

RECENZJA

cyklu publikacji stanowiących osiągnięcie naukowe pt. "Rozwój i zastosowanie diagnostyk spektroskopowych w badaniach zanieczyszczeń plazmy oraz oddziaływaniach plazma-ściana w kontekście przyszłego reaktora termojądrowego" oraz ocena całokształtu działalności naukowo-badawczej i aktywności naukowej dr Moniki Kubkowskiej

Recenzja została sporządzona po powołaniu mnie przez Radę Naukową NCBJ na recenzenta w postępowaniu habilitacyjnym dr Moniki Kubkowskiej, kandydatki do stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk fizycznych w dyscyplinie fizyka.

Przedstawione zostało osiągnięcie naukowe pt. *"Rozwój i zastosowanie diagnostyk spektroskopowych w badaniach zanieczyszczeń plazmy oraz oddziaływaniach plazma-ściana w kontekście przyszłego reaktora termojądrowego"* wraz z ośmioma załącznikami:

- poświadczona kopia dyplomu doktora nauk fizycznych,
- autoreferat w języku polskim i angielskim,
- wykaz opublikowanych prac i osiągnięć naukowych w języku polskim i angielskim,
- publikacje stanowiące podstawę postępowania habilitacyjnego,
- oświadczenie współautorów,
- dane kontaktowe,
- kopie wniosku o wszczęcie postępowania habilitacyjnego.

Przedstawiając osiągnięcie naukowe w postaci jednotematycznego cyklu 16 publikacji dr Monika Kubkowska spełniła podstawowy warunek dopuszczenia do postępowania habilitacyjnego, zgodnie z obowiązującymi przepisami, a w szczególności art. 16, art. 18a i art. 21 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. nr 65 poz. 595 z późniejszymi zmianami) dotyczącymi postępowania habilitacyjnego.

1. Dane o kandydatce.

- Imię i Nazwisko: Monika Kubkowska
- Przebieg pracy zawodowej:

- 1.06 – 31.10.2007 – asystent w Instytucie Fizyki Plazmy i Laserowej Mikrosyntezy w Warszawie,
- 1.01.2008 – adiunkt w Oddziale Plazmy Laserowej w Instytucie Fizyki Plazmy i Laserowej Mikrosyntezy w Warszawie,
- 1.10.2010 – 31.03.2011 – p.o. kierownika Zakładu Fizyki i Technologii Termojądrowych w Oddziale Plazmy Laserowej w Instytucie Fizyki Plazmy i Laserowej Mikrosyntezy w Warszawie,
- 1.04.2011 – obecnie – kierownik Zakładu Fuzji Jądrowej i Spektroskopii Plazmy w Instytucie Fizyki Plazmy i Laserowej Mikrosyntezy w Warszawie,
- Rozwój naukowy:
 - Licencjat - 2001 na Wydziale Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego, tytuł pracy: *"Spektroskopia oddziaływań van der Waalsa"*.
 - Magister - 2003 na Wydziale Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego, tytuł pracy: *"Badania doświadczalne i teoretyczne skrzydeł linii rezonansowej cynku ($\lambda = 213.8$ nm) zaburzonej przez krypton"*.
 - Doktorat - 2007 na Wydziale Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego, tytuł pracy: *"Badania wybranych stanów elektronowych cząsteczek Na_2 , Li_2 , Zn_2 i $ZnKr$ metodami spektroskopii laserowej i klasycznej"*.

2. Omówienie osiągnięć naukowo-badawczych

Osiągnięcia naukowo-badawcze Habilitantki, usystematyzowane zgodnie z kryteriami z Rozporządzenia Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 1 września 2011 r.:

1. *Autorstwo lub współautorstwo publikacji naukowych w czasopiśmie znajdujących się w bazie Journal Citation Reports (JCR):*

- autorstwo i współautorstwo – łącznie **69** publikacji o współczynniku **IF** pomiędzy: 0.039 – 20.113;

2. *Wynalazki, wzory użytkowe i przemysłowe, które uzyskały ochronę i zostały wystawione na międzynarodowych i krajowych wystawach lub targach:*

- ;

3. *Autorstwo zrealizowanego oryginalnego osiągnięcia projektowego, konstrukcyjnego lub technologicznego:*

- ;

4. *Udzielone patenty międzynarodowe lub krajowe (w tym wynalazki, wzory użytkowe i przemysłowe, które uzyskały ochronę i zostały wystawione na międzynarodowych i krajowych wystawach lub targach):*
 - ,
5. *Autorstwo lub współautorstwo monografii, publikacji naukowych w czasopismach międzynarodowych lub krajowych innych niż znajdujące się w bazie Journal Citation Reports (JCR), dla danego obszaru wiedzy:*
 - łącznie **19-cie** z czego **4-ry** jako pierwszy autor;
6. *Autorstwo lub współautorstwo odpowiednio dla danego obszaru: opracowań zbiorowych, katalogów zbiorowych, dokumentacji prac badawczych i ekspertyz:*
 - łącznie **4-y** oraz coroczne raporty w latach 2008-2018;
7. *Sumaryczny impact factor publikacji naukowych według listy Journal Citation Reports (JCR), zgodnie z rokiem opublikowania:*

119.682;
8. *Liczbę cytowań publikacji według bazy Web of Science (WOS):*

Według stanu na dzień 23. 04. 2019: **521** cytowań ogółem, **374** bez autocytowań;
Obecnie: **678** cytowań ogółem, **517** bez autocytowań;
9. *Indeks Hirscha opublikowanych publikacji według bazy Web of Science (WOS):*

Według stanu na dzień 23. 04. 2019 - **12;**
Obecnie: według WOS – **13;** według SCOPUS – **15;**
10. *Kierowanie międzynarodowymi lub krajowymi projektami badawczymi lub udział w takich projektach:*
 - kierownik projektu – łącznie w **6-ciu;**
 - współwykonawca **13-tu** krajowych i międzynarodowych projektów badawczych w latach 2007 - 2018;
11. *Międzynarodowe lub krajowe nagrody i wyróżnienia za działalność naukową:*
 - łącznie **8-m** krajowych wyróżnień w formie stypendiów i nagród Dyrektora Jednostki oraz Rektora Uczelni;
 - Brązowy Krzyż Zasługi – 2016 rok – odznaczenie Prezydenta Rzeczypospolitej Polskiej;
12. *Wygłoszenie referatów (z wyróżnieniem zaproszonych) na międzynarodowych lub krajowych konferencjach tematycznych:*
 - **2** referaty zaproszone na międzynarodowe konferencje;

1. *"W7-X plasma diagnostics for impurity transport studies"* - International Conference and School on Plasma Physics and Controlled Fusion w Charkowie, Ukraina;
2. *"Study of Plasma-Wall interactions using pulsed lasers and plasma focus devices"* - International Conference on Research and Applications of Plasmas "Plasma-2017" w Warszawie, Polska;
 - 9 ustnych prezentacji konferencyjnych w kraju i za granicą;
 - aktywny udział w 12 –tu międzynarodowych i krajowych konferencjach naukowych;
 - współautor 30-tu prezentacji na międzynarodowych i krajowych konferencjach;
 - wygłoszone seminaria w kraju i za granicą, łącznie 13-cie;

Udział w komitetach organizacyjnych międzynarodowych i krajowych konferencji naukowych - : łącznie w 8-miu;

3. Osiągnięcia Habilitanta w zakresie dorobku dydaktycznego i popularyzatorskiego oraz współpracy międzynarodowej

1. Uczestnictwo w programach europejskich oraz innych programach międzynarodowych i krajowych:
 - łącznie w 5-ciu;
2. Udział w konsorcjach i sieciach badawczych:
 - łącznie w 7-miu;
3. Członkostwo w międzynarodowych i krajowych organizacjach oraz towarzystwach naukowych:
 - od 2018 – Zastępca Przewodniczącego Zarządu "Szekcji Fizyki Plazmy" PTF;
 - od 2015 – Zastępca Przewodniczącego Rady Naukowej IFPiLM;
4. Osiągnięcia w zakresie popularyzacji nauki:
 - prowadzenie wykładów z zakresu „Energetyka termojądrowa" studia 2-ego stopnia na Wydziale Mechanicznym Energetyki i Lotnictwa oraz na Wydziale Fizyki - PW;
 - opracowanie materiałów oraz skryptów do wykładów na Politechnice Warszawskiej;
 - Prowadzenie ćwiczeń w ramach studiów doktoranckich na Wydziale Fizyki - UW.
5. Opieka nad studentami:
 - opieka naukowa nad 2 studentami Wydziału Fizyki - UW;

- promotor pomocniczy w rozprawie doktorskiej *"Badanie plazmy przy użyciu systemu diagnostycznego PHA na stellaratorze Wendelstein W7-X"* - otwarty przewód doktorski, planowana obrona na 2020 rok;

6. Staże w zagranicznych i krajowych ośrodkach naukowych lub akademickich:

- kilkudniowe wyjazdy w ramach instalacji i uruchamiania diagnostyki na Stellaratorze W7-X, Niemcy;
- wyjazdy 10 dniowe w ramach kampanii eksperymentalnych na Stellaratorach W7-X, Niemcy, LHD, Japonia oraz na Tokamaku JET, Anglia;
- krótkie wizyty w ramach współprac międzynarodowych w ośrodkach naukowych w Japonii, Niemczech i Hiszpanii.

Wykonanie łącznie 7-miu recenzji w krajowych i międzynarodowych czasopismach naukowych. Członek Enabling Research Expert Panel w konsorcjum EUROfusion mające na celu dokonanie wstępnych ocen projektów naukowych składanych w ramach Call for Enabling Research Projekt proposals in Magnetic Confinement Fusion na lata 2019-2020.

4. Publikacje wchodzące w skład osiągnięcia naukowego.

- A-01 **M. Kubkowska**, P. Gasior, M. Rosinski, J. Wolowski, M.J. Sadowski, K. Malinowski, E. Skladnik-Sadowska, "Characterisation of laser-produced tungsten plasma using optical spectroscopy method", *European Physical Journal D* 54, 463 (2009).
- A-02 **M. Kubkowska**, E. Skladnik-Sadowska, K. Malinowski, M. J. Sadowski, M. Rosinski, P. Gasior, "Research on laser-removal of a deuterium deposit from a graphite sample", *Journal of Physics: Conference Series* 508, 012015 (2014).
- A-03 **M. Kubkowska**, P. Gasior, E. Kowalska-Strzęciwilk, E. Fortuna-Zalesna, J. Grzonka, L. Ciupinski, "Investigation of the irradiation effects on laser-removal and surface morphology of mixed material sample", *Journal of Nuclear Materials*, 438, S750 (2013).
- A-04 P. Gasior, M. Bieda, **M. Kubkowska**, R. Neu, J. Wolowski, ASDEXUpgrade Team, "Laser induced breakdown spectroscopy as diagnostics for fuel retention and removal and wall composition in fusion reactors with mixed-material components", *Fusion Engineering and Design* 86, 1239 (2011).
- A-05 S. Almaviva, L. Caneve, F. Colao, P. Gasior, **M. Kubkowska**, M. Łepek, G. Maddaluno, "Double pulse Laser Induced Breakdown Spectroscopy measurements on ITER-like samples", *Fusion Engineering and Design* 96-97, 848-851 (2015).

- A-06 S. Almaguer, L. Caneve, F. Colao, G. Maddaluno, N. Krawczyk, A. Czarnecka, P. Gasior, **M. Kubkowska** and M. Lepek, "Measurements of deuterium retention and surface elemental composition with double pulse laser induced breakdown spectroscopy, *Physica Scripta* T167, 014043 (2016).
- A-07 **M. Kubkowska**, E. Skladnik-Sadowska, R. Kwiatkowski, K. Malinowski, E. Kowalska-Strzęciwiłk, M. Paduch, M.J. Sadowski, T. Pisarczyk, T. Chodukowski, Z. Kalinowska, E. Zielinska, M. Scholz, M., "Investigation of interactions of intense plasma streams with tungsten and carbon fibre composite targets in the PF-1000 facility, *Physica Scripta*, T161, 014038 (2014).
- A-08 **M. Kubkowska**, "Study of plasma-wall interactions using pulsed lasers", *Proc. SPIE* 10808, *Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High-Energy Physics Experiments 2018*, 108084A.
- A-09 N. Krawczyk, J. Kaczmarczyk, **M. Kubkowska**, L. Ryć, "Comparison of silicon drift detectors made by Amptek and PNDetectors in application to the PHA system for W7-X, *Nukleonika* 61(4), 409-412 (2016).
- A-10 **M. Kubkowska**, A. Czarnecka, W. Figacz, S. Jabłoński, J. Kaczmarczyk, N. Krawczyk, L. Ryć, Ch. Biedermann, R. Koenig, H. Thomsen, A. Weller and W7-X team, "Laboratory tests of the Pulse Height Analysis system for Wendelstein 7-X, *Journal of Instrumentation* 10, P10016 (2015).
- A-11 N. Krawczyk, Ch. Biedermann, A. Czarnecka, T. Fornal, S. Jablonski, J. Kaczmarczyk, **M. Kubkowska**, F. Kunkel, K. J. McCarthy, L. Ryć, H. Thomsen, A. Weller and the W7-X team, "Commissioning and first operation of the pulse-height analysis diagnostic on Wendelstein 7-X stellarator", *Fusion Engineering and Design* 123, 1006-1010 (2017).
- A-12 **M. Kubkowska**, A. Czarnecka, T. Fornal, M. Gruca, N. Krawczyk, S. Jabłoński, L. Ryć, H. Thomsen, K. J. McCarthy, Ch. Biedermann, B. Buttenschön, A. Alonso, R. Burhenn, W7-X team, "First Results from the Soft X-ray Pulse Height Analysis System on Wendelstein 7-X stellarator", *Fusion Engineering and Design* 136, 58-62 (2018).
- A-13 N. Krawczyk, **M. Kubkowska**, A. Czarnecka, S. Jablonski, M. Gruca, T. Fornal, L. Ryć, H. Thomsen, G. Fuchert and the W7-X team, "Electron temperature estimation using the Pulse Height Analysis system at Wendelstein 7-X stellarator", *Fusion Engineering and Design* 136, 1291-1294 (2018).

- A-14 **M. Kubkowska**, A. Czarnecka, T. Fornal, M. Gruca, S. Jabłoński, N. Krawczyk, L. Ryć, R. Burhenn, B. Buttenschön, B. Geiger, O. Grulke, A. Langenberg, O. Marchuk, K. J. McCarthy, U. Neuner, D. Nicolai, N. Pablant, B. Schweer, H. Thomsen, Th. Wegner, P. Drews, K.-P. Hollfeld, C. Killer, Th. Krings, G. Offermanns, G. Satheeswaran, F. Kunkel, and W7-X team, "Plasma impurities observed by a pulse height analysis diagnostic during the divertor campaign of the Wendelstein 7-X stellarator", *Review of Scientific Instruments* 89, 10F111 (2018).
- A-15 **M. Kubkowska**, B. Buttenschön, A. Langenberg and the W7-X team, "W7-X plasma diagnostics for impurity transport studies", *Problems of Atomic Science and Technology*, No. 6, Series: Plasma Physics (118), 312 (2018).
- A-16 **M. Kubkowska**, T. Fornal, J. Kaczmarczyk, H. Thomsen, U. Neuner, A. Weller and the W7-X team, "Conceptual design of the multi-foil system for the stellarator W7-X", *Fusion Engineering and Design* 123, 811-815 (2017).

5. Szczegółowe omówienie treści recenzowanych prac wchodzących w skład osiągnięcia naukowego.

W pracy [A-01] zaprezentowano wyniki badań oddziaływania impulsów laserowych (Nd:YAG o energii 0.5 J i czasie trwania impulsu 3 ns) z materiałem, w tym przypadku wolframem, który jest przewidziany jako materiał konstrukcyjny elementów wewnętrznych tokamaka. Za pomocą prostych diagnostyk, Habilitantce udało się określić stan jonizacji plazmy generowanej laserem jak również średnią energię powstałych jonów wolframu. Zgromadzenie takich informacji jest istotne w przypadku poprawnego działania urządzeń fuzyjnych, ponieważ generowane w wyniku nagłej depozycji ciepła na ściankach jony zaburzają wytworzoną plazmę oraz wpływają na transport zanieczyszczeń. W wyniku nadtopienia materiału do plazmy mogą przedostać się krople materiału, które mogą prowadzić do zerwania sznura plazmy i do uszkodzenia elementów wewnętrznych komory.

Kolejna praca [A-02] przedstawia możliwości badania retencji paliwa i jego usuwania z próbek materiału (grafit) pochodzącego z tokamaka TEXTOR, przy użyciu lasera o odpowiednich parametrach tzn. gęstości mocy i długości fali, aby uniknąć ewentualnych uszkodzeń podłoża próbki. W prezentowanej pracy deuter (paliwo) rejestrowane było w widmach uzyskanych z około 50 impulsów laserowych o gęstości mocy $0.7-1 \times 10^9$ W/cm². Wykazano iż deuter wnikał na głębokość do 150 μm, co zostało potwierdzone również badaniami materiałowymi. Habilitantka zwróciła uwagę na fakt, iż zastosowanie laserów jest wskazane do monitorowania występowania paliwa zgromadzonego wewnątrz ściany

tokamaka oraz że mogą być zastosowane jako diagnostyka do usuwania odkładających się warstw zanieczyszczeń, np. aby uniknąć w przyszłości do niestabilności sznura plazmowego.

W pracy [A-03] kontynuowano powyższe badania, jednakże Habilitantka zdecydowała się na zastosowanie lasera światłowodowego (Yb:fiber) o znacznie mniejszej energii tj. 1 mJ o dłuższym czasie trwania impulsu 100-150 ns, ale o wysokiej częstotliwości repetycji dochodzącej do wartości 100 kHz w porównaniu do zastosowanego w pracy [A-02] lasera nanosekundowego. Jako próbki zastosowano aluminium (Al) z warstwą aluminium, węgla (C) i wolframu (W). Symulowała ona odkładane warstwy zanieczyszczeń w tokamaku o znanym składzie. Głównym celem pracy, był odpowiedni dobór parametrów lasera światłowodowego, tak aby proces usuwania warstw ko-depozytu, minimalizował proces niszczenia podłoża.

W kolejnej pracy [A-04] skoncentrowano się na innym parametrze, a mianowicie na informacji o składzie chemicznym badanego materiału. Habilitantka wraz ze współpracownikami, do diagnostyki retencji paliwa oraz do wyznaczenia składu badanych materiałów, zastosowała metodę LIBS. Jako badane próbki zastosowano między innymi dwie płyty grafitowe z warstwą wolframu, odpowiednio o grubości 4 μm i 200 μm , które pochodziły z obszaru diwertora urządzenia tokamaka ASDEX Upgrade. W tym przypadku zaobserwowano, iż warstwa z paliwem (deuter) w analizowanych próbkach okazała się znacznie cieńsza i bez względu na grubość warstwy wolframu wynosiła około 1 μm . Przebadano również próbki zawierające warstwy wolframu, węgla i aluminium w różnym składzie procentowym. Na podstawie widm optycznych, które mierzono za pomocą metody LIBS, zaproponowano tzw. syntetyczny współczynnik zawartości, który wyrażał stosunek sumy natężeń charakterystycznych linii widmowych danego pierwiastka do sumy natężeń wszystkich obserwowanych linii zidentyfikowanych pierwiastków i wykazał dobrą korelację z zawartością pierwiastków w warstwach o różnych proporcjach składników. Dodatkowo w pracy [A-04] sprawdzono zależności między retencją paliwa a efektywnością jego usuwania, w stosunku do procentowej zawartości pierwiastków tworzących warstwy. Wykazano, iż nie ma istotnych różnic pomiędzy początkową zawartością wodoru, a ilością impulsów laserowych, które są konieczne do usunięcia paliwa z warstwy materiału, co stanowi istotny wynik z punktu widzenia opracowania technik de-trytacji dla przyszłych urządzeń fuzyjnych.

W pracach [A-05, A-06] zaproponowano metodę z tzw. podwójnym impulsem (DP LIBS). W opisanej metodzie zastosowano dwa współliniowe impulsy laserowe, z tym że jeden od drugiego oddzielony jest czasowo od 100 ns do nawet kilku ms, w zależności od warunków eksperymentalnych. Badanymi elementami były między innymi próbki

wolframowe, pokryte ok. 3- μm warstwą mieszaniny wolframu-węglu-aluminium z dodatkową zawartością deuteru. Aby wyznaczyć zawartość poszczególnych elementów w warstwie zastosowano metodę „calibrationfree”, dzięki której możliwa była analiza ilościowa na podstawie intensywności obserwowanej linii widmowej, co umożliwiło wyznaczenie względnej koncentracji poszczególnych pierwiastków, wchodzących w skład badanej próbki. Z wykresu Boltzmana wyznaczono temperaturę plazmy zaś z poszerzenia Starka dla linii aluminium, wyznaczono koncentrację elektronową. Na podstawie uzyskanych wyników uzyskano procentowe stężenia atomowe wolframu, węgla i aluminium, które co warto zaznaczyć, zgodne były z wynikami pomiarów wykonanych niezależnie metodą mikroanalizy rentgenowskiej. Dzięki zastosowaniu metody „calibrationfree” oszacowano również zawartość paliwa -wodoru na poziomie ok. 1.8 %, oraz -deuteru na poziomie 0.95 %. Początkowa zawartość deuteru była na poziomie kilku procent, co odpowiadało powierzchniowej gęstości deuteru $< 10^{18}$ atomówD/cm². W momencie badań stężenie deuteru znacząco zmniejszyło się w wyniku spontanicznego uwalniania gazu z cienkich warstw (odstęp czasowy wynosił 2 lata). Stosowalność metody Habilitanka postanowiła potwierdzić przy użyciu spektrometru o wysokiej zdolności rozdzielczej $\lambda/\Delta\lambda = 50\,000$ (ISA 550 Jobin–Ivon). Uzyskane wyniki zostały przedstawione w pracy [A-06].

Praca [A-07] jest kontynuacją zagadnień związanych z wykorzystaniem impulsów laserowych do badań oddziaływania PWI w urządzeniach fuzyjnych. W omawianej pracy opisano zastosowanie laserów jako metody diagnostycznej w połączeniu ze spektroskopią optyczną, przydatnej do wyznaczania składu powierzchni materiałów oraz do usuwania zanieczyszczeń osadzających się na ściankach komory w tokamakach.

W pracy [A-08] Habilitantka zaprezentowała inny rodzaj układu z magnetycznym utrzymaniem plazmy, a mianowicie Plasma-Focus (PF-1000), który również spełnia wszystkie warunki niezbędne do prowadzenia badań PWI w programach fuzyjnych. Przy użyciu wielo-kadrowej interferometrii laserowej, określono wartość gęstości energii strumieni plazmy na poziomie 1-3 MJ/m², która jest wystarczająca w zjawiskach ablacji materiału tarczy, potwierdzając w ten sposób powyższe stwierdzenie. W pracy pokazano różnice w oddziaływaniu strumieni plazmy z próbkami wolframu i węgla typu CFC (jako planowane materiały konstrukcyjne diwertora w tokamaku ITER). Uzyskane wyniki uwzględniono na etapie konstrukcyjnym tokamaka ITER i ostatecznie zrezygnowano z węgla, który w badaniach wykazał znacznie większą podatność na erozję.

Równoległe do badań poświęconych PWI i przedstawionych w pracach [A-01 - A-08], Habilitantka w ramach projektu, prowadziła prace związane z rozwojem dwóch diagnostyk

spektroskopowych: systemu analizy amplitudy sygnału (PHA) oraz systemu wielokanałowego (MFS) dla stellaratora Wendelstein 7-X. Trudność zadania polegała na odpowiednim doborze detektorów, które mają rejestrować widma w szerokim zakresie energetycznym, umożliwiającym identyfikację zarówno lekkich jak i cięższych zanieczyszczeń plazmy oraz umożliwić wyznaczenie temperatury elektronowej z promieniowania ciągłego występującego przy energii powyżej 4 keV. Wstępne porównanie wybranych detektorów (detektory krzemowe typu SDD) oraz ich testy laboratoryjne, przedstawione zostały w pracy [A-09].

Przygotowany system pomiarowy (PHA) dedykowany dla stellaratora W7-X zawierający wybrane detektory po przetestowaniu w laboratorium, Habilitantka zaprezentowała w pracy [A-10]. Główne zadania diagnostyki PHA to między innymi: identyfikacja zanieczyszczeń plazmy oraz badanie ich zachowania w różnych warunkach eksperymentalnych, wyznaczanie koncentracji, temperatury elektronowej oraz określanie efektywnego ładunku plazmy Z_{eff} . Warto tutaj zaznaczyć, iż diagnostyka PHA była jedną z pierwszych diagnostyk, które uruchomiono w pierwszej fazie działania układu Stellaratora W7-X a Habilitantka była osobą za nią odpowiedzialną.

W kolejnej pracy [A-11] kontynuowano prowadzenie szeregu testów, polegających głównie na zoptymalizowaniu ustawień kanałów diagnostyki PHA.

Pierwsze wyniki uzyskane na podstawie analiz widm z PHA przedstawiono w kolejnych pracach [A-12, A-13]. Należy zwrócić uwagę na fakt, iż obliczone z widm wartości T_e w granicach błędu zgodne były z innymi diagnostykami i mogą być pomocne przy weryfikacji wartości temperatury centralnej, ponieważ nie powinna ona być wyższa niż wartość określona za pomocą systemu PHA. W ten sposób opracowana przez Habilitantkę diagnostyka PHA okazała się jedną z najważniejszych diagnostyk, zaliczanych do tak zwanych diagnostyk monitorujących zanieczyszczenia w plazmie centralnej.

Kolejna kampania eksperymentalna została wykorzystana przez Habilitantkę do dalszej optymalizacji kolejnych kanałów systemu PHA, umożliwiających pomiar z każdego kanału innego rodzaju zanieczyszczenia. W kolejnej pracy [A-014] zaprezentowano uzyskane wyniki oraz przedstawiono metodę przeliczania zarejestrowanych zliczeń (fotonów) na wartość emisyjności, która wyrażana jest w W/m^3eV . Dzięki temu udało się Habilitantce określić koncentracje obserwowanych zanieczyszczeń a dodatkowo, co zasługuje na wyróżnienie, umożliwiło dokonanie kalibracji pozostałych diagnostyk, obserwujących te same linie spektralne. Poprawiono zdolność rozdzielczą systemu, poprzez dobranie

odpowiednich parametrów, co zaowocowało dokładniejszą analizą czasów zaniku różnych domieszek.

W pracy [A-15] Habilitantka przedstawiła opis problemów związanych z transportem zanieczyszczeń w plazmie, oraz dokonała przeglądu literatury i omówiła główne diagnostyki wykorzystywane w takich badaniach. Skoncentrowała się głównie na systemie PHA, spektrometrze promieniowania w obszarze VUV oraz spektrometrze do obrazowania promieniowania rentgenowskiego opartego na wykorzystaniu kryształu Bragga. Opisane diagnostyki uzupełniają się wzajemnie, co umożliwia dokonanie weryfikacji zgodności wyników.

Praca [A-16] poświęcona została nowej diagnostyce, która obecnie znajduje się w fazie koncepcyjnej. System wielo-filtrowy MFS, bazuje na absorpcji filtrów o różnej grubości i służy do wyznaczania temperatury elektronowej na podstawie rejestrowanej intensywności promieniowania. Również i w tym przypadku, Habilitantka pełni w nim funkcję kierownika diagnostyki. W omawianej pracy szczegółowo opisano koncepcje działania systemu MFS, w którym rejestrowane promieniowanie rentgenowskie będzie monitorowane dzięki zastosowaniu aż 40 detektorów, umieszczonych w 5 rzędach i 8 kolumnach. Każdy detektor w rzędzie będzie obserwował inny obszar plazmy, natomiast 8 detektorów w każdej kolumnie będzie obserwowało ten sam obszar, ale w różnym przedziale energetycznym, dzięki zastosowaniu 8 filtrów berylowych o różnej grubości. Zaproponowana przez Habilitantkę metoda dekonwolucji rejestrowanych sygnałów, pozwoli uzyskać informację o temperaturze elektronowej w plazmie.

6. Wniosek końcowy

Cykl załączonych prac przedstawia rozwój i zastosowanie metod spektroskopowych do badań oddziaływań plazmy ze ścianką [A-01 - A-08] oraz badań zanieczyszczeń i ich zachowania w plazmie [A-09 - A-16], w kontekście badań fuzyjnych. Zrozumienie procesów oddziaływania cząstek w plazmie, analiza erozji wewnętrznych ścian reaktora czy transportu zanieczyszczeń w plazmie i retencji paliwa ma kluczowe znaczenie dla poprawnego działania układów z punktu widzenia budowanego obecnie reaktora ITER. Rozwiązanie tych zagadnień w dużej mierze wpłynie na czas eksploatacji urządzeń fuzyjnych i na jakość syntezy jądrowej. Na szczególną uwagę zasługuje fakt, iż Habilitantka pokazała możliwości zastosowania impulsów laserowych (przy odpowiednio dobranych parametrach), zarówno w procesie usuwania paliwa i warstwy zanieczyszczeń ze ściany reaktora, jak również w laboratoryjnym symulowaniu oddziaływań PWI. Ponadto, Habilitantka wykazała możliwość zastosowania

laserowo indukowanej spektroskopii emisyjnej LIBS jako diagnostyki do monitorowania składu powierzchni elementów wewnętrznych reaktora plazmowego. Należy tutaj zaznaczyć, iż zaproponowana przez Habilitantkę diagnostyka LIBS z podwójnym impulsem jest obecnie testowana na makiecie tokamaka FTU we Włoszech. Równolegle do badań poświęconych PWI, Habilitantka prowadziła prace związane z rozwojem dwóch diagnostyk spektroskopowych (PHA oraz MFS) dedykowanych dla stellaratora Wendelstein 7-X, obecnie największego na świecie stellaratora w konfiguracji magnetycznej helias. Zaprezentowane zostały wszystkie etapy, od momentu powstania koncepcji, poprzez wybór odpowiednich detektorów i komponentów systemu pomiarowego, testy laboratoryjne, instalacje aparatury w omawianym urządzeniu plazmowym, jej uruchomienie i ostatecznie uzyskanie pierwszych wyników, potwierdzonych innymi diagnostykami.

Prezentowane w dorobku naukowym prace realizowane były w zespołach badawczych, stąd prace wieloautorskie, jednak jak wynika z dołączonych oświadczeń wkład Habilitantki w powyższe prace był fundamentalny w szczególności udział w eksperymentach od momentu przygotowania diagnostyki, po zbieranie danych uzyskanych podczas eksperymentu oraz ich późniejszą analizę. W ponad połowie prac Habilitantka jest pierwszą autorką, ponieważ jej wkład w ich przygotowanie był największy.

Habilitantka wykazała bardzo dużą aktywność w zakresie dydaktyki i popularyzacji fizyki. Wygłosiła ponad 70h wykładów poświęconych energetyce termojądrowej. Sprawowała opiekę naukową nad studentami, którzy odbywali praktyki w IFPiLM-e oraz jest promotorem pomocniczym pracy doktorskiej pt. *"Badanie plazmy przy użyciu systemu diagnostycznego PHA na stellaratorze Wendelstein W7-X"*.

Ponadto Habilitantka wykonała kilka recenzji publikacji naukowych znajdujących się na liście filadelfijskiej oraz materiałów konferencyjnych. Była współautorką ekspertyz w zakresie stanu prawnego i politycznego dotyczącego badanego obszaru fuzji termojądrowej jak również w zakresie mocnych i słabych stron samych badań poświęconych energetyce termojądrowej w Polsce.

Wykazała zaskakująco dużą aktywność prezentując swoje osiągnięcia na wielu międzynarodowych konferencjach i sympozjach. Uzyskała łącznie osiem krajowych wyróżnień w formie stypendiów i nagród Dyrektora Jednostki oraz Rektora Uczelni, a z rąk Prezydenta Rzeczypospolitej Polskiej otrzymała Brązowy Krzyż Zasługi.

Stwierdzam, iż w mojej ocenie Habilitantka spełnia wymagania, jakie zgodnie z przepisami muszą spełniać kandydaci do stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk fizycznych. Biorąc pod uwagę fakt, iż jednym z najważniejszych elementów w przewodzie

habilitacyjnym jest dorobek naukowy zawarty w recenzowanych publikacjach, zawarte prace są wysoce istotne i wskazują na uzyskanie przez dr Monikę Kubkowską samodzielności naukowej, nie tylko w wyborze tematyki badań, ale również w podejmowaniu prac doświadczalnych. Dodatkowo chciałabym zaznaczyć, iż uważam dr Monikę Kubkowską za specjalistę w dziedzinie spektroskopii, posiadającą jednocześnie cenne zdolności organizacyjne i talenty popularyzatorskie, w związku z powyższym **wyrażam pozytywną opinię w sprawie nadania dr Monice Kubkowskiej stopnia doktora habilitowanego.**



dr hab. Aneta Malinowska