

**PROTOKÓŁ**  
**z posiedzenia Komisji Doktorskiej powołanej przez**  
**Radę Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna Politechniki Poznańskiej**  
**w sprawie obrony rozprawy doktorskiej**  
**mgr. inż. Artura Mellerera**

*pt. System adaptacyjnego sterowania wybranym procesem produkcji  
z zastosowaniem technologii cyfrowych w średniej wielkości przedsiębiorstwie  
metalowym*

Na posiedzeniu Komisji Doktorskiej w dniu 17.04.2025 r. byli obecni:

**Przewodniczący Komisji:** dr hab. inż. Krzysztof Talaśka, prof. PP

**Członkowie:**

- dr hab. inż. Paweł Popielarski, prof. PP
- dr hab. inż. Piotr Paczos, prof. PP

**Promotor:** prof. dr hab. inż. Stanisław Legutko

**Promotor pomocniczy:** dr hab. inż. Marcin Suszyński

**Recenzenci:**

- prof. dr hab. inż. Anna Burduk, Politechnika Wrocławska
- prof. dr hab. inż. Józef Kuczmazewski, Politechnika Lubelska
- dr hab. inż. Izabela Rojek, prof. Uczelni, Uniwersytet Kazimierza Wielkiego w Bydgoszczy

**Sekretarz:** mgr inż. Natalia Wierzbicka

Nieobecna na posiedzeniu Komisji Doktorskiej: prof. dr hab. inż. Dorota Czarnecka-Komorowska

## **1. CZĘŚĆ PUBLICZNA**

Część publiczna posiedzenia w sprawie obrony rozprawy doktorskiej mgr. inż. Artura Mellerera odbyła się w dniu 17.04.2025 r. o godz. 12<sup>00</sup> w sali nr 208 gmachu Wydziału Inżynierii Mechanicznej Politechniki Poznańskiej ul. Piotrowo 3. Posiedzenie otworzył Przewodniczący Komisji – dr hab. inż. Krzysztof Talaśka, prof. PP, który powitał wszystkich zgromadzonych, przedstawił skład Komisji Doktorskiej, Recenzentów, Promotora. Po omówieniu przez Przewodniczącego Komisji przebiegu przewodu doktorskiego, Sekretarz Komisji – mgr inż. Natalia Wierzbicka odczytała życiorys Doktoranta.

W kolejnej części posiedzenia mgr inż. Artur Meller zaprezentował najważniejsze treści rozprawy doktorskiej, przedstawiając kolejno: wprowadzenie, przegląd stanu wiedzy, tezę, cel i zakres pracy, metodykę badań, wyniki badań, a także podsumowanie i wnioski.

Po zakończeniu wystąpienia mgra inż. Artura Mellerera, Przewodniczący Komisji poprosił Promotora o przedstawienie swojej opinii na temat pracy doktorskiej. Prof. dr hab.

inż. Stanisław Legutko przedstawił krótko problem naukowy i co zostało zrobione. Problem naukowy dotyczył relacji między poziomem informatyzacji z procesu produkcyjnego, a uzyskiwanymi efektami tego procesu określonymi przez kluczowe wskaźniki. Problem ten został rozwiązany.

Prof. dr hab. inż. Stanisław Legutko potwierdził, że przyjął pracę, wyrażając pogląd o przekonaniu na temat aktualności podejmowanego problemu badawczego oraz wartości poznawczej i utylitarnej uzyskanych wyników. Ponadto podsumował, że praca spełnia wymagania przepisów stosownej ustawy o nadaniu stopnia doktora nauk technicznych.

Następnie Przewodniczący Komisji poprosił Recenzentów o przedstawienie swoich recenzji rozprawy doktorskiej. W podsumowaniu Recenzenci stwierdzili, że przedstawiona rozprawa doktorska spełnia warunki ustawy o stopniach i tytule naukowym oraz w pełni spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim w dyscyplinie inżynieria mechaniczna i może być dopuszczona do publicznej obrony.

Recenzenci oświadczyli, że otrzymali pisemne odpowiedzi na zadane w recenzji pytania, z którymi się zgadzają, zatem podczas publicznej obrony poproszono o rozwinięcie tylko wybranych zagadnień. Mgr inż. Artur Meller w pierwszej kolejności odpowiedział na pytania od Pani Recenzent prof. dr hab. inż. Anny Burduk z Politechniki Wrocławskiej.

Pytanie - prof. dr hab. inż. Anna Burduk, Politechnika Wrocławska

Jakie kryteria przyjęto przy wyborze analizowanych trendów i innowacyjnych rozwiązań w sterowaniu procesem produkcji? Czy uwzględniono zarówno rozwiązania akademickie, jak i praktyczne wdrożenia przemysłowe?

Odpowiedź mgra inż. Artura Mellera

W procesie analizy trendów i innowacyjnych rozwiązań przyświecało mi interdyscyplinarne podejście, w którym równoważnie starano się zaprezentować zarówno perspektywę akademicką, jak i praktyczne aspekty wdrożeń przemysłowych. W konsekwencji podjęto próbę odzwierciedlenia aktualnego stanu wiedzy naukowej z jednoczesnym spojrzeniem na realne możliwości zastosowania prezentowanych rozwiązań wynikających z różnych potrzeb technologicznych czy operacyjnych przedsiębiorstw, w tym przede wszystkim uwzględniających specyfikę Fabryki Armatur Swarzędz. Selekcję oraz wybór trendów i innowacyjnych rozwiązań w obszarze sterowania produkcją przeprowadzono z uwzględnieniem następujących aspektów takich, jak m.in.: uniwersalność, skalowalność oraz możliwość integracji z istniejącymi systemami przedsiębiorstwa. Dodatkowo, nie bez znaczenia były także aspekty ekonomiczne, operacyjne i bezpieczeństwa wdrożeń.

Pytanie - prof. dr hab. inż. Anna Burduk, Politechnika Wrocławska

Czy podczas integracji systemu napotkano istotne trudności? Jeśli tak, to jakie działania podjęto w celu ich rozwiązania?

Odpowiedź mgra inż. Artura Mellera

Podczas integracji systemu napotkałem istotne trudności, które wynikały głównie z konieczności zapewnienia współdziałania różnych technologii informatycznych, zapewnienia płynnej wymiany danych oraz minimalizacji zakłóceń w bieżących procesach produkcyjnych. W szczególności dotyczyło to:

- problemów z migracją na nowe serwery niektórych systemów użytkowanych dotychczas w FAS, które nie były już wspierane przez producentów i nie posiadano do nich pełnej dokumentacji,
- niekompatybilności systemów sterowania i MES – uruchomione i użytkowane wcześniej w FAS systemy sterowania maszynami (PLC) opierały się na różnych standardach komunikacyjnych i wymagały ujednolicenia w celu skutecznej integracji z MES. Wykorzystywane maszyny i urządzenia przemysłowe stosowały różne protokoły transmisji danych, co utrudniało jednolite zarządzanie przepływem informacji,
- synchronizacji danych w czasie rzeczywistym – wysoka dynamika procesów produkcyjnych wymagała szybkiej i bezbłędnej wymiany danych, jednak początkowo występowały opóźnienia i niespójności w raportowanych informacjach,
- integracji MES z systemem ERP będącym w posiadaniu FAS – połączenie MES z systemami zarządzania zasobami przedsiębiorstwa wymagało opracowania interfejsów integracyjnych umożliwiających automatyczne przekazywanie danych o produkcji, zużyciu surowców i realizacji zamówień,
- zarządzanie dużą ilością danych – pojawiła się konieczność filtrowania, przetwarzania i analizowania ogromnych ilości danych zbieranych z maszyn i systemów w sposób, który nie wpływał negatywnie na wydajność operacyjną.

W celu rozwiązania napotkanych trudności podjęto następujące działania:

- stare niewspierane systemy uruchamiano na maszynach wirtualnych, często posiłkując się wiedzą ekspercką specjalistów zewnętrznych,
- przeprowadzono dokładne audyty zewnętrzne posiadanych systemów sterowania w urządzeniach i maszynach produkcyjnych w celu zidentyfikowania różnic w architekturze i protokołach komunikacyjnych,
- nawiązano współpracę z producentami systemów sterowania oraz integratorami, którzy posiadają doświadczenie w rozwiązaniach integracyjnych i standaryzacji komunikacji między systemami,
- wprowadzono jednolite, ustandaryzowane protokoły wymiany danych (w przypadku FAS było to OPC UA), umożliwiające ich spójną wymianę między różnymi urządzeniami i systemami,
- dokonano modernizacji i rozbudowy infrastruktury sieciowej, aby zapewnić wystarczającą przepustowość i niskie opóźnienia transmisji danych między urządzeniami i maszynami produkcyjnymi a GPD (Głównym Punktem Dystrybucji) w FAS,
- opracowano dedykowane interfejsy (API) umożliwiające automatyczną wymianę informacji między systemami. W tym celu wykorzystano standardowe protokoły komunikacyjne, takie jak REST API (Representational State Transfer Application Programming Interface), które zapewniły elastyczność i skalowalność rozwiązania,
- zastosowano narzędzia do analizy danych w czasie rzeczywistym (np. Apache), co umożliwiło filtrowanie i przetwarzanie informacji na bieżąco, zanim trafią one do GPD.

Pytanie - prof. dr hab. inż. Józef Kuczmarszewski, Politechnika Lubelska

Uważam, że Doktorant powinien dokładniej opisać istotę proponowanego modelu sterowania adaptacyjnego przedstawionego na rys. 4.9. Jak wynika z rysunku, efektem procesu monitorowania jest dynamiczna modyfikacja „Wyznaczanie celów”, co jest istotą sterowania adaptacyjnego. Dotyczy to zarówno celów strategicznych, taktycznych jak i operacyjnych. Uzyskane efekty zależą od czasu reakcji na symptomy zmian w procesie oraz personalizacji

odpowiedzialności za oczekiwaną reakcję. Doktorant wprawdzie napisał, że istnieją oprogramowane algorytmy decyzyjne, ale brak jest bliższej informacji o tych algorytmach.

Odpowiedź mgra inż. Artura Meller

Model sterowania adaptacyjnego opiera się na założeniu, że system sterowania nie funkcjonuje według sztywno zdefiniowanych celów i działań, lecz jest zdolny do dostosowywania się do zmieniających się warunków otoczenia oraz wewnętrznych uwarunkowań procesu. Niezbędnym elementem tego modelu jest ciągły proces monitorowania, umożliwiający identyfikację symptomów zmian wpływających na realizację celów systemu. Istotnym mechanizmem odróżniającym sterowanie adaptacyjne od tradycyjnych modeli sterowania jest sprzężenie zwrotne między monitoringiem a wyznaczaniem celów. W modelu tym proces wyznaczania celów nie jest jednorazowym aktem planistycznym, lecz ma charakter ciągły i iteracyjny. Na podstawie wyników monitorowania, cele — zarówno strategiczne, taktyczne, jak i operacyjne — mogą być w każdej chwili redefiniowane, korygowane lub uzupełniane, co pozwala systemowi na zachowanie spójności działań i efektywności w zmiennych warunkach. Oznacza to, że nie tylko działania operacyjne, ale również długofalowe kierunki rozwoju FAS mogą zostać dostosowane w odpowiedzi na zidentyfikowane zmiany i zagrożenia.

W ramach zrealizowanej rozprawy oprogramowany został model decyzyjny integrujący różne metody analityczne oraz reguły decyzyjne, wspierający podejmowanie decyzji na podstawie danych pomiarowych z procesu produkcji korpusu wodomierza. Wśród zastosowanych metod wspomagania decyzji znalazły się, m.in.:

- Drzewa decyzyjne — wykorzystane do klasyfikacji stanów produkcji na podstawie parametrów wejściowych i progów jakościowych,
- Reguły asocjacyjne — zastosowane do identyfikacji związków między cechami jakościowymi, a parametrami procesu (np. reguły typu: „jeśli występuje X i Y, to prawdopodobna jest wada Z”),
- Analiza trendów (np. analiza szeregów czasowych) — służąca do wykrywania nietypowych zmian w danych procesowych. Przedmiotem rozprawy nie były pojedyncze algorytmy decyzyjne, lecz zintegrowany model decyzyjny zawierający konkretne metody i mechanizmy wspomagania decyzji, zaimplementowany i przetestowany w kontekście rzeczywistego procesu produkcyjnego.

Pytanie - prof. dr hab. inż. Józef Kucmaszewski, Politechnika Lubelska

Dodatkowych wyjaśnień wymaga zależność (4.1), str. 75. Doktorant nie przywołuje źródła skąd zaczerpnął ten wzór, sądzę więc, że jest to wzór własny. W oparciu o jaki rozkład obliczono minimalną liczebność próby i czy jest on adekwatny do prowadzonych analiz?

Odpowiedź mgra inż. Artura Meller

Omyłkowo nie zamieściłem źródła wzoru, co oczywiście wymaga sprostowania.

Źródłem przywołanego wzoru jest praca: Lohr, S. L. (2010). Sampling: Design and Analysis (2nd ed.). Boston, MA: Brooks/Cole, Cengage Learning. ISBN: 9780495105275

Dodatkowo wyjaśniam, iż wzór (4.1) bazuje na rozkładzie normalnym, który jest powszechnie stosowany w estymacji liczebności próby, gdy analizowana cecha ma charakter



jakościowy. Przyjęta formuła uwzględnia skończoność populacji  $N$  (propozycja T. Yamane) oraz zaleca stosowanie konserwatywnego podejścia poprzez przyjęcie wartości frakcji  $p = 0.5$ , co zapewnia maksymalne wymagane rozmiary próby w warunkach niepewności, co do rzeczywistej wartości frakcji  $p$ . W rozprawie założono, że wartość frakcji jest nieznana - w takich przypadkach standardowym podejściem jest przyjęcie pesymistycznego założenia  $p = 0.5$ , które prowadzi do maksymalizacji wariancji i daje wymagające oszacowanie liczebności próby (liczność próby jest maksymalizowana). Rozkład normalny jest zaś asymptotycznym przybliżeniem rozkładu dwumianowego – gdy liczność próby jest dostatecznie duża. Zgodnie z centralnym twierdzeniem granicznym, rozkład estymowanej proporcji dąży do rozkładu normalnego.

Pytanie - dr hab. inż. Izabela Rojek, prof. Uczelni, Uniwersytet Kazimierza Wielkiego w Bydgoszczy

Na stronie 75 Doktorant wskazał, że do opracowania reguł wykorzystano między innymi drzewo decyzyjne CART. W rozprawie brakuje opisu, w jaki sposób wykorzystano to drzewo. Proszę o przedstawienie fragmentu pliku uczącego, postaci drzewa CART lub jego fragmentu oraz wykresu ważności atrybutów. Ponadto proszę wskazać, w jaki sposób z drzewa powstały reguły decyzyjne? W jakim środowisku drzewo zostało wygenerowane?

Odpowiedź mgr inż. Artura Mellera

Drzewo decyzyjne CART zostało zastosowane do analizy wpływu wybranych parametrów poszczególnych operacji na zmienną zależną (cechę zależną). Model CART pozwolił na identyfikację istotnych atrybutów mających wpływ na tę cechę krytyczną oraz na wyodrębnienie logicznych reguł. Przykładowo w operacji technologicznej cięcia pręta na odcinki, jako zmienną zależną (wynikową) przyjęto masę wstępniaka [g], zaś zmiennymi niezależnymi były: średnica pręta [mm] (jako czynnik zakłócający, którego sterowanie było niemożliwe – pręty są dostarczane z huty), prędkość cięcia [mm/s], siła docisku [N], kąt cięcia [stopnie] oraz ustawienie zderzaka [mm]. Model drzewa CART został wytrenowany na zbiorze danych zawierającym pomiary tych parametrów oraz odpowiadające im masy wstępniaków. Po wstępnej analizie danych w pliku uczącym (stanowił on 80% całego zbioru), zauważono, że masa wstępniaka zależy głównie od ustawienia zderzaka i średnicy pręta. Ponieważ sterowanie średnicą pręta było niemożliwe (pochodzą one z dostaw zewnętrznych), skupiono się na analizie wpływu ustawień zderzaka na masę wstępniaka. Następnie na podstawie struktury drzewa CART, reguły decyzyjne zostały wyodrębnione poprzez analizę ścieżek prowadzących od korzenia do liści. Każdy liść drzewa reprezentował określony zakres wartości masy wstępniaka oraz przypisaną do niego akcję korekcyjną. Reguły zostały zapisane w postaci warunkowej „jeżeli – to”, np.: Jeśli masa wstępniaków mieści się w przedziale , to od bieżącego ustawienia zderzaka odejmij 0,15 mm. W pracy reguły zostały zapisane w postaci tabelarycznej, tak aby mogły być wykorzystane w automatycznym systemie sterowania procesem cięcia. Jeśli system monitorujący wykryje odchylenia masy wstępniaka, automatycznie stosuje odpowiednie korekty ustawień zderzaka zgodnie z regułami. W przypadku przekroczenia krytycznych wartości masy, system komunikuje konieczność pomiaru średnicy prętów i decyzję o konieczności sortowania partii materiału

Recenzenci uznali odpowiedzi Doktoranta za zadowalające.

Przewodniczący Komisji otworzył część publiczną dyskusji, prosząc o zadawanie pytań Doktorantowi.

Pytanie - dr hab. inż. Olaf Ciszak, prof. PP

Proszę o rozwinięcie punktu „autonomiczności” w aspekcie prowadzonych badań i zaproponowanych rozwiązań dla skrawania w procesie produkcji korpusu wodomierza

Odpowiedź mgr inż. Artura Meller

Autonomiczność jest rozumiana, jako działanie w tle. System komputerowy pozyskuje i zbiera informacje oraz potrafi zasugerować użytkownikowi docelowe, prawdziwe rozwiązania. Na tym upatruję autonomiczne wspomaganie decyzji.

Pytanie - dr hab. inż. Marek Szostak, prof. PP

Jaka jest efektywność i koszt produkcji korpusu polimerowego i metalowego? Jaka jest opłacalność jeżeli czas produkcji korpusu polimerowego wynosi 45s.

Odpowiedź mgr inż. Artura Meller

Nie mam doświadczenia w produkcji korpusów polimerowych, ale czas obróbki mechanicznej korpusu metalowego wynosi 6s, więc nie jest to dużo, dodatkowo firma stosuje technologię kucia bezwypływkowego, więc oszczędność na materiale jest znaczna. Dodatkowo pojawia się nowe wyzwanie, z powodu regulacji Unii Europejskiej, żeby ograniczyć w stopach zawartość ołowiu. Redukcja ta spowoduje ogromne trudności z obróbką. Pod kątem wytrzymałości korpusy metalowe charakteryzują się lepszymi parametrami.

Pytanie - dr hab. inż. Marek Szostak, prof. PP

Jak z monitorowaniem pola magnetycznego korpusów?

Odpowiedź mgr inż. Artura Meller

Firma FAS nie zajmuje się monitorowaniem, ale wiem, że firmy zewnętrzne się tym zajmują. Firmy zajmują się tym kompleksowo, czyli poza dostarczeniem urządzenia pomiarowego dostarczają również cały system pomiarowy.

Pytanie - dr inż. Magdalena Hryb

Czy firma chciałaby rozszerzyć proces adaptacyjny na inne produkty? Dlaczego Doktorant skupił się na korpusie wodomierza?

Odpowiedź mgr inż. Artura Meller

To był pierwszy proces, mam nadzieję, że nie ostatni. Dlaczego korpus wodomierza? Bo jest najbardziej skomplikowany i jest wytwarzany na najbardziej zaawansowanych maszynach. Dodatkowo jego seryjność i powtarzalność jest bardzo duża. Efekt przez cyfryzację będzie najbardziej widoczny. Pozostałe procesy – myślę, że będziemy szli w tym kierunku, ale system musi być dopracowany. Teraz w FAS skupiamy się na cyfryzacji, co otworzyło kolejne możliwości. Dodatkowo rozwinął się dział magazynowania i kontroli jakości.

Pytanie - dr inż. Agnieszka Kujawińska

Jakie są ograniczenia systemu, czy można go wdrożyć do każdego procesu?

Odpowiedź mgra inż. Artura Mellera

Można, ale trzeba by go doprecyzować, ponieważ każdy proces technologiczny jest inny dla każdej grupy produktów. Są już podwaliny tego systemu, więc część może zostać przeniesiona na inne wyroby, ale w zależności od liczby produkowanych sztuk efekt może być dużo mniej satysfakcjonujący.

Osoby pytające i zebrani uznali odpowiedzi Doktoranta za zadowalające.

Po ostatniej odpowiedzi mgr. inż. Artura Mellera, Przewodniczący Komisji zapytał zebranych, czy nie mają więcej pytań do Doktoranta. Z powodu braku pytań, zamknięto jawną część obrony. Następnie Komisja Doktorska udała się do sali 224 gmachu Wydziału Inżynierii Mechanicznej Politechniki Poznańskiej na obrady części niejawnej.

## **2. CZĘŚĆ NIEJAWNA**

W części niejawnej posiedzenia Komisji Doktorskiej, które odbyło się w sali nr 224, Przewodniczący Komisji Doktorskiej poprosił o zabranie głosu przez Recenzentów, członków Komisji Doktorskiej, a następnie Promotorów pracy.

Prof. dr hab. inż. Anna Burduk, Politechnika Wrocławska, oceniła pracę pozytywnie, podkreśliła jej interdyscyplinarność. Zauważyła, że Doktorant jest pasjonatem i podkreśliła, że bardzo dobrze zaprezentował się podczas obrony.

Prof. dr hab. inż. Józef Kuczmazewski, Politechnika Lubelska pracę ocenił pozytywnie. Dodał również, że przebieg obrony zaskoczył go pozytywnie, zauważył, że Doktorant bardzo dobrze się zaprezentował, pomimo działań w przemyśle, a nie na uczelni.

Dr hab. inż. Izabela Rojek, prof. Uczelni, Uniwersytet Kazimierza Wielkiego w Bydgoszczy zauważyła ogrom pracy i oceniła pracę pozytywnie. Zgodziła się z przedmówcami odnośnie do bardzo dobrej prezentacji Doktoranta podczas obrony.

Dr hab. inż. Paweł Popielarski prof. PP ocenił pracę na bardzo wartościową, zwrócił uwagę na bardzo ładnie przebiegającą obronę, prezentację Doktoranta i obszerną pracę doktorską. Dodał również, że pozytywnie odbiera Doktoranta, który szczegółowo odpowiedział na wszystkie pytania nie tylko te sformułowane w recenzjach, ale również na pytania z sali. Zasugerował, że schematy zaprezentowane podczas prezentacji powinny być bardziej czytelne.

Dr hab. inż. Piotr Paczos, prof. PP ocenił Doktorata pozytywnie i zauważył, że jest on pełen pasji i chce dalej rozwijać swój system.

Prof. dr hab. inż. Stanisław Legutko, poinformował Komisję Doktorską, że praca była zmieniona po zaprezentowaniu jej na seminarium Rady dyscypliny Naukowej. Praca była przygotowywana w dyscyplinie Inżynieria Mechaniczna w związku z tym część informatyczna została trochę ograniczona. Doktorant wykazał się dojrzałością badawczą, pracowitością, a praca została oceniona pozytywnie.

Dr hab. inż. Marcin Suszyński zauważył ogrom pracy, którą doktorant włożył w bardzo obszerną pracę. Jest przekonany o bardzo wysokim poziomie pracy.

Dr hab. inż. Krzysztof Talaśka, prof. PP ocenił pracę pozytywnie.

Po wypowiedziach członków Komisji Doktorskiej, Przewodniczący Komisji zarządził tajne głosowanie Komisji nad wnioskiem do Rady Dyscypliny Inżynierii Mechanicznej Politechniki Poznańskiej o nadanie mgr. inż. Arturowi Mellerowi stopnia doktora nauk technicznych. W wyniku głosowania na 7 oddanych głosów stwierdzono 7 głosów popierających wniosek.

**W rezultacie głosowania Komisja postanowiła wystąpić do Rady Dyscypliny Inżynierii Mechanicznej Politechniki Poznańskiej o nadanie mgr. inż. Arturowi Mellerowi stopnia naukowego doktora nauk technicznych w dyscyplinie naukowej inżynieria mechaniczna.**

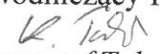
Na tym Komisja zakończyła obrady w części niejawniej.

Po zakończeniu obrad Komisja udała się do sali 208 (Rady Wydziału Inżynierii Mechanicznej Politechniki Poznańskiej), gdzie w obecności Doktoranta i wszystkich zebranych odczytano wyniki i złożono gratulacje mgr. inż. Arturowi Mellerowi, który następnie podziękował wszystkim obecnym na obronie.

Sekretarz Komisji

  
mgr inż. Natalia Wierzbicka

Przewodniczący Komisji

  
dr hab. inż. Krzysztof Talaśka, prof. PP