

Dr hab. Łukasz Wyrzykowski
Obserwatorium Astronomiczne
Uniwersytetu Warszawskiego
Al. Ujazdowskie 4
00-478 Warszawa
tel. +48-22-553-05-07 w.130
e-mail: lw@astrouw.edu.pl

Warszawa, 9.kwietnia 2018r.

Ocena osiągnięcia naukowego i dorobku naukowego
dr. Rodolfo H. Silva Smiljanic
według wniosku o nadanie stopnia doktora habilitowanego

Ocena osiągnięcia naukowego

W skład przedstawionego do recenzji osiągnięcia naukowego dr. Rodolfo Smiljanica pt. **“Wpływ dokładnych parametrów atmosferycznych i obfitości pierwiastków chemicznych na zrozumienie procesów mieszania w gwiazdach”** wchodzi 5 publikacji:

P1. Smiljanic R., *On the sodium overabundance of giants in open clusters: the case of the Hyades*, (2012), MNRAS, 422, 1562

P2. Smiljanic R., Korn A. J., Bergemann M., Frasca A., Magrini L., i in., *The Gaia-ESO Survey: The analysis of high-resolution UVES spectra of FGK-type stars*, (2014), A&A, 570, A122.

P3. Dutra-Ferreira L., Pasquini L., Smiljanic R., Porto de Mello G. F., Steffen M., *Consistent metallicity scale for cool dwarfs and giants. A benchmark test using the Hyades*, (2016), A&A, 585, A75

P4. Smiljanic R., Romano D., Bragaglia A., Donati P., Magrini L., i in., *The Gaia-ESO Survey: Sodium and aluminium abundances in giants and dwarfs. Implications for stellar and Galactic chemical evolution*, (2016), A&A, 589, A115

P5. Smiljanic R., Franciosini E., Randich S., Magrini L., Bragaglia A., et al., *The Gaia-ESO Survey: Inhibited extra mixing in two giants of the open cluster Trumpler 20?*, (2016), A&A, 591, A62

Wszystkie publikacje ukazały się w periodykach astronomicznych o wysokim profilu, przede wszystkim w europejskim *Astronomy & Astrophysics* (*impact factor* około 5) oraz brytyjskim MNRAS (*impact factor* około 5). Sumaryczna liczba cytowań tych prac w marcu 2018 to 145, z czego P2 zebrała już aż 95 cytowań (P1: 19 cytowań, P2: 95 cytowań, P3: 10 cytowań, P4: 18 cytowań, P5: 3 cytowania).

Praca P1 jest pracą jedno-autorską, co jest stosunkowo rzadkim zjawiskiem w dzisiejszej astronomii. Dotyczy ona problemu niezgodności obfitości pierwiastka sodu (Na) obserwowanych w atmosferach gwiazd w porównaniu z przewidywaniami teoretycznymi. Istnienie tej rozbieżności wymuszałoby istnienie jakiegoś nowego nieznanego do tej pory procesu mieszania wewnątrz gwiazd. Doktor Smiljanic przeprowadził analizę widm kilku olbrzymów gromady Hiady i wyznaczył średnią zawartość sodu, zwracając szczególną uwagę na poprawne wyznaczenie punktu zerowego tej obfitości. Dodatkowym wsparciem do analizy Smiljanica były pomiary paralaks gwiazd badanej gromady przez satelitę Hipparcos oraz znajomość rozmiarów olbrzymów badanej gromady na podstawie obserwacji interferometrycznych. Wyznaczone dzięki temu niezależnie parametry podstawowe gwiazd (temperatura i przyspieszenie grawitacyjne) pozwoliły na dokładne skalibrowanie uzyskanych parametrów gwiazdowych, w tym badanej obfitości sodu. Uzyskane wyniki zostały porównane z pomiarami w innych gromadach, wykonanych wcześniej przez Habilitanta, oraz z różnymi modelami teoretycznymi. Pomiar Smiljanica zgadza się z dużą dokładnością z modelami uwzględniającymi tzw. epizod wynoszenia (ang. *dredge-up*). Wynik ten jest istotny ze względu na poprawne rozumienie ewolucji gwiazd i procesów zachodzących w ich wnętrzach. Dzięki bardzo starannemu podejściu

do analizy danych empirycznych Habilitant pokazał, iż nie ma konieczności wprowadzania zbędnych epicykli do modeli gwiazdowych.

W podsumowaniu pracy P1 autor zwraca uwagę na rozbieżność między wynikami uzyskanymi dla karłów i olbrzymów, czego dotyczyć będzie następna praca składająca się na osiągnięcie habilitacyjne, P3. Publikacja ta została przygotowana przez Leticie Dutre-Ferreire, doktorantkę w ESO, której Habilitant był promotorem pomocniczym. Pracę P3 można było z powodzeniem znumerować P2, ze względu na ciągłość podjętej tematyki, jednakże wybrana została numeracja chronologiczna.

W **pracy P3** autorzy zbadali gwiazdy gromady Hiady, która świetnie nadaje się do różnego rodzaju testów teorii ewolucji gwiazdowej i składu chemicznego. Gromada Hiady została użyta do porównania obfitości pierwiastków w gwiazdach o jednakowym wieku ale na różnych etapach ewolucji, mianowicie w karłach i olbrzymach. Wcześniejsze porównania składu tych dwóch grup gwiazd w Galaktyce sugerowały trudne do wyjaśnienia rozbieżności, które okazały się jednak poważnymi błędami we wcześniejszej analizie. Badania nad składem chemicznym karłów oraz olbrzymów mają ogromne znaczenie w zrozumieniu mechanizmów formowania się planet wokół tych gwiazd. Obserwowana i ogólnie przyjęta tendencja do występowania planet wokół gwiazd bardziej metalicznych została zakwestionowana wraz z wykryciem przypadków olbrzymów z planetami o mniejszej metaliczności. Praca P3 miała właśnie na celu sprawdzenie obserwowanej rozbieżności. W dużej mierze korzystano z metodologii wprowadzonej przez dr. Smiljanica w pracy P1 do wyznaczenia parametrów olbrzymów. Uzupełniono to metodami dodatkowymi, w tym nowatorskimi, takimi jak np. kalibracja parametru mikroturbulencji w oparciu o modele atmosfery gwiazdowych, oraz standardowymi metodami spektroskopowymi z wykorzystaniem list linii żelaza. W wyniku otrzymano spójne wartości metaliczności, czego należało oczekiwać dla młodej gromady gwiazd, w której nie zdążyły jeszcze pojawić się dodatkowe efekty zaburzające podobną metaliczność wszystkich gwiazd. Autorzy wykazali w ten sposób, że możliwe jest otrzymanie dokładnych pomiarów parametrów olbrzymów i karłów jednocześnie, a przedstawione metody tych pomiarów mogą mieć szerokie zastosowanie w podobnych badaniach.

Praca P2 została przygotowana w większym zespole badawczym, w ramach projektu *Gaia-ESO*. Doktor Smiljanic jest współkoordynatorem grupy roboczej WG11 w ramach tego projektu i publikacja P2 jest właśnie wynikiem prac tej grupy pod kierownictwem Smiljanica. Głównym jej celem było przygotowanie jednorodnych narzędzi do opracowywania danych tak wielkoskalowego przeglądu spektroskopowego jakim jest *Gaia-ESO*. Autorzy przedstawili i przetestowali cztery metody do kalibracji obserwacji spektroskopowych, niezbędne do dalszego działania przeglądu i jemu podobnych. Wybrane zostały również obiekty referencyjne, tj. gwiazdy w gromadach lub gwiazdy o parametrach wyznaczonych na podstawie innych metod niż spektroskopowe. Starannie wybrany zestaw gwiazd odniesienia jest niezbędny do uzyskania dokładnych wyników dla parametrów badanych gwiazd. Warto zaznaczyć jest fakt iż Habilitant przygotował specjalne oprogramowanie, wykorzystywane w przeglądzie *Gaia-ESO* służące do określania uzyskanej dokładności wyznaczenia parametrów astrofizycznych gwiazd. Przygotowane metody działają w szerokim zakresie temperatur oraz metaliczności, co czyni je bardzo uniwersalnymi.

Kolejna praca, **P4**, jest kontynuacją badań podjętych w pracy P1 nad gromadą Hiady i jej rozszerzeniem na inne gromady. Tym razem zbadane zostały obfitości pierwiastków Na i Al, co do obfitości których do tej pory pojawiały się rozbieżności w literaturze. Poprawnie wyznaczone zawartości Na i Al w gwiazdach są niezbędne do zweryfikowania modeli ewolucyjnych. Zbadanych zostało 6 gromad o różnym wieku i uzyskano dobrą zgodność obfitości Na w funkcji masy olbrzymów z oczekiwaniami teoretycznymi. Jedna gromada (NGC2243) okazała się mieć wyraźną nadwyżkę sodu, co Autor tłumaczy możliwością wzbogacenia chemicznego gromady przez ewolucję Galaktyki. Aby zwiększyć dostępną próbkę, Habilitant rozszerzył ją o dane dostępne w literaturze, gdzie masy olbrzymów zostały wyznaczone metodami astrosejsmologicznymi. Dane z literatury zostały poddane niezbędnej korekcie wyznaczonych tam obfitości Na i dopasowaniu do używanej skali. Potwierdzona została zależność obfitości Na z masą, co dodatkowo wzmacnia pewność co do dokładności otrzymanych wcześniej wyników. Potwierdzone zostały modele gwiazdowe przewidujące wzrost zawartości sodu w masywnych olbrzymach dla mas większych niż 2 masy Słońca.

Badania nad zawartością aluminium dla tych gromad również pokazały dobrą zgodność z modelami, przy założeniu, że efekty non-LTE są rzędu obserwowanego systematycznego odstępstwa. Wszystkie gromady, poza jedną, pokazały zgodność zawartości Al, stąd wysnuto wniosek, że ewolucyjne procesy mieszania nie odgrywają roli w zawartości Al w gwiazdach.

W ostatniej z prac wchodzących w skład osiągnięcia habilitacyjnego, **pracy P5**, Habilitant podjął się badania składu chemicznego interesującej gromady otwartej, Trumpler 20, cechującej się rozciągniętym obszarem

zgrupowania czerwonych olbrzymów (ang. *Red Clump, RC*). Habilitant podejmuje się rozwiązania tej zagadki poprzez precyzyjne wyznaczenie obfitości pierwiastków, w szczególności pierwiastków biorących udział w procesach mieszania ewolucyjnego, w tym litu. Została przygotowana unikalna próbka składająca się z 40 gwiazd, pozwalająca na stwierdzenie, że mieszanie wywołane rotacją gwiazdy występuje na etapie ciągu głównego oraz dodatkowo na gałęzi czerwonych olbrzymów. Mała zawartość Li w większości badanych gwiazd oznacza, że przeszły one przez etap dodatkowego mieszania. Natomiast dwa z badanych olbrzymów, które wykazały zwiększoną obfitość litu, nie przeszły jeszcze tego procesu. Pochodzenie dodatkowego mieszania może być związane z aktywnością magnetyczną i wymaga dalszego zbadania, jednakże jego ślady obserwuje się również w innych typach gwiazd i było to sugerowane już we wcześniejszych badaniach.

Praca P5, podobnie jak pozostałe prace dr. Smiljanica, pokazuje że bardzo dokładne wyznaczenia zawartości kluczowych pierwiastków w atmosferach gwiazd pozwala rozwiązywać interesujące problemy związane z rozumieniem ewolucji gwiazdowej.

Badania parametrów gwiazd i wyznaczanie ich z dużą dokładnością to bardzo ważny wkład do astrofizyki. Doktor Smiljanic w swoim osiągnięciu habilitacyjnym zademonstrował, że dzięki bardzo skrupulatnemu wyznaczeniu parametrów astrofizycznych można uniknąć wchodzenia w ślepe zaułki teorii ewolucji gwiazdowej przez wprowadzanie nowych, niepotrzebnych i skomplikowanych modeli. Precyzyjne parametry gwiazd są również ważnym elementem badań nad krążącymi wokół nich planetami i teorii ich formowania. Niewątpliwie, prace Smiljanica będą jeszcze długo odgrywać ważną rolę w wyznaczaniu wysokiego standardu badań spektroskopowych.

Podsumowując, dr Smiljanic prowadzi badania nad składem chemicznym gwiazd i gromad gwiazdowych na najwyższym światowym poziomie. Przedstawione do oceny osiągnięcia habilitacyjne pokazują wyraźnie, że Habilitant osiągnął dojrzałość naukową i samodzielność. Autoreferat napisany jest czytelnie i jasno, z bardzo klarownym i szczegółowym wprowadzeniem w każde zagadnienie i obecny stan wiedzy.

Ocena dorobku naukowego i współpracy międzynarodowej

Habilitant dr Rodolfo H. Silva Smiljanic wykształcenie astronomiczne zdobywał w São Paulo w Brazylii, gdzie pracę magisterską oraz doktorat przygotował pod opieką Beatriz Barbuy, cenionej w świecie badaczki gromad gwiazdowych. Po obronie doktoratu w grudniu 2008 roku i krótkim stażu podoktorskim na swojej alma mater, Smiljanic został przyjęty na prestiżowy staż badawczy w Europejskim Obserwatorium Południowym (ESO) w Niemczech. Podczas tego stażu część czasu zobowiązany był poświęcić na zaangażowanie w aktywność ESO. Prowadził obserwacje oraz wspierał użytkowników spektrografu wysokiej rozdzielczości UVES na VLT, dzięki czemu stał się również doświadczonym użytkownikiem tego instrumentu, co niewątpliwie było przydatne w dalszej jego indywidualnej pracy. Podczas stażu w ESO Habilitant zaangażował się w wielko-skalowy spektroskopowy przegląd nieba, *Gaia-ESO*, koordynowanego przez prof. G. Gilmore z Uniwersytetu w Cambridge. Współpracę z tym przeglądem Smiljanic kontynuuje przez następne lata, co owocuje licznymi publikacjami wieloautorskimi oraz uczestnictwem w licznych konferencjach międzynarodowych. Od 2012 po dziś dzień roku dr Smiljanic pracuje jako adiunkt w Centrum Astronomicznym im. M. Kopernika PAN w Warszawie.

Był kierownikiem grantu OPUS Narodowego Centrum Nauki np. Badanie procesów ewolucyjnych gwiazd olbrzymów na podstawie danych spektroskopowych z Europejskiego Obserwatorium Południowego. Współpracuje w dalszym ciągu z projektem *Gaia-ESO*, jak również zaangażowany jest w duże międzynarodowe konsorcja przygotowujące nowe instrumenty obserwacyjne, CUBES (spektrograf) i Arago (teleskop kosmiczny).

Regularnie bierze udział w konferencjach międzynarodowych, na których prezentuje plakaty i wygłasza referaty, w tym referaty zaproszone. Był też niejednokrotnie członkiem komitetów organizacyjnych na konferencjach oraz szkołach. Uczestniczył w wielu międzynarodowych warsztatach i szkół, również jako ich organizator i prowadzący.

Całkowity dorobek publikacyjny Habilitanta to 72 publikacje, które cytowane były ponad 767 razy, generując indeks Hirscha 20, co jest wynikiem satysfakcjonującym w tym momencie kariery naukowca. Wśród publikacji znajdują się prace przygotowane w ramach dużych zespołów badawczych (np. z *Gaia-ESO*), gdzie dr Smiljanic występuje jako współautor oraz prace z wieloma autorami, którym przewodził Habilitant. Dodatkowo, dr Smiljanic opublikował po doktoracie w latach 2005-2010 kilka prac jako jedyny lub główny autor, które uzyskały znaczną liczbę cytowań. Dowodzi to dojrzałości Habilitanta jako naukowca

potrafiącego samodzielnie przygotować badania naukowe i je opublikować oraz odnajdującego się w większej grupie badaczy.

Ocena dorobku dydaktycznego i aktywności popularyzatorskiej

Do tej pory Habilitant zatrudniany był na pozycjach niezwiązanych z dydaktyką. Jednakże, posiada on już pewne doświadczenie dydaktyczne jako opiekun naukowy. Kierował pracą studentów podczas wakacyjnych praktyk jak również w ramach niemieckiego programu wymiany akademickiej. Był też promotorem pomocniczym dwójki doktorantów z Uniwersytetu w Sao Paolo.

W dziedzinie popularyzatorskiej dr Smiljanic dopiero rozpoczyna stawiać pierwsze kroki. Opublikował doniesienie prasowe na temat jednej ze swoich ważniejszych publikacji oraz przedstawił swoją publikację w notce informacyjnej na stronach internetowych CAMKu.

Podsumowanie

Rozwój kariery naukowej dr. Smiljanica to scenariusz wzorowy dla każdego młodego naukowca. Czerpie on doświadczenie z różnych instytucji naukowych na świecie, które następnie wnosi jako samodzielny badacz do polskiego środowiska naukowego.

Przedstawione przez dr. Rodolfo H. Silva Smiljanica osiągnięcie naukowe oraz jego dorobek i aktywność naukowa spełniają wszystkie formalne i zwyczajowe wymagania względem kandydata do stopnia doktora habilitowanego.

Warszawa, 9. kwietnia 2018r.

dr hab. Łukasz Wyrzykowski