

OCENA ZAGROŻENIA WYBUCHEM

dla

budynków, pomieszczeń i instalacji

ZAJEZDNI AUTOBUSOWEJ

zlokalizowanej w Gdańsku przy Al. Hallera 142

Gdańskie Autobusy i Tramwaje Sp. z o.o.



opracował

mgr inż. poż. Grzegorz Maliszewski
dypl. SGSP Nr 4234/2004

Gdańsk, 9 lipca 2020 r.

Spis treści

Wprowadzenie	4
1. Spis aktów prawnych i normatywnych	5
2. Definicje i określenia	6
3. Lokalizacja zakładu i miejsc potencjalnie zagrożonych wybuchem	9
4. Analiza zagrożenia wybuchowego	11
4.1. Informacje ogólne	11
4.2. Właściwości stosowanych i magazynowanych substancji łatwopalnych	13
4.2.1. Wykaz substancji łatwopalnych oraz sposób ich przechowywania	13
4.2.2. Ciecze stosowane w procesach lakierniczych	14
4.2.3. Wodór	18
4.2.4. Acetylen	20
4.2.5. Olej napędowy	21
4.3. Magazyn cieczy łatwopalnych	23
4.2.1. Informacje ogólne	23
4.2.2. Szacowanie częstości i czasu trwania (stopnia) oraz natężenia emisji	24
4.2.3. Analiza wentylacji	24
4.2.4. Rodzaj i zasięg stref zagrożenia wybuchem	24
4.4. Mieszalnia farb – magazyn podręczny	25
4.4.1. Informacje ogólne	25
4.4.2. Szacowanie częstości i czasu trwania (stopnia) oraz natężenia emisji	25
4.4.3. Analiza wentylacji	26
4.4.4. Rodzaj i zasięg stref zagrożenia wybuchem	28
4.4.5. Występowanie pomieszczenia zagrożonego wybuchem	29
4.5. Malarnia	30
4.5.1. Informacje ogólne	30
4.5.2. Szacowanie częstości i czasu trwania (stopnia) oraz natężenia emisji podczas nanoszenia powłoki podkładowej	31
4.5.3. Szacowanie częstości i czasu trwania (stopnia) oraz natężenia emisji podczas nanoszenia powłoki lakierniczej	33
4.5.4. Analiza wentylacji	36
4.5.5. Rodzaj i zasięg stref zagrożenia wybuchem	38
4.5.6. Występowanie pomieszczenia zagrożonego wybuchem	39
4.6. Pomieszczenie ładowania akumulatorów (akumulatornia)	41
4.6.1. Informacje ogólne	41
4.6.2. Szacowanie częstości i czasu trwania (stopnia) oraz natężenia emisji	41
4.6.3. Analiza wentylacji	42

4.6.4. Rodzaj i zasięg stref zagrożenia wybuchem	44
4.6.5. Występowanie pomieszczenia zagrożonego wybuchem	45
4.7. Magazyn gazów technicznych	46
4.7.1. Informacje ogólne.....	46
4.7.2. Szacowanie częstości i czasu trwania (stopnia) oraz natężenia emisji	47
4.7.3. Analiza wentylacji	47
4.7.4. Rodzaj i zasięg stref zagrożenia wybuchem	49
4.7.5. Występowanie pomieszczenia zagrożonego wybuchem	49
4.8. Stacja paliw płynnych.....	51
4.8.1. Informacje ogólne.....	51
4.8.2. Rodzaj i zasięg stref zagrożenia wybuchem	52
5. Potencjalne źródła zapłonu.....	53
6. Zabezpieczenie przed wybuchem w strefach zagrożenia wybuchem.....	54
7. Wnioski i zalecenia	56

Wprowadzenie

Niniejsza ocena zagrożenia wybuchem dotyczy sześciu obiektów usytuowanych na terenie zakładu funkcjonującego pod nazwą **Zajezdnia Autobusowa** zlokalizowanego w Gdańsku przy Alei Hallera 142. Podmiotem zarządzającym tym zakładem i jego użytkownikiem jest spółka **Gdańskie Autobusy i Tramwaje Sp. z o.o.** z siedzibą w Gdańsku przy ul. Jaśkowa Dolina 2.

Obiektami będącymi przedmiotem niniejszego opracowania są:

- pomieszczenie **malarni**,
- pomieszczenie **mieszalni farb** pełniące jednocześnie funkcję **magazynu podręcznego** na potrzeby malarni,
- pomieszczenie **magazynu cieczy łatwopalnych** na potrzeby malarni,
- pomieszczenie **ładowania akumulatorów (akumulatornia)**,
- budynek **magazynu gazów technicznych**,
- **stacja paliw płynnych**.

W niniejszym dokumencie dokonana zostanie analiza i ocena zagrożenia wybuchowego w powyższych obiektach. W przypadku stwierdzenia występowania takiego zagrożenia wyznaczone zostaną strefy zagrożenia wybuchem oraz sprawdzone zostanie ewentualne występowanie pomieszczeń zagrożonych wybuchem. Ponadto w części końcowej opracowania zostaną zidentyfikowane potencjalne źródła zapłonu oraz wskazane sposoby zapobieżenia zapłonowi mieszanin wybuchowych.

Jeden egzemplarz niniejszego dokumentu powinien się znajdować na terenie Zajezdni Autobusowej. Natomiast osoby, które prowadzą czynności służbowe we wskazanych obiektach, powinny zostać zapoznane z jego treścią.

1. Spis aktów prawnych i normatywnych

W niniejszym opracowaniu oparto się o następujące akty prawne, normatywne i zasady wiedzy technicznej:

- rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 1272/2008 z dnia 16 grudnia 2008 r. w sprawie klasyfikacji, oznakowania i pakowania substancji niebezpiecznych i mieszanin, zmieniające i uchylające dyrektywy 67/548/EWG i 1999/45/WE oraz zmieniające rozporządzenie (WE) nr 1907/2006 [CLP];
- dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 1999/92/WE z dnia 16 grudnia 1999 r. w sprawie minimalnych wymagań mających na celu poprawę stanu bezpieczeństwa i ochrony zdrowia pracowników potencjalnie narażonych na ryzyko spowodowane atmosferami wybuchowymi [ATEX USERS];
- dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady nr 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 [ATEX];
- rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (tekst jednolity z 2019 r. poz. 1065 ze zm.);
- rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 7 czerwca 2010 r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów (Dz. U. Nr 109, poz. 719 ze zm.);
- rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 21 listopada 2005 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać bazy i stacje paliw płynnych, rurociągi przesyłowe dalekosiężne służące do transportu ropy naftowej i produktów naftowych i ich usytuowanie (Dz. U. z 2014 r., poz. 1853 ze zm.);
- 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);
- rozporządzenie Ministra Rozwoju z dnia 6 czerwca 2016 r. w sprawie wymagań dla urządzeń i systemów ochronnych przeznaczonych do użytku w atmosferze potencjalnie wybuchowej (Dz. U. poz. 817);
- Polska Norma PN-EN 1127-1 *Atmosfery wybuchowe. Zapobieganie wybuchowi i ochrona przed wybuchem. Część 1: Pojęcia podstawowe i metodyka*;
- Polska Norma PN-EN 60079-10 *Urządzenia elektryczne w przestrzeniach zagrożonych wybuchem. Część 10: Klasyfikacja przestrzeni zagrożonych wybuchem*;
- Polska Norma PN-EN 50272-3 *Wymagania bezpieczeństwa i instalowania baterii wtórnych. Część 3: Baterie trakcyjne*;
- Polska Norma PN-B-02852 *Obliczanie gęstości obciążenia ogniowego oraz wyznaczanie względnego czasu trwania pożaru*;
- karty charakterystyki poszczególnych substancji niebezpiecznych.

2. Definicje i określenia

W niniejszym opracowaniu przyjęto następujące definicje i określenia:

gazowa atmosfera wybuchowa – mieszanina substancji palnych w postaci gazu z powietrzem, w warunkach atmosferycznych, w której po zapaleniu, spalanie rozprzestrzenia się na całą nie spaloną mieszaninę

parowa atmosfera wybuchowa – mieszanina substancji palnych w postaci pary palnej cieczy z powietrzem, w warunkach atmosferycznych, w której po zapaleniu, spalanie rozprzestrzenia się na całą nie spaloną mieszaninę

pyłowa atmosfera wybuchowa – mieszanina substancji palnych w postaci pyłu lub włókien z powietrzem, w warunkach atmosferycznych, w której po zapaleniu, spalanie rozprzestrzenia się na całą nie spaloną mieszaninę

przestrzeń zagrożona wybuchem – przestrzeń, w której występuje gazowa, parowa lub pyłowa atmosfera wybuchowa lub można spodziewać się jej wystąpienia w takich ilościach, że wymaga to specjalnych środków zapobiegawczych dotyczących konstrukcji, instalowania i stosowanych urządzeń (w pomieszczeniu należy wyznaczyć strefę zagrożenia wybuchem, jeżeli może w nim występować mieszanina wybuchowa o objętości co najmniej $0,01 \text{ m}^3$ w zwartej przestrzeni)

strefa 0 – przestrzeń, w której gazowa lub parowa atmosfera wybuchowa występuje ciągle lub w długich okresach

strefa 1 – przestrzeń, w której pojawienie się gazowej lub parowej atmosfery wybuchowej jest prawdopodobne w warunkach normalnej pracy

strefa 2 – przestrzeń, w której w warunkach normalnej pracy nie jest prawdopodobne pojawienie się gazowej, ani parowej atmosfery wybuchowej, a jeżeli pojawi się ona rzeczywiście, to może tak się stać tylko rzadko i tylko na krótki okres i zazwyczaj wskutek awarii instalacji lub urządzenia

strefa 20 – przestrzeń, w której pyłowa atmosfera wybuchowa występuje ciągle lub w długich okresach

strefa 21 – przestrzeń, w której pojawienie się pyłowej atmosfery wybuchowej jest prawdopodobne w warunkach normalnej pracy

strefa 22 – przestrzeń, w której w warunkach normalnej pracy nie jest prawdopodobne pojawienie się pyłowej atmosfery wybuchowej, a jeżeli pojawi się ona rzeczywiście, to może tak się stać tylko rzadko i tylko na krótki okres i zazwyczaj wskutek awarii instalacji lub urządzenia

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

źródło emisji – punkt lub miejsce, z którego mogą uwalniać się do atmosfery gaz palny, para palna, ciecz palna lub pył palny tak, że może się utworzyć atmosfera wybuchowa

- emisja ciągła** – emisja, która występuje stale lub której występowania można spodziewać się w długich okresach
- pierwszy stopień emisji** – emisja, której występowania podczas normalnej pracy można spodziewać się okresowo lub okazjonalnie
- drugi stopień emisji** – emisja, której występowania w warunkach normalnej pracy nie można spodziewać się, a jeżeli pojawi się ona rzeczywiście, to może tak się stać tylko rzadko i tylko na krótkie okresy
- wydajność emisji** – ilość palnego gazu, pary, cieczy lub pyłu uwalnianych w jednostce czasu ze źródła emisji
- wentylacja** – przemieszczanie powietrza oraz jego wymiana na świeże powietrze w wyniku działania wiatru, występowania różnic temperatury lub wymuszania mechanicznego (np. za pomocą wentylatorów)
- dolna granica wybuchowości (DGW)** – stężenie gazu palnego, pary palnej cieczy lub pyłu palnego w powietrzu, poniżej którego atmosfera nie jest wybuchowa
- górna granica wybuchowości (GGW)** – stężenie gazu palnego, pary palnej cieczy lub pyłu palnego w powietrzu, powyżej którego atmosfera gazowa nie jest wybuchowa
- temperatura samozapłonu** – najniższa temperatura ogrzanej powierzchni, przy której, w określonych warunkach, może wystąpić zapalenie substancji palnej w postaci mieszaniny gazu, pary lub pyłu z powietrzem
- temperatura zapłonu** – najniższa temperatura cieczy, w której, w pewnych znormalizowanych warunkach, ciecz wydziela parę w takich ilościach, że jest zdolna do utworzenia palnej mieszaniny pary z powietrzem, tzn. mieszaniny, która ulega zapłonowi od punktowego bodźca energetycznego
- wysoki stopień wentylacji** – wentylacja, która jest w stanie zredukować stężenie przy źródle emisji niemal natychmiast, dając w wyniku stężenie poniżej dolnej granicy wybuchowości; w rezultacie otrzymuje się strefę o małym (nawet pomijalnym) zasięgu
- średni stopień wentylacji** – wentylacja, która jest w stanie wpływać na stężenie, czego rezultatem jest sytuacja stabilna, w której stężenie poza granicami strefy, w czasie trwania emisji, jest poniżej dolnej granicy wybuchowości i gdzie atmosfera wybuchowa nie zalega w nadmiarze po zakończeniu emisji
- niski stopień wentylacji** – wentylacja, która nie jest w stanie wpływać na stężenie, w czasie trwania emisji i/lub nie może zabezpieczyć przed zbytnim zaleganiem atmosfery palnej po zakończeniu emisji
- dobra dostępność wentylacji** – wentylacja funkcjonuje zawsze w czasie normalnego stanu pracy urządzeń technologicznych
- dostateczna dostępność wentylacji** – wentylacja funkcjonuje w czasie normalnego stanu pracy urządzeń technologicznych, choć dopuszcza się występowanie rzadkich przerw, w krótkich okresach
- słaba dostępność wentylacji** – wentylacja nie spełnia wymagań dla dostępności dobrej i dostatecznej, lecz nie dopuszcza się występowania przerw o długich okresach

otwór typu A – otwór otwarty lub często otwierany, a także otwór z zamknięciem niedopasowanym

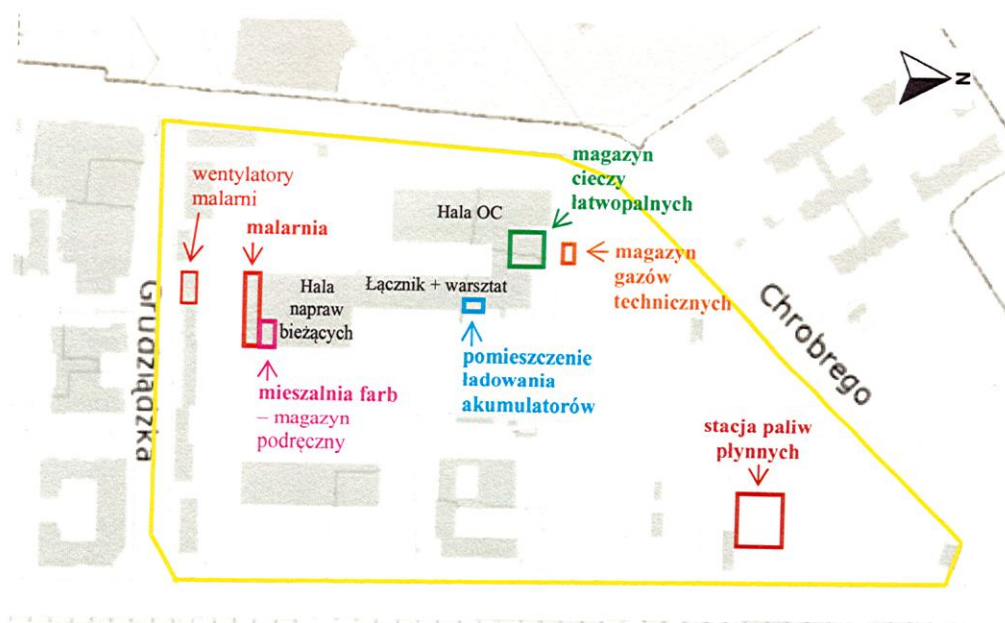
otwór typu B – otwór normalnie zamknięty (np. zamknięcie automatyczne) i otwierany rzadko, który jest ponadto dokładnie dopasowany

otwór typu C – otwór normalnie zamknięty (np. zamknięcie automatyczne) i otwierany rzadko, który jest ponadto dokładnie dopasowany oraz uszczelniony (np. uszczelką) wzdłuż całego obwodu; lub dwa otwory typu B połączone szeregowo, mające niezależne automatyczne urządzenia zamykające

otwór typu D – otwór normalnie zamknięty typu C, który może być otwarty tylko za pomocą specjalnych środków lub awaryjnie

3. Lokalizacja zakładu i miejsc potencjalnie zagrożonych wybuchem

Zakład będący przedmiotem niniejszego opracowania nosi nazwę **Zajezdni Autobusowej** i usytuowany jest w Gdańsku przy Al. Hallera 142. Lokalizację tę, a także usytuowanie obiektów, w których stosowane lub magazynowane są ciecze łatwopalne, przedstawiono na rysunku poniżej.



Rys. Nr 1: Zajezdnia Autobusowa oraz obiekty poddane ocenie zagrożenia wybuchem

Pomieszczenie **malarni** oraz pomieszczenie **mieszalni farb** – magazyn podręczny znajdują się w części południowej budynku „Hala napraw bieżących”. Są to pomieszczenia przyległe do siebie, przeznaczone wyłącznie do tymczasowego magazynowania, mieszania oraz nanoszenia na malowane powierzchnie cieczy łatwopalnych.

Magazyn cieczy łatwopalnych jest z kolei częścią pomieszczenia (magazynu) usytuowanego w części północnej budynku „Łącznik + warsztat”, przy czym ciecze łatwopalne stanowią jedynie niewielką część asortymentu przechowywanego w tym pomieszczeniu. Ciecze te są przy tym magazynowane wyłącznie w opakowaniach fabrycznych i nie prowadzi się w tym pomieszczeniu ich przelewania.

W budynku „Łącznik + warsztat” znajduje się również pomieszczenie **ładowania akumulatorów (akumulatornia)**. A obok tego budynku (od strony magazynu cieczy łatwopalnych) usytuowany jest budynek **magazynu gazów technicznych**. W odległości około 190 m od niego w kierunku północno-zachodnim znajduje się **stacja paliw płynnych**.

Budynek „Hala napraw bieżących”, budynek „Łącznik + warsztat” oraz budynek „Hala OC” połączone są komunikacyjnie ze sobą i tworzą kompleks budynków posiadający powierzchnię około 8 850 m².

Miejsca, w których stosowane lub magazynowane są ciecze łatwopalne (z wyjątkiem stacji paliw płynnych), są pomieszczeniami lub budynkami, a więc przestrzeniami obudowanymi przegrodami budowlanymi ze wszystkich stron. Każde z tych pomieszczeń oraz budynek posiadają otwory okienne i wentylacyjne, a strop części z nich jest jednocześnie stropodachem budynku. Ściany pomieszczeń i budynku wykonane są jako murowane, natomiast stropodachy wykonano z żelbetowych elementów prefabrykowanych.

Pomieszczenie malarni posiada wejście oraz dwa wjazdy dla autobusów bezpośrednio z zewnątrz budynku. Pomieszczenie mieszalni farb – magazyn podręczny nie posiada odrębnego wejścia z zewnątrz budynku i jest połączone komunikacyjnie z malarnią poprzez pomieszczenie socjalne. Pomieszczenia te nie są połączone komunikacyjnie z resztą budynku.

Wejście do pomieszczenia magazynu cieczy łatwopalnych oraz do pomieszczenia ładowania akumulatorów odbywa się z dróg komunikacji ogólnej wewnątrz budynków „Łącznik + warsztat” oraz „Hala OC”.

W skład budynku magazynu gazów technicznych wchodzi dwa pomieszczenia, z których każde posiada odrębne wejście z zewnątrz budynku (pomieszczenia te nie są połączone komunikacyjnie ze sobą). Pomieszczenie zachodnie przeznaczone jest na butle z gazami niepalnymi (argon i tlen), natomiast pomieszczenie wschodnie na butle z gazem palnym (acetylen).

Stacja paliw płynnych składa się przede wszystkim z podziemnych zbiorników zawierających olej napędowy, pojemników z mieszaniną „AdBlue” oraz czterech jednostronnych stanowisk do tankowania pojazdów usytuowanych pod stalową wiatą.

4. Analiza zagrożenia wybuchowego

4.1. Informacje ogólne

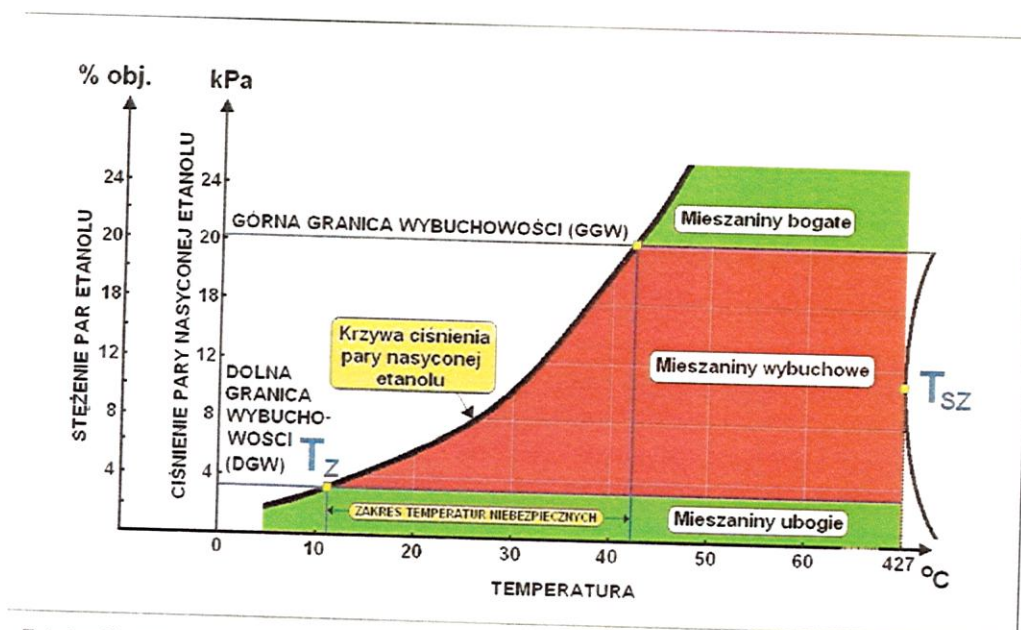
Zagrożenia związane z cieczami palnymi i gazami palnymi dotyczą przede wszystkim możliwości tworzenia przez nie atmosfery wybuchowej.

Do zainicjowania wybuchu (zapalenia się) palnych par cieczy lub palnych gazów niezbędne są:

- materiał palny (para cieczy, gaz) w odpowiedniej ilości (stężeniu),
- utleniacz (w rozpatrywanych przypadkach – tlen z powietrza) w odpowiedniej ilości (stężeniu),
- impuls (bodziec) energetyczny o odpowiedniej energii,
- wolne rodniki powstałe z materiału palnego lub utleniacza w wyniku zadziałania impulsu (bodźca) energetycznego.

Wszystkie te czynniki warunkują wystąpienie wybuchu (zapalenia się). Dlatego do zapalenia się i wybuchu może dojść jedynie wówczas, gdy dla danej ilości materiału palnego zapewniono odpowiednią ilość utleniacza. Wielkość ta opisana jest jako stężenie substancji palnej w mieszaninie z powietrzem (w zwykłych warunkach, tzn. nielaboratoryjnych, utleniaczem jest niemal zawsze tlen z powietrza). Stężenie to musi zawierać się pomiędzy dolną (DGW), a górną (GGW) granicą wybuchowości danego materiału palnego (mieszaniny zbyt bogate w materiał palny lub zbyt ubogie, nie wybuchają).

Na Wykresie Nr 1 przedstawiono przykładowy zakres stężeń wybuchowych dla par etanolu.



Zależność pomiędzy ciśnieniem pary nasyconej, temperaturą i granicami wybuchowości na przykładzie etanolu, T_z – temperatura zapłonu, T_{sz} – temperatura samozapłonu

Wykres Nr 1: Zakres stężeń wybuchowych

Impuls energetyczny powoduje „rozbicie” cząsteczek materiału palnego i utleniacza na wolne rodniki, które ze sobą reagują w sposób egzotermiczny dostarczając kolejnych porcji energii (reakcja łańcuchowa) dla następnych cząsteczek, co powoduje także i ich „rozbicie”. Cząsteczki, które nie zostaną „rozbite” na wolne rodniki nie mogą ze sobą przereagować.

Wziąć należy również pod uwagę stopień ograniczenia przestrzeni, w której dochodzi do zapłonu mieszaniny wybuchowej, gdyż im jest ona bardziej ograniczona (np. przeszkodami), tym wybuch jest bardziej turbulentny i gwałtowny, tempo przyrostu ciśnienia większe, a skutki poważniejsze.

Z powyższego wynika, iż aby nie doszło do wybuchu należy usunąć z potencjalnej strefy reakcji spalania substancję palną (pary cieczy palnej, gaz palny), utleniacz (powietrze), źródło energii lub wolne rodniki.

Najprostszym i najpewniejszym sposobem niedopuszczenia do wybuchu jest usunięcie substancji palnej poprzez zamknięcie jej w szczelnych pojemnikach. Z kolei już po wystąpieniu emisji par palnych cieczy konieczne jest ich szybkie usunięcie za pomocą wentylacji mechanicznej lub korzystnej wentylacji naturalnej. Możliwe jest również wyeliminowanie impulsów (bodźców) energetycznych, o czym mowa będzie w dalszej części niniejszego opracowania. Natomiast praktycznie niemożliwe jest usunięcie tlenu z powietrza, a więc z potencjalnej strefy reakcji spalania.

Wolne rodniki mogą być blokowane za pomocą niektórych cząsteczek, które to zjawisko jest wykorzystywane przy gaszeniu proszkami gaśniczymi do pożarów grup B i C.

4.2. Właściwości stosowanych i magazynowanych substancji łatwopalnych

4.2.1. Wykaz substancji łatwopalnych oraz sposób ich przechowywania

W analizowanych pomieszczeniach malarni, mieszalni farb – magazynu podręcznego oraz pomieszczenia magazynu (wyłącznie w zakresie cieczy łatwopalnych przechowywanych na potrzeby malarni) stosowane lub przechowywane są substancje niebezpieczne wykorzystywane podczas oczyszczania lub lakierowania elementów karoserii autobusów, w tym następujące ciecze łatwopalne:

- zmywacz spirytusowy wolny NEXA P850-1402 – w pojemnikach metalowych zawierających maksymalnie 5 dm³ cieczy,
- podkład wytrawiający P565-767 – w pojemnikach metalowych zawierających maksymalnie 2,5 dm³ cieczy,
- podkład wypełniający szary EHS P565-1027 – w pojemnikach metalowych zawierających maksymalnie 5 dm³ cieczy,
- podkład epoksydowy P580-2100 – w pojemnikach metalowych zawierających maksymalnie 5 dm³ cieczy,
- rozcieńczalnik P852-1689 – w pojemnikach z tworzyw sztucznych zawierających maksymalnie 2,5 dm³ cieczy,
- rozcieńczalnik P852-1792 – w pojemnikach z tworzyw sztucznych zawierających maksymalnie 2,5 dm³ cieczy,
- rozcieńczalnik do podkładu epoksydowego P850-1391 – w pojemnikach metalowych zawierających maksymalnie 5 dm³ cieczy,
- aktywator do podkładu wytrawiającego NEXA P275-533 – w pojemnikach z tworzyw sztucznych zawierających maksymalnie 2,5 dm³ cieczy,
- aktywator do podkładu epoksydowego NEXA P210-833 – w pojemnikach metalowych zawierających maksymalnie 0,5 dm³ cieczy,
- utwardzacz NEXA P210-982 – w pojemnikach metalowych zawierających maksymalnie 5 dm³ cieczy,
- podkład w sprayu NEXA P565-9085 – w pojemnikach metalowych zawierających maksymalnie 0,4 dm³,
- lakier akrylowy P498-EHS – w pojemnikach metalowych zawierających maksymalnie 5 dm³ cieczy,
- lakier na bazie żywic Selemix 7.536 – w pojemnikach metalowych zawierających maksymalnie 5 dm³ cieczy,
- ekspresowy lakier bezbarwny P190-6659 – w pojemnikach metalowych zawierających maksymalnie 5 dm³ cieczy,
- rozcieńczalnik NITRO RC-01 – w pojemnikach z tworzyw sztucznych zawierających maksymalnie 5 dm³ cieczy,
- rozcieńczalnik NEXA P852-1792 – szybki – w pojemnikach z tworzyw sztucznych zawierających maksymalnie 2,5 dm³ cieczy,

- rozcieńczalnik NEXA P852-1792 – szybki – w pojemnikach z tworzyw sztucznych zawierających maksymalnie 2,5 dm³ cieczy,
- przyspieszacz schnięcia NEXA P275-455 – w pojemnikach z tworzyw sztucznych zawierających maksymalnie 0,5 dm³ cieczy.

Ponadto prowadzone na terenie zajezdni procesy technologiczne i czynności powodują, że znajdują się tu lub są wytwarzane jako produkt uboczny, następujące substancje palne:

- acetylen techniczny przechowywany w stalowych butlach we wschodnim pomieszczeniu budynku magazynu gazów technicznych (pojedyncza butla zawiera maksymalnie 50 dm³ acetyleny pod nadciśnieniem 25 bar),
- olej napędowy przechowywany na stacji paliw w 4 stalowych zbiornikach podziemnych o pojemności: 80 m³, 40 m³, 20 m³ i 15 m³, wydawany za pomocą 4 dystrybutorów,
- wodór wydzielający się do otoczenia podczas ładowania akumulatorów (jednocześnie maksymalnie 10 sztuk akumulatorów po maksymalnie 230 Ah) w pomieszczeniu ładowania akumulatorów (akumulatorni).

4.2.2. Ciecze stosowane w procesach lakierniczych

W analizowanych pomieszczeniach malarni, mieszalni farb – magazynu podręcznego oraz pomieszczenia magazynu cieczy łatwopalnych stosowane lub przechowywane są substancje niebezpieczne wykorzystywane podczas oczyszczania lub lakierowania elementów karoserii autobusów.

Podkreślić przy tym należy, że w tym procesie technologicznym jest przechowywana i stosowana stosunkowo duża liczba cieczy łatwopalnych. Ponadto ciecze te stanowią mieszaniny wielu substancji łatwopalnych. Mimo to można te ciecze pogrupować w zależności od funkcji w procesie technologicznym, która skutkuje zbliżonym składem cieczy w danej grupie.

Mając to na uwadze pod względem zagrożenia pożarowego i wybuchowego przyjąć można, że najważniejszymi grupami cieczy łatwopalnych są:

- podkłady,
- lakiery,
- utwardzacze,
- rozcieńczalniki (do podkładu i do lakieru).

W procesie technologicznym stosowanych jest kilka rodzajów **podkładu**, z których najważniejszymi są: podkład wytrawiający P565-767 oraz podkład wypełniający szary P565-1027. Ich przybliżone składy oraz główne zagrożenia wywoływane przez te składniki przedstawiono w poniższych tabelach nr 1 i 2.

Tabela Nr 1: Główne składniki stosowanego podkładu wytrawiającego P565-767

SUBSTANCJA	octan butylu	związki cynku	alkohol butylowy	dimetylobenzen
zawartość	do 35%	do 25%	do 20%	do 10%
zagrożenie	H226	H400	H226	H226

Tabela Nr 2: Główne składniki stosowanego podkładu wypełniającego P565-1027

SUBSTANCJA	octan butylu	dimetylobenzen	solwent nafta	trimetylobenzen
zawartość	do 15%	do 12%	do 10%	do 5%
zagrożenie	H226	H226	H226	H226

W procesie technologicznym stosowanych jest kilka rodzajów **lakieru**, z których najważniejszymi są: lakier akrylowy P498 i lakier Selemix 7.536. Ich przybliżone składy oraz główne zagrożenia wywoływane przez te składniki przedstawiono w poniższych tabelach nr 3 i 4.

Tabela Nr 3: Główne składniki stosowanego lakieru akrylowego P498

SUBSTANCJA	metyloheksanon	pigmenty	octan butylu	solwent nafta
zawartość	do 25%	do 25%	do 15%	do 2%
zagrożenie	H226	H350	H226	H226

Tabela Nr 4: Główne składniki stosowanego lakieru Selemix 7.536

SUBSTANCJA	dimetylobenzen	octan butylu	solwent nafta	trimetylobenzen
zawartość	do 20%	do 15%	do 10%	do 5%
zagrożenie	H226	H226	H226	H226

W procesie technologicznym stosowanych jest kilka rodzajów **utwardzacza**, z których najważniejszym jest utwardzacz średni P210-982. Jego przybliżony skład oraz główne zagrożenia wywoływane przez składniki przedstawiono w poniższej Tabeli Nr 5.

Tabela Nr 5: Główne składniki stosowanego utwardzacza P210-982

SUBSTANCJA	heksametyleno-diizocyjanian	octan butylu	metyloheksanon	solwent nafta
zawartość	do 70%	do 15%	do 7%	do 5%
zagrożenie	H332	H226	H226	H226

W procesie technologicznym stosowanych jest kilka rodzajów **rozcieńczalnika**, z których najważniejszymi są: P852-1689, P852-1792, P852-1794 oraz rozcieńczalnik NITRO RC01. Ich przybliżone składy oraz główne zagrożenia wywoływane przez te składniki przedstawiono w poniższych tabelach.

Tabela Nr 6: Główne składniki stosowanego rozcieńczalnika P852-1689

SUBSTANCJA	metryloheksanon	metrylopentanon	octan oktylu
zawartość	ok. 40%	ok. 40%	ok. 18%
zagrożenie	H226	H225	H315

Tabela Nr 7: Główne składniki stosowanego rozcieńczalnika P852-1792

SUBSTANCJA	solwent nafta	octan butylu	trimetylobenzen	ester butoksyetylowy kwasu octowego	pentanodion
zawartość	do 25%	do 25%	ok. 15%	ok. 12%	ok. 12%
zagrożenie	H226	H226	H226	H312	H226

Tabela Nr 8: Główne składniki stosowanego rozcieńczalnika P852-1794

SUBSTANCJA	octan butylu	metryloheksanon	metrylopentanon	solwent nafta	trimetylobenzen
zawartość	do 25%	ok. 20%	ok. 15%	ok. 15%	ok. 10%
zagrożenie	H226	H226	H225	H226	H226

Tabela Nr 9: Główne składniki stosowanego rozcieńczalnika NITRO RC01

SUBSTANCJA	toluen	octan butylu	octan etylu	izobutanol
zawartość	ok. 65% (maks. 72%)	ok. 15%	ok. 10%	ok. 10%
zagrożenie	H225	H226	H225	H226

Jak wynika z powyższych tabel, substancją najbardziej powszechną w stosowanych substancjach i jednocześnie stanowiącą duży udział niemal w każdej cieczy (mieszaninie) łatwopalnej, jest **octan butylu**. Jego właściwości przedstawiono w Tabeli Nr 10.

Z kolei substancją posiadającą jedne z najbardziej niebezpiecznych właściwości pod względem pożarowym i wybuchowym oraz jednocześnie posiadającą największy (maksymalnie 72%) udział w rozcieńczalniku NITRO RC01, jest **toluen**. Jego właściwości przedstawiono w Tabeli Nr 11.

Tabela Nr 10: Właściwości octanu butylu

parametr	wartość
postać	ciecz bezbarwna
zapach	aromatyczny
gęstość cieczy w 20 °C	0,880 kg/dm ³
masa cząsteczkowa	116 kg/kmol
gęstość par względem powietrza	4 razy gęstsze pary
temperatura zapłonu	25 °C ÷ 32 °C
temperatura samozapłonu	370 °C
klasa temperaturowa	T2
temperatura wrzenia	126 °C
grupa wybuchowości	IIA
dolna granica wybuchowości	1,2%
górna granica wybuchowości	7,5%
ciepło spalania	30 MJ/kg
klasyfikacja	H 226 - łatwopalna ciecz i pary kategoria zagrożenia 3

Tabela Nr 11: Właściwości toluenu

parametr	wartość
postać	ciecz bezbarwna
zapach	charakterystyczny węglowodorowy
gęstość cieczy w 20 °C	0,873 kg/dm ³
masa cząsteczkowa	92 kg/kmol
gęstość par względem powietrza	~ 3,2 razy gęstsze pary
temperatura zapłonu	4 °C
temperatura samozapłonu	480 °C
klasa temperaturowa	T1
temperatura wrzenia	111 °C
grupa wybuchowości	IIA
dolna granica wybuchowości	1,2%
górna granica wybuchowości	7,0%
ciepło spalania	42 MJ/kg
klasyfikacja	H 225 - wysoce łatwopalna ciecz i pary kategoria zagrożenia 2

Toluen, którego udział w stosowanym rozcieńczalniku NITRO RC01 jest największy, jest cieczą wysoce łatwopalną o temperaturze zapłonu 4 °C i bardzo niskiej dolnej granicy wybuchowości, wynoszącej 1,2%. Oznacza to, że toluen jest główną substancją wchodzącą w skład mieszaniny lakierniczej, która może przyczynić się do zapłonu i wybuchu par tej mieszaniny w warunkach panujących w malarni oraz w pomieszczeniu mieszalni farb, gdzie

temperatura wynosi około 20 °C. Jednak po zapaleniu się toluenu również i pary pozostałych cieczy łatwopalnych wezmą udział w ewentualnym wybuchu.

Octan butylu jest z kolei cieczą wysoce łatwopalną o wyższej temperaturze zapłonu (od 25 °C), która jednak może pojawić się w malarni oraz w pomieszczeniu mieszalni farb w ciepłe dni wiosną i latem. Ponadto, podobnie jak toluen, substancja ta posiada bardzo niską dolną granicę wybuchowości, wynoszącą 1,2%.

Zauważyć również należy, że pary niemal wszystkich z powyższych substancji są ponad 3 razy cięższe od powietrza, co oznacza, że przy braku ruchów powietrza, będą one opadać jak najniżej.

Mieszaniny stosowane w procesie technologicznym składają się, w przybliżeniu w następujących częściach, z poszczególnych cieczy łatwopalnych:

- mieszanina podkładowa:
 - podkład (7/9),
 - utwardzacz (1/9),
 - rozpuszczalnik (1/9);
- mieszanina lakiernicza:
 - lakier (4/7),
 - utwardzacz (2/7),
 - rozpuszczalnik (1/7).

Zastosowanie mieszaniny różnego rodzaju cieczy łatwopalnych powoduje, że nie jest możliwe jednoznaczne wyliczenie ich jednoczesnego wpływu (przy uwzględnieniu ich udziału w preparacie) na parametry potencjalnej mieszaniny wybuchowej. Dlatego, po uwzględnieniu dodatkowego marginesu bezpieczeństwa, w dalszych obliczeniach wszystkie substancje łatwopalne o właściwościach H225 i H226 zastąpione zostaną jedną najbardziej reprezentatywną dla danej mieszaniny substancją. W ten sposób ustalono następujące substancje reprezentatywne:

- dla mieszaniny podkładowej: **octanu butylu** (H226) – substancja ta stanowi około 32% tej mieszaniny, jednak do dalszych obliczeń przyjęto jej udział na poziomie **70%** (udział substancji łatwopalnych o właściwościach H225 i H226);
- dla mieszaniny lakierniczej: **toluen** (H225) – substancja ta stanowi około 10% tej mieszaniny, jednak do dalszych obliczeń przyjęto jej udział na poziomie **65%** (udział substancji łatwopalnych o właściwościach H225 i H226).

4.2.3. Wodór

Na terenie zajezdni ładowane są akumulatory, podczas którego to procesu dochodzi do powstania wewnątrz akumulatorów i wydzielenia się na zewnątrz wodoru. Właściwości wodoru z punktu widzenia zagrożenia pożarowego i wybuchowego przedstawiono w poniższej Tabeli Nr 12.

Tabela Nr 12: *Właściwości wodoru*

parametr	wartość
postać	gaz sprężony
zapach	bezwonny
masa molowa gazu	2 g/mol
gęstość względem powietrza	0,07
temperatura zapłonu	- 253 °C
temperatura samozapłonu	560 °C
klasa temperaturowa	T1
temperatura wrzenia	- 253 °C
grupa wybuchowości	IIC
dolna granica wybuchowości	4 %,
górną granicę wybuchowości	77 %,
ciepło spalania	121 MJ/kg

Klasyfikację oraz zwroty wskazujące środki ostrożności według rozporządzenia (WE) nr 1272/2008 [CLP], przedstawiono w poniższej Tabeli Nr 13.

Tabela Nr 13: *Klasyfikacja oraz środki ostrożności wg CLP dla wodoru*

zwrot	treść
H 220	skrajnie łatwopalny gaz , kategoria zagrożenia 1
H 280	zawiera gaz pod ciśnieniem; ogrzanie grozi wybuchem
P 210	przechowywać z dala od źródeł ciepła, gorących powierzchni, źródeł iskrzenia, otwartego ognia i innych źródeł zapłonu; nie palić
P 377	w przypadku płonienia wyciekającego gazu: nie gasić, jeżeli nie można bezpiecznie zahamować wycieku
P 381	wyeliminować wszystkie źródła zapłonu, jeżeli jest to bezpieczne
P 403	przechowywać w dobrze wentylowanym miejscu

Wodór posiada bardzo szeroki zakres wybuchowości (granice wybuchowości), co oznacza, że podczas wycieku przy pojawieniu się źródła zapłonu łatwo dochodzi do wybuchu. Z kolei bardzo wysokie ciepło spalania (najwyższe spośród paliw w przeliczeniu na masę) powoduje, że ewentualny pożar wiąże się z emisją bardzo dużej ilości energii cieplnej.

Wysoka temperatura samozapłonu sprawia, że gaz ten w mieszaninie z powietrzem rzadko ulegać będzie wybuchowi bez zadziałania punktowego bodźca energetycznego.

W przypadku emisji wodoru do atmosfery ważną rolę odgrywa jego ciężar wynikający z gęstości, która wynosi 0,07 gęstości powietrza (jest 14 razy lżejszy od powietrza), a to oznacza, że podczas wycieku będzie on rozprzestrzeniał się przede wszystkim w kierunku pionowym „do góry”. Oznacza to również, że podczas emisji do atmosfery gaz ten nie będzie obecny na poziomie posadzki tylko powyżej akumulatorów do przestrzeni podsufitowej łącznie.

Wodór jest gazem bezwonny, co oznacza, że człowiek nie jest w stanie wyczuć jego emisji.

4.2.4. Acetylen

Na terenie zajezdni przechowywany jest również acetylen. Acetylen jest to potoczna nazwa etynu.

Proces technologiczny z użyciem acetyleny prowadzony na terenie zajezdni polega wyłącznie na przeładunku butli, a także na ich magazynowaniu w przeznaczonym wyłącznie na ten cel budynku.

Butle z acetylenem składowane są w pozycji stojącej na betonowej posadzce i są przymocowane do ściany za pomocą łańcucha.

Właściwości acetyleny, z punktu widzenia zagrożenia pożarowego i wybuchowego, przedstawiono poniższej Tabeli Nr 14.

Tabela Nr 14: *Właściwości acetyleny*

parametr	wartość
postać	gaz rozpuszczony w cieczy
zapach	słaby, przypominający zapach czosnku
masa molowa gazu	26 g/mol
gęstość względem powietrza	0,9
temperatura zapłonu	- 118 °C
temperatura samozapłonu	305 °C
klasa temperaturowa	T2
temperatura wrzenia	- 84 °C
grupa wybuchowości	IIC
dolna granica wybuchowości	2,3 %
górną granicę wybuchowości	100 %
ciepło spalania	50 MJ/kg

Klasyfikację oraz zwroty wskazujące środki ostrożności według rozporządzenia (WE) nr 1272/2008 [CLP], przedstawiono w Tabeli Nr 15.

Tabela Nr 15: *Klasyfikacja oraz środki ostrożności wg CLP dla acetyleny*

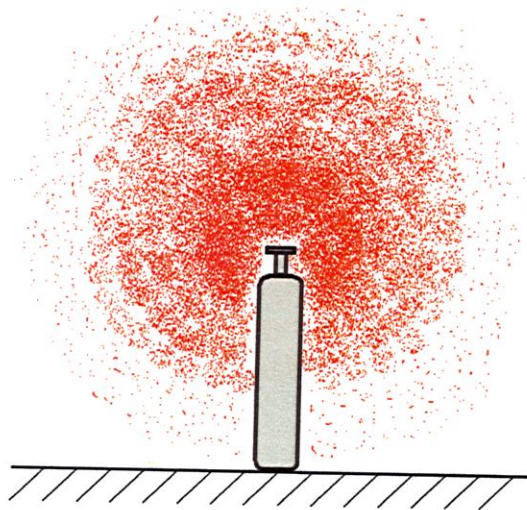
zwrot	treść
H 220	skrajnie łatwopalny gaz , kategoria zagrożenia 1
H 230	gazy nietrwałe; może reagować wybuchowo nawet bez dostępu powietrza
H 280	zawiera gaz pod ciśnieniem; ogrzanie grozi wybuchem
P 202	nie używać przez zapoznaniem się i zrozumieniem wszystkich środków bezpieczeństwa
P 210	przechowywać z dala od źródeł ciepła, gorących powierzchni, źródeł iskrzenia, otwartego ognia i innych źródeł zapłonu; nie palić
P 377	w przypadku płonienia wyciekającego gazu: nie gasić, jeżeli nie można bezpiecznie zahamować wycieku
P 381	wyeliminować wszystkie źródła zapłonu, jeżeli jest to bezpieczne
P 403	przechowywać w dobrze wentylowanym miejscu

Acetylen posiada, jeszcze bardziej niż wodór, bardzo szeroki zakres wybuchowości (granice wybuchowości) i może wybuchnąć w każdym stężeniu powyżej wartości 2,3%. Oznacza to, że podczas wycieku przy pojawieniu się źródła zapłonu niezwykle łatwo dochodzi do wybuchu. Z kolei wysokie ciepło spalania powoduje, że ewentualny pożar wiąże się z emisją dużej ilości energii cieplnej.

Średniowysoka temperatura samozapłonu sprawia, że gaz ten w mieszaninie z powietrzem względnie rzadko ulegać będzie wybuchowi bez zadziałania punktowego bodźca (impulsu) energetycznego.

W przypadku emisji acetyleny do atmosfery ważną rolę odgrywa jego ciężar wynikający z gęstości. Zgodnie z informacją zamieszczoną powyżej acetylen posiada gęstość wynoszącą 0,9 gęstości powietrza, a to oznacza, że podczas wycieku będzie on rozprzestrzeniał się we wszystkich kierunkach z nieznaczną tendencją do unoszenia się „do góry”.

Na poniższym przedstawiono zachowanie się acetyleny po wycieku (wydostaniu się), przy bezwietrznej pogodzie i małym natężeniu wypływu, z zaworu butli stalowej, w której jest przechowywany.



Rys. Nr 2: *Zachowanie się acetyleny po wycieku z butli*

Acetylen jest gazem wonnym o słabym zapachu czosnku, co jest jednak wystarczające do szybkiego wykrycia jego wycieku przez człowieka za pomocą narządu powonienia.

4.2.5. Olej napędowy

Na terenie zajezdni funkcjonuje stacja paliw płynnych, w której przechowywany jest i wydawany do zbiorników pojazdów olej napędowy. Właściwości oleju napędowego z punktu widzenia zagrożenia pożarowego i wybuchowego przedstawiono w poniższej Tabeli Nr 16.

Tabela Nr 16: *Właściwości oleju napędowego*

parametr	wartość
postać	ciecz
zapach	charakterystyczny, aromatyczny
gęstość cieczy	0,835 kg/dm ³
gęstość par względem powietrza	6
temperatura zapłonu	≥ 56 °C
temperatura samozapłonu	255 °C
klasa temperaturowa	T3
temperatura wrzenia	170 ÷ 400 °C
grupa wybuchowości	IIA
dolna granica wybuchowości	1,3 %,
górną granicę wybuchowości	6,0 %,
ciepło spalania	44 MJ/kg

Klasyfikację oraz zwroty wskazujące środki ostrożności według rozporządzenia (WE) nr 1272/2008 [CLP], przedstawiono w poniższej Tabeli Nr 17.

Tabela Nr 17: *Klasyfikacja oraz środki ostrożności wg CLP dla wodoru*

zwrot	treść
H 220	skrajnie łatwopalny gaz , kategoria zagrożenia 1
H 280	zawiera gaz pod ciśnieniem; ogrzanie grozi wybuchem
P 210	przechowywać z dala od źródeł ciepła, gorących powierzchni, źródeł iskrzenia, otwartego ognia i innych źródeł zapłonu; nie palić
P 377	w przypadku płonienia wyciekającego gazu: nie gasić, jeżeli nie można bezpiecznie zahamować wycieku
P 381	wyeliminować wszystkie źródła zapłonu, jeżeli jest to bezpieczne
P 403	przechowywać w dobrze wentylowanym miejscu

Olej napędowy posiada stosunkowo wysoką temperaturę zapłonu (≥ 56 °C), która określa minimalną temperaturę, wymaganą do zaistnienia zapłonu par tej cieczy od punktowego bodźca energetycznego pod ciśnieniem atmosferycznym. Należy przy tym podkreślić, że temperatura o takiej wysokości nie jest osiągnięta naturalnie w Polsce w miejscach zacienionych.

Olej napędowy posiada ponadto bardzo wąski zakres wybuchowości (granice wybuchowości), co oznacza, że nawet po osiągnięciu przez tę ciecz temperatury zapłonu trudno jest pod ciśnieniem atmosferycznym doprowadzić do wybuchu mieszaniny jego par z powietrzem.

W przypadku emisji oleju napędowego do atmosfery jego pary (6 razy cięższe od powietrza) będą się przede wszystkim, przy bezwietrznej pogodzie, ścielić tuż nad powierzchnią terenu.

Olej napędowy posiada charakterystyczny, aromatyczny zapach, dzięki któremu człowiek łatwo jest w stanie stwierdzić jego niekontrolowaną emisję do otoczenia.

4.3. Magazyn cieczy łatwopalnych

4.2.1. Informacje ogólne

Niniejsza ocena zagrożenia wybuchem dotyczy pomieszczenia magazynu wyłącznie w zakresie cieczy łatwopalnych przechowywanych na potrzeby malarni.

Długotrwałe magazynowanie (przechowywanie w ilości większej niż dobowe zapotrzebowanie) cieczy łatwopalnych realizowane jest w pomieszczeniu **magazynu cieczy łatwopalnych** usytuowanym w północnej części budynku „Łącznik + magazyn”. Pomieszczenie posiada powierzchnię ponad 100 m² i wysokość ponad 5 m.

Wejście do magazynu zapewnione jest z korytarza – poziomej drogi ewakuacyjnej.

W magazynie na regałach o konstrukcji stalowej i płytach z materiałów drewnopochodnych przechowywane są materiały i sprzęt niezbędne do prowadzenia napraw i obsługi autobusów. Wśród tych materiałów znajdują się również ciecze łatwopalne. **Ciecze palne przechowywane są wyłącznie w oryginalnych opakowaniach, które nie są otwierane na terenie magazynu** – ich otwarcie następuje wyłącznie w pomieszczeniu mieszalni farb – magazynie podręcznym. Ciecze te stanowią mieszaniny, których głównymi składnikami są rozpuszczalniki organiczne o właściwościach łatwopalnych.

Regał, na którym ustawiono opakowania zawierające ciecze łatwopalne, przedstawiono na rysunku poniżej.



Rys. Nr 3: Regał z cieczami łatwopalnymi w magazynie

Magazyn wyposażony jest w instalację elektryczną oraz w wentylację grawitacyjną. Oświetlony jest zarówno światłem sztucznym (elektrycznym), jak i naturalnym (okna). Posadzkę pomieszczenia wykonano z betonu.

4.2.2. Szacowanie częstości i czasu trwania (stopnia) oraz natężenia emisji

Ciecze palne w pomieszczeniu magazynu przechowywane są wyłącznie w oryginalnych opakowaniach, które nie są otwierane na terenie magazynu. Ponadto pojemniki fabrycznie odporne są na rozerwanie wskutek upadku z półki, a zamknięcie każdego pojemnika jest zabezpieczone przed przypadkowym otwarciem.

Jedyną możliwością wystąpienia emisji jest celowe działanie człowieka, które to zdarzenie nie jest rozpatrywane w ramach inżynierii bezpieczeństwa procesowego.

Powyższe sprawia, że w niniejszym przypadku **w procesie technologicznym magazynowania cieczy łatwopalnych nie występuje emisja substancji palnych do otoczenia.**

4.2.3. Analiza wentylacji

W pomieszczeniu magazynowym cieczy łatwopalnych zapewniono jedynie wentylację grawitacyjną z otworami w stropodachu. Jeden z tych otworów przedstawiono na rysunku poniżej.



Rys. Nr 4: *Otwór wentylacji grawitacyjnej (naturalnej) w magazynie cieczy łatwopalnych*

Zastosowana wentylacja jest wentylacją bytową – nie mającą wpływu na redukcję stężeń wybuchowych (gdyby takie stężenia wystąpiły w otoczeniu).

4.2.4. Rodzaj i zasięg stref zagrożenia wybuchem

Z uwagi na brak emisji substancji palnej, w pomieszczeniu magazynowym cieczy łatwopalnych **nie wyznacza się** stref zagrożenia wybuchem.

4.4. Mieszalnia farb – magazyn podręczny

4.4.1. Informacje ogólne

Pomieszczenie **mieszalni farb – magazyn podręczny** jest niewielkim pomieszczeniem znajdującym się w części południowo-wschodniej budynku „Hala napraw bieżących”. Przylega ono do pomieszczenia malarni, z którym komunikacyjnie łączy się poprzez pomieszczenie socjalne (jest to jedyne wejście do pomieszczenia mieszalni farb).

Pomieszczenie to posiada następujące wymiary:

- długość: 6,5 m,
- szerokość: 5,5 m,
- wysokość: 11 m.

Głównym jego wyposażeniem jest dygestorium stalowe wyposażone w tacę wychwytową, wentylację wyciągową (miejscową) oraz uziemione. Dygestorium to służy do przelewania i mieszania ze sobą składników przygotowywanych mieszanin podkładowych i lakierniczych. Ponadto na betonowej posadzce tego pomieszczenia ustawiane są również pojemniki z cieczami służącymi do przygotowania mieszaniny lakierniczej. Pojemniki te stanowią tzw. magazyn podręczny. W pomieszczeniu przechowywany jest również sprzęt służący do prowadzenia prac lakierniczych.

W pomieszczeniu mieszalni farb znajdują się ciecze łatwopalne przechowywane wyłącznie w oryginalnych, zamkniętych opakowaniach, które są otwierane na czas przelewania substancji. Ciecze te stanowią mieszaniny, których głównymi składnikami są rozpuszczalniki organiczne o właściwościach łatwopalnych.

Pomieszczenie mieszalni farb wyposażone jest w instalację grzewczą (wodną) oraz instalację elektryczną. Oświetlone jest zarówno światłem sztucznym (elektrycznym), jak i naturalnym (okna).

4.4.2. Szacowanie częstości i czasu trwania (stopnia) oraz natężenia emisji

W celu dokonania oceny zagrożenia wybuchowego o najbardziej niekorzystnych skutkach dla pomieszczenia mieszalni farb należy rozpatrzyć scenariusze rozlania się cieczy łatwopalnej o najbardziej niebezpiecznych właściwościach pożarowych i wybuchowych.

Największe pojemniki znajdujące się w pomieszczeniu mieszalni farb posiadają pojemność 5 dm³.

Z kolei najbardziej niebezpieczną substancją znajdującą się w tym pomieszczeniu, przechowywaną w dużych ilościach, jest **toluen** stanowiący do 72% rozcieńczalnika NITRO RC01 przechowywanego w pojemnikach 5 dm³.

Z substancją tą mogą wiązać się dwa najbardziej niekorzystne scenariusze, którego zdarzeniem początkowym jest przewrócenie się pojemnika:

- wylanie się toluenu na tacę dygestorium przy pracującej wentylacji dygestorium,
- rozlanie się toluenu na betonową posadzkę pomieszczenia.

Na poniższych rysunku przedstawiono pojemnik z rozcieńczalnikiem NITRO RC01.



Rys. Nr 5: Pojemnik z rozcieńczalnikiem NITRO RC01

W niniejszej analizie przyjęto, że wskutek nieuwagi po otwarciu pojemnik z rozcieńczalnikiem NITRO RC01 nie został właściwie zamknięty. Ponadto wskutek przesuwania i stawiania kolejnych pojemników, analizowany pojemnik został przewrócony, co spowodowało wyciek całej cieczy znajdującej się powyżej dolnej krawędzi otworu wylewowego pojemnika, tj. około 2/3 jego zawartości, co oznacza około $3,33 \text{ dm}^3$ cieczy łatwopalnej (przyjęto toluen, dla którego wyciekła masa wyniesie 2,91 kg).

Powierzchnia tacy dygestorium wynosi około $0,5 \text{ m}^2$, natomiast wolna powierzchnia posadzki pomieszczenia mieszalni farb wynosi około 35 m^2 , przy czym $3,33 \text{ dm}^3$ rozcieńczalnika zajmie maksymalną powierzchnię około $3,33 \text{ m}^2$.

Natężenie emisji toluenu z tacy o powierzchni $0,5 \text{ m}^2$ wynosi:

$$m/\tau_{\text{taca}} [\text{kg/s}] = 10^{-9} \times F \times P_s \times M^{1/2} = 10^{-9} \times 0,5 \text{ m}^2 \times 2894 \text{ Pa} \times 9,59 = 0,013877 \times 10^{-3} \text{ kg/s}$$

Z kolei natężenie emisji toluenu z rozlewiska o powierzchni $3,33 \text{ m}^2$ wynosi:

$$m/\tau_{\text{rozl}} [\text{kg/s}] = 10^{-9} \times F \times P_s \times M^{1/2} = 10^{-9} \times 0,5 \text{ m}^2 \times 2894 \text{ Pa} \times 9,59 = 0,0925 \times 10^{-3} \text{ kg/s}$$

Jest to wpływ występujący jedynie podczas awarii, stąd należy go zakwalifikować jako **emisję drugiego stopnia**.

4.4.3. Analiza wentylacji

W pomieszczeniu mieszalni farb nie zapewniono wentylacji mechanicznej. W wentylację mechaniczną wyposażone jest jedynie dygestorium, przy czym jest ona załączana jedynie podczas przelewania cieczy w tym dygestorium (w pozostałych przypadkach wentylacja ta jest wyłączona).

Ilość toluenu znajdującego się w pomieszczeniu mieszalni farb w mieszaninie z powietrzem ulega zmniejszeniu wyłącznie wskutek działania wentylacji wymuszonej (wyciągowej), przy czym wydajność wentylacji dygestorium gwarantującej stężenie toluenu

o wartości poniżej dolnej granicy wybuchowości (DGW), w przypadku wylania się toluenu na tacę dygestorium, wynosi:

$$W_{\text{taca}} = (m/\tau_{\text{taca}}) / (0,5 \times \text{DGW}) = 0,013877 \times 10^{-3} \text{ kg/s} / (0,5 \times 45,9 \times 10^{-3} \text{ kg/m}^3) \\ = 0,0006 \text{ m}^3/\text{s} = \mathbf{0,6 \text{ dm}^3/\text{s}}$$

Wydajność wentylacji mechanicznej dygestorium nie jest dokładnie znana, jednak wynosi powyżej $5 \text{ dm}^3/\text{s}$.

Konieczna wydajność wentylacji pomieszczenia mieszalni farb gwarantującej stężenie toluenu o wartości poniżej dolnej granicy wybuchowości (DGW), w przypadku wylania się toluenu na posadzkę pomieszczenia, wynosi:

$$W_{\text{rozl}} = (m/\tau_{\text{rozl}}) / (0,5 \times \text{DGW}) = 0,0925 \times 10^{-3} \text{ kg/s} / (0,5 \times 45,9 \times 10^{-3} \text{ kg/m}^3) \\ = 0,004 \text{ m}^3/\text{s} = \mathbf{4 \text{ dm}^3/\text{s}}$$

Dla pomieszczenia mieszalni farb nie zapewniono wentylacji mechanicznej pracującej stale.

Oznacza to, że w **pomieszczeniu mieszalni farb może wystąpić mieszanina wybuchowa.**

Powyższe pozwala uznać, że w pomieszczeniu mieszalni farb wentylacja jest w stanie zredukować stężenie poniżej dolnej granicy wybuchowości wyłącznie w przypadku wylania się cieczy łatwopalnej na tacę dygestorium. W tym przypadku należy uznać **stopień wentylacji mechanicznej dygestorium** za **średni**.

W przeciwnym przypadku (np. rozlania się cieczy łatwopalnej na posadzkę pomieszczenia) wentylacja nie ma wpływu na redukcję stężenia poniżej dolnej granicy wybuchowości. Oznacza to **niski stopień wentylacji pomieszczenia mieszalni farb**.

Zasilanie wentylatora mechanicznego dygestorium jest jednostronne (nie jest on wyposażony w zasilanie awaryjne). Dodatkowo pracuje on jedynie w czasie prowadzenia czynności związanych z przelewaniem oraz mieszaniem cieczy łatwopalnych – rozpoczęcie tych czynności uwarunkowane jest wcześniejszym uruchomieniem wentylatora. W związku z tym **dostępność wentylacji mechanicznej dygestorium** należy uznać za **dostateczną**.

Dostępność wentylacji pomieszczenia mieszalni farb należy uznać za **słabą**.

W celu poprawienia parametrów wentylacji w pomieszczeniu mieszalni farb – magazynie podręcznym należy:

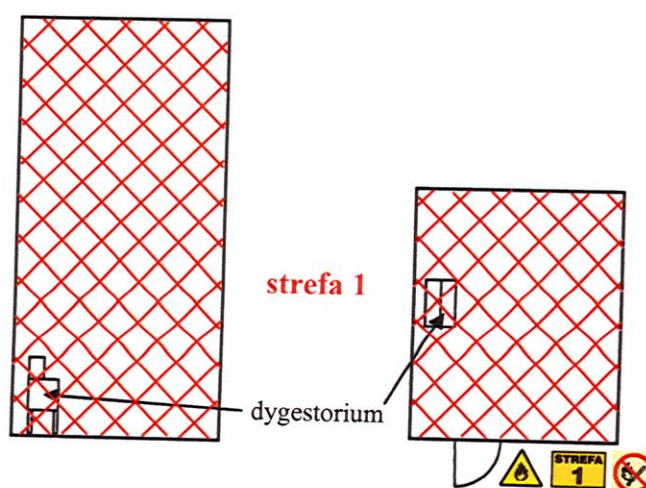
- zastosować wentylację mechaniczną pracującą stale lub
- zastosować wentylację mechaniczną załączającą się automatycznie w przypadku wykrycia par węglowodorów w tym pomieszczeniu lub
- pojemniki z cieczami łatwopalnymi przechowywać wyłącznie w szczelnej szafie wyposażonej w wentylację mechaniczną pracującą stale.

4.4.4. Rodzaj i zasięg stref zagrożenia wybuchem

Na podstawie przedstawionych powyżej szacunków ustalono, że rodzaj i zasięg strefy zagrożenia wybuchem w pomieszczeniu mieszalni farb zależy od sposobu zapewnienia wentylacji w tym pomieszczeniu.

W chwili obecnej, z uwagi na nieskuteczną wentylację pomieszczenia, w **całej kubaturze pomieszczenia mieszalni farb – magazynie podręcznym** (tj. od poziomu podłogi do poziomu sufitu) należy wyznaczyć **strefę 1** zagrożenia wybuchem obecną stale.

Obszar strefy przedstawia poniższy rysunek.



Rys. Nr 6: *Strefa zagrożenia wybuchem w pomieszczeniu mieszalni farb oraz znaki bezpieczeństwa, które powinny być umieszczone na drzwiach wejściowych*

W przypadku zastosowania w pomieszczeniu mieszalni farb – magazynie podręcznym:

- wentylacji mechanicznej pracującej stale lub
- wentylacji mechanicznej załączającej się automatycznie w przypadku wykrycia par węglowodorów w tym pomieszczeniu lub
- szczelnej szafy wyposażonej w wentylację mechaniczną pracującą stale, wyłącznie w której przechowywane będą pojemniki z cieczami łatwopalnymi

w pomieszczeniu tym mogłaby być wyznaczona jedynie **strefa 2** zagrożenia wybuchem obecna:

- w obrębie dygestorium i do 1 m wokół niego, obecna w trakcie przelewania i mieszania cieczy łatwopalnych oraz
- wewnątrz ww. szafy (jeśli taką by zastosowano) lub od poziomu posadzki do 1 m w górę na całej powierzchni pomieszczenia (jeśli takiej szafy by nie zastosowano), obecna stale.

4.4.5. Występowanie pomieszczenia zagrożonego wybuchem

Zgodnie z § 37 ust. 7 rozporządzenia Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 7 czerwca 2010 r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów (Dz. U. Nr 109, poz. 719 ze zm.) pomieszczenie uznaje się za zagrożone wybuchem, gdy może się w nim wytworzyć 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.

Do wytworzenia takiej wartości nadciśnienia potrzebna jest niżej obliczona ilość toluenu:

Dane:

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

$$V (\text{objętość przestrzeni powietrznej pomieszczenia}) = 300 \text{ m}^3$$

$$C_{st} = 0,02244$$

$$\rho_{parT} = 3,943 \text{ kg/m}^3$$

$$\Delta P_{max} = 566 \text{ kPa}$$

$$W = 0,1$$

$$m = \Delta P (V \times C_{st} \times \rho_{parT}) / (\Delta P_{max} \times W) = \\ = (5 \text{ kPa} \times 300 \text{ m}^3 \times 0,02244 \times 3,943 \text{ kg/m}^3) / (566 \text{ kPa} \times 0,1) = \mathbf{2,345 \text{ kg}}$$

Ilość cieczy łatwopalnych (toluenu), która może wyciec w pomieszczeniu mieszalni farb wynosi około 3,33 dm³, co przy gęstości toluenu 0,873 kg/dm³ oznacza masę **2,91 kg** toluenu.

Całkowita ilość par cieczy łatwopalnych (toluenu), która może wydzielić się (bez uwzględniania wentylacji) w pomieszczeniu mieszalni farb (**2,91 kg**) jest większa niż ilość toluenu zdolna do wytworzenia nadciśnienia 5 kPa (**2,345 kg**).

Pomieszczenie mieszalni farb – magazyn podręczny jest pomieszczeniem zagrożonym wybuchem.

W celu usunięcia tego zagrożenia (brakiem pomieszczenia zagrożonego wybuchem) w pomieszczeniu mieszalni farb – magazynie podręcznym należy:

- zastosować wentylację mechaniczną pracującą stale lub
- zastosować wentylację mechaniczną załączającą się automatycznie w przypadku wykrycia par węglowodorów w tym pomieszczeniu lub
- pojemniki z cieczami łatwopalnymi przechowywać wyłącznie w szczelnej szafie wyposażonej w wentylację mechaniczną pracującą stale.

4.5. Malarnia

4.5.1. Informacje ogólne

Pomieszczenie **malarni** znajduje się w części południowej budynku „Hala napraw bieżących” i przeznaczone jest wyłącznie do nanoszenia mieszanek (cieczy łatwopalnych) na malowane powierzchnie elementów karoserii autobusów (nie są tu magazynowane ciecze palne). Pomieszczenie to składa się z dwóch hal, z których każda pozwala na postój jednego autobusu.

Hala zachodnia (lewa) posiada następujące wymiary:

- długość: 20,5 m,
- szerokość: 5,5 m,
- wysokość: 6,5 m.

Hala wschodnia (prawa) posiada następujące wymiary:

- długość: 18,5 m,
- szerokość: 5,5 m,
- wysokość: 6,5 m.

Wejście do pomieszczenia zapewnione jest bezpośrednio z zewnątrz budynku.

Pomieszczenie wyposażone jest w instalację grzewczą (wodną), instalację elektryczną (zasilającą urządzenia oraz oświetleniową), a budynek w instalację odgromową. W pomieszczeniu znajdują się również kanały instalacji wentylacji mechanicznej (nawiewnej i wyciągowej), której wentylatory usytuowane są w odrębnym budynku.

Malowane elementy są podczas malowania uziemiane.

Pomieszczenie to przedstawiono na rysunkach poniżej.



Rys. Nr 7: Pomieszczenie malarni (hala lewa)



Rys. Nr 8: *Pomieszczenie malarni (hala prawa ze stojącym autobusem)*

Malarnia posiada dwoje drzwi, z których jedno są drzwiami wejściowymi do malarni z zewnątrz, natomiast drugimi są drzwi do pomieszczenia socjalnego usytuowanego pomiędzy malarnią a pomieszczeniem mieszalni farb – magazynem podręcznym. W trakcie prowadzenia procesu malowania oba te drzwi są zamknięte. Drzwi te nie są wyposażone w uszczelki. Powyższe sprawia, że każde z tych drzwi może być traktowane jako otwór typu B.

4.5.2. Szacowanie częstości i czasu trwania (stopnia) oraz natężenia emisji podczas nanoszenia powłoki podkładowej

Stosowanym sposobem malowania elementów karoserii jest technika malowania pneumatycznego, w której znajdujące się w podajniku ciecze porywane są przez strumień przepływającego sprężonego powietrza, po czym tak utworzona mieszanina cieczy z powietrzem wypływa z pistoletu poprzez rozpylacz. Przepływająca ciecz rozbijana jest na bardzo małe cząstki. Uzyskany przez nie pęd sprawia jednak, że część tych cząstek odbija się od elementu malowanego i jest tracona do przestrzeni malarni (zazwyczaj opada na dół, gdzie jej większość jest porywana przez strumień powietrza wyciąganego z malarni przez wentylację wyciągową). Operatorem pneumatycznego pistoletu malarskiego jest pracownik zakładu, który sam kieruje pracą tego pistoletu (w tym wydajnością).

Mieszaniny podkładowa stosowana w procesie technologicznym składa się, w przybliżeniu w następujących częściach, z poszczególnych cieczy łatwopalnych:

- podkład (7/9),
- utwardzacz (1/9),
- rozpuszczalnik (1/9).

Nanoszenie powyższej mieszaniny odbywa się codziennie w godzinach pracy zakładu. Podczas tego procesu utrzymywana jest minimalna temperatura wewnątrz malarni na poziomie 20 °C.

Mieszanina nanoszona jest na elementy różnej wielkości: od pojedynczego elementu karoserii o powierzchni poniżej 1 m² do całej powierzchni metalowej karoserii autobusu, przy czym w przypadku autobusu przegubowego taka sumaryczna powierzchnia może wynieść około 36 m².

Mieszanina podkładowa, której ilość wynosi do 3 dm^3 cieczy наносzona jest za jednym razem w przeciągu 1 godziny na całą malowaną powierzchnię.

Jak wskazano powyżej, mieszanina podkładowa (której ilość wynosi do 3 dm^3 cieczy) наносzona jest za jednym razem w przeciągu 1 godziny na całą malowaną powierzchnię (maksymalnie 36 m^2), co oznacza w przypadku największej powierzchni:

- uśrednioną prędkość wypływu cieczy z pistoletu lakierniczego: około $0,05 \text{ dm}^3/\text{min}$,
- uśrednioną prędkość malowania: około $0,6 \text{ m}^2/\text{min}$,
- uśrednione zużycie mieszanki: około $0,083 \text{ dm}^3/\text{m}^2$.

Z uwagi na brak szczegółowych informacji na temat parowania rozpuszczalników w trakcie наносzenia podkładu, jak i w trakcie schnięcia elementów karoserii oraz mając na względzie właściwości octanu butylu przyjęto, że:

- pneumatyczny sposób наносzenia mieszanki powoduje, że na drodze od pistoletu lakierniczego do powierzchni karoserii jest tracone lub odparowuje 20% cieczy łatwopalnych,
- z mieszaniny naniesionej na powierzchnię karoserii w pierwszej i w drugiej minucie po nałożeniu odparowuje 50% cieczy łatwopalnych – wynika to z faktu, że w początkowej fazie schnięcia powłoki podkładowej odparowywanie rozpuszczalników nie jest utrudnione (znacząca ilość rozpuszczalników znajduje się na powierzchni naniesionej powłoki, a więc nie występują bariery w przenikaniu par do powietrza).
- z mieszaniny naniesionej na powierzchnię karoserii w trzeciej i w każdej kolejnej minucie po nałożeniu odparowuje 25% cieczy łatwopalnych oraz że jest to proces ciągły aż do całkowitego odparowania rozpuszczalników – wynika to z faktu, że po początkowej fazie schnięcia powłoki podkładowej na jej powierzchni wytwarza się cienka powłoka częściowo wyschniętego podkładu, który sprawia, że odparowywanie rozpuszczalników jest utrudnione (wówczas znacząca ilość rozpuszczalników znajduje się pod powierzchnią cienkiej powłoki częściowo wyschniętego podkładu).

W mieszaninie podkładowej (3 dm^3) cieczy łatwopalne stanowią około 70%, co stanowi objętość ciekłą $2,1 \text{ dm}^3$. Z tej ilości ($2,1 \text{ dm}^3$) 20% (tj. $0,42 \text{ dm}^3$) jest tracona lub odparowuje w trakcie наносzenia, a reszta (80%, tj. $1,68 \text{ dm}^3$) pozostaje na powierzchni karoserii.

Oznacza to, że emisja do atmosfery cieczy łatwopalnych z cieczy podkładowej podawanej z pistoletu malarskiego wynosi $0,007 \text{ dm}^3/\text{min}$ (E_1).

Mieszanina podkładowa, która pozostała na powierzchni karoserii, zaczyna odparowywać od momentu jej наносzenia, przy czym w przeciągu pierwszej i drugiej minuty odparowuje 50% cieczy łatwopalnych, natomiast w trzeciej i w każdej kolejnej minucie po nałożeniu odparowuje 25% cieczy łatwopalnych.

Oznacza to, że w trakcie każdej minuty na element karoserii (o powierzchni $0,6 \text{ m}^2$) trafia $0,028 \text{ dm}^3$ cieczy łatwopalnych, z których:

- w przeciągu pierwszej minuty odparowuje $0,014 \text{ dm}^3$ cieczy łatwopalnych,
- w przeciągu drugiej minuty odparowuje $0,007 \text{ dm}^3$ cieczy łatwopalnych,
- w przeciągu trzeciej minuty odparowuje $0,00175 \text{ dm}^3$ cieczy łatwopalnych,
- w przeciągu czwartej minuty odparowuje $0,0013125 \text{ dm}^3$ cieczy łatwopalnych itd.

W trakcie nakładania podkładu (60 min) powierzchnia z nałożoną powłoką będzie się zwiększała, a co za tym idzie będzie rosła również emisja cieczy łatwopalnych, przy czym emisja ta osiągnie największą wartość w 60 min, kiedy to będą miały miejsce następujące emisje:

- emisja z pistoletu malarskiego: $0,007 \text{ dm}^3/\text{min}$ (E_1)
- + powłoka z 59. minuty: emisja $0,014 \text{ dm}^3/\text{min}$ (E_2)
- + powłoka z 58. minuty: emisja $0,007 \text{ dm}^3/\text{min}$ (E_3)
- + powłoka z 57. minuty: emisja $0,00175 \text{ dm}^3/\text{min}$ (E_4)
- + powłoka z 56. minuty: emisja $0,0013125 \text{ dm}^3/\text{min}$

Dalsza emisja z powłok od 56. minuty cechuje się tym, że stanowi ona 75% emisji z „nowszej” minuty, co oznacza, że emisja z wszystkich powłok od 57. minuty wstecz aż do powłoki z 1. minuty wynosi:

$$E_{S4} = E_4 \times [1 - (0,75)^{57}] / (1 - 0,75) = 0,006999 = \sim 0,007 \text{ dm}^3/\text{min}$$

Oznacza to, że sumaryczna emisja cieczy łatwopalnych w 60. minucie nanoszenia powłoki podkładowej wynosi:

$$E_P = E_1 + E_2 + E_3 + E_{S4} = 0,007 \text{ dm}^3/\text{min} + 0,014 \text{ dm}^3/\text{min} + 0,007 \text{ dm}^3/\text{min} + 0,007 \text{ dm}^3/\text{min} = \mathbf{0,035 \text{ dm}^3/\text{min}}$$
 cieczy łatwopalnych

Wartość ta oznacza emisję $0,0005833 \text{ dm}^3/\text{s}$ cieczy łatwopalnych, co przy gęstości octanu butylu ($0,880 \text{ kg}/\text{dm}^3$) daje emisję **$0,0005133 \text{ kg/s}$** .

Emisja ta występuje podczas normalnej pracy, jednak trwa nie dłużej niż 1,5 godziny w przeciągu 1 doby. W związku z tym przyjęto, że jest to **emisja pierwszego stopnia**.

4.5.3. Szacowanie częstości i czasu trwania (stopnia) oraz natężenia emisji podczas nanoszenia powłoki lakierniczej

Stosowanym sposobem malowania elementów karoserii jest technika malowania pneumatycznego, w której znajdujące się w podajniku cieczy porywane są przez strumień przepływającego sprężonego powietrza, po czym tak utworzona mieszanina cieczy z powietrzem wypływa z pistoletu poprzez rozpylacz. Przepływająca ciecz rozbijana jest na bardzo małe cząstki. Uzyskany przez nie pęd sprawia jednak, że część tych cząstek odbija się od elementu malowanego i jest tracona do przestrzeni malarni (zazwyczaj opada na dół, gdzie jej większość jest porywana przez strumień powietrza wyciąganego z malarni przez wentylację wyciągową). Operatorem pneumatycznego pistoletu malarskiego jest pracownik zakładu, który sam kieruje pracą tego pistoletu (w tym wydajnością).

Mieszanina lakiernicza stosowana w procesie technologicznym składa się, w przybliżeniu w następujących częściach, z poszczególnych cieczy łatwopalnych:

- lakier (4/7),
- utwardzacz (2/7),
- rozpuszczalnik (1/7).

Nanoszenie powyższej mieszaniny odbywa się codziennie w godzinach pracy zakładu. Podczas tego procesu utrzymywana jest minimalna temperatura wewnątrz malarni na poziomie 20 °C.

Mieszanina nanoszona jest na elementy różnej wielkości: od pojedynczego elementu karoserii o powierzchni poniżej 1 m² do całej powierzchni metalowej karoserii autobusu, przy czym w przypadku autobusu przegubowego taka sumaryczna powierzchnia może wynieść około 36 m².

Mieszanina lakiernicza, której ilość wynosi do 2 dm³ cieczy nanoszona jest dwukrotnie, przy czym za jednym razem nanoszona jest ilość do 1 dm³ cieczy w przeciągu 0,5 godziny, po czym następuje przerwa 0,5 godz., po której ponownie nanoszona jest ilość do 1 dm³ cieczy w przeciągu 0,5 godziny. Malowanie całego autobusu odbywa się zazwyczaj w dwóch kolorach, co oznacza, że proces ten odbywa się jedynie na powierzchni jednego docelowego koloru. Drugi kolor (z takim samym zużyciem mieszaniny lakierniczej) nanoszony jest dopiero na drugi dzień. Do celów obliczeniowych przyjęto, że powierzchnie obu kolorów na karoserii są sobie równe.

Jak wskazano powyżej, mieszanina podkładowa (której ilość wynosi do 1 dm³ cieczy) nanoszona jest za jednym razem w przeciągu 0,5 godziny na malowaną powierzchnię (maksymalnie 18 m²), co oznacza w przypadku takiej powierzchni:

- uśrednioną prędkość wypływu cieczy z pistoletu lakierniczego: około 0,033 dm³/min,
- uśrednioną prędkość malowania: około 0,6 m²/min,
- uśrednione zużycie mieszanki: około 0,055 dm³/m².

Z uwagi na brak szczegółowych informacji na temat parowania rozpuszczalników w trakcie nanoszenia lakieru, jak i w trakcie schnięcia elementów karoserii oraz mając na względzie właściwości octanu butylu i toluenu przyjęto, że:

- pneumatyczny sposób nanoszenia mieszanki powoduje, że na drodze od pistoletu lakierniczego do powierzchni karoserii jest tracone lub odparowuje 20% cieczy łatwopalnych,
- z mieszaniny naniesionej na powierzchnię karoserii w pierwszej i w drugiej minucie po nałożeniu odparowuje 50% cieczy łatwopalnych – wynika to z faktu, że w początkowej fazie schnięcia powłoki lakierniczej odparowywanie rozpuszczalników nie jest utrudnione (znacząca ilość rozpuszczalników znajduje się na powierzchni naniesionej powłoki, a więc nie występują bariery w przenikaniu par do powietrza).
- z mieszaniny naniesionej na powierzchnię karoserii w trzeciej i w każdej kolejnej minucie po nałożeniu odparowuje 25% cieczy łatwopalnych oraz że jest to proces ciągły aż do całkowitego odparowania rozpuszczalników – wynika to z faktu, że po początkowej fazie schnięcia powłoki lakierniczej na jej powierzchni wytwarza się cienka powłoka częściowo wyschniętego lakieru, który sprawia, że odparowywanie rozpuszczalników jest utrudnione (wówczas znacząca ilość rozpuszczalników znajduje się pod powierzchnią cienkiej powłoki częściowo wyschniętego lakieru).

W mieszaninie lakierniczej (1 dm³) cieczy łatwopalne stanowią około 65%, co stanowi objętość ciekłą 0,65 dm³. Z tej ilości (0,65 dm³) 20% (tj. 0,13 dm³) jest tracona lub odparowuje w trakcie nanoszenia, a reszta (80%, tj. 0,52 dm³) pozostaje na powierzchni karoserii.

Oznacza to, że emisja do atmosfery cieczy łatwopalnych z cieczy lakierniczej podawanej z pistoletu malarskiego wynosi 0,00433 dm³/min (E₁).

Mieszanina lakiernicza, która pozostała na powierzchni karoserii, zaczyna odparowywać od momentu jej nanoszenia, przy czym w przeciągu pierwszej i drugiej minuty odparowuje 50% cieczy łatwopalnych, natomiast w trzeciej i w każdej kolejnej minucie po nałożeniu odparowuje 25% cieczy łatwopalnych.

Oznacza to, że w trakcie każdej minuty na element karoserii (o powierzchni $0,6 \text{ m}^2$) trafia $0,0173 \text{ dm}^3$ cieczy łatwopalnych, z których:

- w przeciągu pierwszej minuty odparowuje $0,00865 \text{ dm}^3$ cieczy łatwopalnych,
- w przeciągu drugiej minuty odparowuje $0,004325 \text{ dm}^3$ cieczy łatwopalnych,
- w przeciągu trzeciej minuty odparowuje $0,00108125 \text{ dm}^3$ cieczy łatwopalnych,
- w przeciągu czwartej minuty odparowuje $0,000811 \text{ dm}^3$ cieczy łatwopalnych itd.

W trakcie nakładania lakieru (30 min) powierzchnia z nałożoną powłoką będzie się zwiększała, a co za tym idzie będzie rosła również emisja cieczy łatwopalnych, przy czym emisja ta osiągnie największą wartość w 30 min, kiedy to będą miały miejsce następujące emisje:

emisja z pistoletu malarskiego: $0,00433 \text{ dm}^3/\text{min}$ (E_1)
+ powłoka z 29. minuty: emisja $0,00865 \text{ dm}^3/\text{min}$ (E_2)
+ powłoka z 28. minuty: emisja $0,004325 \text{ dm}^3/\text{min}$ (E_3)
+ powłoka z 27. minuty: emisja $0,00108125 \text{ dm}^3/\text{min}$ (E_4)
+ powłoka z 26. minuty: emisja $0,000811 \text{ dm}^3/\text{min}$

Dalsza emisja z powłok od 26. minuty cechuje się tym, że stanowi ona 75% emisji z „nowszej” minuty, co oznacza, że emisja z wszystkich powłok od 27. minuty wstecz aż do powłoki z 1. minuty wynosi:

$$E_{S4} = E_4 \times [1 - (0,75)^{27}] / (1 - 0,75) = 0,00432 \text{ dm}^3/\text{min}$$

Oznacza to, że sumaryczna emisja cieczy łatwopalnych w 30. minucie nanoszenia powłoki lakierniczej wynosi:

$$E_L = E_1 + E_2 + E_3 + E_{S4} = 0,00433 \text{ dm}^3/\text{min} + 0,00865 \text{ dm}^3/\text{min} + 0,004325 \text{ dm}^3/\text{min} + 0,00432 \text{ dm}^3/\text{min} = \mathbf{0,021625 \text{ dm}^3/\text{min}}$$
 cieczy łatwopalnych

Wartość ta oznacza emisję $0,00036 \text{ dm}^3/\text{s}$ cieczy łatwopalnych, co przy gęstości toluenu ($0,873 \text{ kg}/\text{dm}^3$) daje emisję **$0,0003146 \text{ kg/s}$** .

W związku z tym, że z każdą minutą emisja z powłoki maleje $4/3$ razy, po przerwie trwającej 0,5 godz. emisja z ostatnio naniesionej części powłoki maleje ponad tysiącrotnie, co oznacza, że wpływ emisji z pierwszego etapu malowania na emisję z drugiego etapu malowania, jest pomijalny.

Emisja z powłoki lakierniczej występuje podczas normalnej pracy, jednak trwa w sumie nie dłużej niż 2 godziny w przeciągu 1 doby. W związku z tym przyjęto, że jest to **emisja pierwszego stopnia**.

4.5.4. Analiza wentylacji

Wentylacja każdej z dwóch hal malarni realizowana jest za pomocą dwóch wentylatorów o napędzie elektrycznym:

- wentylator wyciągowy o wydajności $10 \text{ m}^3/\text{s}$ zainstalowany pod zadaszeniem odrębnego budynku,
- wentylator napowietrzający (wyposażony w filtr) o wydajności $10 \text{ m}^3/\text{s}$ zainstalowany wewnątrz odrębnego budynku.

Wentylatory połączone są kanałami podziemnymi z instalacją wentylacyjną pomieszczenia malarni, przy czym otwory wentylacji wyciągowej wykonane są wewnątrz kanału obwodowego usytuowanego poniżej posadzki malarni, natomiast otwory wentylacji napowietrzającej wykonane są w kanałach wentylacyjnych usytuowanych pod sufitem pomieszczenia.

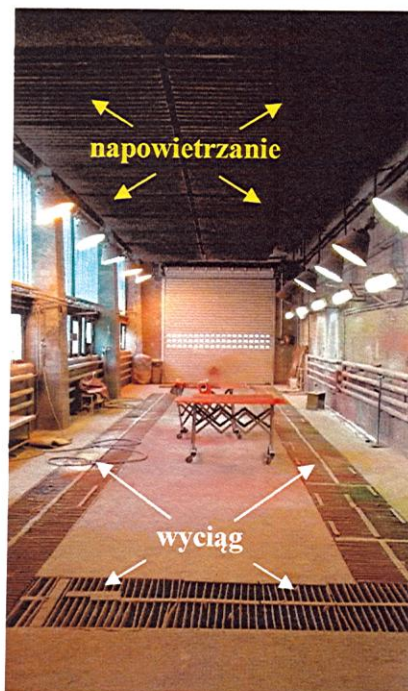
Wentylatory wraz z kanałami wentylacyjnymi w pomieszczeniu malarni przedstawiono na poniższych rysunkach.



Rys. Nr 9: Dwa wentylatory wyciągowe



Rys. Nr 10: Jeden z dwóch wentylatorów napowietrzających



Rys. Nr 11: Kanały napowietrzające i kanał wyciągowy

Oba wentylatory (napowietrzający i wyciągowy) uruchamiane są przez pracownika zakładu zanim rozpocznie on czynności nanoszenia powłoki. Ich uruchomienie następuje więc przed rozpoczęciem emisji cieczy łatwopalnych do wnętrza malarni.

Powietrze przepływa przez tę część malarni, w której następuje emisja cieczy łatwopalnych, przy czym wydajność tego przepływu wynosi $10 \text{ m}^3/\text{s}$.

Wydajność wentylacji (W), która gwarantowałaby, że stężenie cieczy łatwopalnych w hali malarni pozostawałoby poniżej dolnej granicy wybuchowości (DGW) zależy od natężenia emisji cieczy łatwopalnych oraz od ich dolnej granicy wybuchowości. Wydajność ta zostanie więc obliczona odrębnie dla procesu nakładania powłoki podkładowej (W_P) oraz odrębnie dla procesu nakładania powłoki lakierniczej (W_L):

Wymagana wydajność wentylacji przy nakładaniu powłoki podkładowej (ciecz reprezentatywna: octan butylu):

$$W_P = E_P / (0,25 \times DGW) = 0,5133 \times 10^{-3} \text{ kg/s} / (0,25 \times 68 \times 10^{-3} \text{ kg/m}^3) = 0,030 \text{ m}^3/\text{s}$$

Wymagana wydajność wentylacji przy nakładaniu powłoki lakierniczej (ciecz reprezentatywna: toluen):

$$W_L = E_L / (0,25 \times DGW) = 0,3146 \times 10^{-3} \text{ kg/s} / (0,25 \times 49 \times 10^{-3} \text{ kg/m}^3) = 0,026 \text{ m}^3/\text{s}$$

Wymagana wydajność jest więc znacznie mniejsza (ponad 100-krotnie) od rzeczywistej wydajności wentylacji mechanicznej ($10 \text{ m}^3/\text{s}$).

Oznacza to, że w malarni prawdopodobieństwo wystąpienia mieszaniny wybuchowej jest pomijalne.

Powyższe pozwala uznać, że wentylacja mechaniczna w malarni jest w stanie zredukować stężenie przy źródle emisji niemal natychmiast (zapewniono równomierny odciąg

par wzdłuż całej hali), dając w wyniku stężenie poniżej dolnej granicy wybuchowości (oznacza to **wysoki stopień wentylacji**). W rezultacie otrzymuje się strefę zagrożenia wybuchem o małym zasięgu.

Zasilanie wentylatorów mechanicznych jest jednostronne (nie są one wyposażone w zasilanie awaryjne). Dodatkowo pracują one jedynie w czasie prowadzenia prac malarskich – rozpoczęcie prac malarskich uwarunkowane jest wcześniejszym uruchomieniem wentylatorów. W związku z tym **dostępność wentylacji** mechanicznej należy uznać za **dostateczną**.

Emisja par cieczy łatwopalnej po 10 min od zakończenia jej nanoszenia na powierzchnię karoserii jest około 40 razy mniejsza niż emisja początkowa tuż po jej nałożeniu. W związku z tym można przyjąć, że czas pracy wentylatorów powinien wynosić co najmniej 15 min od zakończenia nanoszenia cieczy łatwopalnej na powierzchnię karoserii.

4.5.5. Rodzaj i zasięg stref zagrożenia wybuchem

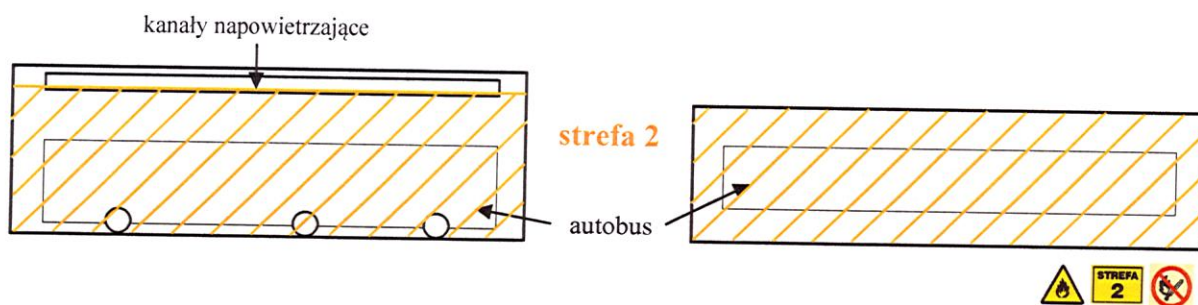
Zgodnie z analizą zamieszczoną w poprzednim podpunkcie prawdopodobieństwo wystąpienia mieszaniny wybuchowej jest niewielkie. Jednak z uwagi na występowanie strumienia rozpylonej przez pistolet malarski cieczy łatwopalnych, możliwość występowania mieszaniny wybuchowej w powietrzu musi być więc wzięte pod uwagę.

W zakresie czasu utrzymywania się mieszaniny wybuchowej przyjąć można, że około 1 minuty od zakończenia procesu pneumatycznego nakładania mieszaniny istotnie zmniejsza się emisja par cieczy łatwopalnych do przestrzeni malarni. Mimo to pozostaje jeszcze emisja z powierzchni pomalowanych wcześniej elementów karoserii, malejąca znacząco z upływem czasu i nieistotna po 10 minutach od zakończenia natrysku pneumatycznego. Należy również wziąć pod uwagę możliwość niewłaściwych ruchów w różnych kierunkach pistoletu malarskiego w trakcie jego pracy (błędy pracowników), które mogą skierować strumień par cieczy łatwopalnych w całą rozpiętość hali.

W związku z koniecznością uwzględnienia w niniejszym opracowaniu wysokiego, ale uzasadnionego, marginesu bezpieczeństwa, należy przyjąć, że wewnątrz każdej hali malarni należy wyznaczyć **strefę 2** zagrożenia wybuchem obecną w trakcie nanoszenia cieczy łatwopalnych oraz do 15 min od zakończenia ich nakładania, przy czym wymiary strefy wynoszą:

- w pionie: od górnej powierzchni malowanych elementów do wysokości **2 m** powyżej tej powierzchni i w dół do posadzki, łącznie z przestrzenią kanału w obrębie hali malarni;
- w poziomie: **na powierzchni całej hali** (w polu wyznaczonym przez ściany pomieszczenia).

Zasięg tak wyznaczonej strefy przedstawia poniższy rysunek.



Rys. Nr 12: Strefa zagrożenia wybuchem w hali malarni oraz znaki bezpieczeństwa, które powinny być umieszczone na drzwiach wejściowych i bramach wjazdowych

4.5.6. Występowanie pomieszczenia zagrożonego wybuchem

Zgodnie z § 37 ust. 7 rozporządzenia Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 7 czerwca 2010 r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów (Dz. U. Nr 109, poz. 719 ze zm.) pomieszczenie uznaje się za zagrożone wybuchem, gdy może się w nim wytworzyć 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.

Do wytworzenia takiej wartości nadciśnienia potrzebna jest niżej obliczona ilość **octanu butylu**:

Dane:

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

$$V (\text{objętość przestrzeni powietrznej pomieszczenia}) = 600 \text{ m}^3$$

$$C_{st} = 0,02518$$

$$\rho_{parOB} = 4,97 \text{ kg/m}^3$$

$$\Delta P_{max} = 650 \text{ kPa}$$

$$W = 0,1$$

$$m = \Delta P (V \times C_{st} \times \rho_{parOB}) / (\Delta P_{max} \times W) =$$

$$= (5 \text{ kPa} \times 600 \text{ m}^3 \times 0,02518 \times 4,97 \text{ kg/m}^3) / (650 \text{ kPa} \times 0,1) = \mathbf{5,775 \text{ kg}}$$

Ilość cieczy łatwopalnych (octanu butylu), która może zostać użyta w procesie malowania w hali malarni wynosi 2,1 dm³, co przy gęstości octanu butylu 0,880 kg/dm³ oznacza masę **1,848 kg** octanu butylu.

Całkowita ilość par cieczy łatwopalnych (octanu butylu), która może wytworzyć się (bez uwzględniania wentylacji) w hali malarni (1,848 kg) jest prawie 3 razy mniejsza niż ilość octanu butylu zdolna do wytworzenia nadciśnienia 5 kPa (5,775 kg).

Do wytworzenia nadciśnienia 5 kPa potrzebna jest niżej obliczona ilość **toluenu**:

Dane:

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

$$V \text{ (objętość przestrzeni powietrznej pomieszczenia)} = 600 \text{ m}^3$$

$$C_{st} = 0,02244$$

$$\rho_{parT} = 3,943 \text{ kg/m}^3$$

$$\Delta P_{max} = 566 \text{ kPa}$$

$$W = 0,1$$

$$\begin{aligned} m &= \Delta P (V \times C_{st} \times \rho_{parT}) / (\Delta P_{max} \times W) = \\ &= (5 \text{ kPa} \times 600 \text{ m}^3 \times 0,02244 \times 3,943 \text{ kg/m}^3) / (566 \text{ kPa} \times 0,1) = \mathbf{4,69 \text{ kg}} \end{aligned}$$

Ilość cieczy łatwopalnych (toluenu), która może zostać użyta w procesie malowania w hali malarni wynosi 0,65 dm³, co przy gęstości toluenu 0,873 kg/dm³ oznacza masę **0,567 kg** toluenu.

Całkowita ilość par cieczy łatwopalnych (toluenu), która może wytworzyć się (bez uwzględniania wentylacji) w hali malarni (**0,567 kg**) jest znacznie mniejsza niż ilość toluenu zdolna do wytworzenia nadciśnienia 5 kPa (**4,69 kg**).

Malarnia nie jest pomieszczeniem zagrożonym wybuchem.

4.6. Pomieszczenie ładowania akumulatorów (akumulatornia)

4.6.1. Informacje ogólne

Ładowanie wyczerpanych akumulatorów odbywa się w pomieszczeniu ładowania akumulatorów (akumulatorni) usytuowanym w budynku „Łącznik + warsztat”. Budynek wykonany jest z elementów żelbetowych (w tym strop) oraz murowanych, z posadzką z elementów ceramicznych.

Pomieszczenie akumulatorni posiada następujące wymiary:

- długość: 5,7 m,
- szerokość: 4,0 m,
- wysokość: 3,7 m.

Wejście do pomieszczenia zapewnione jest z korytarza – poziomej drogi ewakuacyjnej.

Pomieszczenie wyposażone jest w instalację elektryczną (zasilającą urządzenia oraz oświetleniową), a budynek w instalację odgromową. W pomieszczeniu znajdują się również urządzenia i kanały nie funkcjonujące obecnie instalacji wentylacji mechanicznej.

Pomieszczenie posiada otwory wentylacyjne w postaci okien we wschodniej ścianie zewnętrznej budynku otwarte na stałe, w tym również podczas ładowania akumulatorów.

Pomieszczenie to przedstawiono na rysunku poniżej.



Rys. Nr 13: *Pomieszczenie ładowania akumulatorów*

4.6.2. Szacowanie częstości i czasu trwania (stopnia) oraz natężenia emisji

Każdemu ładowaniu akumulatorów w pomieszczeniu akumulatorni towarzyszy wydzielania wodoru do przestrzeni pomieszczenia.

Ładowane są akumulatory różnej pojemności, przy czym największe z nich posiadają pojemność 230 Ah i wyposażone są po 6 ogniw każdy. Ponadto liczba ładowanych jednocześnie akumulatorów jest zmienna, lecz nie przekracza 10 sztuk.

Przyjęto, że wszystkie akumulatory wyposażone są w zawór umożliwiający ujście nadmiaru gazu z wnętrza akumulatora.

W czasie ładowania pojemności akumulatora wynoszącej 1 Ah powstaje łącznie 0,42 dm³ wodoru (H₂). Oznacza to, że podczas pełnego ładowania 10 sztuk akumulatorów o pojemności każdego z nich wynoszącej 230 Ah (trwającego co najmniej kilka godzin) wytworzona zostanie następująca ilość wodoru:

$$10 \times 230 \text{ Ah} \times 0,42 \text{ dm}^3/\text{Ah} = 966 \text{ dm}^3 \text{ H}_2 = \sim 1 \text{ m}^3 \text{ wodoru}$$

Ilość ta nie wydziela się jednak w jednym momencie, lecz przez około 10 godzin ładowania 10 akumulatorów 230 Ah. Oznacza to, że natężenie emisji wodoru w czasie ładowania największej liczby akumulatorów (10) o największej pojemności (230 Ah) wynosi: $966 \text{ dm}^3 / (10 \text{ h} \times 3600) = 0,02683 \text{ dm}^3/\text{s}$ wodoru

Taka ilość wodoru wystarczy, aby jego idealna mieszanina z powietrzem, w której wodór stanowi 4% (DGW), posiadała objętość 0,671 dm³.

Akumulatory mogą być ładowane codziennie w godzinach pracy zajezdni. Oznacza to częstą emisję wodoru do pomieszczenia akumulatorni. Podkreślić jednak należy, że jest to emisja niewielka i pochodząca z wielu źródeł (10). Można więc przyjąć, że w pomieszczeniu akumulatorni wpływ powinien być klasyfikowany jako **emisja pierwszego stopnia**.

4.6.3. Analiza wentylacji

W pomieszczeniu ładowania akumulatorów zapewniono wyłącznie wentylację naturalną, tj. grawitacyjną. W jej skład wchodzi stale otwarte 4 okna wykonane w ścianie zewnętrznej wschodniej pomieszczenia, z których każdy posiada górną krawędź usytuowaną na wysokości około 1,0 m pod sufitem pomieszczenia oraz następujące wymiary geometryczne:

- o szerokość: 0,85 m,
- o wysokość: 0,85 m.

Okna te przedstawiono na rysunku poniżej.



Rys. Nr 14: *Otwory wentylacji grawitacyjnej (naturalnej) w pomieszczeniu ładowania akumulatorów*

Podkreślenia wymaga przy tym fakt, że wszystkie cztery otwory nie są umieszczone w samej górnej części pomieszczenia, co przy gęstości wodoru 14 razy mniejszej od gęstości powietrza oznacza, że nie zapewniono idealnych warunków naturalnego przepływu (wypływu na zewnątrz pomieszczenia) wydzielającego się wodoru. Wodór przemieszcza się przede wszystkim w górną część pomieszczenia, gdzie może długotrwale zalegać. Otwory wentylacyjne sprawnie usuwające wodór powinny więc posiadać górną swoją krawędź na poziomie sufitu. Tymczasem w niniejszym przypadku górna krawędź otworów okiennych oddalona jest od sufitu pomieszczenia o około 1 m.

Zgodnie z Polską Normą PN-EN 50272-3 przyjęto, że prędkość przepływu powietrza przez otwory wentylacji grawitacyjnej wynosi co najmniej 0,1 m/s.

Otwory wentylacyjne w akumulatorni usytuowane są wyłącznie w jednej ścianie pomieszczenia i są one położone na tej samej wysokości. W związku z tym do dalszych obliczeń przyjęto, że tylko połowa powierzchni tych otworów służy do usuwania powietrza z pomieszczenia, natomiast druga połowa tej powierzchni służy do uzupełniania powietrza w pomieszczeniu.

To powoduje, że objętościowy przepływ powietrza przez pomieszczenie ładowania akumulatorów wynosi średnio około:

$$4 \times 0,85 \text{ m} \times 0,85 \text{ m} \times 0,1 \text{ m/s} / 2 = \mathbf{0,144 \text{ m}^3/\text{s} \text{ (144 dm}^3/\text{s)}}$$

Znając liczbę, rodzaj i pojemność ładowanych jednocześnie akumulatorów, w oparciu o Polską Normą PN-EN 50272-3, można wyznaczyć wydajność wentylacji gwarantującej zachowanie stężenia wodoru poniżej dolnej granicy wybuchowości (W_{WH2}), przy czym:

$$v \text{ (konieczne rozrzedzenie wodoru poniżej } DGW) = (100\% - 4\%) / 4\% = 24$$

$$q \text{ (emisja wodoru z jednostki ładowanej pojemności)} = 0,42 \text{ dm}^3/\text{Ah}$$

$$s \text{ (przyjęty współczynnik bezpieczeństwa)} = 5$$

$$n \text{ (liczba ogni)} = 10 \times 6 = 60$$

$$I \text{ (przyjęte natężenie prądu w warunkach ładowania przyspieszonego jednostki ładowanej pojemności)} = 8 \text{ mA/Ah}$$

$$C \text{ (pojemność ogniwa)} = \sim 39 \text{ Ah}$$

$$W_{WH2} = v \times q \times s \times n \times I \times C = 24 \times 0,42 \text{ dm}^3/\text{Ah} \times 5 \times 60 \times 8 \text{ mA/Ah} \times 39 \text{ Ah} = \\ = 943\,488 \text{ dm}^3/\text{h} = \mathbf{262 \text{ dm}^3/\text{s}}$$

Powyższe wyliczenia wskazują, że zapewnione otwory wentylacji naturalnej nie gwarantują skutecznego usuwania wodoru powstającego w trakcie ładowania 10 sztuk akumulatorów 230 Ah, gdyż szacowana wydajność wentylacji naturalnej jest około 1,8 razy mniejsza od wydajności gwarantującej pozostawanie stężenia wodoru w powietrzu w pomieszczeniu akumulatorni poniżej dolnej granicy wybuchowości.

Obliczanie spełnienia wymogu Polskiej Normy PN-EN 50272-3 dotyczącej minimalnej powierzchni otworów wentylacji naturalnej, skutkującej brakiem atmosfery wybuchowej:

$$A = 28 W_{WH2} = 28 \times 943,488 \text{ dm}^3/\text{h} = 26\,418 \text{ cm}^2 = \mathbf{2,642 \text{ m}^2}$$

Tymczasem powierzchnia otworów wentylacyjnych (wlotowych i wylotowych) wynosi po niecałe 1,5 m². Potwierdza to, że zapewnione otwory wentylacji naturalnej nie gwarantują skutecznego usuwania całego wodoru powstającego w trakcie ładowania 10 sztuk akumulatorów 230 Ah.

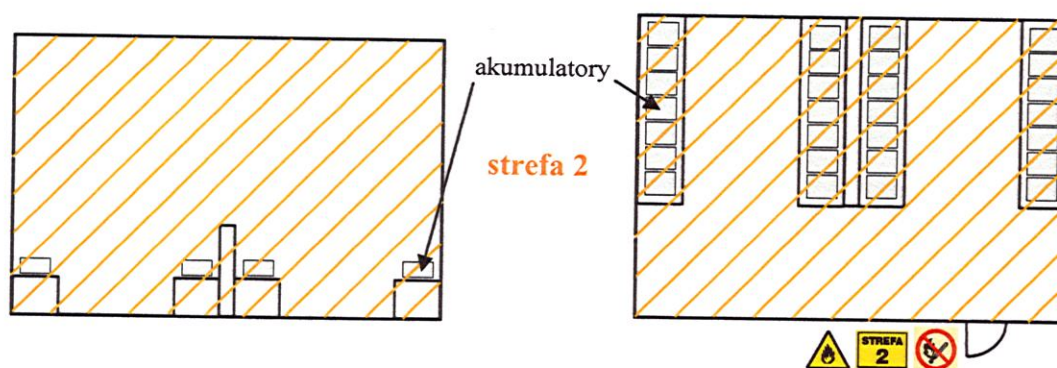
Usytuowanie i wielkość otworów wentylacyjnych powoduje więc, że w trakcie ładowania 10 sztuk akumulatorów 230 Ah, w pomieszczeniu akumulatorni, a zwłaszcza w jego dolnej górnej i w zachodniej części, nastąpi gromadzenie się pewnej części wodoru w stężeniu powyżej DGW. To z kolei oznacza, że w tym pomieszczeniu należy wyznaczyć strefę zagrożenia wybuchem. Niemniej jednak zastosowana wentylacja jest w stanie w znacznej części pomieszczenia zredukować stężenie wodoru poniżej DGW. Ponadto zwiększeniu ilości zgromadzonego w pomieszczeniu wodoru towarzyszy wzrost natężenia jego usuwania przez wentylację naturalną.

W związku z powyższym można uznać, że w pomieszczeniu akumulatorni mamy do czynienia z **wentylacją średniego stopnia**.

Z uwagi na fakt, że w pomieszczeniu akumulatorni funkcjonuje wyłącznie wentylacja naturalna mamy do czynienia ze **słabą dostępnością wentylacji**.

4.6.4. Rodzaj i zasięg stref zagrożenia wybuchem

Na podstawie przedstawionych powyżej szacunków ustalono, że w **całej kubaturze pomieszczenia akumulatorni** (tj. od poziomu podłogi do poziomu sufitu) należy wyznaczyć strefę 2 zagrożenia wybuchem obecną od momentu rozpoczęcia w danym dniu ładowania akumulatora do momentu upływu 1 godziny po zakończeniu ładowania ostatniego w danym dniu akumulatora. Obszar strefy przedstawia poniższy rysunek.



Rys. Nr 15: *Strefa zagrożenia wybuchem w pomieszczeniu akumulatorni oraz znaki bezpieczeństwa, które powinny być umieszczone na drzwiach wejściowych*

4.6.5. Występowanie pomieszczenia zagrożonego wybuchem

Zgodnie z § 37 ust. 7 rozporządzenia Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 7 czerwca 2010 r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów (Dz. U. Nr 109, poz. 719 ze zm.) pomieszczenie uznaje się za zagrożone wybuchem, gdy może się w nim wytworzyć 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.

Do wytworzenia takiej wartości nadciśnienia potrzebna jest niżej obliczona ilość wodoru:

Dane:

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

$$V \text{ (objętość przestrzeni powietrznej pomieszczenia)} = 75 \text{ m}^3$$

$$C_{st} = 0,2924$$

$$\rho_{H_2} = 0,09 \text{ kg/m}^3$$

$$\Delta P_{max} = 625 \text{ kPa}$$

$$W = 0,17$$

$$\begin{aligned} m &= \Delta P (V \times C_{st} \times \rho_{H_2}) / (\Delta P_{max} \times W) = \\ &= (5 \text{ kPa} \times 75 \text{ m}^3 \times 0,2924 \times 0,09 \text{ kg/m}^3) / (625 \text{ kPa} \times 0,17) = \mathbf{0,0929 \text{ kg} = 93 \text{ g}} \end{aligned}$$

Ilość wodoru, która może wytworzyć się w pomieszczeniu akumulatorni podczas pełnego ładowania 10 akumulatorów o pojemności 230 Ah każdy wynosi $= 966 \text{ dm}^3$, co przy gęstości wodoru $0,09 \text{ g/dm}^3$ oznacza masę **87 g** wodoru.

Całkowita ilość wodoru, która może wytworzyć się (bez uwzględniania wentylacji) w pomieszczeniu akumulatorni (87 g) jest mniejsza niż ilość wodoru zdolna do wytworzenia nadciśnienia 5 kPa (93 g).

Akumulatornia nie jest pomieszczeniem zagrożonym wybuchem.

4.7. Magazyn gazów technicznych

4.7.1. Informacje ogólne

Magazyn gazów technicznych stanowi odrębny budynek usytuowany po północnej stronie budynku „Łącznik + warsztat”. Wykonany jest on z elementów żelbetowych (w tym stropodach) oraz murowanych, z betonową posadzką.

W skład budynku magazynu gazów technicznych wchodzi dwa pomieszczenia, z których każde posiada odrębne wejście z zewnątrz budynku (pomieszczenia te nie się połączone komunikacyjnie ze sobą).

Każde z tych dwóch pomieszczeń posiada następujące wymiary:

- długość: 2,5 m,
- szerokość: 2,5 m,
- wysokość: 3,6 m.

Pomieszczenie zachodnie przeznaczone jest na butle z gazami niepalnymi (argon, tlen oraz ich mieszaniny), natomiast pomieszczenie wschodnie przeznaczone jest na butle z gazem palnym (acetylen), przy czym ustawione są w nim zarówno butle pełne, jak i puste.

Budynek wyposażony jest w instalację elektryczną (oświetleniową) oraz w instalację odgromową.

Każde z pomieszczeń posiada otwory wentylacyjne w postaci trzech otworów z siatką zamontowaną od wewnątrz i kratownicą zamontowaną od zewnątrz. Otwory wykonane są w każdej ścianie zewnętrznej pomieszczenia (w przypadku pomieszczenia z acetylenem w ścianie północnej, południowej i wschodniej). Każdy w tych otworów posiada dolną krawędź usytuowaną na wysokości około 2,3 m ponad posadzką pomieszczenia oraz wymiary geometryczne około 2,0 m × 1,2 m.

Budynek ten przedstawiono na rysunku poniżej.



Rys. Nr 16: Budynek magazynu gazów technicznych

4.7.2. Szacowanie częstości i czasu trwania (stopnia) oraz natężenia emisji

Acetylen techniczny przechowywany jest w butlach stalowych zawierających maksymalnie 50 dm³ acetyleny każda pod nadciśnieniem 25 bar.

Stalowe butle są elementami szczelnymi. W związku z tym, przy zachowaniu wymagań dozorowych w zakresie przeglądów i konserwacji, nie rozpatruje się ich rozszczelnienia. Niemniej jednak rozpatrzyć należy możliwość rozszczelnienia zaworu odcinającego butlę. Przewiduje się, że zdarzenie takie może wystąpić co kilkadziesiąt lat, przy czym samo rozszczelnienie będzie miało niewielką powierzchnię (rzędu 0,25 mm²).

Z uwagi na brak urządzeń mogących automatycznie wykryć wyciek acetyleny należy przyjąć, że będzie ona trwała aż do spadku ciśnienia w butli do ciśnienia atmosferycznego, co może potrwać wiele godzin.

Wyciek gazu palnego z butli może nastąpić wyłącznie wskutek jej awarii, w związku z czym mamy wówczas do czynienia z **drugim stopniem emisji** acetyleny.

Emisję acetyleny z uszkodzonego zaworu butli można oszacować w następujący sposób:

Dane:

$$p = 1 \text{ atm} + 25 \text{ bar} = 101,3 \text{ kPa} + 25 \times 10^5 \text{ Pa} = 26 \times 10^5 \text{ Pa}$$

$$p_0 = 1 \text{ atm} = 101,3 \text{ kPa} = 1,013 \times 10^5 \text{ Pa}$$

$$T = 293 \text{ K}$$

$$M = 26 \text{ g/mol}$$

$$s = 0,25 \text{ mm}^2 = 0,25 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$\gamma_{\text{C}_2\text{H}_2} = 1,23 \text{ (wykładnik adiabaty)} \rightarrow \text{wypływ acetyleny jest dławiony}$$

Natężenie wypływu masowego acetyleny ($I_{\text{C}_2\text{H}_2\text{m}}$) wynosi maksymalnie:

$$I_{\text{C}_2\text{H}_2\text{m}} = s \times p \times [\gamma \times (M/RT)]^{1/2} \times [2/(\gamma+1)]^{(\gamma+1)/2(\gamma-1)} = \mathbf{0,00139 \text{ kg/s}} = 1,39 \text{ g/s}$$

Z zależności $pV = nRT$ wynika, że natężenie wypływu objętościowego acetyleny¹ wynosi maksymalnie:

$$I_{\text{C}_2\text{H}_2\text{v}} = \mathbf{0,0013 \text{ m}^3/\text{s}} = 1,3 \text{ dm}^3/\text{s}$$

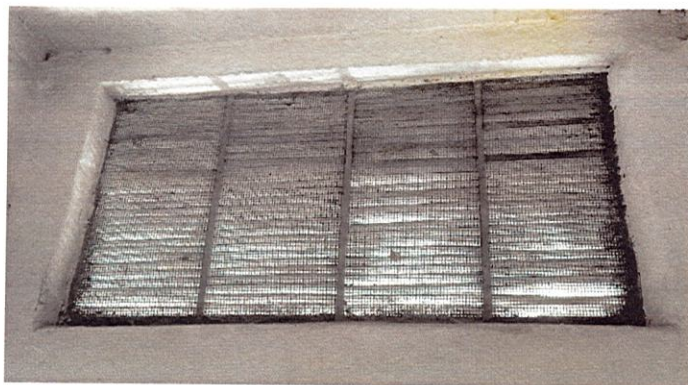
4.7.3. Analiza wentylacji

W pomieszczeniu magazynowym acetyleny zapewniono wyłącznie wentylację naturalną, tj. grawitacyjną. W jej skład wchodzi trzy otwory wykonane w każdej ścianie zewnętrznej pomieszczenia, z których każdy posiada dolną krawędź usytuowaną na wysokości około 2,3 m ponad posadzką pomieszczenia oraz następujące wymiary geometryczne:

- szerokość: około 2,0 m,
- wysokość: około 1,2 m.

¹ Przy ciśnieniu normalnym.

Jeden z tych otworów przedstawiono na rysunku poniżej.



Rys. Nr 17: Otwór wentylacji grawitacyjnej (naturalnej) w magazynie gazów technicznych

W świetle otworów zamontowano od wewnątrz siatkę, natomiast od zewnątrz kratownicę, które powodują, że użyteczna powierzchnia każdego z tych otworów wynosi poniżej 50% ich powierzchni geometrycznej (przyjęto 25%):

$$25\% \text{ z } 2,0 \text{ m} \times 1,2 \text{ m} = 25\% \text{ z } 2,4 \text{ m}^2 = 0,6 \text{ m}^2$$

Podkreślenia wymaga przy tym fakt, że wszystkie trzy otwory umieszczone są wyłącznie w górnej części pomieszczenia magazynowego, co przy gęstości acetyleny wynoszącej 0,9 gęstości powietrza oznacza, że nie zapewniono idealnych warunków naturalnego przepływu (wypływu na zewnątrz pomieszczenia) ewentualnie wyciekłego acetyleny.

Zgodnie z Polską Normą PN-EN 50272-3 przyjęto, że prędkość przepływu powietrza przez otwory wentylacji grawitacyjnej wynosi co najmniej 0,1 m/s.

Otwory wentylacyjne usytuowane są wyłącznie w trzech ścianach pomieszczenia, w związku z czym do dalszych obliczeń przyjęto wariant niekorzystny polegający na tym, że kierunek wiatru sprawia, że powietrze przepływa skutecznie wyłącznie przez jeden otwór.

To powoduje, że objętościowy przepływ powietrza przez pomieszczenie magazynowe acetyleny wynosi około:

$$0,6 \text{ m}^2 \times 0,1 \text{ m/s} = 0,06 \text{ m}^3/\text{s} \text{ (60 dm}^3/\text{s)}$$

Znając masowe natężenie wypływu acetyleny (wynoszące 1,39 g/s) można wyznaczyć wydajność wentylacji gwarantującej zachowanie stężenia acetyleny poniżej dolnej granicy wybuchowości (DGW):

$$W_{WC_2H_2} = (m/\tau) / (0,5 \times DGW) = 1,39 \times 10^{-3} \text{ kg/s} / (0,5 \times 24,9 \times 10^{-3} \text{ kg/m}^3) = 0,112 \text{ m}^3/\text{s}$$

gdzie:

$$DGW = 2,3\% = 0,416 \times 10^{-3} \times 26 \times 2,3 = 24,9 \times 10^{-3} \text{ kg/m}^3$$

Powyższe wyliczenia wskazują, że zapewnione otwory wentylacji naturalnej nie gwarantują skutecznego usuwania acetyleny wyciekającego z zaworu butli, gdyż szacowana wydajność wentylacji naturalnej jest ponad 2 razy mniejsza od wydajności gwarantującej pozostawanie stężenia acetyleny w powietrzu w pomieszczeniu magazynu poniżej dolnej granicy wybuchowości.

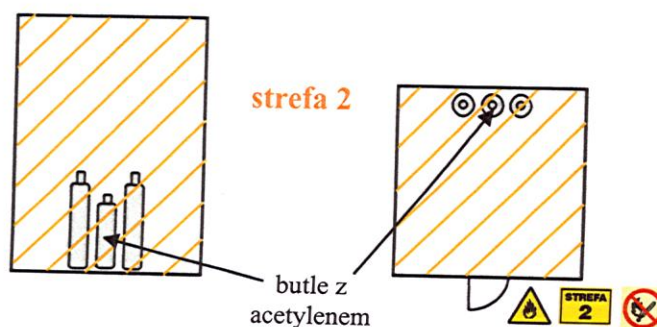
Usytuowanie i wielkość otworów wentylacyjnych powoduje więc, że w przypadku wycieku acetyleny z butli, w pomieszczeniu magazynowym, a zwłaszcza w jego dolnej i w środkowej części nastąpi gromadzenie się pewnej części acetyleny w stężeniu powyżej DGW. To z kolei oznacza, że w tym pomieszczeniu należy wyznaczyć strefę zagrożenia wybuchem.

W związku z powyższym można uznać, że w pomieszczeniu magazynu acetyleny mamy do czynienia z **wentylacją średniego stopnia**.

Z uwagi na fakt, że w pomieszczeniu magazynu acetyleny funkcjonuje wyłącznie wentylacja naturalna mamy do czynienia ze **słabą dostępnością wentylacji**.

4.7.4. Rodzaj i zasięg stref zagrożenia wybuchem

Na podstawie przedstawionych powyżej szacunków ustalono, że w **całej kubaturze pomieszczenia magazynu acetyleny** (tj. od poziomu podłogi do poziomu sufitu) należy wyznaczyć **strefę 2** zagrożenia wybuchem obecną stale, zgodnie z poniższym rysunkiem.



Rys. Nr 18: *Strefa zagrożenia wybuchem w pomieszczeniu magazynowym acetyleny oraz znaki bezpieczeństwa, które powinny być umieszczone na drzwiach wejściowych*

4.7.5. Występowanie pomieszczenia zagrożonego wybuchem

Na podstawie § 12 rozporządzenia Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji dnia 7 czerwca 2010 r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów (Dz. U. Nr 109, poz. 719 ze zm.) należy stwierdzić, że pomieszczenie magazynowe acetyleny należy uznać za pomieszczenie zagrożone wybuchem.

Stropodach zastosowany w tym pomieszczeniu nie spełnia wymagań stawianych dachom lekkim. W związku z tym zgodnie z § 221 ust. 2 rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny

odpowiadać budynki i ich usytuowanie (tekst jednolity z 2019 r. poz. 1065 ze zm.) łączna powierzchnia zastosowanych w nim otworów odciażających powinna wynosić ponad $0,065 \text{ m}^2/\text{m}^3$ pomieszczenia.

Obliczenia:

kubatura pomieszczenia magazynu acetyleny:

$$V_{\text{PC}_2\text{H}_2} = 2,5 \text{ m} \times 2,5 \text{ m} \times 3,6 \text{ m} = 22,5 \text{ m}^3$$

łączna powierzchnia otworów odciażających:

$$P_{\text{OC}_2\text{H}_2} = 3 \times 2 \text{ m} \times 1,2 \text{ m} = 7,2 \text{ m}^2$$

współczynnik wielkości otworów odciażających:

$$P_{\text{OC}_2\text{H}_2} / V_{\text{PC}_2\text{H}_2} = 7,2 \text{ m}^2 / 22,5 \text{ m}^3 = \mathbf{0,32 \text{ m}^2/\text{m}^3} > 0,065 \text{ m}^2/\text{m}^3$$

Zgodnie z powyższymi wyliczeniami **łączna powierzchnia otworów odciażających zastosowanych w pomieszczeniu magazynowym acetyleny wynosi prawie 5 razy więcej niż wymóg zawarty w rozporządzeniu Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r.**

Pomieszczenie magazynowe acetyleny jest poprawnie zabezpieczone przed wybuchem.

4.8. Stacja paliw płynnych

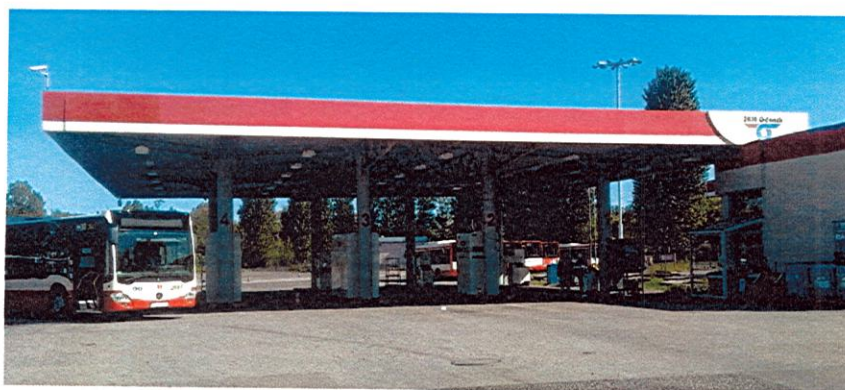
4.8.1. Informacje ogólne

Stacja paliw płynnych służy do tankowania pojazdów (ciężarowych) olejem napędowym oraz dodatkiem (mieszaniną) „AdBlue”, z których palnym jest jedynie olej napędowy. Dystrybucja oleju napędowego odbywa się z wykorzystaniem 4 dystrybutorów usytuowanych pod wspólną stalową wiatą. Z kolei przechowywanie oleju napędowego realizowane jest w 4 stalowych zbiornikach podziemnych o pojemności: 80 m³, 40 m³, 20 m³ i 15 m³.

Studzienki zawierające oprzyrządowanie zbiorników, w tym zawory spustowe, a także zawory oddechowe zbiorników, znajdują się bezpośrednio przy stalowej wiacie stanowisk przeładunkowych po jej wschodniej stronie.

Od południowej strony zbiorników znajduje się budynek obsługi stacji paliw.

Teren stacji paliw oraz urządzenia technologiczne związane z przechowywaniem i wydawaniem oleju napędowego, przedstawiono na rysunkach poniżej.



Rys. Nr 19: *Wiaty stacji paliw*



Rys. Nr 20: *Stanowisko tankowania pojazdów wraz z dystrybutorem*



Rys. Nr 21: Studzienki zbiorników oleju napędowego

4.8.2. Rodzaj i zasięg stref zagrożenia wybuchem

Zgodnie z informacjami podanymi w pkt 4.2.4. niniejszego dokumentu olej napędowy jest produktem naftowym posiadającym temperaturę zapłonu co najmniej 56 °C. Oznacza to, że w niższej jego temperaturze (a w praktyce również w niższej temperaturze powietrza) nie wystąpi zapłon jego par od punktowego bodźca energetycznego pod ciśnieniem atmosferycznym. Należy przy tym podkreślić, że temperatura o takiej wysokości nie jest osiągnięta w naturalnych warunkach w Polsce w miejscach zacienionych, np. na stanowiskach tankowania pojazdów usytuowanych pod zadaszeniem, ani też nie może być osiągnięta przez olej napędowy przechowywany w zbiornikach podziemnych. W związku z tym należy uznać, że **w naturalnych warunkach w Polsce nie występuje zagrożenie wybuchem ze strony oleju napędowego.**

Fakt ten znajduje również potwierdzenie w § 5 i w załączniku do rozporządzenia Ministra Gospodarki z dnia 21 listopada 2005 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać bazy i stacje paliw płynnych, rurociągi przesyłowe dalekosiężne służące do transportu ropy naftowej i produktów naftowych i ich usytuowanie (Dz. U. z 2014 r., poz. 1853 ze zm.), zgodnie z którymi **w Polsce nie wyznacza się stref zagrożenia wybuchem dla cieczy stanowiących produkty naftowe o temperaturze zapłonu co najmniej 55 °C.**

Zagrożenie wybuchem ze strony oleju napędowego powstaje dopiero wówczas, gdy zostaje on podgrzany powyżej temperatury 56 °C lub gdy zwiększane jest w sposób istotny ciśnienie jego mieszaniny z powietrzem. Oba warunki nie występują jednak na stacji paliw usytuowanej na terenie Zajezdni Autobusowej będącej przedmiotem niniejszego opracowania.

5. Potencjalne źródła zapłonu

Aby nastąpiło zapalenie się mieszaniny wybuchowej, w jej obrębie musi pojawić się efektywny bodziec energetyczny, który zapoczątkuje rozpad cząsteczek materiału palnego i utleniacza na wolne rodniki. Bodźcami tymi są potencjalne źródła zapłonu:

- 1) gorące powierzchnie,
- 2) otwarty ogień,
- 3) iskry wytwarzane mechanicznie,
- 4) urządzenia elektryczne,
- 5) prądy błędzące,
- 6) elektryczność statyczna,
- 7) uderzenia pioruna,
- 8) fale elektromagnetyczne o częstotliwości radiowej od 10^4 Hz do 3×10^{12} Hz,
- 9) fale elektromagnetyczne o częstotliwości od 3×10^{11} Hz do 3×10^{15} Hz (np. laserowe),
- 10) promieniowanie jonizujące,
- 11) ultradźwięki,
- 12) sprężenie adiabatyczne i fale uderzeniowe,
- 13) reakcje egzotermiczne.

Do najbardziej powszechnych źródeł zapłonu, mogących wystąpić na terenie Zajezdni Autobusowej będącej przedmiotem niniejszego opracowania, należą:

- otwarty ogień (płomień zapalniczki, papieros lub prace prowadzone z otwartym płomieniem, np. cięcie metali palnikiem gazowym),
- iskry wytwarzane mechanicznie (w skutek uderzenia elementów lub narzędzi stalowych o twarde przedmioty, prace szlifierskie, spawanie elektrodą węglową),
- urządzenia elektryczne (iskrzenie w silnikach i stykach elektrycznych oraz z niesprawnych instalacji elektrycznych),
- elektryczność statyczna (ubrania i obuwie pracowników z materiałów sztucznych elektrostatycznych, wytwarzających i akumulujących ładunki elektryczne),
- bezpośrednie uderzenie pioruna lub uderzenie w sąsiedni obiekt połączone z indukcją napięcia w innych stalowych obiektach, konstrukcjach i przewodach.

6. Zabezpieczenie przed wybuchem w strefach zagrożenia wybuchem

Aby nie doszło do zapalenia się mieszaniny wybuchowej materiału palnego z utleniaczem, nie można dopuścić do wystąpienia w jej obrębie efektywnego źródła zapłonu. W związku z tym w **strefach zagrożenia wybuchem** nie wolno dopuścić do pojawienia się któregośkolwiek z wymienionych powyżej potencjalnych źródeł zapłonu, czyli nie wolno m.in.:

- doprowadzać do nagrzewania się jakichkolwiek powierzchni do temperatury grożącej wystąpieniem samozapłonu (zgodnie z podanymi w pkt. 4.2. niniejszego dokumentu klasami temperaturowymi);
- używać otwartego ognia (płomienia, palników gazowych, palić papierosów),
- prowadzić prac remontowo-budowlanych bez specjalnego zezwolenia wydanego przez prowadzącego zakład,
- uderzać twardymi przedmiotami o siebie (chyba że wykonane są z materiałów nie iskrzących np. pokrytych mosiądzem),
- stosować urządzeń elektrycznych, które nie posiadają oznaczenia Ex i nie są odpowiedniej kategorii (w strefie 2 należy stosować urządzenia kategorii 1, 2 lub 3),
- prowadzić instalacji odgromowej budynku lub terenu,
- stosować nadajników radiowych,
- generować fal elektromagnetycznych laserowych oraz skupiać wiązki światła np. poprzez soczewkę,
- wykorzystywać lub przechowywać materiałów rozszczepialnych,
- generować ultradźwięków,
- doprowadzać do wybuchów chemicznych i fizycznych,
- przeprowadzać egzotermiczne reakcje chemiczne,
- składować mokrej paszy (np. siana).

Z kolei w **strefach zagrożenia wybuchem** należy:

- wszelkie prace remontowo-budowlane prowadzić wyłącznie po uzyskaniu pisemnego specjalnego zezwolenia wydanego przez prowadzącego zakład;
- wszelkie prace remontowo-budowlane prowadzić wyłącznie przy zerowym stężeniu substancji palnej w powietrzu (np. poprzez wypełnienie instalacji gazem obojętnym);
- wszelkie prace remontowo-budowlane prowadzić wyłącznie po zabezpieczeniu (przed działaniem bodźców energetycznych) pojemników z substancjami palnymi lub po usunięciu tych pojemników;
- stosować urządzenia elektryczne, które posiadają oznaczenia Ex i są odpowiedniej kategorii.

W strefie 2 należy stosować urządzenia elektryczne kategorii 1, 2 lub 3 oznaczone jako EEx II 1, EEx II 2, EEx II 3.

W strefie 1 należy stosować urządzenia elektryczne kategorii 1, lub 2 oznaczone jako **EEx II 1, EEx II 2**;

- uziemiać elementy metalowe urządzeń i instalacji znajdujące się w tych strefach,
- stosować ubrania antyelektrostatyczne oraz obuwie odprowadzające ładunki elektryczności statycznej (poprzez podeszwę lub poprzez taśmę-ostrogę).

7. Wnioski i zalecenia

Po przeprowadzonej analizie sformułowano następujące zalecenia do wprowadzenia w niniejszym zakładzie:

- 1) Elementy wykonane z materiałów przewodzących elektryczność (np. stalowe kraty podłogowe) znajdujące się w strefach zagrożenia wybuchem powinny być uziemione.
- 2) Pracownicy przebywający w strefach zagrożenia wybuchem powinni mieć założone ubrania antyelektrostatyczne oraz obuwie odprowadzające ładunki elektryczności statycznej (poprzez podeszwę lub poprzez taśmę-ostrołę).
- 3) W pomieszczeniu mieszalni farb – magazynie podręcznym przelewanie cieczy łatwopalnych jest dopuszczalne wyłącznie w dygestorium.
- 4) Zaleca się, aby w pomieszczeniu mieszalni farb – magazynie podręcznym ciecze łatwopalne były przechowywane wyłącznie w szafce wyposażonej w stałą wentylację mechaniczną. Dopuszcza się przy tym zastosowanie w tym pomieszczeniu wentylacji mechanicznej pracującej stale lub wentylacji mechanicznej załączającej się automatycznie w przypadku wykrycia par węglowodorów w tym pomieszczeniu.
- 5) W pomieszczeniu magazynowym cieczy łatwopalnych zlokalizowanym w budynku „Łącznik + warsztat” zabrania się otwierania pojemników z tymi cieczami.
- 6) W pomieszczeniu malarni podczas nanoszenia na malowane elementy powłoki podkładowej oraz powłoki lakierniczej wszystkie drzwi do pomieszczenia malarni powinny być zamknięte.
- 7) W pomieszczeniu magazynowym (wschodnim) gazów palnych (acetyleny) w budynku magazynowym gazów technicznych butle pełne powinny być ustawione odrębnie od butli pustych. Tak powstałe dwie grupy butli powinny być opisane w jednoznaczny sposób („*BUTLE PEŁNE*”, „*BUTLE PUSTE*”) za pomocą informacji pisemnej umieszczonej na ścianie pomieszczenia, pod którą ustawiono butle.
- 8) W pomieszczeniu akumulatorni ładowanie akumulatorów jest dopuszczalne wyłącznie przy zamkniętych drzwiach wejściowych do tego pomieszczenia oraz przy otwartych czterech oknach.
- 9) Strefy zagrożenia wybuchem należy oznakować zgodnie ze znakami bezpieczeństwa wskazanymi na rysunkach przedstawiających strefy zagrożenia wybuchem zamieszczonych w pkt 4. niniejszego dokumentu. W tym celu na każdych drzwiach wejściowych oraz na każdej bramie wjazdowej do pomieszczenia z wyznaczoną strefą zagrożenia wybuchem należy umieścić po trzy znaki wskazane na rysunkach w pkt 4. niniejszego dokumentu.
- 10) Dla budynku gazów technicznych oraz dla pomieszczeń malarni, mieszalni farb oraz akumulatorni należy przeprowadzać badania instalacji elektrycznej oraz instalacji odgromowej (wraz z przeglądem instalacji) przynajmniej raz w roku.