

Właściwa ocena zagrożeń powodowanych przez substancje znajdujące się na terenie zakładu bezsprzecznie redukuje prawdopodobieństwo wystąpienia awarii. Obszar ten regulują zarówno krajowe, jak i ogólnoeuropejskie przepisy. Mimo to działania mające za zadanie nie dopuścić do wystąpienia awarii lub minimalizować jej skutki, są często właściwie rozumiane zbyt późno – po awarii.



## Poważna awaria przemysłowa

### ARIADNA KONIUCH

**P**o fakcie zazwyczaj łatwo stwierdzić, co można było zrobić, by zredukować skutki zdarzenia. Gdy jednak w grę wchodzi nie tylko mienie przedsiębiorstwa, lecz także zdrowie i życie ludzi oraz stan środowiska naturalnego, trzeba wcześniej przyjrzeć się bliżej zakładowi stwarzającemu zagrożenie i zawczasu szukać właściwych rozwiązań – chociażby w doświadczeniu starszego pokolenia i radach specjalistów. Jak pokazuje historia, po pewnym czasie ludzie zapominają o tym, co się kiedyś wydarzyło i popełniają te same błędy. Z pewnością jest to jedna z przyczyn, dla których dyrektywa Seveso III kładzie duży nacisk na tzw. *lessons learnt*. Mamy uczyć się na błędach swoich i innych. Analizować zdarzenia bliskie awarii oraz awarie przemysłowe, do których doszło w przeszłości w konkretnym zakładzie i innych, prowadzących podobny proces technologiczny lub na których terenie znajdują się podobne substancje.

Jednym ze zdarzeń, o których każdy zajmujący się przeciwdziałaniem poważnym

awariom przemysłowym powinien wiedzieć, jest awaria w Tuluzie w zakładach AZF firmy Grande Paroisse z 21 września 2001 r.

#### Miejsce tragedii

Fabryka Grande Paroisse była usytuowana na lewym brzegu Garonny, 3 km na południe

od centrum Tuluzy. Zajmowała obszar 70 ha, zatrudniała 470 osób. Produkowała nawozy sztuczne oraz różnego rodzaju wyroby chemiczne. Z gazu ziemnego wytwarzano w niej amoniak (1150 t dziennie), kwas azotowy (V) (820 t), mocznik (1200 t) i azotan (V) amonu. Dzienna produkcja azotanu (V) amonu sięgała

### Azotan (V) amonu

Azotan (V) amonu ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) może ulegać mniej lub bardziej gwałtownemu spalaniu. Wynika to głównie z jego budowy, która pozwala na spalanie bez obecności tlenu. Podczas procesu spalania saletry amonowej wydzielają się toksyczne tlenki azotu ( $\text{NO}_x$ ). Może ona również wybuchnąć, w zależności od tego, czy jest zbrzydlona, zmieszana z niewielką ilością substancji intertygującej lub też wręcz przeciwnie – z substancjami palnymi czy też katalizatorem powodującym jej rozkład. Wiele szeroko zróżnicowanych czynników wpływa na zdolność azotanu (V) amonu do wybuchu. Ich różnorodność i szeroki wachlarz sprawia, że producenci saletry amonowej często zapominają o uwzględnieniu ich wszystkich, co prowadzi do bagatelizowania ryzyka związanego z wybuchem na rzecz ryzyka bardziej oczywistych zagrożeń, tj. palności. W przypadku oceny zagrożeń azotanu (V) amonu zawsze należy traktować go jako substancję wybuchową, mimo że do wybuchu może dojść tylko w konkretnych warunkach, np. gdy jest on zmieszany z substancją palną lub katalizatorem, a do detonacji potrzeba jeszcze silnego źródła energetycznego. Jeśli nie jesteśmy w stanie w stu procentach wykluczyć pojawienia się któregośkolwiek z wielu czynników niezbędnych wystąpienia wybuchu, to nie można ignorować i pomijać takiego niebezpieczeństwa. Dowodem jest chociażby awaria w Tuluzie. Azotan (V) amonu definiowany jest jako związek chemiczny o słabo zaznaczonych właściwościach wybuchowych. W wielu klasyfikacjach w ogóle nie jest traktowany jako materiał wybuchowy, jednak wypadki, do których doszło w XX w., pokazały, że przy niewłaściwym obchodzeniu się z saletrą amonową można doprowadzić do poważnej awarii przemysłowej.





foto: PAP

# w Tuluzie

850 t granulatu do nawozów, 400 t granulatu na potrzeby przemysłowe – głównie do wytwarzania oleju azotowego o właściwościach wybuchowych, stosowanego w inżynierii kwarcowej i cywilnej – oraz 1000 t surówki azotowej.

Fabryka produkowała również inne substancje chemiczne: melaminę (70 t dziennie,

na potrzeby wytwarzania żywic), formalinę, substancje chlorowcopochodne, kleje i żywice oraz utwardzacz.

Zgodnie z krajowymi przepisami zakład mógł posiadać na swoim terenie:

- 5000 t amoniaku w zbiorniku magazynowym, 1000 t w kriogenicznym zbiorniku sferycznym oraz 315 t składowanych pod ciśnieniem,
- chlor w dwóch zbiornikach po 56 t każdy,
- 15 000 t azotanu (V) amonu w przyźmie, 15 000 t w workach i 1200 t w gorącej surówce.

W dniu tragedii w południowej części zakładu znajdowały się ponadto cztery zbiorniki chloru i 20 zbiorników amoniaku.

W sąsiedztwie fabryki Grande Paroisse były również inne zakłady. Obszar 38 ha naprzeciwko zajmował zakład SNPE (Krajowe Stowarzyszenie Prochu i Materiałów Wybuchowych). Oba zakłady dzieliła jedynie południowa odnoga Garonny, czyli w praktyce instalacje obu przedsiębiorstw były oddalone od siebie zaledwie o 500 m. Fabryka SNPE zatrudniała 469 pracowników i zajmowała się wytwarzaniem wyposażenia lotniczego, specjalistycznej chemii – w tym wysoce łatwopalnego paliwa lotniczego do rakiet Ariane.

Od strony południowej z Grande Paroisse graniczył zakład Tolochimie. Zajmował on obszar 10 ha, zatrudniał 110 osób. Produkcja środków chemicznych, głównie na potrzeby rolnictwa, była uzależniona od dostaw z zakładu SNPE. Oba zakłady były powiązane technologicznie poprzez rurociąg dostarczający fosgen.

W 1998 r. na terenie SNPE powstał zakład ISOICHEM, zatrudniający 38 osób, specjalizujący się w wytwarzaniu półproduktów dla przemysłu farmaceutycznego.

## Grande Paroisse

21 września 2001 r. o 10.17 w zakładzie AZF należącym do firmy Grande Paroisse doszło

do potężnego wybuchu. Zginęło 31 osób (22 na terenie zakładu, a dziewięć poza jego obrębem), prawie 2500 zostało rannych i zgłosiło się po pomoc lekarską (300 z nich było hospitalizowanych).

Wybuch nastąpił w hangarze 221 222, przeznaczonym do tymczasowego składowania azotanu (V) amonu. Mógł on pomieścić maksymalnie 500 t, w dniu zdarzenia było w nim niespełna 400 t saletry amonowej. Produkty znajdujące się w tym magazynie pochodziły głównie z pakowni azotanu (V) amonu przeznaczonego do dalszej produkcji, m.in. wytwarzania nawozów sztucznych w innych fabrykach.

Hangar przylegał do budynku 123 124 125, w którym pakowano produkty w worki oraz składowano materiały palne. Żaden nie był zabezpieczony systemem wykrywania pożaru, a budynku 221 222 nie wyposażono ani w czujniki wykrywające tlenki azotu, ani w instalację odprowadzania wody po ewentualnej akcji gaśniczej. Obecność detektorów NO<sub>x</sub> mogłaby skrócić czas do ogłoszenia alarmu, a w konsekwencji także czas potrzebny na wykrycie i tym samym na ugaszenie pożaru. Możliwe byłoby wówczas również zmniejszenie ilości wody wykorzystywanej do gaszenia. Brak takiego wyposażenia zastanawia, szczególnie że prowadzący zakład nie ignorował ryzyka powstania pożaru w innych obiektach przeznaczonych na składowanie azotanu (V) amonu w ilościach klasyfikujących zakład do kategorii zakładów o dużym ryzyku. Prace w budynku 221 222 wykonywali pracownicy firm podwykonawczych, a nadzorowało je centrum dyspozytorskie Grande Paroisse. W hangarze tym dzień przed awarią złożono około 20 t saletry amonowej zawierającej nowy dodatek, którego wytwarzanie znajdowało się w fazie testów, a wszystkie jego właściwości nie były jeszcze przebadane. ▶

Jedną z technik stosowanych na początku XX w. do rozkruszania pryzm saletry amonowej polegała na wywiercaniu w haldzie otworów strzałowych, w których detonowano ładunki wybuchowe. W Krywałdzie 21 lipca 1921 r. w wytwórni materiałów wybuchowych zastosowano tę metodę przy rozładunku wagonu z saletrą amonową. Efektem była detonacja wagonu rozładowywanego i przyległego, która spowodowała śmierć 19 osób i zniszczenie części zabudowań zakładu.

Podobne zdarzenie miało miejsce 21 września 1921 r. w fabryce BASF w Oppau, gdzie do rozkruszenia 4500 t mieszaniny azotanu (V) amonu i siarczanu (VI) amonu użyto dynamitu. Prace strzałowe doprowadziły do wybuchu, którego moc oszacowano na równoważną mocy wybuchu 1-2 tys. t trotylu, i powstania krateru o wymiarach 60 x 125 m i głębokości 19 m. Według oficjalnych danych na skutek tego zdarzenia śmierć poniosło 561 osób, a prawie 2 tys. zostało rannych. Dźwięk detonacji był słyszalny aż w oddalonym o 300 km Monachium. W promieniu 25 km od miejsca wybuchu fala uderzeniowa wybiła wszystkie szyby, a w miejscowości, w której znajdował się zakład, zniszczeniu uległo 80 proc. zabudowań. Późniejsze badania tej mieszaniny wykazały, że ma ona większą zdolność do detonacji niż czysty azotan (V) amonu.

W Texas City 10 kwietnia 1947 r. podczas załadunku na statek SS Grandcamp papierowych worków z saletrą amonową zawierającą 1 proc. oleju, pełniącego rolę antyzbrylacza, doszło do zaprószenia ognia przez pracowników palących papierosy. Początkowo paliły się tylko papierowe worki, ale pożar przeniósł się na zawarty w nich nawóz. Aby ugasić pożar, odcięto dopływ powietrza. Zamknięto

drzwi, luki oraz otwory wentylacyjne ładowni. Spowodowało to wzrost ciśnienia i temperatury oraz przyspieszyło palenie azotanu (V) amonu, prowadząc ostatecznie do wybuchu cieplnego. Na skutek wybuchu powstał pożar w znajdującej się w pobliżu portu rafinerii oraz tsunami o wysokości 4,5 m. Doszło również do pożaru statku SS High Flyer, na którego pokładzie znajdowało się prawie 1000 t azotanu (V) amonu oraz 1800 t siarki. Po 15 godz. doprowadził on do kolejnej, znacznie silniejszej eksplozji. W wyniku tych zdarzeń śmierć poniosło prawie 600 osób, a około 5000 zostało rannych, zniszczeniu uległo ponad 1000 budynków i wiele statków.

Historia pokazała, że azotan (V) amonu w określonych warunkach ma zdolność do detonacji. Literatura przedmiotu przedstawia reakcje rozkładu saletry amonowej, których przebieg uzależniony jest od warunków inicjacji.

$\text{NH}_4\text{NO}_3 \rightarrow \text{NH}_3 + \text{HNO}_3 - 137 \text{ kJ}$  – reakcja ta ma miejsce podczas powolnego podgrzewania azotanu (V) amonu do temperatury 170°C, czyli nieznacznie wyższej od temperatury topnienia azotanu (V) amonu.

$\text{NH}_4\text{NO}_3 \rightarrow \text{N}_2\text{O} + 2\text{H}_2\text{O} + 42,7 \text{ kJ}$  – reakcja zachodzi w przedziale temperatur 260-285°C.

$\text{HN}_3\text{NO}_3 \rightarrow 0,75 \text{ N}_2 + 0,5 \text{ NO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 123,6 \text{ kJ}$  – reakcja zachodzi w przedziale temperatur 400-500°C, podczas szybkiego nagrzewania próbki.

$\text{NH}_4\text{NO}_3 \rightarrow \text{N}_2 + 0,5\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 128,6 \text{ kJ}$  – przebieg reakcji detonacji azotanu (V) amonu.

► Rankiem w dniu wybuchu prace toczyły się zwykłym trybem i do magazynu trafiała zarówno saletra amonowa zapakowana, jak i ta prosto z produkcji. Ostatnia dostawa, pochodząca z innego magazynu na terenie zakładu, skończyła się niecałe pół godziny przed wybuchem. Pracownik Grande Paroisse opuścił budynek pakowalni przyległy do feralnego budynku na 5 min przed eksplozją, nic nadzwyczajnego nie zwróciło jego uwagi.

Wybuch spowodował ogromne straty materialne. Na podstawie zniszczeń jego siłę oszacowano na równoważną mocy wybuchu 20-40 t trotylu, co oznacza, że doszło do detonacji 40-80 t azotanu (V) amonu. Eksplozja wywołała wstrząs tektoniczny oceniany na 3,4 stopnia w skali Richtera, odczuwalny w promieniu kilku kilometrów. Pracownicy zostali odcięci od wszelkich dróg ucieczki i uwięzieni na terenie zakładu. Dwa ogromne kominy zawaliły się, a po hali 221 222 pozostał tylko krater o wymiarach 45 x 64 m, głęboki na 7 m. Fala uderzeniowa była tak silna, że spowodowała zawalenie się pobliskiego centrum handlowego i ciężkie uszkodzenie wszystkich otaczających miejsce wybuchu budynków. W promieniu 5 km z niemalże wszystkich okien wypadły szyby.

Północna część zakładu Grande Paroisse została zniszczona, a wraz z nią wiele zbiorników zawierających azotan (V) amonu i kwas azotowy (V). Substancje te zanieczyściły rzekę. Na szczęście nie powstał efekt domina – wybuch nie rozprzestrzenił się na inne miejsca składowania saletry amonowej.

Skutki awarii dotknęły także dwa inne pobliskie zakłady. W fabryce SNPE wybuch spowodował uszkodzenie głównej instalacji technologicznej, jeden z pracowników zmarł, a wielu było rannych, jednakże nie doszło do zniszczenia żadnej instalacji ani do wycieku. W zakładzie Tolochimie zostało zniszczonych jedynie kilka szyb.

W wyniku detonacji atmosferę zanieczyściły substancje powstałe z rozkładu azotanu (V) amonu, m.in. kwas azotowy (V) ( $\text{HNO}_3$ ), amoniak ( $\text{NH}_3$ ) i tlenki azotu ( $\text{NO}_x$ ), a ogromna chmura pyłu i czerwonego dymu przesuwała się na północny-zachód, wywołując podrażnienie oczu i przetyku wszystkich mających z nią kontakt. Gdy dotarła do centrum miasta, odległego o 3 km od epicentrum wydarzeń, wybuchła panika. Pasażerowie metra w Tuluzie zostali ewakuowani z uwagi na rozprzestrzeniające się gazy.

Lokalne władze zaleciły ludności Tuluzy pozostanie wewnątrz budynków i szczelne zamknięcie okien. To zalecenie było niemożliwe do zrealizowania – większość z nich wybuch pozbawił przecież szyb. W centrum miasta rozdawano maski gazowe.

Lotnisko w Tuluzie-Blagnac i główny dworzec kolejowy zostały zamknięte. Stacje radiowe podawały komunikaty, by nie pić wody z kranu i używać jej najoszczędniej, jak to tylko możliwe. Wielu mieszkańców postanowiło opuścić dotknięty skutkami awarii obszar swoimi samochodami. Blokady policyjne zamknęły jednak główne drogi prowadzące na południe oraz obwodnicę miasta, która wyglądała jak pole bitwy. Spadł na nią deszcz pyłu i cegieł, uszkadzając niezliczoną liczbę samochodów, powodując obrażenia kierowców i pasażerów. Wiele domów i mieszkań z powodu uszkodzeń konstrukcji nie nadawało się już do zamieszkania. Wybuch spowodował również przerwę w dostawie prądu do ponad 11 tys. domów, miejscowego uniwersytetu, szkół i innych budynków użyteczności publicznej oraz załamanie w dostawie usług telekomunikacyjnych.

Koszty związane z usunięciem skutków awarii, które musiał ponieść francuski rząd, sięgnęły 228 mln euro. Straty właściciela zakładu AZF przekroczyły 2 bln euro.

## **Przyczyna awarii**

Hipotez było wiele. We wczesnej fazie dochodzenia brano również pod uwagę nieintencjonalną przyczynę zewnętrzną, np. sugerowany przez właściciela AZF łuk elektryczny pomiędzy dwoma transformatorami znajdującymi się poza terenem zakładu. Media i politycy starali się przekonać opinię publiczną, że był to atak terrorystyczny – teza ta trafiała na podatny grunt, bo awaria nastąpiła zaledwie 10 dni po ataku na World Trade Center.

Zrzeszenie francuskich pracowników chemicznych (FCE-CFDT) domagało się z kolei sprawdzenia, czy zdarzenie to nie było rezultatem szerokiej polityki cięcia kosztów w przemyśle chemicznym, polegającej między innymi na zwolnieniach pracowników i przekazaniu ich obowiązków firmom podwykonawczym.

O przyczynie awarii orzekł ostatecznie sąd, uznając, że była ona spowodowana ludzkim błędem w postępowaniu z substancjami chemicznymi. Pracownik podwykonawcy przez pomyłkę wysypał worek z 500 kg pochodnej kwasu dichloroizocyjanurowego na granulat azotanu (V) amonu, w wyniku czego miał powstać niestabilny gaz – trichlorek azotu, który wybuchł w temperaturze normalnej.

## **Wnioski z awarii**

Analiza tego zdarzenia pozwoliła na sprecyzowanie kilku ciekawych wniosków. Raport o bezpieczeństwie zakładu AZF nie obejmował magazynowania azotanu (V) amonu w ilościach podprogowych, gdyż uważano, że stwarzają one mniejsze zagrożenie i można je

pominać. Ponadto nie wzięto w nim pod uwagę scenariuszy uwzględniających właściwości wybuchowe saletry amonowej.

Na terenie fabryki działało 25 firm podwykonawczych – na każdej zmianie pracowało 100 pracowników podwykonawców i 250 pracowników zakładu. W magazynie, w którym doszło do wybuchu, pracowały aż trzy firmy podwykonawcze (w procesie tymczasowego składowania azotanu (V) amonu w ilościach podprogowych wszelkie czynności – poczynając od odbioru przez rozładunek, a kończąc na jego wydawaniu z magazynu – wykonywali pracownicy podwykonawców). Nadzór nad warunkami technicznymi magazynu sprawował czwarty podwykonawca.

Proces składowania azotanu (V) amonu nie był bezpośrednio nadzorowany przez zakład, a przez podwykonawców, których wiedza na temat produktów i samej fabryki mogła być niewystarczająca. Powierzając prowadzenie procesu technologicznego stronie trzeciej (podwykonawcom), prowadzący zakład powinien zadbać o to, by wszelkie ryzyko związane z działaniami podwykonawcy zostało zidentyfikowane i podlegało kontroli. Jeżeli pracownicy podwykonawcy, prowadząc prace na terenie zakładu, mają mieć styczność z substancjami niebezpiecznymi, wszyscy powinni zostać odpowiednio przeszkoleni i zapoznani z właściwościami danej substancji, sposobem postępowania z nią oraz zagrożeniami przez nią stwarzanymi.

Ocena ryzyka powinna obejmować wszelkie możliwe scenariusze poważnej awarii przemysłowej, uwzględniając efekt domina w powiązaniu z niebezpiecznymi substancjami znajdującymi się (magazynowanymi lub wytwarzanymi) w zakładzie.

Prowadzący zakład powinien mieć pełną wiedzę na temat zagrożeń stwarzanych przez substancje niebezpieczne oraz regularnie przeglądać procedury związane z właściwym obchodzeniem się z tymi substancjami, tak by zapewnić poprawność i przestrzeganie tych procedur przez personel.

Lokalne władze muszą zwracać baczniejszą uwagę na rozwój urbanizacji w pobliżu zakładów, w których znajdują się substancje niebezpieczne. W chwili uruchomienia zakładu AZF w Tuluzie w latach 20. XX w. znajdował się on w bezpiecznej odległości od zabudowań. W 2001 r., kiedy doszło do awarii, otaczały go już parki biznesowe, szpitale i zabudowania mieszkalne. ■

St. kpt. Ariadna Koniuch pełni służbę w Biurze Rozpoznawania Zagrożeń KG PSP w Wydziale Analizy Zagrożeń