

**Recenzja rozprawy doktorskiej mgra inż. Tomasza Otłowskiego**

**pt.: „Improwizowane materiały wybuchowe (HME). Opracowanie procedur oceny zagrożenia, zabezpieczenia próbek i unieszkodliwiania”**

Promotor: dr hab. Błażej Gierczyk, prof. UAM

Recenzowana praca doktorska została zrealizowana w ramach programu Ministerstwa Edukacji i Nauki RP „Doktorat wdrożeniowy” na Wydziale Chemii Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza (UAM) w Poznaniu oraz w jednostce Państwowej Straży Pożarnej (PSP) w Poznaniu.

Podstawą formalną opracowania recenzji była uchwała Rady Naukowej Dyscypliny Nauki Chemiczne UAM w Poznaniu z dnia 17 listopada 2023 r. wraz z otrzymanym pismem od Dziekana prof. dr hab. Macieja Kubickiego (L.dz.WCH/482/KZ/2023) z dnia 20 listopada 2023 r.

Przedmiotem recenzowanej pracy była analiza zagrożeń i uporządkowanie wiedzy stosowanej z zakresu improwizowanych materiałów wybuchowych (HME ang. HomeMade Explosives), wytwarzanych metodami domowymi oraz improwizowanych urządzeń pirotechnicznych mogących mieć bezpośrednie zastosowanie w działaniach prewencyjnych, w tym operacyjno-rozpoznawczych, bojowych i ratowniczych oraz dochodzeniowo-śledczych. Przyjmuje się, że obecnie około 90% zamachów terrorystycznych to zamachy bombowe. Naśladując terrorystów, materiałami wybuchowymi zaczęli posługiwać się także zwykli przestępcy (kryminaliści), głównie ze zorganizowanych grup zbrojnych posługując się nimi z różnych pobudek. Użycie materiałów wybuchowych w tym improwizowanych oprócz spektakularnego działania jest spowodowane także stosunkowo łatwym do nich dostępem, przystępną ceną, łatwością przenoszenia i stosowania. W pracy doktorskiej opracowano możliwie łatwe do wykonania metody oznaczania śladów i unieszkodliwiania materiałów HME, bądź urządzeń je zawierających, przez służby odpowiedzialne za bezpieczeństwo państwa.

Nie ulega wątpliwości, że ze względu na bardzo ważną rolę jaką pełni Państwowa Straż Pożarna, analiza dostępności informacji przedstawiających metody otrzymywania HME, ich weryfikacja oraz koordynacja działań instytucji odpowiedzialnych za bezpieczeństwo w przedmiotowym zakresie jest niezwykle istotne w funkcjonowaniu całego strategicznego systemu i polityki bezpieczeństwa narodowego. Zakłady Zwiększonego Ryzyka i Zakłady Dużego Ryzyka są zobowiązane powiadomić właściwy organ PSP m.in o: charakterystyce i ilości substancji niebezpiecznej, czynnikach mogących przyczynić się do zwiększenia zagrożenia awarią przemysłową lub decydujących o jej skutkach, natomiast podczas zdarzenia z użyciem mieszanin pirotechnicznych, przybywające na miejsce zdarzenia podmioty Państwowej Straży Pożarnej mogą nie być świadome zagrożenia i ryzyka, które w danych warunkach i okolicznościach powstają. O ile istnieją procedury postępowania związane np. z neutralizacją zagrożenia związanego z butlą z acetylenem czy innych gazów, pyłów, przedmiotów lub obiektów, w których tworzy się zagrożenie wybuchem to nie ma oficjalnie wprowadzonych zasad postępowania, zabezpieczania śladów w PSP jeśli zostały użyte materiały wybuchowe.

Stąd też w związku z zwiększającym się zakresem działań Państwowej Straży Pożarnej, rosnącą corocznie liczbą miejscowych zagrożeń, stosunkowo popularnym sposobem dokonywania przestępstw z użyciem materiałów wybuchowych, badania i analiza zakresu stosowalności improwizowanych materiałów wybuchowych przedstawiona przez Doktoranta - stanowią potrzebny i brakujący element w wyszkoleniu funkcjonariuszy PSP i innych jednostek bezpośredniego reagowania. Podjęty w pracy problem badawczy - analiza procedur oceny zagrożenia, zabezpieczenia próbek i unieszkodliwiania związanych ze spalaniem czy wybuchem improwizowanych materiałów wybuchowych posiada walory aplikacyjne. Wnioski z pracy mogą stanowić materiał do korekty przepisów wykonawczych czy procedur dotyczących bezpieczeństwa pożarowego budynków czy procedur ratowniczych zwłaszcza podczas zintegrowanych działań różnych podmiotów ratowniczych.

Podstawą pracy doktorskiej mgra inż. Tomasza Otłowskiego są dwie publikacje w uznanych czasopismach naukowych z dziedziny chemii tj. M. Cegłowski, T. Otłowski, B. Gierczyk, S. Smeets, A. Lusina, R. Hoogenboom, "Explosives removal and quantification using porous adsorbents based on poly(2-oxazoline)s with various degree of functionalization", *Chemosphere* 340, 2023, 139807, IF 8,8 (10.1016/j.chemosphere.2023.139807) oraz T. Otłowski, M. Zalas, B. Gierczyk, "Forensic analytical aspects of homemade explosives containing grocery powders and hydrogen peroxide", *Scientific Reports* 14, 2024, 750, IF 4,6 (10.1038/s41598-024-51335-w). Obie publikacje mają współczynnik wpływu IF równy 4,6 lub powyżej, co świadczy o ich dużym znaczeniu. Opublikowanie wyników pracy w tak dobrych czasopismach znacznie ułatwia mi opracowanie tej recenzji, ponieważ wartość merytoryczna i poprawność wyników badań Doktoranta zostały już starannie ocenione przez recenzentów tych publikacji. W przypadku recenzowanych prac nie ma wątpliwości (świadczą o tym oświadczenia współautorów), że wkład mgra inż. Tomasza Otłowskiego był znaczący, gdyż był odpowiedzialny za dociekanie, walidację i analizę wyników.

Układ przedmiotowej rozprawy doktorskiej nie jest typowy dla prac tego rodzaju. Praca zawiera 360 strony. Składa się ze wstępu, wyodrębnionego celu pracy, a następnie części wdrożeniowej zawierającej bogato ilustrowany, liczący 272 strony poradnik pt. „Poradnik dla służb odpowiadających za reagowanie na zagrożenia powodowane przez improwizowane materiały wybuchowe”. Poradnik stanowiący rozdział 4 pracy, składa się 11 podrozdziałów, zakończony jest trzema rozległymi tabelami pierwsza pt. „Substancje wybuchowe i ich zastosowanie oraz ich prekursorzy” - zawiera 47 strony, druga tabela pt. „Zastosowanie substancji chemicznych w pirotechnice” zajmuje 13 stron, i 4 strony zawiera tabela trzecia pt. „Przykłady niekompatybilnych połączeń substancji chemicznych”. Pozostałe w tym poradniku 3 tabele to: „Przykłady zagrożeń podczas reakcji substancji reaktywnych z wodą”, „Przykłady różnic między reakcjami substancji reaktywnych w kontakcie z wilgocią w powietrzu oraz z wodą”, oraz „Wykaz wybranych utleniaczy sklasyfikowanych wg ich stabilności” (sumarycznie zajmują 3 strony). Rozdział 5 pracy – ukazuje kryminalistyczne aspekty analizy HME na bazie mieszanin składników spożywczych i nadtlenku wodoru oraz analizy śladów materiałów wybuchowych z wykorzystaniem adsorbentów polimerowych. Częściami składowymi pracy są ponadto - spis literatury oraz streszczenie w języku polskim i angielskim (choć według mnie są różnice w treści pomiędzy wersją streszczenia w j. polskim i j. angielskim), brak jest spisu rysunków i tabel. Wykaz literatury dla pracy to 153 pozycji, w większości prac opublikowanych w ostatnim dziesięcioleciu, lecz jest ona podana ogólnie mówiąc w sposób niejednorodny, w niektórych pozycjach brakuje roku np. pozycja 65. Struktura pracy poprzez wprowadzenie do treści rozprawy poradnika i dużych tabel nie jest prosta w czytaniu. Poradnik dodatkowo posiada swój oddzielny spis literatury liczący 54 pozycje. Stąd też pod pozycją literaturową o numerze np. 50 z tego powodu można znaleźć dwie inne pozycje literaturowe.

Poza tymi uwagami praca została napisana w sposób poprawny, z dbałością o stronę graficzną, zawiera kilka literówek czy błędów z fleksji, które nie mają wpływ na wartość merytoryczną pracy. Przykładowo:

strona 3 - „...kilka metod pozyskiwania materiałów wybuchowy, strona 27 „azotynowe, strona 335 „To powoduje uwięźnięcie większej ilości rozpuszczalnika...”, strona 361 „... O ile mieszaniny typu HPOM opierają ..., strona 291 – „...substancji reaktywnych w kontakcie w wilgocią w powietrzu...”.

Czy błędy stylistyczne/językowe: np. strona 4. „każdorazowo, podczas prowadzonych badań, implementowano część edukacyjną funkcjonariuszy wielu komórek organizacyjnych Policji...”, czy „definiowanie markerów kontaktu składników spożywczych...”, czy strona 17 „...było zbadanie skuteczności adsorbentów do ilościowego oznaczania substancji wybuchowych poprzez bezpośrednie skojarzenie ze spektrometrią masową...”. Zwraca uwagę nie wprowadzenie objaśnień skrótów nazw materiałów wybuchowych przed ich użyciem – widoczne już w tabeli 1, niezapełnione zdjęciami czy tekstem strony 158 i 190, czy tytuły wierszy pisane bez spacji w tabelach- 18, 21, 22.

Autor słusznie zauważa we Wstępie, że improwizowane materiały wybuchowe wytwarzane są przez syntezę chemiczną lub, co bardziej preferowane, mieszanie gotowych składników ogólnego stosowania opartych przykładowo na azotanie(V) amonu, chloranie(V) potasu, nitrometanie czy też stężonym nadtlenu wodoru z substancjami organicznymi i/lub nieorganicznymi jak cukier, mąka, czy pył aluminiowy, itd. Według Autora, głównym celem rozprawy było napisanie „poradnika dla służb odpowiedzialnych za bezpieczeństwo publiczne” (str. 15), w którym zawarta będzie usystematyzowana wiedza dotycząca improwizowanych materiałów wybuchowych, w sposób dostępny dla wszystkich, biorących udział w walce z zagrożeniami powodowanymi przez improwizowane materiały wybuchowe a nie wszyscy z nich posiadają wykształcenie stricte chemiczne. Zbiór możliwych rozwiązań tworzenia improwizowanych materiałów wybuchowych jest bardzo liczny, a przy obecnym stanie wiedzy trudno dokonywać istotnych uogólnień. Istnieje więc pilna potrzeba kontynuowania wysiłków badawczych w kierunku pogłębiania naukowych podstaw i modyfikacji mieszanin pirotechnicznych, szczególnie z zastosowaniem improwizowanych materiałów i urządzeń. Stąd też jednocześnie celem pracy nie było zebranie informacji o wszystkich możliwych improwizowanych materiałach wybuchowych (bo to jest po prostu nie możliwe), a pokazanie innego spojrzenia na to zagadnienie oraz kierunków potencjalnego rozwoju badań, i jak wynika z lektury rozprawy — cel ten został osiągnięty.

Na podstawie przeprowadzonej analizy literatury naukowej, opracowań branżowych oraz informacji zawartych w literaturze nieformalnej, napisano kompleksowe zbiorcze opracowanie/ poradnik wskazujący pewne podobieństwa pozwalające na swego rodzaju klasyfikację HMEs produkowanych i wykorzystywanych w celach przestępczych. Z takiego sformułowania można wnioskować, że problem naukowy doktoratu wdrożeniowego jest tożsamy z problemem praktycznym, a mając na względzie charakter pracy, należy uznać takie podejście za słuszne i niesporne.

Natomiast oryginalność pracy wynika przede wszystkim z jej tematyki, która nie została wcześniej w systematyczny i wizualny sposób podjęta przez inne zespoły eksperckie a zwłaszcza Państwową Straż Pożarną. W rozprawie przedstawiono badania dotyczące kompleksowej oceny metod detekcji HMEs, zaproponowano kierunek badań mających na celu weryfikację możliwości określenia okoliczności wytwarzania HMEs. W celu weryfikacji właściwości wybuchowych improwizowanych materiałów wykonano ponad 80 testów poligonowych. W grupie badanych HME wytypowano mieszaniny oparte na azotanie(V) amonu i chloranie(V) potasu jako utleniaczach oraz różnego rodzaju paliwach, zarówno organicznych jak i nieorganicznych, w tym metalach. Poza oczywistym paliwem, jakim był pył aluminiowy czy olej napędowy, zastosowano różnego rodzaju substancje codziennego zastosowania jak np. cukier. W pracy zbadano możliwości zwiększenia podatności na zapłon nitrometanu za pomocą wytypowanych amin, w stanie czystym, np. etyloaminą lub aniliną, jak amin zawartych w dostępnych produktach, np. utwardzaczach do żywic. Podobne efekty uczulenia na zapłon nitrometanu zanotowano poprzez dodatek do niego wody amoniakalnej, materiałów porowatych takich jak papier toaletowy lub wkład chłonący pieluch dziecięcych.

Wykonane badania zainicjowały potrzebę analizy zdolności do wybuchu mieszanin stężonego nadtlenu wodoru (ok. 60%) typu HPOM (ang. Hydrogen Peroxide Organic Matter) oraz różnych składników spożywczych, tj. jak kawa, herbata, papryka, kurkuma, cynamon, liście melisy, itp. w stosunkach masowych (3 HCHP (ang. High Concentrated Hydrogen Peroxide):1 składnik spożywczy) – sumarycznie 26 mieszanin. Ładunki o łącznym wagomiarze 300-500 g wykonywano poprzez zmieszanie nadtlenu wodoru oraz 26 różnych składników spożywczych w plastikowych pojemnikach i po 10 min i zadanego czasu do gotowego ładunku inicjowano zapłon od zapalnika elektrycznego typu ERG. W przeprowadzonych badaniach (tabela 4 w rozdziale 5 pracy), znaczna większość wytworzonych mieszanin miała właściwości wybuchowe. Zanotowane obserwacje stały się impulsem Doktoranta w kierunku analizy zjawisk zachodzących w tych mieszaninach w celu wytypowania istotnych grup funkcyjnych /markerów procesów utleniania do wykorzystania ich w badaniach kryminalistycznych jako istotnych dowodów w procesie śledczym. Po weryfikacji właściwości wybuchowych kilkunastu mieszanin typu HPOM, wybrano cztery mieszaniny HCHP odpowiednio: z kawą, z herbatą, kurkumą oraz czerwoną papryką. Dla wytypowanych 4 mieszanin HPOM, poddanych badaniom w seriach obejmujących różne czasy przechowywania (1 min., 5 min., 15 min., 30 min., 60 min., 5 h) zanotowano - brak samozapłonu.

Autor rozprawy wykazał się dobrą orientacją i umiejętnością prowadzenia badań nie tylko w stosunkowo wąskim zakresie improwizowanych materiałów wybuchowych objętych tematyką rozprawy, ale w dużo szerszym wymiarze nowoczesnej chemii materiałów wysokoenergetycznych.

Dowodem są dalsze wyniki badań zawarte w rozdziale 5. W tym fragmencie rozprawy doktorskiej przedstawiano badania porównawcze profili FT-IR i GC-MS czterech wyodrębnionych wcześniej wspomnianych produktów spożywczych przed i po kontakcie z utleniaczem HCHP. Pan mgr inż. Tomasz Otłowski wykazał, że badania z użyciem techniki GC-MS pozwalają w różnym stopniu dla danego artykułu spożywczego w postaci czystej i poddanego działaniu HCHP, dokonać analizy porównawczej charakterystycznych grup funkcyjnych i związków powstałych w procesie utlenienia nazwanych przez Autora markerów utleniania. Przykładowo w przypadku kurkumy i herbaty czarnej ślady procesu utlenienia tych substancji istotnie zależą od czasu wytworzenia mieszaniny HPOM, a w przypadku kawy i papryki słodkiej zmiany w strukturze produktu spożywczego (wynikające z procesu utleniania za pomocą HCHP) mają charakter ilościowy zależny od miejsca poboru próbek i pozwalają określić ramy czasowe związane z powstaniem mieszaniny HPOM, co może być niezwykle pomocne w dochodzeniu śledczym organów ścigania. Ta technika instrumentalna w określonym zakresie może być przydatna w wykrywaniu materiałów wybuchowych na bazie nadtlenu wodoru w śladach powybuchowych i/lub w próbkach zabezpieczonych przed wybuchem.

Autor udowodnił, że użycie techniki FT-IR do analizy próbek mieszanin artykułów spożywczych po potraktowaniu ich 60% stężonym nadtlakiem wodoru nie pozwala na rozpoznanie istotnych śladów/markerów reakcji utleniania. Z tej przedstawionej analizy wysnuwa się wniosek praktyczny dla jednostek PSP, że analizatory przenośne Ramana lub FT-IR, które są na wyposażeniu jednostek chemiczno-ekologicznych PSP mogą być zastosowane jedynie do potwierdzenia obecności nadtlenu wodoru.

Ciekawym wątkiem w pracy było opracowanie syntezy polimerowych adsorbentów porowatych z wykorzystaniem krótkołańcuchowych poli(2-oksazolin) z funkcjonalnymi łańcuchami bocznymi uzyskanymi poprzez częściowe amidowanie 4-(aminometylo)pirydyną (4-AMP). Otrzymane materiały polimerowe różniły się istotnie, obok zawartości reszt 4-AMP, powierzchnią właściwą i zostały zbadane pod kątem wykorzystania ich do analizy skuteczności adsorbentów do adsorpcji wytypowanych do badań materiałów wybuchowych oraz ilościowej identyfikacji ich śladów w procesie dochodzeniowym np. kryminalistycie.

W tym etapie badań wyznaczono krzywe adsorpcji zgodnie z modelem izotermy Langmuira dla trzech substancji przedstawicieli głównych grup materiałów wybuchowych (nitropochodnych związków aromatycznych, nitroamin oraz estrów azotanowych) tj. dla kwasu pikrynowego, heksogenu i pentrytu (PETN) na utworzonych adsorberach polimerowych. Skuteczność adsorbentów (jako nośników analitów w celu ich wstępnego zateżnienia) do ilościowego oznaczania substancji wybuchowych zbadano za pomocą techniki analitycznej spektrometrii mas z jonizacją pod ciśnieniem atmosferycznym (AI-MS). Współczynniki korelacji R<sup>2</sup> wykazały, że dla wszystkich adsorbatów wartość teoretycznej maksymalnej zdolności adsorpcji danego adsorbentu zwiększała się wraz ze wzrostem stopnia funkcjonalizacji porowatych materiałów polimerowych i była najbardziej skuteczna, gdy pH roztworu wynosiło 6. Największe powinowactwo do adsorpcji użytych polimerów uzyskano dla kwasu pikrynowego i pentrytu (PETN) w porównaniu z innymi podanymi w literaturze adsorberami na bazie mezoporowatej krzemionki czy węgla aktywnego. Przeprowadzając pięć kolejnych cykli adsorpcji/desorpcji sprawdzono regenerację do adsorpcji badanych funkcjonalnych polimerów, która zachowała się na poziomie ponad 90% początkowej pojemności dla wszystkich badanych materiałów wybuchowych. Badania kinetyki adsorpcji wytypowanych materiałów wybuchowych na użytych adsorberach polimerowych, opisane za pomocą modelu pseudo-drugiego rzędu, wykazały, że szybkość adsorpcji materiałów wybuchowych jest zgodna z kolejnością: kwas pikrynowy > heksogen > pentryt.

Przeprowadzone w szerokim zakresie i opisane w sposób kompetentny badania pozwoliły na wykazanie przydatności wykonanych testów i ukazały, że wszystkie procesy adsorpcji są endotermiczne i spontaniczne - co potwierdza ich charakter aplikacyjny.

Opracowane w rozprawie doktorskiej metody analityczne do bezpośredniej ilościowej analizy materiałów wybuchowych i ujawniania śladów materiałów wybuchowych po zdarzeniu, za pomocą sprzężenia spektrometrii mas z jonizacją FAPA, w procesie desorpcji analitów ze struktury polimeru według mnie posiadają element nowatorski. Granice wykrywalności (LOD) materiałów wybuchowych uzyskane za pomocą nowo opracowanych adsorbentów porowatych za pomocą techniki z FAPA-MS są co najmniej porównywalne do LOD uzyskiwanych za pomocą innych technik, pozwalają na ilościową analizę określonej substancji wybuchowej w kilka minut. Dodatkowo Autor przedstawił w pracy wyniki, które dowodzą, że na oznaczenia materiałów wybuchowych za pomocą techniki FAPA-MS nie ma wpływu obecność innych (biologicznych) związków w matrycy próbki. Ten wniosek z badań, optymistycznie pozwala spojrzeć na użycie tej techniki do analizy wpływu materiałów wybuchowych o różnym składzie chemicznym do szacowania zagrożenia, nie tylko z powodu właściwości wybuchowych, ale również z przyczyn ich negatywnego oddziaływania na środowisko.

### **Ocena osiągnięć zawartych w rozprawie**

Tak jak wspomniałam na początku, podjęty przez Doktoranta problem jest bardzo istotny i aktualny, bowiem dotyczy bezpieczeństwa pożarowego, wybuchowego. Stosunkowo mała ilość publikacji naukowych na ten temat powoduje, iż jest to temat wciąż nie rozpoznany, a na pewno ilość kombinacji improwizowanych układów wybuchowych zastosowanych w urządzeniach pirotechnicznych jest bardzo duża co powoduje, że wyniki badań ogniowych i innych są trudne do porównania. Skutki pożarów/wybuchów w sposób bezpośrednio i pośrednio wpływają na bilans ekonomiczny zwrotu poniesionych kosztów inwestycji budowlanych i na pewno wywołują dezaprobatę i obawę społeczeństwa. Stąd wybór tematu recenzowanej rozprawy doktorskiej był właściwy i uzasadniony.

Osiągnięcie postawionego celu i przedstawienie problemu naukowego wymagało realizacji dużego zakresu pracy, co wiązało się z przeprowadzeniem skomplikowanych, niebezpiecznych i

pracochłonnych prac doświadczalnych. Pod względem merytorycznym praca nie budzi zastrzeżeń. Zakres doświadczeń został zaplanowany prawidłowo, odpowiednio do celu pracy. Interpretacja wyników eksperymentów i ich opis świadczą o umiejętności rozwiązywania przez Doktoranta problemów badawczych wraz z wytwarzaniem improwizowanych materiałów typu HPOM oraz rozpoznawaniem zagrożeń jakie one powodują. Doktorant posiadał umiejętność odczytania śladów po użytych HME i wytypowanych w pracy materiałów wybuchowych, które są generalnie trudne do oznaczenia i interpretacji w celu dostarczenia jednoznacznej opinii dla organów ścigania.

Do osiągnięć Doktoranta, poza opracowaniem poradnika, w którym została usystematyzowana wiedza dotycząca improwizowanych materiałów wybuchowych, który jest jednocześnie potwierdzeniem tezy postawionej na początku pracy (braku tego typu opracowań zwłaszcza PSP), wynikających z przeprowadzonych badań należy zaliczyć:

- wykazanie zależności, że są pewne podobieństwa pozwalające na swego rodzaju klasyfikację HMEs produkowanych i wykorzystywanych w celach przestępczych. Rozmieszczenie, rodzaj mieszanin pirotechnicznych wpływają na zagrożenia i skutki wybuchów,
- zbadanie podatności na zapłon wraz z jakościową analizą skutków zapłonu improwizowanych mieszanin wybuchowych opartych na azotanie(V) amonu i chloranie(V) potasu jako utleniaczach oraz różnego rodzaju paliwach, zarówno organicznych jak i nieorganicznych w warunkach pełnej skali (badania poligonowe),
- udowodnienie, że wrażliwość nitrometanu na pobudzenie impulsem detonacyjnym można zwiększyć za pomocą różnych amin w stanie czystym, np. etyloaminą lub aniliną, a podobny efekt można uzyskać przy zastosowaniu utwardzaczy tworzyw sztucznych, wody amoniakalnej, papieru toaletowego lub wkładu chłonnego pieluch dziecięcych,
- wykazanie, zdolności do wybuchu mieszanin stężonego nadtlenu wodoru (ok. 60%) typu HPOM oraz różnych składników spożywczych (26 układów), w warunkach pełnej skali badań,
- wykazanie zależności zapłonu wytypowanych mieszanin HCHP i składników spożywczych od czasu ich przechowywania i objętości,
- wytypowanie skutecznych technik pomiarowych do analizy porównawczej charakterystycznych grup funkcyjnych i związków powstałych w procesie utlenienia produktów spożywczych (markerów utleniania) do wykrywania materiałów wybuchowych na bazie nadtlenu wodoru w śladach powybuchowych i/lub w próbkach zabezpieczonych przed wybuchem,
- ustalenie wraz z zespołem badawczym syntezy i wytworzenie optymalnych funkcjonalnych polimerów służących do skutecznej adsorpcji materiałów wybuchowych w celu ich dalszej analizy jakościowo - ilościowej,
- wykazanie, że wszystkie procesy adsorpcji materiałów wybuchowych przez wytypowane polimerowe adsorbentów funkcjonalne są endotermiczne i spontaniczne,
- udowodnienie, że wykorzystanie funkcjonalnych adsorbentów polimerowych w celu przygotowania próbek środowiskowych do badania poprzez zatężanie może mieć duże zastosowanie w ocenie skażenia środowiska pozostałościami materiałów wybuchowych, pochodzących z ich produkcji, badań oraz unieszkodliwiania,
- stwierdzenie, że wykorzystanie metody FAPA-MS do procedury zabezpieczenia śladów ze zdarzenia i działań śledczych pozwala na typowanie potencjalnych miejsc nielegalnej produkcji materiałów wybuchowych oraz profilowania ich rodzaju.

#### **Uwagi ogólne i szczegółowe**

W pracy zaplanowano i zrealizowano szeroki zakres badań w różnej skali eksperymentalnej jak również z wykorzystaniem wyrafinowanych technik pomiarowych (rozdział 5), komunikatywnie je omówiono, skomentowano i sformułowano wnioski końcowe. Zróżnicowanie metod badawczych

wymagało od Autora umiejętnego połączenia wiedzy z różnych obszarów. Interpretacja wyników ze spektrometrii w podczerwieni (FT-IR), chromatografii gazowej sprzężonej ze spektrometrią mas (GC-MS) oraz spektrometrii mas z jonizacją FAPA wymagała opanowania dużych umiejętności eksperymentalnych i sprawia zwykle trudności nawet doświadczonym badaczom. Dodatkowo wybrane materiały badawcze i ich właściwości wybuchowe wraz z badaniami poligonowymi zawsze związane są z dużym niebezpieczeństwem i ryzykiem zagrożeń. Z opisem właściwości i usystematyzowaniem wiedzy z improwizowanych materiałów wybuchowych Autor poradził sobie w sposób wystarczający, by wyciągnąć prawidłowe wnioski, co pozwala uznać cel pracy za zrealizowany.

Wybrane przez Autora metody badań oceniam jako odpowiednie do sformułowanego celu pracy, natomiast szkoda, że ocena efektów pobudzania mieszanin była subiektywna i opierała się na obserwacji Autora w odniesieniu efektów wybuchu ładunku do ładunków pozostałych. Autor nie wykonał dodatkowo lub wybiórczo pomiarów zasięgu gęstości strumienia cieplnego czy rozkładu temperatury, zasięgów rażenia, a może będzie to element dalszych badań?

Doktorant analizował kinetykę zachodzących reakcji wewnątrz mieszanin HPOM stąd też proszę o skomentowanie/omówienie mechanizmu uzyskiwania właściwości wybuchowych przez owe mieszaniny, tj. czy właściwości wybuchowe pochodzą od wytworzonych substancji chemicznych, w tym nadtlenków organicznych w mieszaninie czy też od układu utleniacz-paliwo?

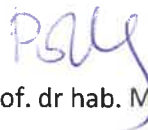
Zdarzenia z udziałem improwizowanych materiałów wybuchowych są jednymi z rodzajów substancji niebezpiecznych spotkanych na miejscu zdarzenia przez jednostki PSP. Stąd chciałabym, aby Autor wypowiedział się w tej sprawie podczas obrony pracy - jakie przykładowe środki ochrony osobistej czy biernej zarekomendowałby dla funkcjonariuszy PSP w celu zmniejszenia ich zagrożenia na miejscu zdarzenia.

#### **Wniosek końcowy**

Podsumowując moją opinię stwierdzam, że recenzowana dysertacja Pana mgr inż. Tomasza Otlowskiego pt.: „Improwizowane materiały wybuchowe (HME). Opracowanie procedur oceny zagrożenia, zabezpieczenia próbek i unieszkodliwiania” stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego, wskazuje na wysoki poziom wiedzy teoretycznej Kandydata z dyscypliny nauki chemiczne a także na umiejętności prowadzenia pracy naukowej. Przedmiotowa rozprawa doktorska, wnosi znaczący wkład w rozwój wiedzy w zakresie improwizowanych materiałów wybuchowych i nauk chemicznych.

Autor wykazał, że potrafi samodzielnie rozwiązać problemy naukowe i w sposób logiczny opisać badane zjawiska. Opiniowaną pracę uważam za wyróżniającą się i w całej rozciągłości spełniającą wszystkie warunki i wymagania stawiane rozprawom doktorskim określone w art. 187 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 roku Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce.

Wobec tego przedkładam Wysokiej Radzie Naukowej Dyscypliny Nauki Chemiczne UAM w Poznaniu wniosek o przyjęcie opiniowanej rozprawy i dopuszczenie Autora do publicznej obrony pracy doktorskiej. Jednocześnie, z uwagi na znaczne walory poznawcze i aplikacyjne pracy wnioskuję o jej wyróżnienie.



st. bryg. prof. dr hab. Marzena Półka

