem.

4.9.Laboratorium fotolitografii - Budynek 4 (piętro 1)

4.9.1. Charakterystyka

Laboratorium będzie zlokalizowane w pomieszczeniach 1.104, 1.105, 1.105a, 1.105b.

W laboratorium fotolitografii wydzielone będą obszary, w których realizowane będą poszczególne etapy technologii mające na celu ukształtowanie wzoru o określonym kształcie w warstwie polimeru osadzonym na powierzchni procesowanego podłoża.

Laboratorium

W laboratorium 1.105b spin coater prowadzone będą procesy mające na celu osadzenie na powierzchni procesowanego podłoża warstwy polimeru światłoczułego. W laboratorium planowane jest zainstalowanie 2 urządzeń do rozwijowania zintegrowanych z płytami grzewczymi. Proces nanoszenia polimeru polega na

jednorodnym rozwirowaniu niewielkiej ilości płynnej substancji z określoną szybkością i w określonym czasie. Po zakończeniu wirowania, podłoże umieszcza się na płycie grzewczej o określonej temperaturze i na określony czas w celu odparowania rozpuszczalnika. W efekcie tego procesu otrzymywana jest jednorodna warstwa polimeru o określonej grubości na powierzchni podłoża poddawanego następnie ekspozycji promieniowaniu UV w laboratorium – mask aligner.

W laboratorium 1.104 mask aligner prowadzone będą prace technologiczne polegające na kształtowaniu wzorów techniką fotolitografii. W laboratorium planowane jest zainstalowanie dwóch systemów do litografii optycznej MA6 firmy SUSS oraz EVG6200 firmy EVGroup. Proces fotolitografii polega na ekspozycji warstwy światłoczułej osadzonej na podłożu promieniowaniem UV przez maskę fotolitograficzną.

W laboratorium 1.105a laserówka podobnie jak w laboratorium mask aligner, prowadzone będą prace polegające na kształtowaniu wzorów w warstwie polimeru światłoczułego, jednakże z wykorzystaniem bezpośredniego promieniowania UV (bez udziału maski fotolitograficznej). Pożądany wzór projektowany jest z wykorzystaniem dedykowanego oprogramowania, a następnie naświetlany wiązką lasera o odpowiedniej długości fali. W laboratorium planowana jest instalacja systemu Picomaster XF firmy Raith.

W laboratorium 1.105 developer prowadzone będą prace technologiczne mające na celu obróbkę chemiczną podłoży przepracowanych w laboratorium mask aligner oraz laserówka. Proces technologiczny polega na umieszczeniu naświetlonego podłoża z warstwą polimeru w roztworze wywoływacza. Proces prowadzony może być w sposób zautomatyzowany z wykorzystaniem planowanego do instalacji systemu EVG101 lub w sposób manualny, z wykorzystaniem odpowiedniego szkła laboratoryjnego w dygestorium chemicznym. W wyniku operacji wywoływania, w zależności od rodzaju zastosowanej warstwy światłoczułej, zostaje on usunięty lub utrwalony na powierzchni podłoża w kształcie pożądanego wzoru. Tak wykonany wzór poddawany jest ocenie z wykorzystaniem mikroskopu optycznego.

Do zasilania urządzeń stosowane będą gazy niepalne.

Z informacji od użytkownika wynika, że jedynie w pomieszczeniu 1.105b spin coater będą stosowane rozpuszczalniki, m.in. aceton, izopropanol, etanol, anizol, n-

heksan, toluen, dichlorometan, ksylen, i inne. Maksymalne opakowanie to 4dm³. Podczas prowadzonych prac zachodził będzie proces odparowywania rozpuszczalnika, w związku z tym urządzenie powinno być podłączone do odciagu miejscowego.

4.9.2. Źródła emisji i ich klasyfikacja

W normalnych warunkach nieszczelności w zamknięciach pojemników z substancjami łatwopalnymi należy uznać jako źródło emisji **stopnia drugiego**.

Podczas odparowywania rozpuszczalnika przyjmuje się źródło emisji **ciągłej**.

Zestawienie źródeł emisji znajduje się w załączniku nr 3.

4.9.3. Ocena stopnia wentylacji

Pomieszczenie wyposażone będzie w wentylację mechaniczną bytową o wydajności co najmniej 4wym/h.

W wentylowanej szafie zapewniona powinna być wydajność co najmniej 8wym/h.

Brak dokładnych danych dotyczących wydajności wentylacji urządzenia, w którym będzie proces odparowywania rozpuszczalnika.

Zgodnie z wykresem C.1 normy PN-EN 60079-10-1:2016-02 wentylację w pomieszczeniu ocenia się jako wentylację o **stopniu średnim** oraz **dyspozycyjności dostatecznej**, wentylację szafy oraz urządzenia, w którym będzie proces odparowywania rozpuszczalnika ocenia się jako wentylację o **stopniu wysokim** oraz **dyspozycyjności dostatecznej**.

4.9.4. Wyznaczenie stref

Zgodnie z tabelą załącznika nr 1 oraz arkuszami danych z załączników nr 2 i 3 oraz wykresem D.1 normy PN-EN 60079-10-1:2016-02 ze względu na dużą ilość magazynowanych rozpuszczalników wyznacza się **STREFĘ 2 zagrożenia wybuchem** wewnątrz kanału wentylacyjnego szafy oraz w promieniu 2m od jej ujścia. Również wewnątrz kanału wentylacyjnego urządzenia, w którym będzie proces odparowywania rozpuszczalnika wyznacza się **STREFĘ 2 zagrożenia wybuchem** oraz w promieniu 2m od ujścia.

4.9.5. Ocena pomieszczenia pod kątem kwalifikacji jako pomieszczenia zagrożonego wybuchem

Rozpuszczalniki magazynowane będą w szafie wentylowanej, a procesy realizowane przy ich użyciu będą odbywały się w urządzeniu do tego przeznaczonego i wentylowanego, stąd przyjmuje się, że nie będzie możliwości wytworzenia mieszaniny wybuchowej w pomieszczeniu.

4.10. Zewnętrzna stacja rozprężalni wodoru – przy budynku 7

4.10.1. Charakterystyka

Obok budynku 7 zlokalizowana została zewnętrzna rozprężalnia wodoru, 2 wiązki po 12 butli, każda butla 50l.

Od strony budynku stacja rozprężania wodoru powinna być osłonięta za pomocą ściany o odporności ogniowej REI120.

4.10.2. Źródła emisji i ich klasyfikacja

W normalnych warunkach połączenia rozłączalne na instalacji z wodorem należy uznać jako źródło emisji **stopnia drugiego**.

Aby określić wydajność wypływu wodoru z nieszczelności należy stwierdzić czy wypływ gazu będzie dławiony czy nie, na podstawie zależności na ciśnienie krytyczne:

$$p_c = p_0 \left(\frac{\gamma + 1}{2} \right)^{\frac{\gamma}{\gamma - 1}} = 189645,2 \text{ Pa} = 0,19 \text{ MPa}$$

gdzie: p_0 – ciśnienie poza instalacją (Pa),

γ – współczynnik politropy, liczony z zależności:

$$\gamma = \frac{M \cdot c_p}{M \cdot c_p - R} = 1,406$$

gdzie: M – masa molowa, tutaj 2kg/kmol,

c_p – ciepło właściwe, tutaj 14400J/kgK.

W związku z tym, że ciśnienie absolutne w instalacji $p=20,1\text{MPa}$ jest większe od ciśnienia krytycznego p_c mamy do czynienia z wypływem dławionym.

Dla wypływu dławionego wydajność emisji oblicza się z zależności:

$$W_g = C_d S p \sqrt{\gamma \frac{M}{ZRT} \left(\frac{2}{\gamma + 1} \right)^{(\gamma+1)/(\gamma-1)}} = 0,0024 \text{ kg/s}$$

gdzie: p – ciśnienie wewnątrz instalacji, tutaj 20100000Pa,

S – powierzchnia wypływu, tutaj $0,25 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$,

T – temperatura 293K.

Objętościowa wydajność wypływu jest równa $0,028 \text{ m}^3/\text{s}$, a objętościowa charakterystyka wypływu równa $0,71 \text{ m}^3/\text{s}$.

Zestawienie źródeł emisji znajduje się w załączniku nr 3.

4.10.3. Ocena stopnia wentylacji

Ewentualna emisja będzie miała miejsce na terenie otwartym dlatego przyjmuje się przepływ powietrza na poziomie $0,5 \text{ m/s}$.

Zgodnie z wykresem C.1 normy PN-EN 60079-10-1:2021 dla źródeł emisji stopnia drugiego wentylację ocenia się jako wentylację o **stopniu średnim** oraz **dyspozycyjności dostatecznej**.

4.10.4. Wyznaczenie stref

Zgodnie z tabelą załącznika nr 1 oraz arkuszami danych z załączników nr 2 i 3 oraz wykresem D.1 normy PN-EN 60079-10-1:2016-02 w obrębie stacji rozprężania i 1m od niej wyznacza się **STREFĘ 2 zagrożenia wybuchem**.

4.11. Laboratoria MBE1, MBE2 i MBE3 - Budynek 7 (parter)

4.11.1. Charakterystyka

Laboratoria MBE będą zlokalizowane w pomieszczeniach 0.09, 0.10 i 0.11.

W laboratoriach MBE wykonywanie procesów epitaksjalnych rozpoczyna się poprzez zadanie odpowiednich nastawów wstępnych za pomocą komputera. Jednocześnie dokonuje przełożenia podłoża epitaksjalnego z komory załadowniczej do komory transferowej MBE. Czynność tę dokonuje pracownik ręcznie poprzez otwieranie/zamykanie odpowiednich zaworów i za pomocą manipulatorów.

W przypadku MBE czas osiągnięcia zadanych nastawów zwykle wynosi ok. 2 godz. W tym czasie jeśli jest taka potrzeba pracownik dokonuje zmian w procedurze sterującej pracą reaktora MBE w czasie procesu epitaksjalnego.

Do zasilania reaktora w laboratorium MBE1 stosowany jest oprócz gazów niepalnych wodór.

W odniesieniu do zagrożenia wybuchem, należy uwzględnić w laboratorium 0.09 MBE1 wodór, który będzie doprowadzony do urządzenia za pomocą instalacji zasilającej z butli znajdujących się pod wiatą zewnętrzną. Pomieszczenie wyposażone będzie w detekcję wodoru, zamykającą automatycznie dopływ gazu do pomieszczenia.

Z informacji od użytkownika wynika, że w laboratoriach nie będą stosowane ciecze łatwopalne.

4.11.2. Źródła emisji i ich klasyfikacja

Połączenia rozłączalne na instalacji z wodorem należy uznać jako źródło emisji **stopnia drugiego**.

Aby określić wydajność wypływu wodoru z nieszczelności należy stwierdzić czy wypływ gazu będzie dławiony czy nie, na podstawie zależności na ciśnienie krytyczne:

$$p_c = p_0 \left(\frac{\gamma + 1}{2} \right)^{\frac{\gamma}{\gamma - 1}} = 189645,2 \text{ Pa} = 0,19 \text{ MPa}$$

gdzie: p_0 – ciśnienie poza instalacją (Pa),

γ – współczynnik politropy, liczony z zależności:

$$\gamma = \frac{M \cdot c_p}{M \cdot c_p - R} = 1,406$$

gdzie: M – masa molowa, tutaj 2kg/kmol,

c_p – ciepło właściwe, tutaj 14400J/kgK.

W związku z tym, że ciśnienie absolutne w instalacji $p=0,55\text{MPa}$ jest większe od ciśnienia krytycznego p_c mamy do czynienia z wypływem dławionym.

Dla wypływu dławionego wydajność emisji oblicza się z zależności:

$$W_g = C_d S p \sqrt{\gamma \frac{M}{ZRT} \left(\frac{2}{\gamma + 1} \right)^{\frac{(\gamma + 1)}{(\gamma - 1)}}} = 6,5 \cdot 10^{-5} \text{ kg/s}$$

gdzie: p – ciśnienie wewnątrz instalacji, tutaj 550000Pa,

S – powierzchnia wypływu, tutaj $0,25 \cdot 10^{-6} m^2$,

T – temperatura 293K.

Objęściowa wydajność wypływu jest równa $0,0008 m^3/s$, a objęściowa charakterystyka wypływu równa $0,019 m^3/s$.

Zestawienie źródeł emisji znajduje się w załączniku nr 3.

4.11.3. Ocena stopnia wentylacji

Pomieszczenia wyposażone będą w wentylację mechaniczną bytową o wydajności co najmniej 4wym/h .

Zgodnie z wykresem C.1 normy PN-EN 60079-10-1:2016-02 wentylację w pomieszczeniu ocenia się jako wentylację o **stopniu średnim** oraz **dyspozycyjności dostatecznej**,

4.11.4. Wyznaczenie stref

Zgodnie z tabelą załącznika nr 1 oraz arkuszami danych z załączników nr 2 i 3 oraz wykresem D.1 normy PN-EN 60079-10-1:2016-02 w obrębie połączeń rozłączalnych na instalacji z gazami palnymi wyznacza się **STREFĘ 2 zagrożenia wybuchem** w promieniu 0,25m.

4.11.5. Ocena pomieszczenia pod kątem kwalifikacji jako pomieszczenia zagrożonego wybuchem

W celu oceny pomieszczenia pod kątem kwalifikacji jako pomieszczenia zagrożonego wybuchem należy obliczyć przyrost ciśnienia, jaki mógłby zostać spowodowany przez wybuch w rozpatrywanym pomieszczeniu. Możliwy przyrost ciśnienia oblicza się przy założeniu sytuacji, że dojdzie do uwolnienia wodoru z instalacji.

$$\Delta P = \frac{m_{\max} \cdot \Delta P_{\max} \cdot W}{V \cdot C_{st} \cdot \rho}$$

gdzie: m_{\max} – maksymalna masa substancji palnych, tworzących mieszaninę wybuchową, jaka może wydzielić się w rozpatrywanym pomieszczeniu (kg),

ΔP_{\max} – maksymalny przyrost ciśnienia przy wybuchu stechiometrycznej mieszaniny w zamkniętej komorze (tutaj 625kPa),

W – współczynnik przebiegu reakcji wybuchu, dla gazów = 0,17,

V – objętość przestrzeni powietrznej pomieszczenia (przyjmuje się kubaturę pomieszczenia -10%) 101,65m³,

C_{st} – objętościowe stężenie stechiometryczne,

$$C_{st} = \frac{1}{1 + 4,84 \cdot \beta} = 0,29$$

β – stechiometryczny współczynnik tlenu w reakcji wybuchu

$$\beta = n_c + \frac{n_H - n_{Cl}}{4} - \frac{n_O}{2} = 0,5$$

ρ – gęstość par w temperaturze pomieszczenia $\rho = \frac{p \cdot M}{R \cdot T} = 0,083 \text{ kg/m}^3$.

Masę gazu jaka może się uwolnić w pomieszczeniu ze względu na detekcję odcinającą dopływ gazu do pomieszczenia to ilość gazu w instalacji na poziomie 0,1kg.

Stąd

$$\Delta P = 4,3 \text{ kPa}$$

Mieszanina wybuchowa, która może wytworzyć się w pomieszczeniu, spowoduje przyrost ciśnienia równy 4,3kPa, czyli mniejszy niż 5kPa, stąd pomieszczenie nie zostaje zakwalifikowane jako zagrożone wybuchem.

Uwaga: W przypadku nie zastosowania detekcji zamykającej automatycznie dopływ gazu do pomieszczenia będzie kwalifikowane jako zagrożone wybuchem.

4.12. Laboratorium chemiczne - Budynek 7 (parter)

4.12.1. Charakterystyka

W laboratorium 0.07 wybrane elementy o niedużych rozmiarach będą czyszczone w dygestorium „brudnym” poprzez trawienie w HCl, H₂SO₄:H₂O₂, i na koniec spłukiwane wodą dejonizowaną. Płukanie wybranych elementów realizowane będzie z użyciem płuczki ultrasonograficznej. Wybrane elementy będą następnie suszone w suszarce laboratoryjnej z przepływem azotu.

Jeśli zachodzi taka potrzeba to nowe elementy będą czyszczone z użyciem rozpuszczalników organicznych metanol, etanol, aceton i inne. Prace te realizowane będą pod dygestorium. Ciecze te magazynowane będą w szafie wentylowanej w pomieszczeniu aparaturowym 0.01.

Do zasilania urządzeń stosowane będą gazy niepalne.

4.12.2. Źródła emisji i ich klasyfikacja

Podczas praz z rozpuszczalnikami pod dygestorium przyjmuje się źródło emisji **stopnia pierwszego**.

Zestawienie źródeł emisji znajduje się w załączniku nr 3.

4.12.3. Ocena stopnia wentylacji

Pomieszczenie wyposażone będzie w wentylację mechaniczną bytową o wydajności co najmniej 4wym/h.

Wydajność wentylacji dygestorium w zależności od jego wielkości na poziomie 500-900m³/h.

Zgodnie z wykresem C.1 normy PN-EN 60079-10-1:2016-02 wentylację w pomieszczeniu ocenia się jako wentylację o **stopniu średnim** oraz **dyspozycyjności dostatecznej**, wentylację dygestorium o **stopniu wysokim** oraz **dyspozycyjności dobrej**.

4.12.4. Wyznaczenie stref

Zgodnie z tabelą załącznika nr 1 oraz arkuszami danych z załączników nr 2 i 3 oraz wykresem D.1 normy PN-EN 60079-10-1:2016-02 wewnątrz dygestorium występuje teoretyczna strefa zagrożenia wybuchem, o pomijalnie małym zasięgu, stąd odstępuje się od wyznaczenia stref zagrożenia wybuchem.

4.12.5. Ocena pomieszczenia pod kątem kwalifikacji jako pomieszczenia zagrożonego wybuchem

W celu oceny pomieszczenia pod kątem kwalifikacji jako pomieszczenia zagrożonego wybuchem należy obliczyć przyrost ciśnienia, jaki mógłby zostać

spowodowany przez wybuch. Możliwy przyrost ciśnienia oblicza się przy założeniu sytuacji, że dojdzie do rozlania acetonu z pojemnika 1dm³.

$$\Delta P = \frac{m_{\max} \cdot \Delta P_{\max} \cdot W}{V \cdot C_{st} \cdot \rho}$$

gdzie: m_{\max} – maksymalna masa substancji palnych, tworzących mieszaninę wybuchową, jaka może wydzielić się w rozpatrywanym pomieszczeniu (kg),

ΔP_{\max} – maksymalny przyrost ciśnienia przy wybuchu stechiometrycznej mieszaniny w zamkniętej komorze (tutaj 772kPa),

W – współczynnik przebiegu reakcji wybuchu, dla par cieczy = 0,1,

V – objętość przestrzeni powietrznej pomieszczenia (przyjmuje się kubaturę pomieszczenia -10%) 123,3m³,

C_{st} – objętościowe stężenie stechiometryczne,

$$C_{st} = \frac{1}{1 + 4,84 \cdot \beta} = 0,049$$

β – stechiometryczny współczynnik tlenu w reakcji wybuchu

$$\beta = n_C + \frac{n_H - n_{Cl}}{4} - \frac{n_O}{2} = 4$$

ρ – gęstość par w temperaturze pomieszczenia $\rho = \frac{p \cdot M}{R \cdot T} = 2,414 \text{ kg/m}^3$.

Masę palnych par, która wytworzyć może atmosferę wybuchową oblicza się z zależności:

$$m = 10^{-9} \cdot F \cdot \tau \cdot K \cdot P_s \cdot \sqrt{M} = 0,3 \text{ kg}$$

gdzie: F – powierzchnia parowania, tutaj 1m²,

τ – przewidywany maksymalny czas wydzielania się par (s), zakłada się, że ciecz po rozlaniu zostanie zebrane przez pracownika, stąd przyjmuje się 5 minut czyli 300 s,

K – współczynnik parowania, dla 20°C i prędkości przepływu powietrza nad powierzchnią parowania 0,5 m/s równy 5,4,

P_s – prężność pary nasyconej w temperaturze pomieszczenia =24465,5Pa,

M – masa molowa cieczy, tutaj równa 58kg/kmol.

Stąd

$$\Delta P = 3,49 \text{ kPa}$$

Mieszanina wybuchowa, która może wytworzyć się w pomieszczeniu, spowoduje przyrost ciśnienia równy 3,49kPa, czyli mniejszy niż 5kPa, stąd pomieszczenie nie zostaje zakwalifikowane jako zagrożone wybuchem.

4.13. Laboratorium MOCVD - Budynek 7 (parter)

4.13.1. Charakterystyka

W laboratorium 0.02 MOCVD będą realizowane prace w obrębie rektora i komory rękawicowej.

Do zasilania komory rękawicowej stosowany będzie oprócz gazów niepalnych wodór, arsenowodór, fosforowodór, krzemowodór. Arsenowodór, fosforowodór, krzemowodór zasilane będą z butli znajdujących się w pomieszczeniu aparaturowym 0.01 w szafach wentylowanych w odporności ogniowej zgodnie z normą PN-EN 14470-2. Wodór zasilany będzie przez stację filtracyjną wodoru w szafie wentylowanej z zewnętrznego magazynu znajdującego się w wiacie, mieszanie gazów przed komorą rękawicową odbywać się będzie w wentylowanej szafie.

W odniesieniu do zagrożenia wybuchem, należy uwzględnić wodór, arsenowodór, fosforowodór, krzemowodór. Pomieszczenie wyposażone będzie w detekcję tych gazów, zamykającą automatycznie dopływ gazu do pomieszczenia.

Z informacji od użytkownika wynika, że w laboratoriach nie będą stosowane ciecze łatwopalne.

4.13.2. Źródła emisji i ich klasyfikacja

Połączenia rozłączalne na instalacji z gazami palnymi należy uznać jako źródło emisji **stopnia drugiego**.

Obliczenia wykonano dla wodoru.

Aby określić wydajność wypływu wodoru z nieszczelności należy stwierdzić czy wypływ gazu będzie dławiony czy nie, na podstawie zależności na ciśnienie krytyczne:

$$p_c = p_0 \left(\frac{\gamma + 1}{2} \right)^{\frac{\gamma}{\gamma - 1}} = 189645,2 Pa = 0,19 MPa$$

gdzie: p_0 – ciśnienie poza instalacją (Pa),

γ – współczynnik politropy, liczony z zależności:

$$\gamma = \frac{M \cdot c_p}{M \cdot c_p - R} = 1,406$$

gdzie: M – masa molowa, tutaj 2kg/kmol,

c_p – ciepło właściwe, tutaj 14400J/kgK.

W związku z tym, że ciśnienie absolutne w instalacji $p=0,55\text{MPa}$ jest większe od ciśnienia krytycznego p_c mamy do czynienia z wypływem dławionym.

Dla wypływu dławionego wydajność emisji oblicza się z zależności:

$$W_g = C_d S p \sqrt{\gamma \frac{M}{ZRT} \left(\frac{2}{\gamma + 1} \right)^{(\gamma+1)/(\gamma-1)}} = 6,5 \cdot 10^{-5} \text{kg/s}$$

gdzie: p – ciśnienie wewnątrz instalacji, tutaj 550000Pa,

S – powierzchnia wypływu, tutaj $0,25 \cdot 10^{-6} \text{m}^2$,

T – temperatura 293K.

Objętościowa wydajność wypływu jest równa $0,0008 \text{m}^3/\text{s}$, a objętościowa charakterystyka wypływu równa $0,019 \text{m}^3/\text{s}$.

Zestawienie źródeł emisji znajduje się w załączniku nr 3.

4.13.3. Ocena stopnia wentylacji

Pomieszczenie wyposażone będzie w wentylację mechaniczną bytową o wydajności co najmniej 4wym/h.

W wentylowanej szafie zapewniona powinna być wydajność co najmniej 8wym/h.

Zgodnie z wykresem C.1 normy PN-EN 60079-10-1:2016-02 wentylację w pomieszczeniu ocenia się jako wentylację o **stopniu średnim** oraz **dyspozycyjności dostatecznej**, wentylację szaf ocenia się jako wentylację o **stopniu wysokim** oraz **dyspozycyjności dostatecznej**.

4.13.4. Wyznaczenie stref

Zgodnie z tabelą załącznika nr 1 oraz arkuszami danych z załączników nr 2 i 3 oraz wykresem D.1 normy PN-EN 60079-10-1:2016-02 w obrębie połączeń rozłączalnych na instalacji z gazami palnymi poza szafami wentylowanymi wyznacza

się **STREFĘ 2 zagrożenia wybuchem** w promieniu 0,25m. W kanałach wentylacyjnych szaf gazowych oraz w promieniu 2m od ujścia wyznacza się **STREFĘ 2 zagrożenia wybuchem**.

4.13.5. Ocena pomieszczenia pod kątem kwalifikacji jako pomieszczenia zagrożonego wybuchem

W celu oceny pomieszczenia pod kątem kwalifikacji jako pomieszczenia zagrożonego wybuchem należy obliczyć przyrost ciśnienia, jaki mógłby zostać spowodowany przez wybuch w rozpatrywanym pomieszczeniu. Możliwy przyrost ciśnienia oblicza się przy założeniu sytuacji, że dojdzie do uwolnienia wodoru z instalacji.

$$\Delta P = \frac{m_{\max} \cdot \Delta P_{\max} \cdot W}{V \cdot C_{st} \cdot \rho}$$

gdzie: m_{\max} – maksymalna masa substancji palnych, tworzących mieszaninę wybuchową, jaka może wydzielić się w rozpatrywanym pomieszczeniu (kg),

ΔP_{\max} – maksymalny przyrost ciśnienia przy wybuchu stechiometrycznej mieszaniny w zamkniętej komorze (tutaj 625kPa),

W – współczynnik przebiegu reakcji wybuchu, dla gazów = 0,17,

V – objętość przestrzeni powietrznej pomieszczenia (przyjmuje się kubaturę pomieszczenia -10%) 72,5m³,

C_{st} – objętościowe stężenie stechiometryczne,

$$C_{st} = \frac{1}{1 + 4,84 \cdot \beta} = 0,29$$

β – stechiometryczny współczynnik tlenu w reakcji wybuchu

$$\beta = n_c + \frac{n_H - n_{Cl}}{4} - \frac{n_O}{2} = 0,5$$

ρ – gęstość par w temperaturze pomieszczenia $\rho = \frac{p \cdot M}{R \cdot T} = 0,083 \text{ kg/m}^3$.

Masę gazu jaka może się uwolnić w pomieszczeniu ze względu na detekcję odcinającą dopływ gazu do pomieszczenia to ilość gazu w instalacji na poziomie 0,05kg.

Stąd

$$\Delta P = 3,01 \text{ kPa}$$

Mieszanina wybuchowa, która może wytworzyć się w pomieszczeniu, spowoduje przyrost ciśnienia równy 3,01kPa, czyli mniejszy niż 5kPa, stąd pomieszczenie nie zostaje zakwalifikowane jako zagrożone wybuchem.

Uwaga: W przypadku nie zastosowania detekcji zamykającej automatycznie dopływ gazów palnych do pomieszczenia będzie kwalifikowane jako zagrożone wybuchem.

4.14. Pomieszczenie aparaturowe - Budynek 7 (parter)

4.14.1. Charakterystyka

Arsenowodór, fosforowodór, krzemowodór służące do zasilania komory w pomieszczeniu MOCVD będą znajdowały się w butlach w pomieszczeniu aparaturowym 0.01 w szafach wentylowanych w odporności ogniowej zgodnie z normą PN-EN 14470-2. Butle znajdujące się w szafach będą podłączone do zasilania urządzeń, nie będą w tym pomieszczeniu magazynowane.

W odniesieniu do zagrożenia wybuchem, należy uwzględnić arsenowodór, fosforowodór, krzemowodór. Pomieszczenie wyposażone będzie w detekcję tych gazów. Poza szafami instalacja gazów palnych bez połączeń rozłączalnych.

W wentylowanej szafie magazynowane będą ciecze łatwopalne.

4.14.2. Źródła emisji i ich klasyfikacja

Połączenia rozłączalne na instalacji z gazami palnymi należy uznać jako źródło emisji **stopnia drugiego**.

Nieszczelności w zamknięciach pojemników z cieciami palnymi należy uznać jako źródło emisji **stopnia drugiego**

Zestawienie źródeł emisji znajduje się w załączniku nr 3.

4.14.3. Ocena stopnia wentylacji

Pomieszczenie wyposażone będzie w wentylację mechaniczną bytową o wydajności co najmniej 4wym/h.

W wentylowanej szafie zapewniona powinna być wydajność co najmniej 8wym/h.

Zgodnie z wykresem C.1 normy PN-EN 60079-10-1:2016-02 wentylację w pomieszczeniu ocenia się jako wentylację o **stopniu średnim** oraz **dyspozycyjności dostatecznej**, wentylację szaf ocenia się jako wentylację o **stopniu wysokim** oraz **dyspozycyjności dostatecznej**.

4.14.4. Wyznaczenie stref

Zgodnie z tabelą załącznika nr 1 oraz arkuszami danych z załączników nr 2 i 3 oraz wykresem D.1 normy PN-EN 60079-10-1:2016-02 w kanałach wentylacyjnych szaf gazowych oraz szafie z cieczami palnymi, jak również w promieniu 2m od ujścia wentylacji wyznacza się **STREFĘ 2 zagrożenia wybuchem**.

4.14.5. Ocena pomieszczenia pod kątem kwalifikacji jako pomieszczenia zagrożonego wybuchem

Ze względu na to, iż gazy i ciecze palne będą przetrzymywane w wentylowanych szafach w odporności ogniowej nie uwzględnia się możliwości wytworzenia mieszaniny wybuchowej w pomieszczeniu.

Ponadto butle oraz zbiornik z gazami palnymi będą podłączone do instalacji zasilającej urządzenia, nie będą one w tych szafach magazynowane.

4.15. Fotolitografia - Budynek 7 (piętro 1)

4.15.1. Charakterystyka

W laboratorium 1.09 wykonywane będą procesy technologiczne, polegające na wytwarzaniu wzorów submikrometrowych techniką fotolitografii oraz litografii laserowej na podłożach półprzewodnikowych np. GaAs, InP i GaSb. Stanowią one kluczowy etap w technologii wytwarzania przyrządów fotonicznych nowej generacji, w tym laserów i detektorów poczerwieni. Polegają na formowaniu wzorów w warstwie rezystu fotoczułego.

Do zasilania urządzeń stosowane będą gazy niepalne.

Z informacji od użytkownika wynika, że będą stosowane wywoływacze AZ-300, D-350 oraz remower AZ-100. W oparciu o karty charakterystyki substancje te nie będą stwarzały możliwości wytworzenia mieszaniny wybuchowej. Natomiast będą również używane rozpuszczalniki mogące stworzyć zagrożenie wybuchem (m.in.

aceton, alkohol izopropylowy, etanol, octan n-butyłu, octan etylu, dekan, eter dietylowy, metanol, mleczan etylu, Ecoclear, AZ-EBR solvent).

Prace przy użyciu rozpuszczalników realizowane będą pod dygestorium. Ciecze te magazynowane będą w szafie wentylowanej.

4.15.1. Źródła emisji i ich klasyfikacja

Nieszczelności w zamknięciach pojemników z cieciami palnymi należy uznać jako źródło emisji **stopnia drugiego**.

Podczas prac z rozpuszczalnikami m.in. eterem dietylowym pod dygestorium przyjmuje się źródło emisji **ciągłej**.

Zestawienie źródeł emisji znajduje się w załączniku nr 3.

4.15.2. Ocena stopnia wentylacji

Pomieszczenie wyposażone będzie w wentylację mechaniczną bytową o wydajności co najmniej 4wym/h.

Wydajność wentylacji dygestorium w zależności od jego wielkości na poziomie 500-900m³/h. W wentylowanej szafie zapewniona powinna być wydajność co najmniej 8wym/h.

Zgodnie z wykresem C.1 normy PN-EN 60079-10-1:2016-02 wentylację w pomieszczeniu ocenia się jako wentylację o **stopniu średnim** oraz **dyspozycyjności dostatecznej**, wentylację dygestorium o **stopniu wysokim** oraz **dyspozycyjności dobrej**.

4.15.3. Wyznaczenie stref

Zgodnie z tabelą załącznika nr 1 oraz arkuszami danych z załączników nr 2 i 3 oraz wykresem D.1 normy PN-EN 60079-10-1:2016-02 w kanałach wentylacyjnych szaf z cieciami palnymi oraz dygestorium, jak również w promieniu 2m od ujścia wentylacji wyznacza się **STREFĘ 2 zagrożenia wybuchem**.

4.15.4. Ocena pomieszczenia pod kątem kwalifikacji jako pomieszczenia zagrożonego wybuchem

W celu oceny pomieszczenia pod kątem kwalifikacji jako pomieszczenia zagrożonego wybuchem należy obliczyć przyrost ciśnienia, jaki mógłby zostać spowodowany przez wybuch. Możliwy przyrost ciśnienia oblicza się przy założeniu sytuacji, że dojdzie do rozlania 0,5dm³ eteru dietylowego z pojemnika.

$$\Delta P = \frac{m_{\max} \cdot \Delta P_{\max} \cdot W}{V \cdot C_{st} \cdot \rho}$$

gdzie: m_{\max} – maksymalna masa substancji palnych, tworzących mieszaninę wybuchową, jaka może wydzielć się w rozpatrywanym pomieszczeniu (kg),

ΔP_{\max} – maksymalny przyrost ciśnienia przy wybuchu stechiometrycznej mieszaniny w zamkniętej komorze (tutaj 801kPa),

W – współczynnik przebiegu reakcji wybuchu, dla par cieczy = 0,1,

V – objętość przestrzeni powietrznej pomieszczenia (przyjmuje się kubaturę pomieszczenia -10%) 64,66³,

C_{st} – objętościowe stężenie stechiometryczne,

$$C_{st} = \frac{1}{1 + 4,84 \cdot \beta} = 0,033$$

β – stechiometryczny współczynnik tlenu w reakcji wybuchu

$$\beta = n_c + \frac{n_H - n_{Cl}}{4} - \frac{n_O}{2} = 6$$

ρ – gęstość par w temperaturze pomieszczenia $\rho = \frac{p \cdot M}{R \cdot T} = 3,079 \text{ kg/m}^3$.

Masę palnych par, która wytworzyć może atmosferę wybuchową oblicza się z zależności:

$$m = 10^{-9} \cdot F \cdot \tau \cdot K \cdot P_s \cdot \sqrt{M} = 0,41 \text{ kg}$$

gdzie: F – powierzchnia parowania, tutaj 0,5m²,

τ – przewidywany maksymalny czas wydzielania się par (s), zakłada się, że ciecz po rozlaniu zostanie zebrane przez pracownika, stąd przyjmuje się 5 minut czyli 300 s,

K – współczynnik parowania, dla 20°C i prędkości przepływu powietrza nad powierzchnią parowania 0,5 m/s równy 5,4,

P_s – prężność pary nasyconej w temperaturze pomieszczenia = 58700 Pa,

M – masa molowa cieczy, tutaj równa 74 kg/kmol.

Stąd

$$\Delta P = 4,95 \text{ kPa}$$

Mieszanina wybuchowa, która może wytworzyć się w pomieszczeniu, spowoduje przyrost ciśnienia równy 4,95 kPa, czyli mniejszy niż 5 kPa, stąd pomieszczenie nie zostaje zakwalifikowane jako zagrożone wybuchem.

4.16. Nanochemia - Budynek 7 (piętro 1)

4.16.1. Charakterystyka

W pracowni 1.10 Nanochemia prowadzone będą kompleksowe procesy przygotowania powierzchni półprzewodnikowych przy użyciu rozpuszczalników organicznych (m.in. aceton, alkohol izopropylowy, etanol, octan n-butylu, octan etylu, dekan, eter dietylowy (opakowanie max 0,5 dm³), metanol, mleczan etylu, Ecoclear, AZ-EBR solvent), płukania w wodzie dejonizowanej, oraz trawienia w kwasach nieorganicznych (HCl, HF, HBr, H₂SO₄, HNO₃), kwasach organicznych (np. C₆H₈O₇) oraz roztworach zasadowych (np. NH₄OH).

Prace przy użyciu rozpuszczalników realizowane będą pod dygestorium. Ciecze te magazynowane będą w szafie wentylowanej.

Do zasilania urządzeń stosowane będą gazy niepalne.

4.16.2. Źródła emisji i ich klasyfikacja

Nieszczelności w zamknięciach pojemników z cieciami palnymi należy uznać jako źródło emisji **stopnia drugiego**.

Podczas prac z rozpuszczalnikami m.in. eterem dietylowym pod dygestorium przyjmuje się źródło emisji **ciągłej**.

Zestawienie źródeł emisji znajduje się w załączniku nr 3.

4.16.3. Ocena stopnia wentylacji

Pomieszczenie wyposażone będzie w wentylację mechaniczną bytową o wydajności co najmniej 4wym/h.

Wydajność wentylacji dygestorium w zależności od jego wielkości na poziomie 500-900m³/h. W wentylowanej szafie zapewniona powinna być wydajność co najmniej 8wym/h.

Zgodnie z wykresem C.1 normy PN-EN 60079-10-1:2016-02 wentylację w pomieszczeniu ocenia się jako wentylację o **stopniu średnim** oraz **dyspozycyjności dostatecznej**, wentylację dygestorium o **stopniu wysokim** oraz **dyspozycyjności dobrej**.

4.16.4. Wyznaczenie stref

Zgodnie z tabelą załącznika nr 1 oraz arkuszami danych z załączników nr 2 i 3 oraz wykresem D.1 normy PN-EN 60079-10-1:2016-02 w kanałach wentylacyjnych szaf z cieczami palnymi oraz dygestorium, jak również w promieniu 2m od ujścia wentylacji wyznacza się **STREFĘ 2 zagrożenia wybuchem**.

4.16.5. Ocena pomieszczenia pod kątem kwalifikacji jako pomieszczenia zagrożonego wybuchem

W celu oceny pomieszczenia pod kątem kwalifikacji jako pomieszczenia zagrożonego wybuchem należy obliczyć przyrost ciśnienia, jaki mógłby zostać spowodowany przez wybuch. Możliwy przyrost ciśnienia oblicza się przy założeniu sytuacji, że dojdzie do rozlania 0,5dm³ eteru dietylowego z pojemnika.

$$\Delta P = \frac{m_{\max} \cdot \Delta P_{\max} \cdot W}{V \cdot C_{st} \cdot \rho}$$

gdzie: m_{\max} – maksymalna masa substancji palnych, tworzących mieszaninę wybuchową, jaka może wydzielić się w rozpatrywanym pomieszczeniu (kg),

ΔP_{\max} – maksymalny przyrost ciśnienia przy wybuchu stechiometrycznej mieszaniny w zamkniętej komorze (tutaj 801kPa),

W – współczynnik przebiegu reakcji wybuchu, dla par cieczy = 0,1,

V – objętość przestrzeni powietrznej pomieszczenia (przyjmuje się kubaturę pomieszczenia -10%) $66,8\text{m}^3$,

C_{st} – objętościowe stężenie stechiometryczne,

$$C_{st} = \frac{1}{1 + 4,84 \cdot \beta} = 0,033$$

β – stechiometryczny współczynnik tlenu w reakcji wybuchu

$$\beta = n_C + \frac{n_H - n_{Cl}}{4} - \frac{n_O}{2} = 6$$

ρ – gęstość par w temperaturze pomieszczenia $\rho = \frac{p \cdot M}{R \cdot T} = 3,079 \text{ kg/m}^3$.

Masę palnych par, która wytworzyć może atmosferę wybuchową oblicza się z zależności:

$$m = 10^{-9} \cdot F \cdot \tau \cdot K \cdot P_s \cdot \sqrt{M} = 0,41 \text{ kg}$$

gdzie: F – powierzchnia parowania, tutaj $0,5\text{m}^2$,

τ – przewidywany maksymalny czas wydzielania się par (s), zakłada się, że ciecz po rozlaniu zostanie zebrane przez pracownika, stąd przyjmuje się 5 minut czyli 300 s,

K – współczynnik parowania, dla 20°C i prędkości przepływu powietrza nad powierzchnią parowania $0,5 \text{ m/s}$ równy 5,4,

P_s – prężność pary nasyconej w temperaturze pomieszczenia $=58700\text{Pa}$,

M – masa molowa cieczy, tutaj równa 74kg/kmol .

Stąd

$$\Delta P = 4,79 \text{ kPa}$$

Mieszanina wybuchowa, która może wytworzyć się w pomieszczeniu, spowoduje przyrost ciśnienia równy $4,79\text{kPa}$, czyli mniejszy niż 5kPa , stąd pomieszczenie nie zostaje zakwalifikowane jako zagrożone wybuchem.

4.17. Mikrochemia - Budynek 7 (piętro 1)

4.17.1. Charakterystyka

Pracownia 1.02 Mikrochemia to specjalistyczne pomieszczenie, przeznaczone do obróbki chemicznej różnych materiałów (nie tylko półprzewodników). Głównie

prowadzone będą procesy: *Lift-off* po metalizacji, doczyszczania chemicznego podłoży półprzewodnikowych po procesach technologicznych, trawienia chemicznego warstw metali, galwanicznego osadzania warstw i anodyzacji.

Prace przy użyciu rozpuszczalników (m.in. aceton, alkohol izopropylowy, etanol, octan n-butyłu, octan etylu, dekan, eter dietylowy (opakowanie max 0,5dm³), metanol, mleczan etylu, Ecoclear, AZ-EBR solvent) realizowane będą pod dygestorium. Ciecze te magazynowane będą w szafie wentylowanej.

Do zasilania urządzeń stosowane będą gazy niepalne.

4.17.2. Źródła emisji i ich klasyfikacja

Nieszczelności w zamknięciach pojemników z cieczami palnymi należy uznać jako źródło emisji **stopnia drugiego**.

Podczas prac z rozpuszczalnikami pod dygestorium m.in. eterem dietylowym pod dygestorium przyjmuje się źródło emisji **ciągłej**.

Zestawienie źródeł emisji znajduje się w załączniku nr 3.

4.17.3. Ocena stopnia wentylacji

Pomieszczenie wyposażone będzie w wentylację mechaniczną bytową o wydajności co najmniej 4wym/h.

Wydajność wentylacji dygestorium w zależności od jego wielkości na poziomie 500-900m³/h. W wentylowanej szafie zapewniona powinna być wydajność co najmniej 8wym/h.

Zgodnie z wykresem C.1 normy PN-EN 60079-10-1:2016-02 wentylację w pomieszczeniu ocenia się jako wentylację o **stopniu średnim** oraz **dyspozycyjności dostatecznej**, wentylację szaf ocenia się jako wentylację o **stopniu wysokim** oraz **dyspozycyjności dostatecznej**, a wentylację dygestorium o **stopniu wysokim** oraz **dyspozycyjności dobrej**.

4.17.4. Wyznaczenie stref

Zgodnie z tabelą załącznika nr 1 oraz arkuszami danych z załączników nr 2 i 3 oraz wykresem D.1 normy PN-EN 60079-10-1:2016-02 w kanałach wentylacyjnych

szaf z cieczami palnymi oraz dygestorium, jak również w promieniu 2m od ujęcia wentylacji wyznacza się **STREFĘ 2 zagrożenia wybuchem**.

4.17.5. Ocena pomieszczenia pod kątem kwalifikacji jako pomieszczenia zagrożonego wybuchem

W celu oceny pomieszczenia pod kątem kwalifikacji jako pomieszczenia zagrożonego wybuchem należy obliczyć przyrost ciśnienia, jaki mógłby zostać spowodowany przez wybuch. Możliwy przyrost ciśnienia oblicza się przy założeniu sytuacji, że dojdzie do rozlania 0,5dm³ eteru dietylowego z pojemnika.

$$\Delta P = \frac{m_{\max} \cdot \Delta P_{\max} \cdot W}{V \cdot C_{st} \cdot \rho}$$

gdzie: m_{\max} – maksymalna masa substancji palnych, tworzących mieszaninę wybuchową, jaka może wydzielć się w rozpatrywanym pomieszczeniu (kg),

ΔP_{\max} – maksymalny przyrost ciśnienia przy wybuchu stechiometrycznej mieszaniny w zamkniętej komorze (tutaj 801kPa),

W – współczynnik przebiegu reakcji wybuchu, dla par cieczy = 0,1,

V – objętość przestrzeni powietrznej pomieszczenia (przyjmuje się kubaturę pomieszczenia -10%) 67,65m³,

C_{st} – objętościowe stężenie stechiometryczne,

$$C_{st} = \frac{1}{1 + 4,84 \cdot \beta} = 0,033$$

β – stechiometryczny współczynnik tlenu w reakcji wybuchu

$$\beta = n_C + \frac{n_H - n_{Cl}}{4} - \frac{n_O}{2} = 6$$

ρ – gęstość par w temperaturze pomieszczenia $\rho = \frac{p \cdot M}{R \cdot T} = 3,079 \text{ kg/m}^3$.

Masę palnych par, która wytworzyć może atmosferę wybuchową oblicza się z zależności:

$$m = 10^{-9} \cdot F \cdot \tau \cdot K \cdot P_s \cdot \sqrt{M} = 0,41 \text{ kg}$$

gdzie: F – powierzchnia parowania, tutaj 0,5m²,

τ – przewidywany maksymalny czas wydzielania się par (s), zakłada się, że ciecz po rozlaniu zostanie zebrane przez pracownika, stąd przyjmuje się 5 minut czyli 300 s,

K – współczynnik parowania, dla 20°C i prędkości przepływu powietrza nad powierzchnią parowania 0,5 m/s równy 5,4,

P_s – prężność pary nasyconej w temperaturze pomieszczenia = 58700 Pa,

M – masa molowa cieczy, tutaj równa 74 kg/kmol.

Stąd

$$\Delta P = 4,74 \text{ kPa}$$

Mieszanina wybuchowa, która może wytworzyć się w pomieszczeniu, spowoduje przyrost ciśnienia równy 4,74 kPa, czyli mniejszy niż 5 kPa, stąd pomieszczenie nie zostaje zakwalifikowane jako zagrożone wybuchem.

4.18. Pomiary - Budynek 7 (piętro 1)

4.18.1. Charakterystyka

Pracownia 1.11 Pomiary przeznaczona jest do precyzyjnych badań i pomiarów struktur i powierzchni półprzewodnikowych. Prowadzone tu będą pomiary z wykorzystaniem zaawansowanych technik optycznych oraz elektronowych.

Zgodnie z informacjami użytkownika nie będą w tym pomieszczeniu używane ciecze łatwopalne.

Do zasilania urządzeń stosowane będą gazy niepalne.

4.19. Obróbka mechaniczna brudna - Budynek 7 (piętro 1)

4.19.1. Charakterystyka

Pomieszczenie 1.12 Obróbka mechaniczna brudna to pomieszczenie przeznaczone do różnego typu obróbki mechanicznej w ramach procesów technologicznych wykonywanych na płytkach półprzewodnikowych.

Prace realizowane przy użyciu rozpuszczalników (aceton, izopropanol, etanol) będą pod dygestorium. Ciecze te magazynowane będą w szafie wentylowanej.

Do zasilania urządzeń stosowane będą gazy niepalne.

4.19.2. Źródła emisji i ich klasyfikacja

Nieszczelności w zamknięciach pojemników z cieczami palnymi należy uznać jako źródło emisji **stopnia drugiego**

Podczas prac z rozpuszczalnikami pod dygestorium przyjmuje się źródło emisji **stopnia pierwszego**.

Zestawienie źródeł emisji znajduje się w załączniku nr 3.

4.19.3. Ocena stopnia wentylacji

Pomieszczenie wyposażone będzie w wentylację mechaniczną bytową o wydajności co najmniej 4wym/h.

Wydajność wentylacji dygestorium w zależności od jego wielkości na poziomie 500-900m³/h. W wentylowanej szafie zapewniona powinna być wydajność co najmniej 8wym/h.

Zgodnie z wykresem C.1 normy PN-EN 60079-10-1:2016-02 wentylację w pomieszczeniu ocenia się jako wentylację o **stopniu średnim** oraz **dyspozycyjności dostatecznej**, wentylację szaf ocenia się jako wentylację o **stopniu wysokim** oraz **dyspozycyjności dostatecznej**, a wentylację dygestorium o **stopniu wysokim** oraz **dyspozycyjności dobrej**.

4.19.4. Wyznaczenie stref

Zgodnie z tabelą załącznika nr 1 oraz arkuszami danych z załączników nr 2 i 3 oraz wykresem D.1 normy PN-EN 60079-10-1:2016-02 w kanałach wentylacyjnych szafy z cieczami palnymi, jak również w promieniu 2m od ujścia wentylacji wyznacza się **STREFĘ 2 zagrożenia wybuchem**.

Wewnątrz dygestorium występuje teoretyczna strefa zagrożenia wybuchem, o pomijalnie małym zasięgu, stąd odstępuje się od wyznaczenia stref zagrożenia wybuchem.

4.19.5. Ocena pomieszczenia pod kątem kwalifikacji jako pomieszczenia zagrożonego wybuchem

W celu oceny pomieszczenia pod kątem kwalifikacji jako pomieszczenia zagrożonego wybuchem należy obliczyć przyrost ciśnienia, jaki mógłby zostać

spowodowany przez wybuch. Możliwy przyrost ciśnienia oblicza się przy założeniu sytuacji, że dojdzie do rozlania 1dm³ acetonu z pojemnika.

$$\Delta P = \frac{m_{\max} \cdot \Delta P_{\max} \cdot W}{V \cdot C_{st} \cdot \rho}$$

gdzie: m_{\max} – maksymalna masa substancji palnych, tworzących mieszaninę wybuchową, jaka może wydzielić się w rozpatrywanym pomieszczeniu (kg),

ΔP_{\max} – maksymalny przyrost ciśnienia przy wybuchu stechiometrycznej mieszaniny w zamkniętej komorze (tutaj 772kPa),

W – współczynnik przebiegu reakcji wybuchu, dla par cieczy = 0,1,

V – objętość przestrzeni powietrznej pomieszczenia (przyjmuje się kubaturę pomieszczenia -10%) 54,26m³,

C_{st} – objętościowe stężenie stechiometryczne,

$$C_{st} = \frac{1}{1 + 4,84 \cdot \beta} = 0,049$$

β – stechiometryczny współczynnik tlenu w reakcji wybuchu

$$\beta = n_C + \frac{n_H - n_{Cl}}{4} - \frac{n_O}{2} = 4$$

ρ – gęstość par w temperaturze pomieszczenia $\rho = \frac{p \cdot M}{R \cdot T} = 2,414 \text{ kg/m}^3$.

Masę palnych par, która wytworzyć może atmosferę wybuchową oblicza się z zależności:

$$m = 10^{-9} \cdot F \cdot \tau \cdot K \cdot P_s \cdot \sqrt{M} = 0,3 \text{ kg}$$

gdzie: F – powierzchnia parowania, tutaj 1m²,

τ – przewidywany maksymalny czas wydzielania się par (s), zakłada się, że ciecz po rozlaniu zostanie zebrane przez pracownika, stąd przyjmuje się 5 minut czyli 300 s,

K – współczynnik parowania, dla 20°C i prędkości przepływu powietrza nad powierzchnią parowania 0,5 m/s równy 5,4,

P_s – prężność pary nasyconej w temperaturze pomieszczenia =24465,5Pa,

M – masa molowa cieczy, tutaj równa 58kg/kmol.

Stąd

$$\Delta P = 3,6 \text{ kPa}$$

Mieszanina wybuchowa, która może wytworzyć się w pomieszczeniu, spowoduje przyrost ciśnienia równy 3,6kPa, czyli mniejszy niż 5kPa, stąd pomieszczenie nie zostaje zakwalifikowane jako zagrożone wybuchem.

4.20. Dielektryka/osadzanie/trawienie - Budynek 7 (piętro 1)

4.20.1. Charakterystyka

W pracowni 1.06 dielektryka/osadzanie/trawienie znajdują się urządzenia do osadzania warstw metodą PECVD, trawienia w plazmie dielektryków/półprzewodników (Cluster ICPRIE).

Zgodnie z informacjami użytkownika nie będą w tym pomieszczeniu używane ciecze łatwopalne.

Do zasilania urządzeń stosowane będą gazy niepalne oraz gazy palne, m.in. wodór, metan, amoniak, silan, buten. Silan będzie zasilany z butli znajdującej się w szafie wentylowanej w pomieszczeniu aparaturowym 1.07, wodór z generatora wodoru z pomieszczenia aparaturowego, pozostałe gazy poprzez Gas pod'y zasilane z butli znajdujących się na II piętrze (poza zakresem opracowania).

W pomieszczeniu zastosowana będzie detekcja gazów, odcinająca automatycznie ich dopływ do pomieszczenia.

4.20.2. Źródła emisji i ich klasyfikacja

Połączenia rozłączalne na instalacji z gazami palnymi należy uznać jako źródło emisji **stopnia drugiego**.

Obliczenia wykonane dla wodoru i metanu

Aby określić wydajność wypływu wodoru z nieszczelności należy stwierdzić czy wypływ gazu będzie dławiony czy nie, na podstawie zależności na ciśnienie krytyczne:

$$p_c = p_0 \left(\frac{\gamma + 1}{2} \right)^{\frac{\gamma}{\gamma - 1}} = 189645,2 Pa = 0,19 MPa$$

gdzie: p_0 – ciśnienie poza instalacją (Pa),

γ – współczynnik politropy, liczony z zależności:

$$\gamma = \frac{M \cdot c_p}{M \cdot c_p - R} = 1,406$$

gdzie: M – masa molowa, tutaj 2kg/kmol ,

c_p – ciepło właściwe, tutaj 14400J/kgK .

W związku z tym, że ciśnienie absolutne w instalacji $p=0,55\text{MPa}$ jest większe od ciśnienia krytycznego p_c mamy do czynienia z wypływem dławionym.

Dla wypływu dławionego wydajność emisji oblicza się z zależności:

$$W_g = C_d S p \sqrt{\gamma \frac{M}{ZRT} \left(\frac{2}{\gamma + 1} \right)^{(\gamma+1)/(\gamma-1)}} = 6,5 \cdot 10^{-5} \text{kg/s}$$

gdzie: p – ciśnienie wewnątrz instalacji, tutaj 550000Pa ,

S – powierzchnia wypływu, tutaj $0,25 \cdot 10^{-6} \text{m}^2$,

T – temperatura 293K .

Objętościowa wydajność wypływu jest równa $0,0008\text{m}^3/\text{s}$, a objętościowa charakterystyka wypływu równa $0,019\text{m}^3/\text{s}$.

Aby określić wydajność wypływu metanu należy stwierdzić czy wypływ gazu będzie dławiony czy nie, na podstawie zależności na ciśnienie krytyczne:

$$p_c = p_0 \left(\frac{\gamma + 1}{2} \right)^{\gamma/(\gamma-1)} = 1,84 \cdot 10^5 \text{Pa}$$

gdzie: p_0 – ciśnienie poza instalacją 10^5Pa ,

γ – współczynnik politropy, liczony z zależności:

$$\gamma = \frac{M \cdot c_p}{M \cdot c_p - R} = 1,31$$

gdzie: M – masa molowa, tutaj 16kg/kmol ,

c_p – ciepło właściwe, tutaj 2207J/kgK ,

R – stała gazowa 8314J/kmolK .

W związku z tym, że ciśnienie absolutne w instalacji $p=0,55\text{MPa}$ jest większe od ciśnienia krytycznego p_c mamy do czynienia z wypływem dławionym.

Dla wypływu dławionego wydajność emisji oblicza się z zależności:

$$W_g = C_d S p \sqrt{\gamma \frac{M}{ZRT} \left(\frac{2}{\gamma + 1} \right)^{(\gamma+1)/(\gamma-1)}} = 1,8 \cdot 10^{-4} \text{kg/s}$$

gdzie: p – ciśnienie wewnątrz instalacji, tutaj 550000Pa,

S – powierzchnia wypływu, tutaj $0,25 \cdot 10^{-6} m^2$,

T – temperatura 293K.

Objętościowa wydajność wypływu jest równa $0,00026 m^3/s$, a objętościowa charakterystyka wypływu równa $0,006 m^3/s$.

Zestawienie źródeł emisji znajduje się w załączniku nr 3.

4.20.3. Ocena stopnia wentylacji

Pomieszczenie wyposażone będzie w wentylację mechaniczną bytową o wydajności co najmniej 4wym/h.

Zgodnie z wykresem C.1 normy PN-EN 60079-10-1:2016-02 wentylację w pomieszczeniu ocenia się jako wentylację o **stopniu średnim** oraz **dyspozycyjności dostatecznej**, wentylację szaf ocenia się jako wentylację o **stopniu wysokim** oraz **dyspozycyjności dostatecznej**

4.20.4. Wyznaczenie stref

Zgodnie z tabelą załącznika nr 1 oraz arkuszami danych z załączników nr 2 i 3 oraz wykresem D.1 normy PN-EN 60079-10-1:2016-02 w obrębie połączeń rozłączalnych na instalacji z gazami palnymi wyznacza się **STREFĘ 2 zagrożenia wybuchem** w promieniu 0,25m.

Wewnątrz kanału wentylacji szaf z gazami palnymi oraz Gas pod'ów w pomieszczeniu 1.107 wyznacza się **STREFĘ 2 zagrożenia wybuchem** oraz w promieniu 2m od jej ujścia.

4.20.5. Ocena pomieszczenia 1.06 pod kątem kwalifikacji jako pomieszczenia zagrożonego wybuchem

W celu oceny pomieszczenia pod kątem kwalifikacji jako pomieszczenia zagrożonego wybuchem należy obliczyć przyrost ciśnienia, jaki mógłby zostać spowodowany przez wybuch w rozpatrywanym pomieszczeniu. Możliwy przyrost ciśnienia oblicza się przy założeniu sytuacji, że dojdzie do uwolnienia wodoru z instalacji.

$$\Delta P = \frac{m_{\max} \cdot \Delta P_{\max} \cdot W}{V \cdot C_{st} \cdot \rho}$$

gdzie: m_{\max} – maksymalna masa substancji palnych, tworzących mieszaninę wybuchową, jaka może wydzielć się w rozpatrywanym pomieszczeniu (kg),

ΔP_{\max} – maksymalny przyrost ciśnienia przy wybuchu stechiometrycznej mieszaniny w zamkniętej komorze (tutaj 625kPa),

W – współczynnik przebiegu reakcji wybuchu, dla gazów = 0,17,

V – objętość przestrzeni powietrznej pomieszczenia (przyjmuje się kubaturę pomieszczenia -10%) 72,5m³,

C_{st} – objętościowe stężenie stechiometryczne,

$$C_{st} = \frac{1}{1 + 4,84 \cdot \beta} = 0,29$$

β – stechiometryczny współczynnik tlenu w reakcji wybuchu

$$\beta = n_c + \frac{n_H - n_{Cl}}{4} - \frac{n_O}{2} = 0,5$$

ρ – gęstość par w temperaturze pomieszczenia $\rho = \frac{p \cdot M}{R \cdot T} = 0,083 \text{ kg/m}^3$.

Masę gazu jaka może się uwolnić w pomieszczeniu ze względu na detekcję odcinającą dopływ gazu do pomieszczenia to ilość gazu w instalacji na poziomie 0,05kg.

Stąd

$$\Delta P = 2,56 \text{ kPa}$$

Mieszanina wybuchowa, która może wytworzyć się w pomieszczeniu, spowoduje przyrost ciśnienia równy 2,56kPa, czyli mniejszy niż 5kPa, stąd pomieszczenie nie zostaje zakwalifikowane jako zagrożone wybuchem.

W celu oceny pomieszczenia pod kątem kwalifikacji jako pomieszczenia zagrożonego wybuchem należy obliczyć również przyrost ciśnienia, jaki mógłby zostać spowodowany przez wybuch metanu. Możliwy przyrost ciśnienia oblicza się przy założeniu sytuacji, że dojdzie do emisji metanu z nieszczelności na instalacji.

$$\Delta P = \frac{m_{\max} \cdot \Delta P_{\max} \cdot W}{V \cdot C_{st} \cdot \rho}$$

gdzie: m_{\max} – maksymalna masa substancji palnych, tworzących mieszaninę wybuchową, jaka może wydzielić się w rozpatrywanym pomieszczeniu (kg),

ΔP_{\max} – maksymalny przyrost ciśnienia przy wybuchu stechiometrycznej mieszaniny w zamkniętej komorze (tutaj 605kPa),

W – współczynnik przebiegu reakcji wybuchu, dla gazu = 0,17,

V – objętość przestrzeni powietrznej pomieszczenia netto, tutaj (-10%),

C_{st} – objętościowe stężenie stechiometryczne,

$$C_{st} = \frac{1}{1 + 4,84 \cdot \beta} = 0,09$$

β – stechiometryczny współczynnik tlenu w reakcji wybuchu

$$\beta = n_c + \frac{n_H - n_{Cl}}{4} - \frac{n_O}{2} = 2$$

ρ – gęstość gazu w temperaturze pomieszczenia 0,665kg/m³.

Ze względu na zabezpieczenie instalacji systemem detekcji metanu, który automatycznie zamyka dopływ gazu do pomieszczenia masę gazu, która wytworzyć może atmosferę wybuchową przyjmuje się nie więcej niż 0,05kg.

Stąd

$$\Delta P = 0,97kPa$$

Mieszanina wybuchowa, która może wytworzyć się w pomieszczeniu, spowoduje przyrost ciśnienia równy 0,97kPa, czyli mniejszy niż 5kPa, stąd pomieszczenie nie będzie zagrożone wybuchem

Uwaga: W przypadku nie zastosowania detekcji zamykającej automatycznie dopływ gazów palnych do pomieszczenia będzie kwalifikowane jako zagrożone wybuchem.

4.20.6. Ocena pomieszczenia 1.107 pod kątem kwalifikacji jako pomieszczenia zagrożonego wybuchem

Ze względu na to, iż gazy palne będą przetrzymywane w wentylowanych szafach w odporności ogniowej nie uwzględnia się możliwości wytworzenia mieszaniny wybuchowej w pomieszczeniu.

Ponadto butle będą podłączone do instalacji zasilającej urządzenia, nie będą one w tych szafach magazynowane.

4.21. Metalizacja - Budynek 7 (piętro 1)

4.21.1. Charakterystyka

W skład pracowni 1.05 Metalizacja wchodzi urządzenia do osadzania warstw metalicznych (sputron i napylarka) oraz piece (lutowniczy-do stapienia i RTP do formowania kontaktów).

SputronPVD to urządzenie do osadzania warstw metalicznych metodą PVD (rozpylanie magnetronowe 6-źródłowe, odparowywanie). Urządzenie jest niezbędne do wytwarzania warstw metalicznych z udziałem takich pierwiastków jak m. in. Au, Ti, Pt, AuGe etc. niezbędnych do formowania kontaktów omowych w przyrządach półprzewodnikowych. Wymaga gazów obojętnych (Ar, N₂).

Zgodnie z informacjami użytkownika nie będą w tym pomieszczeniu używane ciecze łatwopalne.

Do zasilania pieca RTP stosowany jest wodór, doprowadzony z wytwornicy wodoru. Pomieszczenie będzie wyposażone w detekcję wodoru zamykającą dopływ gazu do pomieszczenia w razie wykrycia.

4.21.2. Źródła emisji i ich klasyfikacja

Połączenia rozłączalne na instalacji z wodorem należy uznać jako źródło emisji **stopnia drugiego**.

Aby określić wydajność wypływu wodoru z nieszczelności należy stwierdzić czy wypływ gazu będzie dławiony czy nie, na podstawie zależności na ciśnienie krytyczne:

$$p_c = p_0 \left(\frac{\gamma + 1}{2} \right)^{\frac{\gamma}{\gamma - 1}} = 189645,2 Pa = 0,19 MPa$$

gdzie: p_0 – ciśnienie poza instalacją (Pa),

γ – współczynnik politropy, liczony z zależności:

$$\gamma = \frac{M \cdot c_p}{M \cdot c_p - R} = 1,406$$

gdzie: M – masa molowa, tutaj 2kg/kmol,

c_p – ciepło właściwe, tutaj 14400J/kgK.

W związku z tym, że ciśnienie absolutne w instalacji $p=0,55\text{MPa}$ jest większe od ciśnienia krytycznego p_c mamy do czynienia z wypływem dławionym.

Dla wypływu dławionego wydajność emisji oblicza się z zależności:

$$W_g = C_d S p \sqrt{\gamma \frac{M}{ZRT} \left(\frac{2}{\gamma + 1} \right)^{(\gamma+1)/(\gamma-1)}} = 6,5 \cdot 10^{-5} \text{kg/s}$$

gdzie: p – ciśnienie wewnątrz instalacji, tutaj 550000Pa,

S – powierzchnia wypływu, tutaj $0,25 \cdot 10^{-6} \text{m}^2$,

T – temperatura 293K.

Objętościowa wydajność wypływu jest równa $0,0008 \text{m}^3/\text{s}$, a objętościowa charakterystyka wypływu równa $0,019 \text{m}^3/\text{s}$.

Zestawienie źródeł emisji znajduje się w załączniku nr 3.

4.21.3. Ocena stopnia wentylacji

Pomieszczenie wyposażone będzie w wentylację mechaniczną bytową o wydajności co najmniej 4wym/h.

Zgodnie z wykresem C.1 normy PN-EN 60079-10-1:2016-02 wentylację w pomieszczeniu ocenia się jako wentylację o **stopniu średnim** oraz **dyspozycyjności dostatecznej**.

4.21.4. Wyznaczenie stref

Zgodnie z tabelą załącznika nr 1 oraz arkuszami danych z załączników nr 2 i 3 oraz wykresem D.1 normy PN-EN 60079-10-1:2016-02 w obrębie połączeń rozłączalnych na instalacji z wodorem wyznacza się **STREFĘ 2 zagrożenia wybuchem** w promieniu 0,25m.

4.21.5. Ocena pomieszczenia pod kątem kwalifikacji jako pomieszczenia zagrożonego wybuchem

W celu oceny pomieszczenia pod kątem kwalifikacji jako pomieszczenia zagrożonego wybuchem należy obliczyć przyrost ciśnienia, jaki mógłby zostać

spowodowany przez wybuch w rozpatrywanym pomieszczeniu. Możliwy przyrost ciśnienia oblicza się przy założeniu sytuacji, że dojdzie do uwolnienia wodoru z instalacji.

$$\Delta P = \frac{m_{\max} \cdot \Delta P_{\max} \cdot W}{V \cdot C_{st} \cdot \rho}$$

gdzie: m_{\max} – maksymalna masa substancji palnych, tworzących mieszaninę wybuchową, jaka może wydzielć się w rozpatrywanym pomieszczeniu (kg),

ΔP_{\max} – maksymalny przyrost ciśnienia przy wybuchu stechiometrycznej mieszaniny w zamkniętej komorze (tutaj 625kPa),

W – współczynnik przebiegu reakcji wybuchu, dla gazów = 0,17,

V – objętość przestrzeni powietrznej pomieszczenia (przyjmuje się kubaturę pomieszczenia -10%) 72,5m³,

C_{st} – objętościowe stężenie stechiometryczne,

$$C_{st} = \frac{1}{1 + 4,84 \cdot \beta} = 0,29$$

β – stechiometryczny współczynnik tlenu w reakcji wybuchu

$$\beta = n_c + \frac{n_H - n_{Cl}}{4} - \frac{n_O}{2} = 0,5$$

ρ – gęstość par w temperaturze pomieszczenia $\rho = \frac{p \cdot M}{R \cdot T} = 0,083 \text{ kg/m}^3$.

Masę gazu jaka może się uwolnić w pomieszczeniu ze względu na detekcję odcinającą dopływ gazu do pomieszczenia to ilość gazu w instalacji na poziomie 0,05kg.

Stąd

$$\Delta P = 2,45 \text{ kPa}$$

Mieszanina wybuchowa, która może wytworzyć się w pomieszczeniu, spowoduje przyrost ciśnienia równy 2,45kPa, czyli mniejszy niż 5kPa, stąd pomieszczenie nie zostaje zakwalifikowane jako zagrożone wybuchem.

Uwaga: W przypadku nie zastosowania detekcji zamykającej automatycznie dopływ gazów palnych do pomieszczenia będzie kwalifikowane jako zagrożone wybuchem.

4.22. Montaż - Budynek 7 (piętro 1)

4.22.1. Charakterystyka

W pracowni 1.01 Montaż prowadzone będą prace obejmujące montaż przyrządów półprzewodnikowych (lasery, detektory) na specjalnych przekładkach ceramicznych, radiatorach miedzianych lub platformach fonicznych oraz matryc fotodetektorowych na chłodziarkach termoelektrycznych.

Zgodnie z informacjami użytkownika nie będą w tym pomieszczeniu używane ciecze łatwopalne.

Do zasilania urządzeń stosowane będą gazy niepalne.

4.23. Magazyn chemiczny/Pomieszczenie aparaturowe - Budynek 7 (piętro 1)

4.23.1. Charakterystyka

W pomieszczeniu 1.08 magazynowane będą różnego typu odczynniki chemiczne w szafach wentylowanych. Wśród odczynników znajdować się będą rozpuszczalniki m.in. aceton, izopropanol, itp.

4.23.2. Źródła emisji i ich klasyfikacja

Nieszczelności w zamknięciach pojemników z cieczami palnymi należy uznać jako źródło emisji **stopnia drugiego**

Zestawienie źródeł emisji znajduje się w załączniku nr 3.

4.23.3. Ocena stopnia wentylacji

Pomieszczenie wyposażone będzie w wentylację mechaniczną bytową o wydajności co najmniej 4wym/h.

W wentylowanej szafie zapewniona powinna być wydajność co najmniej 8wym/h.

Zgodnie z wykresem C.1 normy PN-EN 60079-10-1:2016-02 wentylację w pomieszczeniu ocenia się jako wentylację o **stopniu średnim** oraz **dyspozycyjności dostatecznej**, wentylację szaf ocenia się jako wentylację o **stopniu wysokim** oraz **dyspozycyjności dostatecznej**.

4.23.4. Wyznaczenie stref

Zgodnie z tabelą załącznika nr 1 oraz arkuszami danych z załączników nr 2 i 3 oraz wykresem D.1 normy PN-EN 60079-10-1:2016-02 w kanałach wentylacyjnych szaf z cieciami palnymi, jak również w promieniu 2m od ujścia wentylacji wyznacza się **STREFĘ 2 zagrożenia wybuchem**.

4.23.5. Ocena pomieszczenia pod kątem kwalifikacji jako pomieszczenia zagrożonego wybuchem

Ze względu na to, iż ciecze palne będą przetrzymywane w wentylowanych szafach w odporności ogniowej nie uwzględnia się możliwości wytworzenia mieszaniny wybuchowej w pomieszczeniu.

4.24. Laboratorium Vistec - Budynek 12

4.24.1. Charakterystyka

W laboratorium Vistec prowadzone będą prace nad wytwarzaniem wzorów wysokorozdzielczych techniką elektronolitografii na podłożach półprzewodnikowych stosowanych w mikroelektronice i fotonice. Proces polega na kształtowaniu wzorów w warstwie rezystu elektronoczułego osadzonego na powierzchni podłoża za pomocą zogniskowanej wiązki elektronów.

W pomieszczeniu przewiduje się przechowywanie podręcznej ilości substancji takich jak: aceton, izopropanol (w pojemnikach do 0,5dm³, łącznie do 1dm³), które będą używane do dezynfekcji.

Dezynfekcja prowadzona będzie przez nanoszenie rozpuszczalnika miejscowo na urządzenie, blat itp. jednorazowo o powierzchni do 1m², a następnie przetarcie tego miejsca czyściwem. Następnie kolejne powierzchnie pokrywane będą cieczą i przecierane.

Dezynfekcja urządzeń poprzedzona będzie ich wyłączeniem z zasilania.

Do dezynfekcji używane będzie czyściwo, które po użyciu trafiać będzie do specjalnego zamykanego pojemnika.

Ilości zużywane podczas dezynfekcji urządzeń i powierzchni miejscowo jest zbyt mała aby wytworzyć mieszaninę o objętości 0,01m³ mieszaniny par z powietrzem.

Zatem odstępuje się od wyznaczenia strefy zagrożenia wybuchem podczas dezynfekcji.

4.24.2. Źródła emisji i ich klasyfikacja

Brudne czyściwo należy zaliczyć do źródła **emisji stopnia drugiego**.

Zestawienie źródeł emisji znajduje się w załączniku nr 3.

4.24.3. Ocena stopnia wentylacji

Pomieszczenie wyposażone będzie w wentylację mechaniczną bytową o wydajności co najmniej 4wym/h.

Zgodnie z wykresem C.1 normy PN-EN 60079-10-1:2016-02 wentylację w pomieszczeniu ocenia się jako wentylację o **stopniu średnim** oraz **dyspozycyjności dostatecznej**.

Pojemnik na zużyte czyściwo jest zamknięty, a zatem wentylację ocenia się jako wentylację o **stopniu niskim** oraz **dyspozycyjności słabej**.

4.24.4. Wyznaczenie stref

Zgodnie z tabelą załącznika nr 1 oraz arkuszami danych z załączników nr 2 i 3 oraz wykresem D.1 normy PN-EN 60079-10-1:2016-02 w pojemniku na brudne czyściwo wyznacza się **STREFĘ 2 zagrożenia wybuchem**.

4.24.5. Ocena pomieszczenia pod kątem kwalifikacji jako pomieszczenia zagrożonego wybuchem

W celu oceny pomieszczeń pod kątem kwalifikacji jako pomieszczenia zagrożonego wybuchem należy obliczyć przyrost ciśnienia, jaki mógłby zostać spowodowany przez wybuch. Możliwy przyrost ciśnienia oblicza się przy założeniu sytuacji, że dojdzie do rozlania acetonu z pojemnika 0,5dm³ podczas prac.

$$\Delta P = \frac{m_{\max} \cdot \Delta P_{\max} \cdot W}{V \cdot C_{st} \cdot \rho}$$

gdzie: m_{\max} – maksymalna masa substancji palnych, tworzących mieszaninę wybuchową, jaka może wydzielić się w rozpatrywanym pomieszczeniu (kg),

ΔP_{\max} – maksymalny przyrost ciśnienia przy wybuchu stechiometrycznej mieszaniny w zamkniętej komorze (tutaj 772kPa),

W – współczynnik przebiegu reakcji wybuchu, dla par cieczy = 0,1,

V – objętość przestrzeni powietrznej pomieszczenia (przyjmuje się kubaturę pomieszczenia -10%) 77,13m³,

C_{st} – objętościowe stężenie stechiometryczne,

$$C_{st} = \frac{1}{1 + 4,84 \cdot \beta} = 0,049$$

β – stechiometryczny współczynnik tlenu w reakcji wybuchu

$$\beta = n_C + \frac{n_H - n_{Cl}}{4} - \frac{n_O}{2} = 4$$

ρ – gęstość par w temperaturze pomieszczenia $\rho = \frac{p \cdot M}{R \cdot T} = 2,414 \text{ kg/m}^3$.

Masę palnych par, która wytworzyć może atmosferę wybuchową oblicza się z zależności:

$$m = 10^{-9} \cdot F \cdot \tau \cdot K \cdot P_s \cdot \sqrt{M} = 0,15 \text{ kg}$$

gdzie: F – powierzchnia parowania, tutaj 0,5m²,

τ – przewidywany maksymalny czas wydzielania się par (s), zakłada się, że ciecz po rozlaniu zostanie zebrane przez pracownika, stąd przyjmuje się 5 minut czyli 300 s,

K – współczynnik parowania, dla 20°C i prędkości przepływu powietrza nad powierzchnią parowania 0,5 m/s równy 5,4,

P_s – prężność pary nasyconej w temperaturze pomieszczenia =24465,5Pa,

M – masa molowa cieczy, tutaj równa 58kg/kmol.

Stąd

$$\Delta P = 1,27 \text{ kPa}$$

Mieszanina wybuchowa, która może wytworzyć się w pomieszczeniu, spowoduje przyrost ciśnienia równy 1,27kPa, czyli mniejszy niż 5kPa, stąd pomieszczenie nie zostaje zakwalifikowane jako zagrożone wybuchem.

4.25. Magazyn podręczny - Budynek 12 (część warsztatowa)

4.25.1. Charakterystyka

W pomieszczeniu 23 używane będą w obrębie dygestorium następujące substancje/odczynniki:

- oleje do pomp próżniowych i molekularnych i oleje inne związane z konserwacją sprzętu
- rozpuszczalniki uniwersalne / kilka sztuk butelek 1 litrowych
- rozpuszczalnik acetonowy / pojemnik 5 litrów
- rozpuszczalnik nitro / pojemnik 2 litry
- benzyna ekstrakcyjna / pojemnik 5 litrów
- smar ŁT 4.5 kg
- kwas mrówkowy / butelki 1 litr
- kwas solny / butelki 1 litr

Główne przeznaczenie to czyszczenie i konserwacja sprzętu warsztatowego oraz inne działania pomocnicze (np. trawienie).

Użycie substancji w obrębie dygestorium (pod dygestorium będzie szafa na odczynniki). Dygestorium nie będzie pracować ciągle, tylko w razie potrzeby. Szafa ze stałą wentylacją.

4.25.2. Źródła emisji i ich klasyfikacja

Nieszczelności w zamknięciach pojemników z cieczami palnymi należy uznać jako źródło emisji **stopnia drugiego**

Podczas prac z rozpuszczalnikami pod dygestorium przyjmuje się źródło emisji **stopnia pierwszego**.

Zestawienie źródeł emisji znajduje się w załączniku nr 3.

4.25.3. Ocena stopnia wentylacji

Pomieszczenie wyposażone będzie w wentylację mechaniczną bytową o wydajności co najmniej 4wym/h.

Wydajność wentylacji dygestorium w zależności od jego wielkości na poziomie 500-900m³/h. W wentylowanej szafie zapewniona powinna być wydajność co najmniej 8wym/h.

Zgodnie z wykresem C.1 normy PN-EN 60079-10-1:2016-02 wentylację w pomieszczeniu ocenia się jako wentylację o **stopniu średnim** oraz **dyspozycyjności dostatecznej**, wentylację szaf ocenia się jako wentylację o **stopniu wysokim** oraz **dyspozycyjności dostatecznej**, a wentylację dygestorium o **stopniu wysokim** oraz **dyspozycyjności dobrej**.

4.25.4. Wyznaczenie stref

Zgodnie z tabelą załącznika nr 1 oraz arkuszami danych z załączników nr 2 i 3 oraz wykresem D.1 normy PN-EN 60079-10-1:2016-02 w kanałach wentylacyjnych szaf z cieczami palnymi, jak również w promieniu 2m od ujścia wentylacji wyznacza się **STREFĘ 2 zagrożenia wybuchem**.

Wewnątrz dygestorium występuje teoretyczna strefa zagrożenia wybuchem, o pomijalnie małym zasięgu, stąd odstępuje się od wyznaczenia stref zagrożenia wybuchem.

4.25.5. Ocena pomieszczenia pod kątem kwalifikacji jako pomieszczenia zagrożonego wybuchem

W celu oceny pomieszczenia pod kątem kwalifikacji jako pomieszczenia zagrożonego wybuchem należy obliczyć przyrost ciśnienia, jaki mógłby zostać spowodowany przez wybuch. Możliwy przyrost ciśnienia oblicza się przy założeniu sytuacji, że dojdzie do rozlania 0,5dm³ acetonu z pojemnika podczas pracy.

$$\Delta P = \frac{m_{\max} \cdot \Delta P_{\max} \cdot W}{V \cdot C_{st} \cdot \rho}$$

gdzie: m_{\max} – maksymalna masa substancji palnych, tworzących mieszaninę wybuchową, jaka może wydzielić się w rozpatrywanym pomieszczeniu (kg),

ΔP_{\max} – maksymalny przyrost ciśnienia przy wybuchu stechiometrycznej mieszaniny w zamkniętej komorze (tutaj 772kPa),

W – współczynnik przebiegu reakcji wybuchu, dla par cieczy = 0,1,

V – objętość przestrzeni powietrznej pomieszczenia (przyjmuje się kubaturę pomieszczenia -10%) $59,84\text{m}^3$,

C_{st} – objętościowe stężenie stechiometryczne,

$$C_{st} = \frac{1}{1 + 4,84 \cdot \beta} = 0,049$$

β – stechiometryczny współczynnik tlenu w reakcji wybuchu

$$\beta = n_C + \frac{n_H - n_{Cl}}{4} - \frac{n_O}{2} = 4$$

ρ – gęstość par w temperaturze pomieszczenia $\rho = \frac{p \cdot M}{R \cdot T} = 2,414 \text{ kg/m}^3$.

Masę palnych par, która wytworzyć może atmosferę wybuchową oblicza się z zależności:

$$m = 10^{-9} \cdot F \cdot \tau \cdot K \cdot P_s \cdot \sqrt{M} = 0,15 \text{ kg}$$

gdzie: F – powierzchnia parowania, tutaj $0,5\text{m}^2$,

τ – przewidywany maksymalny czas wydzielania się par (s), zakłada się, że ciecz po rozlaniu zostanie zebrane przez pracownika, stąd przyjmuje się 5 minut czyli 300 s,

K – współczynnik parowania, dla 20°C i prędkości przepływu powietrza nad powierzchnią parowania $0,5 \text{ m/s}$ równy 5,4,

P_s – prężność pary nasyconej w temperaturze pomieszczenia $=24465,5\text{Pa}$,

M – masa molowa cieczy, tutaj równa 58kg/kmol .

Stąd

$$\Delta P = 3,85 \text{ kPa}$$

Mieszanina wybuchowa, która może wytworzyć się w pomieszczeniu, spowoduje przyrost ciśnienia równy $3,385\text{kPa}$, czyli mniejszy niż 5kPa , stąd pomieszczenie nie zostaje zakwalifikowane jako zagrożone wybuchem.

4.26. Centralny magazyn odpadów chemicznych - Budynek 12

4.26.1. Charakterystyka

W pomieszczeniu 29 magazynowane będą odpady chemiczne pochodzące z budynków nr 4, 7, 12 oraz 13.

Ze względu na to, iż będą to zlewki m.in. cieczy łatwopalnych z laboratoriów, należy traktować je z punktu widzenia zagrożenia wybuchowego analogicznie jak odczynniki łatwopalne.

Zlewki będą magazynowane max w pojemniku o pojemności 50dm³, na regałach wyposażonych w wanny wychwytowe (wanny o powierzchni max 2m²).

Pomieszczenie zostanie wyposażone w detekcję uruchamiającą wentylację awaryjną o wydajności zapewniającej co najmniej 30wym/h.

4.26.2. Źródła emisji i ich klasyfikacja

Nieszczelności w zamknięciach pojemników z cieczami palnymi należy uznać jako źródło emisji **stopnia drugiego**

Zestawienie źródeł emisji znajduje się w załączniku nr 3.

4.26.3. Ocena stopnia wentylacji

Pomieszczenie wyposażone będzie w wentylację mechaniczną bytową o wydajności co najmniej 4wym/h.

Zgodnie z wykresem C.1 normy PN-EN 60079-10-1:2016-02 wentylację w pomieszczeniu ocenia się jako wentylację o **stopniu średnim** oraz **dyspozycyjności dostatecznej**.

4.26.4. Wyznaczenie stref

Zgodnie z tabelą załącznika nr 1 oraz arkuszami danych z załączników nr 2 i 3 oraz wykresem D.1 normy PN-EN 60079-10-1:2016-02 w pomieszczeniu oraz w kanałach wentylacyjnych, jak również w promieniu 2m od ujścia wentylacji wyznacza się **STREFĘ 2 zagrożenia wybuchem**.

4.26.5. Ocena pomieszczenia pod kątem kwalifikacji jako pomieszczenia zagrożonego wybuchem

W celu oceny pomieszczenia pod kątem kwalifikacji jako pomieszczenia zagrożonego wybuchem należy obliczyć przyrost ciśnienia, jaki mógłby zostać spowodowany przez wybuch. Możliwy przyrost ciśnienia oblicza się przy założeniu sytuacji, że dojdzie do rozlania acetonu z pojemnika do tacy wychwytowej.

$$\Delta P = \frac{m_{\max} \cdot \Delta P_{\max} \cdot W}{V \cdot C_{st} \cdot \rho}$$

gdzie: m_{\max} – maksymalna masa substancji palnych, tworzących mieszaninę wybuchową, jaka może wydzielć się w rozpatrywanym pomieszczeniu (kg),

ΔP_{\max} – maksymalny przyrost ciśnienia przy wybuchu stechiometrycznej mieszaniny w zamkniętej komorze (tutaj 772kPa),

W – współczynnik przebiegu reakcji wybuchu, dla par cieczy = 0,1,

V – objętość przestrzeni powietrznej pomieszczenia (przyjmuje się kubaturę pomieszczenia -10%) 36,67m³,

C_{st} – objętościowe stężenie stechiometryczne,

$$C_{st} = \frac{1}{1 + 4,84 \cdot \beta} = 0,049$$

β – stechiometryczny współczynnik tlenu w reakcji wybuchu

$$\beta = n_C + \frac{n_H - n_{Cl}}{4} - \frac{n_O}{2} = 4$$

ρ – gęstość par w temperaturze pomieszczenia $\rho = \frac{p \cdot M}{R \cdot T} = 2,414 \text{ kg/m}^3$.

Masę palnych par, która wytworzyć może atmosferę wybuchową oblicza się z zależności:

$$m = 10^{-9} \cdot F \cdot \tau \cdot K \cdot P_s \cdot \sqrt{M} = 7,24 \text{ kg}$$

gdzie: F – powierzchnia parowania, tutaj powierzchnia wanny wychwytowej 2m²,

τ – przewidywany maksymalny czas wydzielania się par (s), zakłada się godzinę, brak pracowników,

K – współczynnik parowania, dla 20°C i prędkości przepływu powietrza nad powierzchnią parowania 0,5 m/s równy 5,4,

P_s – prężność pary nasyconej w temperaturze pomieszczenia =24465,5Pa,

M – masa molowa cieczy, tutaj równa 58kg/kmol.

Ze względu na wyposażenie pomieszczenia w detekcję uruchamiającą wentylację awaryjną o wydajności zapewniającej co najmniej 30wym/h, masę palnych par można zmniejszyć k=31 razy, zatem $m_{\max}=0,23\text{kg}$.

Stąd

$$\Delta P = 4,09 \text{ kPa}$$

Mieszanina wybuchowa, która może wytworzyć się w pomieszczeniu, spowoduje przyrost ciśnienia równy 4,09kPa, czyli mniejszy niż 5kPa, stąd pomieszczenie nie będzie zakwalifikowane jako zagrożone wybuchem.

Uwaga: W przypadku nie zastosowania detekcji uruchamiającej automatycznie wentylację awaryjną o wydajności co najmniej 30wym/h to pomieszczenie będzie kwalifikowane jako zagrożone wybuchem.

4.27. Implantator - Budynek 13

4.27.1. Charakterystyka

Laboratorium Implantator składa się z następujących pomieszczeń:

- cleanroom-u 01 czyli zasadniczej część laboratorium implantacji (miejsce instalacji urządzenia),
- sterowni 03 (w tym pomieszczeniu będzie znajdował się komputer sterujący urządzeniem),
- szatni 02 wraz ze służą do cleanroom-u,
- pomieszczenia gazów 07 z przeznaczeniem na gazy techniczne i procesowe,
- pomieszczenia aparaturowego 06 z przeznaczeniem na następujące urządzenia (urządzenia do uzdatniania wody, stacji wody chłodzącej, sprężarki, pompy próżniowe, scrubber oraz UPS).

W pomieszczeniu przewiduje się przechowywanie podręcznej ilości substancji takich jak: aceton, izopropanol (w pojemnikach do 0,5dm³, łącznie do 1dm³), które będą używane do dezynfekcji.

Dezynfekcja prowadzona będzie przez nanoszenie rozpuszczalnika miejscowo na urządzenie, blat itp. jednorazowo o powierzchni do 1m², a następnie przetarcie tego miejsca czyściwem. Następnie kolejne powierzchnie pokrywane będą cieczą i przecierane.

Dezynfekcja urządzeń poprzedzona będzie ich wyłączeniem z zasilania.

Do dezynfekcji używane będzie czyściwo, które po użyciu trafiać będzie do specjalnego zamykanego pojemnika.

Ilości zużywane podczas dezynfekcji urządzeń i powierzchni miejscowo jest zbyt mała aby wytworzyć mieszaninę o objętości $0,01\text{m}^3$ mieszaniny par z powietrzem. Zatem odstępuje się od wyznaczenia strefy zagrożenia wybuchem podczas dezynfekcji.

Urządzenie znajdujące się w pomieszczeniu zasilane będzie różnymi gazami, m.in. palnymi takimi jak wodór, arsenowodór, fosforowodór, itp. Gazy te będą znajdowały się w butlach (do 1dm^3) w wydzielonym wentylowanym obszarze w urządzeniu lub w szafie wentylowanej w pomieszczeniu gazów 07.

Pomieszczenie wyposażone będzie w detekcję gazów palnych, która w razie wycieku zamknie dopływ gazu.

4.27.2. Źródła emisji i ich klasyfikacja

Połączenia rozłączalne na instalacji z gazami palnymi należy uznać jako źródło emisji **stopnia drugiego**.

Obliczenia wykonano dla wodoru.

Aby określić wydajność wypływu wodoru z nieszczelności należy stwierdzić czy wypływ gazu będzie dławiony czy nie, na podstawie zależności na ciśnienie krytyczne:

$$p_c = p_0 \left(\frac{\gamma + 1}{2} \right)^{\frac{\gamma}{\gamma - 1}} = 189645,2 \text{ Pa} = 0,19 \text{ MPa}$$

gdzie: p_0 – ciśnienie poza instalacją (Pa),

γ – współczynnik politropy, liczony z zależności:

$$\gamma = \frac{M \cdot c_p}{M \cdot c_p - R} = 1,406$$

gdzie: M – masa molowa, tutaj 2kg/kmol ,

c_p – ciepło właściwe, tutaj 14400J/kgK .

W związku z tym, że ciśnienie absolutne w instalacji $p=0,55\text{MPa}$ jest większe od ciśnienia krytycznego p_c mamy do czynienia z wypływem dławionym.

Dla wypływu dławionego wydajność emisji oblicza się z zależności:

$$W_g = C_d S p \sqrt{\gamma \frac{M}{ZRT} \left(\frac{2}{\gamma + 1} \right)^{\frac{(\gamma + 1)}{(\gamma - 1)}}} = 6,5 \cdot 10^{-5} \text{ kg/s}$$

gdzie: p – ciśnienie wewnątrz instalacji, tutaj 550000Pa,

S – powierzchnia wypływu, tutaj $0,25 \cdot 10^{-6} m^2$,

T – temperatura 293K.

Objętościowa wydajność wypływu jest równa $0,0008 m^3/s$, a objętościowa charakterystyka wypływu równa $0,019 m^3/s$.

Zestawienie źródeł emisji znajduje się w załączniku nr 3.

4.27.3. Ocena stopnia wentylacji

Pomieszczenie wyposażone będzie w wentylację mechaniczną bytową o wydajności co najmniej 4wym/h.

Szafa wentylowana na gazy w urządzeniu będzie miała wentylację zapewniającą co najmniej 8wym/h.

Zgodnie z wykresem C.1 normy PN-EN 60079-10-1:2016-02 wentylację w pomieszczeniu ocenia się jako wentylację o **stopniu średnim** oraz **dyspozycyjności dostatecznej**. Wentylację szaf gazowych ocenia się jako wentylację o **stopniu wysokim** oraz **dyspozycyjności dostatecznej**.

4.27.4. Wyznaczenie stref

Zgodnie z tabelą załącznika nr 1 oraz arkuszami danych z załączników nr 2 i 3 oraz wykresem D.1 normy PN-EN 60079-10-1:2016-02 w obrębie połączeń rozłączalnych na instalacji z gazami palnymi poza szafą wyznacza się **STREFĘ 2 zagrożenia wybuchem** w promieniu 0,25m. Ponadto wewnątrz wentylacji szafy z gazami palnymi oraz w promieniu 2m od jej ujścia wyznacza się **STREFĘ 2 zagrożenia wybuchem**.

4.27.5. Ocena pomieszczenia 01 pod kątem kwalifikacji jako pomieszczenia zagrożonego wybuchem

W celu oceny pomieszczenia pod kątem kwalifikacji jako pomieszczenia zagrożonego wybuchem należy obliczyć przyrost ciśnienia, jaki mógłby zostać spowodowany przez wybuch w rozpatrywanym pomieszczeniu. Możliwy przyrost ciśnienia oblicza się przy założeniu sytuacji, że dojdzie do uwolnienia wodoru z instalacji.

$$\Delta P = \frac{m_{\max} \cdot \Delta P_{\max} \cdot W}{V \cdot C_{st} \cdot \rho}$$

gdzie: m_{\max} – maksymalna masa substancji palnych, tworzących mieszaninę wybuchową, jaka może wydzielć się w rozpatrywanym pomieszczeniu (kg),

ΔP_{\max} – maksymalny przyrost ciśnienia przy wybuchu stechiometrycznej mieszaniny w zamkniętej komorze (tutaj 625kPa),

W – współczynnik przebiegu reakcji wybuchu, dla gazów = 0,17,

V – objętość przestrzeni powietrznej pomieszczenia (przyjmuje się kubaturę pomieszczenia -10%) 147,6m³,

C_{st} – objętościowe stężenie stechiometryczne,

$$C_{st} = \frac{1}{1 + 4,84 \cdot \beta} = 0,29$$

β – stechiometryczny współczynnik tlenu w reakcji wybuchu

$$\beta = n_c + \frac{n_H - n_{Cl}}{4} - \frac{n_O}{2} = 0,5$$

ρ – gęstość par w temperaturze pomieszczenia $\rho = \frac{p \cdot M}{R \cdot T} = 0,083 \text{ kg/m}^3$.

Masę gazu jaka może się uwolnić w pomieszczeniu ze względu na detekcję odcinającą dopływ gazu to ilość gazu w instalacji na poziomie 0,05kg.

Stąd

$$\Delta P = 1,48 \text{ kPa}$$

Mieszanina wybuchowa, która może wytworzyć się w pomieszczeniu, spowoduje przyrost ciśnienia równy 1,48kPa, czyli mniejszy niż 5kPa, stąd pomieszczenie nie zostaje zakwalifikowane jako zagrożone wybuchem.

Uwaga: W przypadku nie zastosowania detekcji zamykającej automatycznie dopływ gazów palnych będzie kwalifikowane jako zagrożone wybuchem. W przypadku braku możliwości automatycznego zamknięcia butli w obrębie szafy w urządzeniu, należy uwzględnić odpowiedniej wydajności wentylację awaryjną pomieszczenia.

4.27.6. Ocena pomieszczenia 07 pod kątem kwalifikacji jako pomieszczenia zagrożonego wybuchem

Ze względu na to, iż w pomieszczeniu tym będą znajdowały się tylko gazy niepalne lub ewentualnie jeśli będzie taka konieczność gazy palne, to będą przetrzymywane w wentylowanych szafach w odporności ogniowej. Dlatego nie uwzględnia się możliwości wytworzenia mieszaniny wybuchowej w pomieszczeniu.

Ponadto butle będą podłączone do instalacji zasilającej urządzenia, nie będą one w tych szafach magazynowane

5. Czynniki mogące zainicjować zapłon

Aby doszło do wybuchu oprócz wytworzenia mieszaniny wybuchowej musi pojawić się w jednym czasie źródło zapłonu, samozapłonu lub samozapalenia, określane w normie PN-EN 1127-1 jako efektywne źródło zapłonu. To czy dane źródło zapłonu jest efektywne, czyli zapoczątkuje proces spalania, zależy jest od substancji palnej. Parametrami, które charakteryzują podatność mieszaniny wybuchowej do zapoczątkowania procesu spalania, a w konsekwencji wybuchu są:

- Minimalna energia zapłonu (MEZ).
- Minimalna temperatura samozapłonu atmosfery wybuchowej.

Zgodnie z normą¹¹ wyróżnia się trzynaście rodzajów źródeł zapłonu, które wraz z krótką charakterystyką zostały zebrane w tabeli nr 1.

Tabela 1. Źródła zapłonu i ich charakterystyka

Źródło zapłonu	Charakterystyka
1	2
gorące powierzchnie	atmosfera wybuchowa może zapalić się w przypadku kontaktu z gorącymi powierzchniami, jeżeli temperatura powierzchni osiąga minimalną temperaturę samozapłonu atmosfery wybuchowej, np. nagrzana powierzchnia, urządzenia wadliwie działającego
plomień i gorące gazy (łącznie z gorącymi cząstkami)	zarówno płomień jak i żarzące się stałe cząstki mogą wywołać zapłon atmosfer wybuchowych; nawet bardzo małe płomienie są jednymi z najbardziej efektywnych źródeł zapłonu i dlatego też muszą być eliminowane z miejsc niebezpiecznych; dlatego wprowadza się zakaz palenia tytoniu i używania otwartego ognia, a prace remontowe z użyciem np. palnika muszą być odpowiednio zabezpieczone
uderzenia mechaniczne, tarcie i ścieranie	tarcie, uderzenia i ścieranie mogą spowodować iskrzenie; w przypadku gazów ten typ źródła zapłonu stanowi również duże niebezpieczeństwo gdyż wymagana energia zapłonu dla przedmiotowych substancji jest niska, np. narzędzia iskrzące w kontakcie z betonem,

¹¹ Norma PN-EN 1127-1.

urządzenia i komponenty elektryczne	nawet przy niskich napięciach, iskrzenie elektryczne i gorące powierzchnie mogą stanowić źródła zapłonu w urządzeniach elektrycznych (np: podczas zamykania i przerywania obwodów elektrycznych oraz w wyniku prądów elektrycznych błądzących); w strefach zagrożenia wybuchem dopuszcza się stosowanie urządzeń elektrycznych w wykonaniu tylko i wyłącznie przeciwwybuchowym (oznaczone skrótem Ex) zgodnie z rozdziałem 6
prądy błądzące, katodowa ochrona przed korozją	prądy błądzące mogą płynąć w systemach przewodzących elektryczność lub częściach systemów w sytuacji: <ul style="list-style-type: none"> ▪ istnienia prądów powrotnych (duże systemy spawalnicze); ▪ zwarcia (uszkodzenia instalacji elektrycznej); ▪ indukcji magnetycznej (sąsiedztwo instalacji elektrycznej z silnymi prądami lub częstotliwościami radiowymi); ▪ uderzenia pioruna
elektryczność statyczna	w określonych warunkach wyładowania elektryczności statycznej mogą powodować zapłon; wyładowania naładowanych, izolowanych części przewodzących łatwo mogą prowadzić do wytworzenia iskier zapalających, które mogą zapalić mieszaninę wybuchową gazu z powietrzem
wyładowania atmosferyczne	jeżeli uderzenie pioruna nastąpi w atmosferze wybuchowej, zawsze dojdzie do jej zapłonu, co więcej, istnieje również możliwość zapłonu ze względu na wysokie temperatury osiągane przez elementy przewodzące wyładowanie
fale elektromagnetyczne o częstotliwości radiowej od 10^4Hz do $3 \cdot 10^{11}\text{Hz}$	fale elektromagnetyczne są emitowane przez wszystkie systemy generujące i stosujące energię elektryczną o częstotliwości radiowej (nadałniki radiowe lub przemysłowe); przewodzące części znajdujące się w polu promieniowania działają jak anteny odbiorcze; może zaistnieć sytuacja, że część przewodząca spowoduje zapłon atmosfery wybuchowej poprzez odebranie energii o częstotliwości radiowej co w konsekwencji spowoduje rozżarzenie cienkiego przewodu lub wygenerowanie iskry
fale elektromagnetyczne o częstotliwości radiowej od $3 \cdot 10^{11}\text{Hz}$ do $3 \cdot 10^{15}\text{Hz}$	promieniowanie w tym zakresie widma może – zwłaszcza w przypadku skupienia – stać się źródłem zapłonu poprzez pochłanianie przez atmosfery wybuchowe lub powierzchnie ciał stałych (światło słoneczne skupione przez przedmiot)
promieniowanie jonizujące	promieniowanie jonizujące generowane, na przykład, przez lampy rentgenowskie i substancje radioaktywne może zapalać atmosfery wybuchowe w wyniku absorpcji energii

fale ultradźwiękowe	podczas stosowania fal ultradźwiękowych, znaczna część energii wytwarzanej przez przetwornik elektroakustyczny jest absorbowana przez substancje stałe lub ciekłe; substancja wystawiona na działanie ultradźwięków ogrzewa się tak, że w skrajnych przypadkach może nastąpić zapłon
sprężanie adiabatyczne i fale uderzeniowe	w przypadku sprężania adiabatycznego lub prawie adiabatycznego i w falach uderzeniowych mogą występować tak wysokie temperatury, że atmosfera wybuchowa może zostać zapalona
reakcje egzotermiczne, łącznie z samozapaleniem się pyłów	reakcje egzotermiczne mogą stanowić źródło zapłonu gdy szybkość wytwarzania ciepła będzie większa od szybkości odprowadzania ciepła do otoczenia,

6. Kryteria doboru urządzeń elektrycznych

W strefach zagrożenia wybuchem dopuszcza się stosowanie urządzeń elektrycznych w wykonaniu tylko i wyłącznie przeciwwybuchowym.

Zgodnie z normą EN 1127-1 w zależności od rodzaju substancji i strefy zagrożenia wybuchem należy stosować urządzenia z odpowiednich kategorii (tabela 2).

Tabela 2. Dobór kategorii urządzeń w strefach zagrożonych wybuchem

Strefa	Kategoria urządzenia	Grupa wybuchowości	Temperatura	Poziom EPL
dla par cieczy				
0	1G	IIB	T4 lub T5 lub T6	Ga
1	1G lub 2G	IIB	T4 lub T5 lub T6	Ga lub Gb
2	1G lub 2G lub 3G	IIB	T4 lub T5 lub T6	Ga lub Gb lub Gc
dla gazów palnych				
0	1G	IIC	T6	Ga
1	1G lub 2G	IIC	T6	Ga lub Gb
2	1G lub 2G lub 3G	IIC	T6	Ga lub Gb lub Gc

Natomiast najnowsza edycja normy ogólnej dotyczącej urządzeń elektrycznych (EN 60079-0) wprowadza modyfikację znakowania urządzeń w oparciu o pojęcie metody oceny ryzyka obejmującej Poziomy Zabezpieczenia Urządzenia (EPL – Equipment Protection Level) wskazujące ryzyko zapłonu związane z urządzeniem, niezależnie od tego, jaki zastosowano rodzaj budowy przeciwwybuchowej. Zgodnie z tym urządzenia elektryczne powinny odpowiadać następującym grupom i poziomom EPL.

7. Wnioski i zalecenia

Należy zwrócić uwagę na przestrzeganie podstawowych zasad bezpieczeństwa związanych z użytkowaniem, przede wszystkim zakazu palenia tytoniu w miejscach występowania stref zagrożenia wybuchem.

Substancje należy przechowywać i pracować z nimi zgodnie z przyjętymi założeniami w dokumencie.

Butle z gazami palnymi zasilające urządzenie laboratoryjne znajdować się będą w wentylowanej szafie w odporności ogniowej spełniające wymagania normy PN-EN 14479-2, wyposażonej w wentylator w wykonaniu Ex. Pomieszczenia, do których doprowadzona jest instalacja z gazami palnymi muszą być wyposażone w detekcję uruchamiającą automatycznie zawór zamykający dopływ gazu do pomieszczenia.

Wentylacja szaf przeznaczonych do przetrzymywania cieczy palnych za wyjątkiem pomieszczeń U1.09, 0.14 i 0.12 w budynku 4 (magazynowana bardzo mała ilość łącznie do 2dm³), musi być wyposażona w wentylatory w wykonaniu Ex.

Wentylacja dygestoriów, w których będą prace z eterem dietylowym tj. pomieszczenia 1.02, 1.09 oraz 1.10 w budynku 7, musi być wyposażona w wentylatory w wykonaniu Ex, ponadto pojemnik z eterem dietylowym używany w pomieszczeniu nie może przekraczać pojemności 0,5dm³).

Również wentylacja obsługująca centralny magazyn odpadów chemicznych w budynku 12 musi być wyposażona w wentylatory w wykonaniu Ex . Ponadto w przypadku nie zastosowania w centralnym magazynie odpadów detekcji uruchamiającej automatycznie wentylację awaryjną o wydajności co najmniej 30wym/h to pomieszczenie będzie kwalifikowane jako zagrożone wybuchem.

Ciecze palne w ilości ponad 10dm³ w odniesieniu do całej strefy pożarowej powinny być magazynowane w wentylowanych szafach w odporności ogniowej, spełniające wymagania normy PN-EN 14479-1.

Niniejszy dokument należy bezzwłocznie zaktualizować w przypadku gdy nastąpią zmiany w zakresie rozwiązań koncepcyjnych i organizacyjnych przyjętych na potrzeby opracowania. Ocena zagrożenia wybuchem wykonana jest na podstawie informacji dostępnych na tym etapie, nie uwzględnia ewentualnych rozwiązań stosowanych w urządzeniach ze względu na brak dokumentacji konkretnych

urządzeń. Przed rozpoczęciem prac należy dokonać oceny ryzyka związanego z występowaniem atmosfery wybuchowej wraz z „Dokumentem zabezpieczenia przed wybuchem”.

8. Literatura

8.1. Prawodawstwo i normy

1. Dyrektywa 1999/92/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 16 grudnia 1999 roku w sprawie minimalnych wymagań dotyczących bezpieczeństwa i ochrony zdrowia pracowników zatrudnionych na stanowiskach pracy, na których może wystąpić atmosfera wybuchowa (Dz. U. L 23, z 28.1.2000, str.57), ostatnie sprostowanie z dnia 7 czerwca 2000 r. (Dz. U. L 134, z 7.6.2000, str.36).
2. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2014/34/UE z dnia 26 lutego 2014 r. w sprawie harmonizacji ustawodawstw państw członkowskich odnoszących się do urządzeń i systemów ochronnych przeznaczonych do użytku w atmosferze potencjalnie wybuchowej.
3. 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 (Dz. U. Nr 138, poz. 931).
4. Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 7 czerwca 2010r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów (Dz. U. Nr 109, poz. 719).
5. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 21 listopada 2005 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać bazy i stacje paliw płynnych, rurociągi przesyłowe dalekosieżne służące do transportu ropy naftowej i ich usytuowanie (Dz. U. Nr 243, poz. 2063, z późniejszymi zmianami).
6. Norma PN-EN 60079-0:2018-09 Atmosfery wybuchowe -- Część 0: Urządzenia -- Podstawowe wymagania.
7. Norma PN-EN 60079-10-1:2021 Atmosfery wybuchowe -- Część 10-1: Klasyfikacja przestrzeni -- Gazowe atmosfery wybuchowe.
8. Norma PN-EN 1127-1:2019-10 Atmosfery wybuchowe – Zapobieganie wybuchowi i ochrona przed wybuchem – Część 1: Pojęcia podstawowe i metodyka.
9. Norma PN-EN 14470-1:2023-12E Ognioodporne szafki magazynowe -- Część 1: Bezpieczne szafki do przechowywania płynów łatwopalnych.

10. Norma PN-EN 14470-2:2007 Ognioodporne szafki magazynowe -- Część 2: Bezpieczne szafki na butle ze sprężonym gazem.

8.2. Bibliografia

1. Woliński M., Ogrodnik G., Tomczuk J., Ocena zagrożenia wybuchem, Szkoła Główna Służby Pożarniczej, Warszawa 2002.
2. Borysewicz M., Kuncerowicz-Polak B., Zagrożenia pożarowe i wybuchowe, CIOP, Warszawa 1997.
3. Karta charakterystyk substancji niebezpiecznych.

9. Załączniki

Załącznik 1. Wpływ wentylacji na rodzaj strefy

Wentylacja							
Stopień emisji	Stopień						
	Wysoki			Średni			Niski
	Dyspozycyjność						
	Dobra	Dostateczna	Słaba	Dobra	Dostateczna	Słaba	Dobra, dost. lub słaba
Ciągła	(Strefa 0 NE) Niezagrożona ¹⁾	(Strefa 0 NE) Strefa 2 ¹⁾	(Strefa 0 NE) Strefa 1 ¹⁾	Strefa 0	Strefa 0 + Strefa 2	Strefa 0 + Strefa 1	Strefa 0
Pierwszy	(Strefa 1 NE) Niezagrożona ¹⁾	(Strefa 1 NE) Strefa 2 ¹⁾	(Strefa 1 NE) Strefa 2 ¹⁾	Strefa 1	Strefa 1 + Strefa 2	Strefa 1 + Strefa 2	Strefa 1 lub Strefa 0 ³⁾
Drugi ²⁾	(Strefa 2 NE) Niezagrożona ¹⁾	(Strefa 2 NE) Niezagrożona ¹⁾	Strefa 2	Strefa 2	Strefa 2	Strefa 2	Strefa 1 i nawet Strefa 0 ³⁾
¹⁾ Strefa 0NE, 1NE lub 2NE oznacza teoretyczną strefę, która w warunkach normalnych ma pomijalnie mały zasięg;							
²⁾ Strefa 2 w przestrzeni wywołanej emisją o drugim stopniu może się rozszerzyć po przypisaniu jej pierwszego stopnia lub emisji ciągłej, w tym przypadku należy przyjąć większą odległość;							
³⁾ Strefa będzie strefą 0, jeżeli wentylacja jest tak słaba, a emisja jest taka, że w praktyce atmosfera wybuchowa istnieje niemal ciągle (tj. zbliżając się do warunków „braku wentylacji”)							
UWAGA – „+” oznacz „otoczona przez”							

Załącznik 2. Wykaz i charakterystyka substancji mogących stworzyć zagrożenie wybuchowe najczęściej występujących w laboratoriach

Nr	Nazwa	DGW		Temperatura samozapłonu [°C]	Maksymalne ciśnienie wybuchu [bar]	MEZ [mJ]	Grupa wybuchowości	Klasa temperaturowa	Uwagi
		g/m ³	%obj.						
1	wodór	3,4	4	580	6,25	0,011	IIC	T1	
2	metan	33	5	650	6,05	0,28	I/IIA	T1	
3	amoniak	107	15	630	4,87	680	IIA	T1	
4	silan	substancja piroforyczna							
5	arsenowodór	-	3,9	285	-	-	-	T3	
6	fosforowodór	-	1	100	-	-	-	T6	
7	propan	50	2,1	450	7,42	0,25	IIA	T2	
8	butan	39	1,5	410	7,42	0,25	IIA	T2	
9	alkohol etylowy	50	3,1	400	6,34	0,65	IIB	T2	
10	alkohol izopropylowy	50	2,0	400	6,44	0,65	IIA	T2	
11	aceton	50	2,5	540	7,72	1,15	IIA	T1	
12	toluen	-	1,3	570	566	0,24	IIA	T1	
13	heksan	-	1,1	260	7,52	0,24	IIA	T3	
14	alkohol metylowy	-	5,5	455	6,25	0,14	IIA	T1	
15	benzyna ekstrakcyjna		1,1	240	-	0,24	IIA	T3	
16	octan butylu	-	1,2	415	6,5	0,46	IIA	T2	

17	octan etylu	-	2,2	460	7,52	0,46	IIA	T1	
18	n-dekan	0,7	-	231	6,36	0,28	IIA	T3	
19	eter dietylowy	-	1,7	175	8,01	2,56	IIB	T4	
20	mleczan etylu	-	1,5	430	-	-	-	T2	
21	Ecoclear	-	0,7	237	-	-	-	T3	
22	AZ EBR Solvent	-	1,5	315	-	-	-	T2	
Dane literaturowe									
Dane z kart charakterystyk substancji niebezpiecznych									

Załącznik 3. Arkusz danych klasyfikacji przestrzeni zagrożonych – Wykaz źródeł emisji

IMIF – Warszawa al. Lotników															
1	2	3	4	5	6		7	8			9	10	11	12	13
Lp.	Źródło emisji		Stopień emisji ¹⁾	Materiał palny			Wentylacja			Przestrzeń zagrożona			Uwagi		
	Opis	Usytuowanie		Odniesienie ²⁾	Temp. i ciśnienie pracy		Stan ³⁾	Rodzaj ⁴⁾	Stopień ⁵⁾	Dyspozycyjność ⁵⁾	Rodzaj strefy 0-1-2	Zasięg strefy [m]		Odniesienie	
					[°C]	[MPa]									
Budynek 4															
1	nieszczelność w zamknięciach pojemników	szafa na odczynniki m.in. palne U1.09 pomiarówka - piwnica	S	10,11	ot.	ot.	L	A	wysoki	dostat.	ze względu na małą ilość cieczy łatwopalnych - teoretyczna strefa zagrożenia wybuchem, o pomijalnie małym zasięgu, stąd odstępuje się od wyznaczenia stref zagrożenia wybuchem				
2	brudne czyściwo	U1.09 pomiarówka - piwnica	S	10,11	ot.	ot.	L	N	niski	słaba	2	wewnątrz pojemnika na brudne czyściwo			
3	nieszczelność w zamknięciach pojemników	szafa na odczynniki m.in. palne laboratorium 0.14 - parter	S	10,11	ot.	ot.	L	A	wysoki	dostat.	ze względu na małą ilość cieczy łatwopalnych - teoretyczna strefa zagrożenia wybuchem, o pomijalnie małym zasięgu, stąd odstępuje się od wyznaczenia stref zagrożenia wybuchem				
4	brudne czyściwo	laboratorium 0.14 - parter	S	10,11	ot.	ot.	G	N	niski	słaba	2	wewnątrz pojemnika na brudne czyściwo			
5	połączenia rozłączalne	butla z gazem propan-butan	S	7,8	ot.	0,5	LG	A	wysoki	dobra	teoretyczna strefa zagrożenia wybuchem, o pomijalnie małym zasięgu, stąd odstępuje się od wyznaczenia stref zagrożenia wybuchem				
6	brudne czyściwo	laboratorium 0.12 - parter	S	10,11	ot.	ot.	L	N	niski	słaba	2	wewnątrz pojemnika na brudne czyściwo			

7	nieszczelność w zamknięciach pojemników	szafa na odczynniki m.in. palne laboratorium 0.12 - parter	S	10,11	ot.	ot.	L	A	wysoki	dostat.	ze względu na małą ilość cieczy łatwopalnych - teoretyczna strefa zagrożenia wybuchem, o pomijalnie małym zasięgu, stąd odstępuje się od wyznaczenia stref zagrożenia wybuchem		
8	brudne czyściwo	laboratorium 1.114 – piętro 1	S	10,11	ot.	ot.	L	N	niski	słaba	2	wewnątrz pojemnika na brudne czyściwo	
9	połączenia rozłączalne	instalacja z gazami palnymi - laboratorium 1.114 – piętro 1	S	1-4	ot.	0,55	G	A	średni	dostat.	2	w promieniu 0,25 od połączeń rozłączalnych	
10	połączenia rozłączalne	szafy z gazami palnymi pomieszczenie 1.114b – piętro 1	S	1-4	ot.	20	G	A	wysoki	dostat.	2	wewnątrz instalacji wyciągowej szaf i w promieniu 2m od ich ujścia	
11	prace laboratoryjne	dygestorium - laboratorium 1.113 – piętro 1	P	9-11	ot.	ot.	L	A	wysoki	dobra	teoretyczna strefa zagrożenia wybuchem, o pomijalnie małym zasięgu, stąd odstępuje się od wyznaczenia stref zagrożenia wybuchem		
12	nieszczelność w zamknięciach pojemników	szafa na odczynniki palne laboratorium 1.113 – piętro 1	S	9-11	ot.	ot.	L	A	wysoki	dostat.	2	wewnątrz instalacji wyciągowej szafy i w promieniu 2m od jej ujścia	
13	brudne czyściwo	laboratorium 1.113 – piętro 1	S	9-11	ot.	ot.	L	N	niski	słaba	2	wewnątrz pojemnika na brudne czyściwo	
14	brudne czyściwo	laboratorium U1.07 - piwnica	S	10, 11	ot.	ot.	L	N	niski	słaba	2	wewnątrz pojemnika na brudne czyściwo	

15	brudne czyściwo	laboratorium 1.112 – piętro 1	S	10, 11	ot.	ot.	L	N	niski	słaba	2	wewnątrz pojemnika na brudne czyściwo	
16	brudne czyściwo	laboratorium 1.108 – piętro 1	S	10, 11	ot.	ot.	L	N	niski	słaba	2	wewnątrz pojemnika na brudne czyściwo	
17	prace laboratoryjne	dygestorium - laboratorium 1.107 – piętro 1	P	9-13	ot.	ot.	L	A	wysoki	dobra	teoretyczna strefa zagrożenia wybuchem, o pomijalnie małym zasięgu, stąd odstępuje się od wyznaczenia stref zagrożenia wybuchem		
18	nieszczelność w zamknięciach pojemników	szafa na odczynniki palne laboratorium 1.107 – piętro 1	S	9-13	ot.	ot.	L	A	wysoki	dostat.	2	wewnątrz instalacji wyciągowej szafy i w promieniu 2m od jej ujęcia	
19	brudne czyściwo	laboratorium 1.107 – piętro 1	S	9-13	ot.	ot.	L	N	niski	słaba	2	wewnątrz pojemnika na brudne czyściwo	
20	nieszczelność w zamknięciach pojemników	szafa na odczynniki palne laboratorium 1.105b – piętro 1	S	9-13	ot.	ot.	L	A	wysoki	dostat.	2	wewnątrz instalacji wyciągowej szafy i w promieniu 2m od jej ujęcia	
21	proces odparowania rozpuszczalni ka	laboratorium 1.105b – piętro 1	P	9-13	ot.	ot.	L	A	wysoki	dostat.	2	wewnątrz instalacji wyciągowej urządzenia i w promieniu 2m od jej ujęcia	
Budynek 7													
22	połączenia rozłączalne	zewnętrzna stacja rozprężania wodoru	S	1	ot.	20	G	A	średni	dostat.	2	w obrębie stacji rozprężania i 1m od niej	

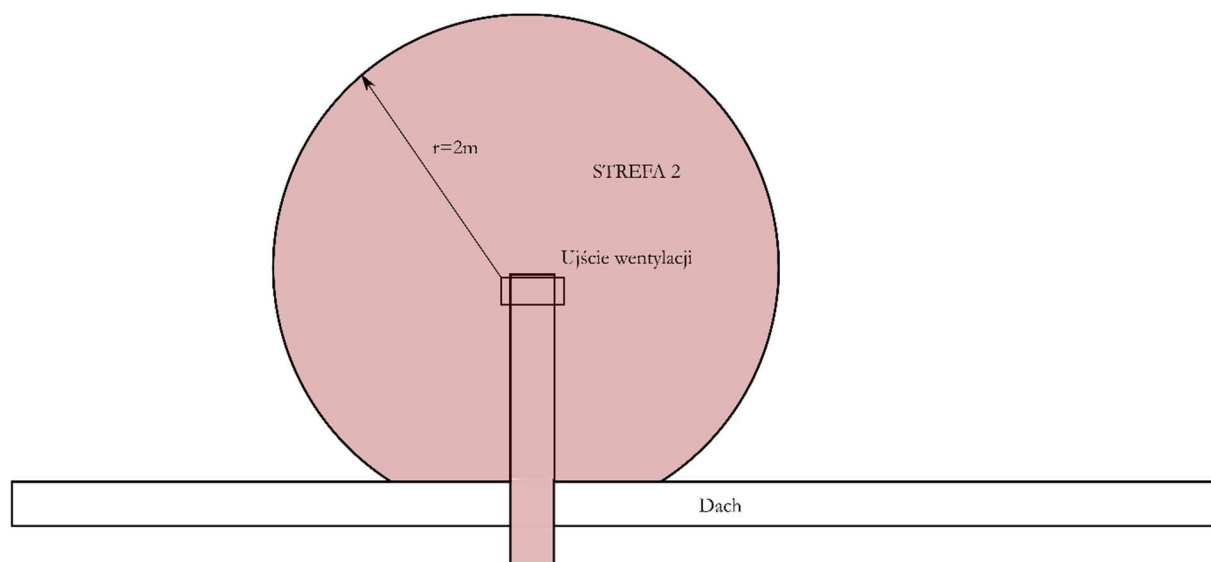
23	połączenia rozłączalne	instalacja z wodorem - laboratorium 0.09 - parter	S	1	ot.	0,55	G	A	średni	dostat.	2	w promieniu 0,25 od połączeń rozłączalnych	
24	prace laboratoryjne	dygestorium - laboratorium 0.07 - parter	P	9-14	ot.	ot.	L	A	wysoki	dobra	teoretyczna strefa zagrożenia wybuchem, o pomijalnie małym zasięgu, stąd odstępuje się od wyznaczenia stref zagrożenia wybuchem		
25	połączenia rozłączalne	instalacja z gazami palnymi - laboratorium 0.02 - parter	S	1, 4-6	ot.	0,55	G	A	średni	dostat.	2	w promieniu 0,25 od połączeń rozłączalnych	
26	połączenia rozłączalne	szafy z gazami palnymi laboratorium 0.02 - parter	S	1, 4-6	ot.	20	G	A	wysoki	dostat.	2	wewnątrz instalacji wyciągowej szaf i w promieniu 2m od ich ujęcia	
27	nieszczelność w zamknięciach pojemników	szafa na odczynniki palne laboratorium 0.01 - parter	S	9-13	ot.	ot.	L	A	wysoki	dostat.	2	wewnątrz instalacji wyciągowej szafy i w promieniu 2m od jej ujęcia	
28	połączenia rozłączalne	szafy z gazami palnymi pomieszczenie 0.01 - parter	S	1, 4-6	ot.	20	G	A	wysoki	dostat.	2	wewnątrz instalacji wyciągowej szaf i w promieniu 2m od ich ujęcia	
29	prace laboratoryjne	dygestorium - laboratorium 1.09 - piętro	P	9-13, 16-22	ot.	ot.	L	A	wysoki	dobra	2	wewnątrz instalacji wyciągowej dygestorium i w promieniu 2m od jej ujęcia	
30	nieszczelność w zamknięciach pojemników	szafa na odczynniki palne laboratorium 1.09 – piętro 1	S	9-13, 16-22	ot.	ot.	L	A	wysoki	dostat.	2	wewnątrz instalacji wyciągowej szafy i w promieniu 2m od jej ujęcia	

31	prace laboratoryjne	dygestorium - laboratorium 1.10 – piętro 1	P	9-13, 16-22	ot.	ot.	L	A	wysoki	dobra	2	wewnątrz instalacji wyciągowej dygestorium i w promieniu 2m od jej ujęcia	
32	nieszczelność w zamknięciach pojemników	szafa na odczynniki palne laboratorium 1.10 – piętro 1	S	9-13, 16-22	ot.	ot.	L	A	wysoki	dostat.	2	wewnątrz instalacji wyciągowej szafy i w promieniu 2m od jej ujęcia	
33	nieszczelność w zamknięciach pojemników	szafa na odczynniki palne laboratorium 1.02 – piętro 1	S	9-13	ot.	ot.	L	A	wysoki	dostat.	2	wewnątrz instalacji wyciągowej szafy i w promieniu 2m od jej ujęcia	
34	prace laboratoryjne	dygestorium - laboratorium 1.02 – piętro 1	P	9-13	ot.	ot.	L	A	wysoki	dobra	2	wewnątrz instalacji wyciągowej dygestorium i w promieniu 2m od jej ujęcia	
35	nieszczelność w zamknięciach pojemników	szafa na odczynniki palne laboratorium 1.12 – piętro 1	S	9-11	ot.	ot.	L	A	wysoki	dostat.	2	wewnątrz instalacji wyciągowej szafy i w promieniu 2m od jej ujęcia	
36	prace laboratoryjne	dygestorium - laboratorium 1.12 – piętro 1	P	9-11	ot.	ot.	L	A	wysoki	dobra	teoretyczna strefa zagrożenia wybuchem, o pomijalnie małym zasięgu, stąd odstępuje się od wyznaczenia stref zagrożenia wybuchem		
37	połączenia rozłączalne	instalacja z gazami palnymi - laboratorium 1.06 – piętro 1	S	1-4	ot.	0,55	G	A	średni	dostat.	2	w promieniu 0,25 od połączeń rozłączalnych	
38	połączenia rozłączalne	szafy z gazami palnymi oraz gas pod'y pomieszczenie 1.07 – piętro 1	S	1-4	ot.	20	G	A	wysoki	dostat.	2	wewnątrz instalacji wyciągowej szaf i gas pod'ów i w promieniu 2m od ich ujęcia	

39	połączenia rozłączalne	instalacja z wodorem - laboratorium 1.05 – piętro 1	S	1	ot.	0,55	G	A	średni	dostat.	2	w promieniu 0,25 od połączeń rozłączalnych	
40	nieszczelność w zamknięciach pojemników	szafa na odczynniki palne magazyn 1.08 – piętro 1	S	9-13	ot.	ot.	L	A	wysoki	dostat.	2	wewnątrz instalacji wyciągowej szafy i w promieniu 2m od jej ujścia	
Budynek 12													
41	brudne czysciwo	laboratorium Vistec	S	10, 11	ot.	ot.	L	N	niski	słaba	2	wewnątrz pojemnika na brudne czysciwo	
42	nieszczelność w zamknięciach pojemników	szafa na odczynniki palne pod dygestorium - magazyn podręczny 23	S	9-15	ot.	ot.	L	A	wysoki	dostat.	2	wewnątrz instalacji wyciągowej szafy i w promieniu 2m od jej ujścia	
43	prace laboratoryjne	dygestorium - magazyn podręczny 23	P	9-15	ot.	ot.	L	A	wysoki	dobra	teoretyczna strefa zagrożenia wybuchem, o pomijalnie małym zasięgu, stąd odstępuje się od wyznaczenia stref zagrożenia wybuchem		
44	nieszczelność w zamknięciach pojemników	odpady cieczy łatwopalnych – centralny magazyn odpadów chemicznych 29	S	9-15	ot.	ot.	L	A	średni	dostat.	2	w pomieszczeniu oraz wewnątrz instalacji wentylacyjnej i w promieniu 2m od jej ujścia	
Budynek 13													
45	brudne czysciwo	laboratorium Implantator	S	10, 11	ot.	ot.	L	N	niski	słaba	2	wewnątrz pojemnika na brudne czysciwo	

46	połączenia rozłączalne	instalacja z gazami palnymi - Implantator	S	1, 5, 6	ot.	0,55	G	A	średni	dostat.	2	w promieniu 0,25 od połączeń rozłączalnych
<div><div>¹⁾ C – ciągła; P – pierwszy; S – drugi;</div><div>²⁾ Powołano się na numer listy w załączniku nr 2;</div><div>³⁾ G – gaz; L – ciecz; LG – ciekły gaz; S – ciało stałe;</div><div>⁴⁾ N – naturalna; A – mechaniczna;</div><div>⁵⁾ Patrz wcześniejsze obliczenia.</div></div>												

Załącznik 4.



Rysunek 1. Strefa zagrożenia wybuchem wewnątrz i u ujścia instalacji wentylacji wyciągowej szaf z cieczami i gazami palnymi oraz dygestorium