

Autoreferat

1. Imię i nazwisko: **Agnieszka Kuźmich**
2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe lub artystyczne – z podaniem podmiotu nadającego stopień, roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej.

2014 Doktor Nauk Fizycznych w zakresie Astronomii

Wydział Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej Uniwersytetu Jagiellońskiego
rozprawa doktorska: *Optical properties of host galaxies in giant radio sources*

2008 Magister astronomii

Wydział Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej Uniwersytetu Jagiellońskiego
praca magisterska: *Badanie własności optycznych linii emisyjnych galaktyk macierzystych gigantycznych radioźródeł*

2008 Studium pedagogiczne

Wydział Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej Uniwersytetu Jagiellońskiego

3. Informacja o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych lub artystycznych.

2023 asystent, Obserwatorium Astronomiczne Uniwersytetu Jagiellońskiego;

2022-2023 pracownik nieetatowy (umowa zlecenie/o dzieło), Obserwatorium
Astronomiczne Uniwersytetu Jagiellońskiego;

2019-2022 adiunkt, Obserwatorium Astronomiczne Uniwersytetu Jagiellońskiego;

2016-2019 staż podoktorski, adiunkt, Centrum Fizyki Teoretycznej PAN, Warszawa;

2008-2013 studia doktoranckie, Obserwatorium Astronomiczne Uniwersytetu
Jagiellońskiego;

4. Omówienie osiągnięć, o których mowa w art. 219 ust. 1 pkt. 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2020 r. poz. 85 z późn. zm.). Omówienie to winno dotyczyć merytorycznego ujęcia przedmiotowych osiągnięć, jak i w sposób precyzyjny określać indywidualny wkład w ich powstanie, w przypadku, gdy dane osiągnięcie jest dziełem współautorskim, z uwzględnieniem możliwości wskazywania dorobku z okresu całej kariery zawodowej.

a) Tytuł osiągnięcia naukowego

Badanie własności gigantycznych radioźródeł oraz ich galaktyk macierzystych

b) Publikacje wchodzące w skład osiągnięcia naukowego
(IF - impact factor, LC -liczba cytowań, P_{MNiSW} - punkty MNiSW)

- H1. **Kuźmich A.**, Jamrozy M., Bronarska K., Janda-Boczar K., Saikia D. J.,
An Updated Catalog of Giant Radio Sources,
2018, Astrophysical Journal Supplement, 238, 9
IF=9.2, LC=46, P_{MNiSW}=200
- H2. **Kuźmich A.**, Jamrozy M.,
Giant radio quasars: sample and basic properties,
2022, Astrophysical Journal Supplement, 253, 25
IF=9.2, LC=15, P_{MNiSW}=200
- H3. **Kuźmich A.**, Sethi S., Jamrozy M.,
Giant radio quasars: composite optical spectra,
2022, Astrophysical Journal, 922, 52
IF=5.521, LC=4, P_{MNiSW}=140
- H4. **Kuźmich A.**, Czerny B., Wildy C.,
Stellar populations in hosts of giant radio galaxies and their neighbouring galaxies,
2019, Astronomy & Astrophysics, 624, 91
IF=6.24, LC=10, P_{MNiSW}=140
- H5. **Kuźmich A.**, Jamrozy M., Kozieł-Wierzbowska D., Weżgowiec M.,
Optical and radio properties of extragalactic radio sources with recurrent jet activity,
2017, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 471, 3806
IF=5.235, LC=32, P_{MNiSW}=140
- H6. **Kuźmich A.**, Goyal A. Zola S., Jamrozy M. Drozd M., Ogloza W., Siwak M.,
Reichart D. E., Kouprianov V. V., Caton D. B.,
Optical Variability of Eight FR II-type Quasars with 13 yr Photometric Light Curves,
2022, Astrophysical Journal Supplement, 263, 16
IF=9.2, LC=0, P_{MNiSW}=200

c) Omówienie celu naukowego ww prac i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania

Prace, które wchodzą w skład osiągnięcia naukowego podsumowują najważniejsze badania naukowe prowadzone przeze mnie po uzyskaniu stopnia doktora. Jak uzasadniam poniżej, z jednej strony stanowią one spójną całość jeśli chodzi o badania własności gigantycznych radioźródeł oraz ich galaktyk macierzystych, a z drugiej strony ilustrują różnorodną metodologię badań stosowaną przeze mnie w podejściu do podjętego zagadnienia naukowego. Obejmują one szeroko pojętą analizę danych (archiwalnych oraz otrzymanych w dedykowanych obserwacjach), jak również modelowanie danych obserwacyjnych w celu uzyskania parametrów charakteryzujących galaktyki macierzyste gigantycznych radioźródeł. Głównym celem przyświecającym moim badaniom było znalezienie takich własności gigantycznych radioźródeł, które by odróżniały je od innych obiektów tworzących rozległe struktury radiowe.

We Wszechświecie obserwujemy wiele typów galaktyk, które cechują się różnymi własnościami. W szczególności, możemy wyróżnić tzw. klasę galaktyk aktywnych, w których centrum znajduje się supermasywna czarna dziura oraz dysk akrecyjny, poprzez który materia

opada na czarną dziurę. Procesowi akrecji towarzyszy uwalnianie się ogromnej energii, przez co jasność centralnego „aktywnego” jądra galaktycznego (ang. Active Galactic Nuclei; AGN) w większości przypadków dominuje nad całą galaktyką. Niewielka część AGNów (~15-20%; Urry i Padovani, 1995, *PASP*, 107, 803) jest obiektami radiowo głośnymi w znaczeniu, że stosunek strumienia radiowego (na 5 GHz; $F_{5\text{GHz}}$) do strumienia optycznego w filtrze B (F_B) jest $F_{5\text{GHz}}/F_B \geq 10$ (Kellermann i in., 1989, *AJ*, 98, 119). W obiektach tych część energii grawitacyjnej rotującej czarnej dziury jest przekazywana naładowanym cząstkom, które są wyrzucane w dwóch przeciwnych współosiowych kierunkach z bardzo dużymi (relatywistycznymi) prędkościami. Wyrzuty te formują cienkie strugi (dżety), a one z kolei zasilają w materię i pole magnetyczne rozległe obszary (tzw. płaty, loby) promieniowania synchrotronowego, które powiększają się z czasem (Scheuer, 1974, *MNRAS*, 166, 513). Struktury radiowe mogą osiągać bardzo duże rozmiary i propagować się na odległości rzędu megaparseków od galaktyki macierzystej. Takie galaktyki nazwano gigantycznymi radiogalaktykami lub radiokwazarami (w zależności od rodzaju obiektu, który je generuje; dalej nazywane radioźródłami). Za umowną granicę podziału pomiędzy „zwykłymi” radioźródłami a gigantami uznaje się rozmiar struktury radiowej przekraczający 0.7 Mpc (przy założeniu stałej kosmologicznej $H=71\text{km/s/Mpc}$ oraz $\Omega_M=0.27$). Jest to dosyć rzadka cecha AGNów. Szacuje się, że tylko ~6% radioźródeł posiada tak duże rozmiary, choć w ostatnich latach liczba znanych obiektów tego rodzaju wzrosła dziesięciokrotnie dzięki nowym przeglądom radiowym nieba takich jak LOFAR (Shimwell i in., 2022, *A&A*, 659, 1) oraz przeglądom spektroskopowym. Niezależnie jednak od tego, gigantyczne struktury radiowe są rzadką cechą na tle całej populacji radioźródeł. Z tego powodu kluczowe jest zrozumienie dlaczego powstają tak duże struktury i jakie czynniki temu sprzyjają. Dotychczasowe badania nie przyniosły jednoznacznych wyników. Jako główne czynniki mogące mieć wpływ na formowanie się dużych struktur radiowych rozważano zarówno czynniki zewnętrzne takie jak własności ośrodka, w którym ewoluują radioźródła, jak również własności wewnętrzne centralnych AGNów, gdzie swój początek mają dżety radiowe. Do czynników zewnętrznych można zaliczyć małą gęstość ośrodka (Schoenmakers i in., 2000, *A&AS*, 146, 293, Lara i in., 2000, *A&A*, 356, 63, Subrahmanyan i in., 2008, *ApJ*, 677, 63, Mack i in., 1998, *A&A*, 329, 431). W takich warunkach dżet radiowy może się łatwiej propagować na duże odległości od galaktyki macierzystej. Powyższe prace pokazały, że gęstość ośrodka wokół gigantów jest o mniej więcej rząd wielkości mniejsza niż w przypadku mniejszych radioźródeł, niemniej jednak od czasu tamtych badań znaleziono wiele gigantów znajdujących się w centrach gromad galaktyk (np. Komberg i Pashchenko, 2009, *Astronomy Reports*, 53, 1086; Dabhade i in., 2000, *A&A*, 635, A5) oraz na dużych przesunięciach ku czerwieni (np. Kuźmich i in., 2021, *ApJS*, 253, 25). Zatem mała gęstość ośrodka, w którym propagują się dżety radiowe nie jest wystarczająca do tego by wytłumaczyć powstawanie gigantów.

Jako jedną z możliwych przyczyn występowania gigantów rozważa się również zaawansowany wiek tych obiektów. Badania (np. Mack i in., 1998, *A&A*, 329, 431; Machalski i in., 2009, *MNRAS*, 395, 812) pokazują, że faktycznie giganty są starymi obiektami. Szacuje się, że ich wiek dynamiczny jest rzędu $\sim 10^7$ lat. Nie może jednak to być jedyny i najważniejszy czynnik, który by tłumaczył występowanie gigantów. Wiele mniejszych radioźródeł jest równie stara, a mimo to nie posiada tak dużych struktur radiowych. Również część gigantów ma stosunkowo małe wieki dynamiczne (np. Machalski i in., 2021, *ApJS*, 255, 22).

Kolejnym, dyskutowanym w literaturze, czynnikiem mogącym przyczyniać się do powstawania gigantycznych struktur radiowych jest wznawianie aktywności radiowej. Jest to proces, w którym po fazie generowania dżetów w pobliżu czarnej dziury następuje faza „uśpienia” aktywności radiowej na pewien czas (rzędu kilku milionów lat). Po tej fazie aktywność radiowa jest ponownie wznawiana. Aktywna galaktyka może kilkakrotnie przechodzić przez następujące po sobie fazy aktywności i „uśpienia”. Skutkuje to tym, że dżety pierwszego cyklu rozchodzą się w „pierwotnym” ośrodku międzygwiazdowym i międzygalaktycznym, natomiast te pochodzące z późniejszej fazy (ew. późniejszych faz) propagują się już w środowisku znacząco zmodyfikowanym na skutek wcześniejszego oddziaływania relatywistycznej plazmy radiowej z otaczającą materią. Propagacja dżetu w zmodyfikowanym ośrodku może zatem być szybsza, co pozwala na to aby radioźródło osiągnęło większe rozmiary w krótszym czasie.

Kolejnym badanym czynnikiem mogącym odpowiadać za duże rozmiary gigantów jest bardzo „wydajne” aktywne jądro galaktyczne zdolne do generowania wyjątkowo silnych wyrzutów materii w postaci dżetów radiowych. Sam proces generowania dżetów nie jest jeszcze do końca poznany, niemniej jednak jest ściśle powiązany z własnościami centralnego AGNu. Dotychczasowe badania, w których wyznaczano moc dżetów w gigantycznych radioźródłach pokazały, że ich wartości nie są wysokie, a w porównaniu z mniejszymi radioźródłami, są nawet niższe (np. Dabhade i in., 2020, A&A, 642, A153). Również masy czarnych dziur, tempo akrecji oraz spin czarnej dziury są podobne zarówno w gigantach jak i mniejszych radioźródłach (np. Kuźmicz i Jamrozy, 2012, MNRAS, 426, 851; Mahato i in., 2022, A&A, 660, A59; Dabhade i in., 2020, A&A, 642, A153).

Pomimo wielu badań nad gigantami, które były dotychczas prowadzone w dalszym ciągu nie ma pewności co do tego, jakie warunki musi spełniać AGN (lub jego otoczenie) aby powstały gigantyczne struktury radiowe. Coraz częściej spotyka się w literaturze stwierdzenie, że kombinacja kilku różnych czynników może prowadzić do powstawania tak dużych struktur radiowych.

Z uwagi na fakt, że gigantyczne rozmiary struktur radiowych są cechą obserwowaną w dziedzinie radiowej, większość grup badawczych prowadziła swoje badania w tym zakresie. Bardzo niewiele prac dotyczy szukania pewnych specyficznych własności tych obiektów w innych zakresach widma elektromagnetycznego. Parce, które są moim autorstwem są jedynym dostępnym w literaturze wielowłokowym studium m. in. nad własnościami gigantów w dziedzinie optycznej.

Jednym z głównych aspektów prowadzenia tego typu badań jest przeprowadzanie analiz na dużej i jednorodnej próbce obiektów. Początkowo analizy własności gigantów opierały się albo na badaniu pojedynczych obiektów albo dotyczyły małych próbek, dla których dostępne były jednorodne dane w badanym zakresie długości fali. Z tego względu, kluczowe było stworzenie dużej próbki gigantów, dla której różnego rodzaju podstawowe wartości byłyby policzone/zmierzone w jednorodny sposób. Taka próbka została zaprezentowana przeze mnie w pracy **H1**. Skatalogowane zostały w niej wszystkie znane (do 2018 roku) gigantyczne radioźródła. W tamtym czasie było to 349 potwierdzonych gigantów (zarówno kwazarów jak i galaktyk). Dla wszystkich obiektów zawartych w katalogu podane zostały rozmiary struktur radiowych, strumienie oraz moce radiowe na 1.4 GHz, przesunięcie ku czerwieni oraz jasność galaktyki macierzystej w filtrze r . To co należy podkreślić, to fakt, że wszystkie mierzone parametry zostały wyznaczone w jednolity sposób. Ma to szczególne znaczenie np. przy wyznaczaniu rozmiaru radioźródła (co zostało pokazane w późniejszej pracy **H2**).

Praca **H1** zawiera nie tylko katalog gigantycznych radioźródeł, ale również został w niej oszacowany dolny limit na liczbę gigantów. W środowisku naukowym funkcjonował wówczas pogląd, że giganty są bardzo szczególnymi obiektami z uwagi na ich małą liczbę. Oszacowanie przyniosło wynik co najmniej 2000 obiektów, czyli prawie sześciokrotnie więcej niż wówczas znano. Do wyznaczenia liczby gigantów wykorzystałam ich rozkład na sferze niebieskiej. Sfera niebieska została podzielona na fragmenty o równej powierzchni, a następnie w każdym z fragmentów zliczone zostały obiekty. W oparciu o liczbę źródeł w najgęstszym obszarze ekstrapolowałam ich liczbę na całą sferę niebieską. Powyższe oszacowanie wykonane zostało na podstawie danych radiowych z przeglądów VLA (NVSS; Condon i in., 1998, AJ, 115, 1693 oraz FIRST; Becker i in., 1995, ApJ, 450, 559) z tego powodu nie zostały uwzględnione obiekty o niskiej jasności powierzchniowej – poniżej czułości przeglądu NVSS. Na podstawie rozkładu gigantycznych radioźródeł na sferze niebieskiej wyszczególniłam również obszary nieba, w których nie znaleziono żadnych obiektów tego rodzaju. Ich brak, w dużej mierze, wynikał z braku pokrycia tych regionów przez przeglądy optyczne oraz radiowe, niemniej jednak zidentyfikowałam również kilka „pustych” obszarów, dla których były dostępne dane optyczne i radiowe. Są to obszary, w których na podstawie dobrze dostępnych danych, powinniśmy znaleźć sporą liczbę nowych obiektów. Oprócz wyżej poruszonych aspektów praca **H1** była pierwszym pewnego rodzaju studium statystycznym gigantów. W pracy przedstawiłam rozkłady przesunięć ku czerwieni, mocy radiowych i rozmiarów. Ciekawym i dość istotnym wynikiem okazało się skorelowanie położeń

gigantów z danymi o pustkach w wielkoskalowej strukturze Wszechświata. Okazało się, że na 91 gigantów, które znajdują się w obszarze pokrytym przez katalog kosmicznych pustek (Cosmic Voids Catalogue, Mao i in., 2017, ApJ, 835, 161) tylko jeden gigant GRG J1355+2923 znajduje się w pustce. Była to istotna przesłanka za tym, że mała gęstość galaktyk wokół gigantów (często uważana jako miara gęstości ośrodka) nie ma większego wpływu na powstawanie wielkoskalowych struktur radiowych.

Drugą pracą zawierającą katalog gigantycznych radioźródeł, a dokładnie gigantycznych radiokwazarów, była praca **H2**. Mając na uwadze wnioski z pracy **H1**, t.j., że duża część gigantów, która mogłaby być zidentyfikowana w oparciu o już istniejące przeglądy radiowe i optyczne, z jakichś powodów nie została odkryta, postanowiłam przeszukać przegląd radiowy NVSS i skorelować go z przeglądem optycznym SDSS (Albareti i in., 2017, ApJS, 233, 25). W rezultacie zidentyfikowałam 272 gigantyczne kwazary z czego 174 było nowo odkrytymi źródłami (w tym 70 obiektów na przesunięciach ku czerwieni $z > 1$). Tym samym potrojiło to liczbę wcześniej znanych gigantycznych radiokwazarów. Znalezienie tak dużej liczby nowych gigantów było pewnym zaskoczeniem, gdyż w oparciu o te same dane wiele zespołów poszukiwało już gigantów używając różnych metod, w tym również automatycznych. W przypadku pracy **H2** do poszukiwania gigantów wykorzystałam najprostszą metodę, czyli wizualne rozpoznawanie dużych, rozciągniętych struktur na mapach radiowych i korelowanie ich z danymi optycznymi. Uzyskany wynik pokazuje, że algorytmy, których używa się do automatycznego rozpoznawania tego typu obiektów wymagają jeszcze dopracowania. Sam katalog może zatem stanowić przykładową próbkę obiektów do testowania automatycznych metod rozpoznawania rozciągniętych radioźródeł.

W pracy **H2**, pokazałam również, że różne konwencje pomiaru rozmiaru radioźródła powodują znaczne różnice w mierzonych rozmiarach – nawet rzędu 1 Mpc! Na przykład, największe rozmiary otrzymuje się mierząc struktury radiowe w oparciu o rozmiar do poziomu sygnału radiowego równego 3σ na mapach o małej rozdzielczości. W przypadku braku lepszych danych jest to jedyna możliwość pomiaru, niemniej jednak należy mieć na uwadze, że jest to pomiar zawyżony w stosunku do rozmiaru mierzonego od gorącej plamy w jednym łobie do gorącej plamy w drugim łobie.

Kolejnym ważnym aspektem pracy **H2** było przeanalizowanie różnych własności radiowych, optycznych i podczerwonych gigantycznych radiokwazarów oraz porównanie ich z własnościami kwazarów o mniejszych rozmiarach struktur radiowych. Do najważniejszych wyników pracy można zaliczyć znalezienie znaczącej korelacji pomiędzy jasnością linii emisyjnej [OIII] oraz całkowitą jasnością radiową na 1.4 GHz, zarówno dla gigantycznych kwazarów (współczynnik korelacji $C=0.71$) jak i mniejszych radiokwazarów ($C=0.61$). Otrzymana korelacja jest silniejsza dla próbek rozważanych w pracy **H2** niż dla próbek radiokwazarów, które można znaleźć w literaturze. Występowanie znaczącej korelacji świadczy o ścisłym związku pomiędzy mocą promieniowania radiowego/mocą dżetów a jonizującym promieniowaniem, które powoduje powstawanie wąskich linii widmowych w obłokach znajdujących się w pobliżu czarnej dziury (tzw. ang. narrow line region, NLR). Kolejnym ciekawym wynikiem było sprawdzenie położenia gigantycznych kwazarów na płaszczyźnie Eigenwektora 1 (EV1). Eigenwektor pozwala na prześledzenie fundamentalnych korelacji pomiędzy różnymi liniami widmowymi. W pracy **H2** badałam zależność pomiędzy szerokością połówkową linii H β (4862 Å) a stosunkiem szerokości równoważnej linii żelaza Fe (4435-4685 Å) oraz linii H β . Położenie obiektu – kwazara na tak zdefiniowanej płaszczyźnie EV1 wyznacza tzw. ciąg główny kwazarów. Przypuszcza się, że obiekty o FWHM H β < 4000 km/s są obiektami o geometrycznie grubym dysku akrecyjnym zdominowanym przez wiatr (populacja A), natomiast obiekty o FWHM H β > 4000 km/s są obiektami o geometrycznie cienkim dysku akrecyjnym i małym tempie akrecji materii na czarną dziurę (populacja B). Zdecydowana większość gigantycznych radiokwazarów należy do populacji B (91%), podobnie jak radiokwazary o mniejszych rozmiarach (83%), co świadczy o małych tempach akrecji materii na czarną dziurę (są to wyewoluowane obiekty o dużych masach czarnych dziur i małych tempach akrecji). Są również wśród gigantów obiekty należące do tzw. ekstremalnej populacji A o bardzo wysokim tempie akrecji. Są to kwazary, które wymagają dokładnego zbadania

z uwagi na ich ekstremalne wartości parametrów linii widmowych.

Otrzymane rezultaty analizy własności linii spektralnych przeprowadzonych przeze mnie w pracy **H2** nie wykazały jednak znaczących różnic pomiędzy gigantycznymi radiokwazarami a kwazarami o mniejszych strukturach radiowych, wskazując na bardzo podobne ich własności spektralne.

Kolejnym ciekawym rezultatem pracy **H2** było zbadanie położenia gigantycznych radiokwazarów na diagramie kolor-kolor w dziedzinie podczerwonej ($3.4\ \mu\text{m} - 4.6\ \mu\text{m}$ vs $4.6\ \mu\text{m} - 12\ \mu\text{m}$), oraz porównanie go z położeniem mniejszych radiokwazarów oraz kwazarów z katalogu SDSS, które posiadają jądra radiowe zarejestrowane w przeglądzie FIRST. O ile rozkład koloru $3.4\ \mu\text{m} - 4.6\ \mu\text{m}$ jest podobny dla wszystkich próbek, to rozkład koloru $4.6\ \mu\text{m} - 12\ \mu\text{m}$ jest zdecydowanie różny dla gigantów i radiokwazarów o mniejszych strukturach radiowych oraz dla próbki kwazarów z SDSS. Giganty mają mniejsze wartości koloru $4.6\ \mu\text{m} - 12\ \mu\text{m}$ co może świadczyć o różnicach w budowie torusa pyłowego wokół dysku akrecyjnego, jak również o mniejszym tempie formowania gwiazd w obiektach o rozciągniętych strukturach radiowych.

Jeden z wyników pracy **H2** (tzn. brak znaczących różnic we własnościach linii spektralnych pomiędzy gigantycznymi radiokwazarami a kwazarami o mniejszych strukturach radiowych) skłonił mnie do zastosowania trochę innego podejścia do analizy ich własności spektralnych. Przedstawiłam je w pracy **H3** gdzie wykonałam tzw. optyczne widma kompozytowe dla próbki gigantów oraz mniejszych radiokwazarów z pracy **H2**. Takie widma tworzy się poprzez odpowiednie uśrednienie wielu widm obiektów tej samej klasy, w celu uwydatnienia pewnych ich cech i własności. Powstałe widmo ma bardzo wysoki poziom sygnału do szumu przez co kształt kontinuum, jak również słabe linie widmowe, niewidoczne w pojedynczych widmach, stają się bardziej uwydatnione, a tym samym możliwe do analizowania. Celem wykonania widma kompozytowego dla gigantycznych radiokwazarów była chęć znalezienia specyficznych cech ich aktywnych jąder galaktycznych. W pracy **H3** pokazałam, że kontinuum widmowe dla gigantycznych kwazarów jest bardziej płaskie (widma są bardziej „czerwone”) niż w przypadku mniejszych radiokwazarów, jak również innych próbek kwazarów, których kompozytowe widma były dostępne w literaturze. Bardziej „czerwone” widma mogą być skutkiem wewnętrznego poczerwienienia kwazarów na skutek ekstynkcji. Poczerwienienie jest tym większe im większy jest kąt pod jakim obserwujemy obiekt. W przypadku próbek kwazarów o rozciągniętych strukturach radiowych na wartość nachylenia kontinuum mogą mieć wpływ efekty selekcji takich obiektów. Znacznie łatwiej bowiem zidentyfikować bardzo duże radioźródło kiedy jego dżety i loby radiowe leżą w płaszczyźnie nieba (czyli częściej znajdujemy obiekty o większej wewnętrznej ekstynkcji). Zatem bardziej czerwone widma gigantycznych radiokwazarów najprawdopodobniej są związane z efektem ich orientacji względem obserwatora. Tą tezę potwierdzają kolejne wyniki pracy **H3**. Miarą orientacji radioźródła względem obserwatora może być stosunek emisji radiowej jądra do emisji radiowej lobów (ang. core-to-lobe ratio, R). Im większa jego wartość tym bardziej dżety radiowe pokrywają się z linią widzenia. Zarówno dla próbki gigantycznych radiokwazarów, jak i kwazarów o mniejszych strukturach radiowych, widoczny jest wzrost nachylenia kontinuum widmowego wraz ze wzrostem parametru R. W pracy **H3** badane były jeszcze zależności pomiędzy nachyleniem kontinuum widmowego a mocą radiową jądra i całkowitą mocą radiową. Dla gigantycznych radiokwazarów widoczny jest wzrost nachylenia widma optycznego (bardziej niebieskie widmo) wraz ze wzrostem mocy radiowej. Z jednej strony jest to wynik zgodny z przewidywaniami teoretycznymi, w których produkcja dżetów jest ściśle związana z rotacją (spinem) czarnej dziury. Im większy spin tym więcej emisji UV z dysku i tym bardziej strone widmo optyczne. Z drugiej strony wiadomo, że gigantyczne radioźródła w swoich jądrach mają supermasywne czarne dziury o małych wartościach spinu. W dodatku niektóre modele magnetohydrodynamiczne dysków akrecyjnych (np. Mościbrodzka i in., 2016, A&A, 596, 13) pokazują, że spin czarnej dziury nie musi być głównym czynnikiem odpowiedzialnym za produkcję dżetów radiowych. Stąd też otrzymana zależność pomiędzy nachyleniem widma optycznego a mocą radiową dla gigantów może mieć zupełnie inne źródło.

Zakres optyczny emisji kontinuum w AGNach jest małą częścią emisji kontinuum obserwowanej w całym zakresie widma elektromagnetycznego. W pracy **H3** udało mi się wykonać

modelowanie widmowego rozkładu energii (ang. spectral energy distribution, SED), obejmującego zakres od dalekiego ultrafioletu po promieniowanie radiowe, jedynie dla dwóch gigantycznych radiokwazarów. W efekcie modelowania, otrzymałam podstawowe parametry centralnych AGN-ów takie jak np. jasności dysku akrecyjnego, jasności pyłu, inklinacje, i in., dzięki którym możliwe jest globalne prześledzenie ich własności. Wartości parametrów otrzymane na podstawie modelowania SED są zgodne z wynikami analizy nachyleń widm w zakresie optycznym jednak ilość źródeł, dla których możliwe było wykonanie modelowania SED nie pozwoliły na wyciągnięcie wniosków odnośnie całej populacji gigantycznych radiokwazarów.

Kolejną pracą, w której zajmuję się badaniem własności gigantycznych radioźródeł, jest praca **H4**. Jej celem było zbadanie składu populacji gwiazdowych w galaktykach macierzystych gigantycznych radiogalaktyk oraz w galaktykach leżących w ich sąsiedztwie. Taka metodyka badań miała na celu sprawdzenie jaki wpływ na powstawanie wielkoskalowych struktur radiowych ma historia formowania się ich galaktyk macierzystych, również w kontekście ewolucji w grupach czy gromadach galaktyk. Do zbadania składu populacji gwiazdowych w galaktykach wykorzystałam program STARLIGHT (Cid Fernandes i in., 2005, MNRAS, 358, 363), który dopasowuje kontinuum gwiazdowe do widma galaktyki poprzez złożenie widm gwiazd o różnym wieku i metaliczności. W rezultacie otrzymujemy informację z jakich gwiazd składa się badana galaktyka. W wyniku przeprowadzonych analiz okazało się, że zarówno galaktyki macierzyste gigantów jak i galaktyki tworzące mniejsze struktury radiowe są zdominowane przez stare populacje gwiazdowe ($t^* > 10^{10}$ lat). To co jednak odróżnia galaktyki macierzyste gigantów od galaktyk ich mniejszych odpowiedników, to większa ilość populacji gwiazdowych o średnim wieku ($t^* \sim 10^9$ lat). Świadczy to o tym, że na pewnym etapie ewolucji tych galaktyk wystąpiły warunki, które spowodowały nasilenie się procesów gwiazdotwórczych. Co ciekawe, podobną tendencję widać w galaktykach znajdujących się w otoczeniu gigantycznych radiogalaktyk. Galaktyki znajdujące się w promieniu ~ 1.5 Mpc od gigantycznej radiogalaktyki również posiadają większą ilość populacji gwiazdowych o średnim wieku, w porównaniu do odpowiadających im galaktyk znajdujących się wokół mniejszych radiogalaktyk. Otrzymany wynik świadczy o tym, że mogły wystąpić globalne (w obrębie grupy galaktyk) warunki, które spowodowały powstawanie nowych gwiazd. Jak wiadomo, gwiazdy tworzą się wtedy gdy w galaktyce jest duża ilość zimnego gazu. Może on być dostarczony do galaktyki np. na skutek zlewania się galaktyk (tzw. merger galaktyk) lub w postaci strumienia zimnego gazu spadającego na galaktykę z przestrzeni międzygalaktycznej bądź też znajdującego się w filamentach wielkoskalowej struktury Wszechświata. Zimny gaz spływający do centrum galaktyki zasila również dysk akrecyjny w materię, która może być efektywnie akreowana na supermasywną czarną dziurę. Dzięki temu galaktyka może być dłużej aktywna, a co za tym idzie, może dłużej produkować dzęty radiowe. Na podstawie otrzymanych wyników można zatem wnioskować, że gigantyczne struktury radiowe powstają na skutek dłuższej aktywności centralnych galaktyk, jak również dłuższego czasu, w którym aktywne jądra produkują dzęty radiowe. Innym aspektem pracy **H4** było sprawdzenie w jaki sposób dzęty radiowe gigantycznych radiogalaktyk są usytuowane względem otaczających je galaktyk. W badaniach prowadzonych przez różnych naukowców postulowano, że gigantyczne radioźródła zawdzięczają swoje ogromne rozmiary temu, że ich dzęty radiowe rozchodzą się prostopadle do filamentów wielkoskalowej struktury Wszechświata, w kierunkach o mniejszej gęstości galaktyk. Na podstawie analizy próbki obiektów wykorzystanej w pracy **H4** można było stwierdzić, że taka orientacja gigantycznych radioźródeł nie jest regułą. Okazało się, że w niektórych przypadkach dzęty radiowe są zorientowane w kierunku gęstszych regionów o znacznej ilości pobliskich galaktyk. Świadczy to o tym, że gęstość ośrodka, rozumiana przez ilość galaktyk w przestrzeni, może mieć jedynie drugorzędne znaczenie w powstawaniu gigantycznych struktur radiowych.

Praca **H5** poświęcona była badaniu obiektów, w których obserwuje się powtarzającą się aktywność radiową. Uwidacznia się ona poprzez obecność dwóch (lub więcej) par łobów radiowych. Tak jak było to już wspomniane na początku, powtarzająca się aktywność radiowa jest rozważana jako jeden z czynników prowadzących do powstawania gigantycznych struktur

radiowych, bowiem znaczna część restartujących obiektów to radioźródła gigantyczne. Z tego względu, kluczowe jest lepsze poznanie tego typu obiektów. W pracy **H5** umieściłam pierwszy katalog obiektów restartujących, zawierający zarówno znane wówczas obiekty, jak również nowo odkryte, dla których były przeprowadzone dedykowane obserwacje spektroskopowe. W próbie znalazły się 74 radioźródła restartujące, z czego 20 posiada gigantyczne struktury radiowe. Celem pracy było zbadanie własności optycznych, radiowych i podczerwonych tego typu obiektów oraz porównanie ich z własnościami obiektów, które nie wykazują wielokrotnej aktywności radiowej. W wyniku przeprowadzonych analiz można było stwierdzić, że masy czarnych dziur w restartujących galaktykach są porównywalne z masami typowych (nierestartujących) radiogalaktyk, natomiast masy gwiazdowe są mniejsze. Dodatkowo restartujące galaktyki posiadają większą ilość młodych gwiazd. Ponadto analiza indeksu koncentracji, który jest parametrem pomocnym w określeniu morfologii galaktyki, pokazała, że galaktyki restartujące mają bardziej zaburzoną morfologię. Obydwie te własności – większa ilość młodszych gwiazd oraz zaburzona morfologia – świadczą o częstszych procesach mergingu w przeszłości galaktyk restartujących. Ciekawym wynikiem było znalezienie 14 obiektów, w których wewnętrzne loby radiowe mają większą moc radiową na 1.4 GHz niż zewnętrzne loby. Jak się przypuszcza, jest to skutkiem bardziej wydajnej emisji radiowej we wczesnej fazie powstawania wewnętrznych lobów, gdy przechodzą one przez gęsty ośrodek międzygwiazdowy wewnątrz galaktyki. W oparciu o dane podczerwone z katalogu Wide-Field Infrared Survey Explorer (WISE) sprawdziłam również położenie obiektów restartujących na diagramie kolor-kolor ($3.4\ \mu\text{m} - 4.6\ \mu\text{m}$ vs $4.6\ \mu\text{m} - 12\ \mu\text{m}$). Przeważająca część z nich (67%) znajduje się w obszarze, w którym występują galaktyki spiralne. Również, dla większości badanych obiektów można stwierdzić, że emisja w podczerwieni pochodzi od gwiazd i ośrodka międzygwiazdowego, a wkład od centralnego AGNu jest stosunkowo mały.

Jeszcze innym aspektem badań własności gigantycznych radioźródeł była analiza zmienności optycznej ich galaktyk macierzystych, którą przedstawiłam w pracy **H6**. W próbie obiektów, która była badana w pracy znalazło się 5 gigantycznych radiokwazarów oraz 3 radiokwazary o mniejszych rozmiarach. W wyniku obserwacji prowadzonych regularnie od roku 2009 roku udało się uzyskać unikatowe (jak na obserwacje zmienności kwazarów) krzywe zmian blasku obejmujące trzynastoletni okres monitoringu, przy średniej częstotliwości wykonywanych obserwacji 2/3 razy w miesiącu. Wszystkie z badanych kwazarów wykazują zmienności o amplitudzie od 0.44 mag do 0.97 mag w trzynastoletniej skali czasowej. Otrzymane krzywe zmian blasku posłużyły do zbadania charakterystycznych skal czasowych zmienności obserwowanych kwazarów oraz do znalezienia procesu fizycznego odpowiedzialnego za obserwowany charakter zmienności. W celu uzyskania tych informacji użyłam niezależnie dwóch statystycznych metod: tzw. analizy funkcji struktury (FS), która mierzy jak silnie zmienia się obserwowany strumień w różnych przedziałach czasowych, oraz analizy PSD (ang. power spectral density analysis), która wykorzystuje metodę dekompozycji Fouriera gdzie krzywa zmian blasku jest reprezentowana przez kombinację sygnałów sinusoidalnych o losowych fazach i amplitudach, które odpowiadają różnym skalom czasowym zmienności źródła. Nachylenie i kształt obydwu funkcji świadczy o charakterze zmienności. Na podstawie otrzymanych nachyleń FS oraz PSD najbardziej prawdopodobnym procesem, który mógł by być odpowiedzialny za zmienność badanych kwazarów są niestabilności dysku akrecyjnego, a charakter zmienności można opisać jako "czerwony szum" czy też proces błędzenia przypadkowego (damped random-walk process). Analizy krzywych zmian blasku również pokazały, że charakterystyczne skale czasowe zmienności tego typu obiektów są znacznie dłuższe niż dotychczasowy czas monitoringu. Mogą one sięgać kilkuset a nawet milionów lat, co przy użyciu konwencjonalnych metod obserwacyjnych pojedynczych obiektów nie jest możliwe do zrealizowania.

Ciekawym, choć nie do końca zrozumiałym wynikiem otrzymanym w pracy, jest silna antykorelacja pomiędzy rozmiarem struktur radiowych a nachyleniem funkcji PSD (współczynnik korelacji równy 0.86). Antykorelacja może wskazywać na pewien związek pomiędzy rozmiarem radioźródła a naturą zmienności, jednak opiera się ona o dane tylko ośmiu obiektów przez co do jej potwierdzenia potrzebne są dalsze badania większej próbki obiektów.

Podsumowując opisane wyżej osiągnięcia, w swoich pracach zamieściłam 3 katalogi radiogalaktyk: ogólny katalog gigantycznych radioźródeł zidentyfikowanych przed końcem 2018 roku; katalog gigantycznych radiokwazarów, w którym 2/3 obiektów było nowo odkrytymi przeze mnie źródłami oraz pierwszy katalog radioźródeł restartujących. Dla źródeł z każdej z próbek badałam własności optyczne, radiowe oraz podczerwone. Wykonałam również szereg analiz jak np. analizę składu populacji gwiazdowych w galaktykach macierzystych gigantycznych radiogalaktyk oraz w galaktykach z ich najbliższego otoczenia; analizę krzywych zmian blasku ośmiu radiokwazarów, modelowanie widmowego rozkładu energii dla dwóch gigantycznych radiokwazarów, analizę widma kompozytowego gigantycznych radiokwazarów, analizę położenia gigantów na płaszczyźnie EV1 i in. Tym samym moje badania są jedynym dostępnym w literaturze wielowątkowym studium m. in. nad własnościami gigantów w dziedzinie optycznej.

W wyniku powyższych analiz można stwierdzić, że własności optyczne gigantycznych radioźródeł są bardzo podobne do własności optycznych mniejszych obiektów. Znacząca różnica pomiędzy gigantami a mniejszymi radioźródłami jest jednak widoczna w składzie populacji gwiazdowych w ich galaktykach macierzystych. W galaktykach macierzystych gigantycznych radiogalaktyk obserwujemy większą ilość gwiazd o średnim wieku w porównaniu z galaktykami o mniejszych rozmiarach struktur radiowych. Podobna zależność jest obserwowana w galaktykach leżących w ich pobliżu. Świadczyć to może o wystąpieniu pewnych globalnych warunków (w obrębie grupy/gromady), które spowodowały powstawanie nowych gwiazd na pewnym etapie ewolucji galaktyk. Jak było to opisane wyżej, wnioskiem płynącym z analizy populacji gwiazdowych galaktyk macierzystych gigantycznych radioźródeł jest przypuszczenie, że gigantyczne struktury radiowe powstają na skutek dłuższego trwania aktywności centralnych galaktyk, jak również dłuższego czasu, w którym aktywne jądra produkują dżety radiowe.

Znacząca różnica pomiędzy gigantami a mniejszymi radioźródłami jest również widoczna w wartości koloru $4.6\ \mu\text{m} - 12\ \mu\text{m}$ w dziedzinie podczerwonej. Giganty mają mniejsze wartości koloru. Świadczyć to może o różnicach w budowie torusa pyłowego wokół dysku akrecyjnego, jak również o mniejszym tempie formowania gwiazd w obiektach o rozciągniętych strukturach radiowych.

Analiza widmowego rozkładu energii dla gigantycznych radiokwazarów, pokazała że jest ona bardzo wartościowym i przydatnym narzędziem do badania i zrozumienia obserwowanych własności obiektu. Tym samym, przeprowadzone badania dla dwóch radiokwazarów skłoniły mnie do zajęcia się tym zagadnieniem w szerszym zakresie. W najbliższej przyszłości chciała bym się skupić na przeprowadzeniu analizy widmowego rozkładu energii dla dużej próbki gigantycznych radioźródeł. Przeprowadzenie takiej analizy dla dużej próbki obiektów jest jednak dosyć problematyczne z uwagi na potrzebę zgromadzenia danych na różnych długościach fali dla każdego z nich. W przypadku gigantów, wieloczęstotliwościowe dane są dostępne dla niewielkiej liczby obiektów dlatego obiecujący jest fakt, że dzięki nowym przeglądom radiowym na niskich częstotliwościach (takich jak LOFAR) identyfikacja gigantów jest znacznie prostsza. Przekłada się to na coraz większą ilość zidentyfikowanych obiektów tego typu, a tym samym na możliwość skompletowania statystycznie istotnej próbki, dla której będą dostępne wieloczęstotliwościowe dane. Z tego też względu planuję dołączyć do grupy LOFAR-owej zajmującej się badaniem i poszukiwaniem gigantycznych radioźródeł. Przypuszczam, że taka współpraca przyspieszy nie tylko zaplanowane przeze mnie badania, ale również zaowocuje wieloma ciekawymi projektami w przyszłości.

Przedstawione publikacje mają znaczący wkład w poszerzenie wiedzy o gigantycznych radioźródłach, co potwierdza się sporym zainteresowaniem moimi pracami w świecie naukowym. Cztery publikacje wchodzące w skład osiągnięcia naukowego są cytowane co najmniej dziesięciokrotnie, przy czym liczba cytowań jednej z nich jest bliska 50. W dowód uznania dla uzyskanych przeze mnie wyników, kilkakrotnie byłam zapraszana do wygłoszenia referatu na międzynarodowych konferencjach, jak również do dołączenia do zespołu edytorów czasopism w roli eksperta oraz recenzenta.

d) Inne osiągnięcia naukowe.

Podczas mojej wieloletniej aktywności naukowej zajmowałam się również poszukiwaniem międzygwiazdowych pasm rozmytych (MPR), a dokładniej eliminacją ich błędnych identyfikacji. Do dziś nie jest wyjaśnione jakie molekuly są odpowiedzialne za występowanie tych linii absorpcyjnych w widmach gwiazd poczerwienionych. Obecnie zaledwie parę MPR ma znane nośniki. Pierwszym krokiem do znalezienia prawidłowych identyfikacji jest weryfikacja obecnie znanych MPR. Największy problem stanowi odróżnienie linii absorpcyjnych pochodzenia międzygwiazdowego od linii absorpcyjnych pochodzenia telurycznego. Dzięki odpowiedniej strategii obserwacji można w łatwy sposób rozróżnić te dwa typy linii widmowych. W moich badaniach miałam do dyspozycji widma echelle paru gwiazd, w kierunku których obserwuje się MPR. Poprzez odpowiednie analizy oraz porównanie widma gwiazdy z laboratoryjnymi widmami jakie dają podstawowe molekuly znajdujące się w atmosferze ziemskiej (tj. H_2O , O_2 , CO_2 , CO) wiele linii absorpcyjnych uważanych dotychczas za MPR zakwalifikowałam jako teluryczne. Drugim aspektem badań nad MPR było zaproponowanie nowej metody pozwalającej na odróżnienie tak zwanych rodzin spektroskopowych MPR, czyli linii międzygwiazdowych pochodzących od tego samego nośnika. Wstępne wyniki zostały opublikowane jako przyczynki pokonferencyjne: Kuźmich i Wszolek, 2012, AASP, 2, 34 (*Interstellar spectral features and telluric absorption lines*) oraz Wszolek i Kuźmich, 2010, OAP, 23, 152 (*Search for Spectroscopic Families Among Diffuse Interstellar Bands*). Publikacja w recenzowanym czasopiśmie jest na etapie przygotowań.

Kolejnym osiągnięciem było zaproponowanie kandydata na najdalsze znane gigantyczne radioźródło. Jest nim gigantyczny radiokwazar J1145-0033 o przesunięciu ku czerwieni $z=2.055$. Praca dotycząca obiektu została opublikowana w 2011 roku. Przez wiele lat uważano, że gigantyczne radioźródła nie mogą występować na przesunięciach ku czerwieni większych od $z=1$ gdyż na $z>1$ gęstość ośrodka jest na tyle duża, że zatrzymuje ekspansję dżetów radiowych. Dzięki obserwacjom radiowym na coraz niższych częstotliwościach możliwe jest poszukiwanie coraz dalszych radioźródeł. W szczególności dalekie gigantyczne radioźródła są bardzo interesującymi obiektami z uwagi na możliwość badania ewolucji ośrodka międzygalaktycznego. Radioźródło J1145-0033 jest bardzo szczególnym obiektem. Oprócz tego, że jest gigantem o rozmiarze $D=1.34$ Mpc, w jego widmie optycznym występują wysoko zjonizowane szerokie linie absorpcyjne będące najprawdopodobniej wynikiem bardzo szybkiego wypływu gazu podczas procesów akrecji materii na czarną dziurę. Radiokwazar J1145-0033 został zaproponowany tylko jako kandydat na najdalsze gigantyczne radioźródło gdyż jego struktura radiowa na częstotliwości 1.4 GHz nie do końca jest wyraźna (połączenia jądra radiowego z gorącymi plamami są zaledwie na poziomie 3σ). Po opublikowaniu pracy aplikowałam o czas obserwacyjny na EVLA na niższej częstotliwości w celu potwierdzenia czy obserwowana struktura radiowa przedstawia jeden obiekt czy też jest wynikiem przypadkowego ułożenia w jednej linii trzech źródeł punktowych. Obserwacje zostały wykonane, jednak jak do tej pory otrzymane dane nie dały jednoznacznych wyników. Obecnie, dzięki pracy **H2** znane jest osiem gigantycznych kwazarów o przesunięciach ku czerwieni $z>2$.

5. Informacja o wykazywaniu się istotną aktywnością naukową albo artystyczną realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej.

Moja aktywność naukowa koncentrowała się wokół dwóch ośrodków: Uniwersytetu Jagiellońskiego oraz Centrum Fizyki Teoretycznej PAN w Warszawie. Większość moich prac naukowych powstała na Uniwersytecie Jagiellońskim, który jest moim obecnym miejscem pracy. Podczas zatrudnienia na stanowisku adiunkta, a później asystenta, powstały m. in. prace **H2**, **H3**, **H6**.

Działalność naukową w Centrum Fizyki Teoretycznej prowadziłam realizując staż

podoktorski w okresie od 2016 do 2019 (grant NCN FUGA). W trakcie tego stażu powstały następujące prace:

- Kuźmicz A., Czerny B., Wildy C., *Stellar populations in hosts of giant radio galaxies and their neighbouring galaxies*, 2019, A&A, 624, 91 (H4)
- Kuźmicz A., Jamrozy M., Bronarska K., Janda-Boczar K., Saikia D. J., *An Updated Catalog of Giant Radio Sources*, 2018, ApJS, 238, 9 (H1)
- Wildy C., Czerny B., Kuźmicz A., *MgII line Properties in Lobe-dominated Quasars*, 2018, ApJ, 861, 54
- Bhatta et al., *Signatures of the Disk-Jet Coupling in the Broad-line Radio Quasar 4C+74.26*, 2018, ApJ, 866, 132
- Kuźmicz A., Jamrozy M., Kozieł-Wierzbowska D., Weżgowiec M., *Optical and radio properties of extragalactic radio sources with recurrent jet activity*, 2017, MNRAS, 471, 3806 (H5)

6. Informacja o osiągnięciach dydaktycznych, organizacyjnych oraz popularyzujących naukę lub sztukę.

a) osiągnięcia dydaktyczne:

- współautorstwo podręcznika akademickiego: *Elementy astronomii dla geografów*, 2009, Bogdan Wszolek, Agnieszka Kuźmicz
Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej, Uniwersytet Jagielloński;
ISBN 978-83-88424-44-1
- promotor pomocniczy pracy doktorskiej Sagara Sethi, *Dynamical Evolution of giant radio galaxies*, Obserwatorium Astronomiczne Uniwersytetu Jagiellońskiego,
(główny promotor: dr hab. Marek Jamrozy)
- prowadzenie zajęć dydaktycznych:
 - Podstawy astronomii (wykład i ćwiczenia) – 60 godzin
 - Współczesne metody obserwacji w astrofizyce (wykład i ćwiczenia) – 60 godzin
 - Wykład specjalistyczny – poświęcony badaniom układów galaktyk (par, grup i gromad) – 30 godzin
 - Seminarium – 30 godzin

b) osiągnięcia organizacyjne:

- współorganizacja 18 fachowych konferencji o zasięgu krajowym oraz międzynarodowym (wypisanych szczegółowo w wykazie osiągnięć).

c) osiągnięcia popularyzujące naukę:

- 44 artykuły popularno-naukowe publikowane w Częstochowskim Kalendarzu Astronomicznym, regionalnej gazecie „Rzepiennik wczoraj i dziś” oraz w Ziemi Częstochowskiej;
- przygotowanie plansz edukacyjnych o tematyce astronomicznej, które zostały umieszczone w miejscach publicznych;
- wnioskowanie o granty MNiSW na przyznanie środków na działalność upowszechniającą naukę w latach 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, (4 wnioski otrzymały dofinansowanie)

7. Oprócz kwestii wymienionych w pkt. 1-6, wnioskodawca może podać inne informacje, ważne z jego punktu widzenia, dotyczące jego kariery zawodowej.

W mojej karierze zawodowej wielokrotnie ubiegałam się o czas obserwacyjny na teleskopach optycznych, jak również radiowych. W sumie byłam autorem lub współautorem 13 propozycji obserwacyjnych (wymienionych poniżej) na teleskopy takie jak SALT, Subaru, 3.5 m Calar Alto, GMRT, VLA, LOFAR:

- 2009 - PI propozalu: " Giant Radio Galaxies as a Probe of the Cosmological Evolution of the IGM", teleskop SALT – zaakceptowany
- 2010 - współautor propozalu: "A multi-frequency radio observations of a newly discovered restarting X-shape radio source hosted by a nearby merger galaxy", radioteleskop GMRT – zaakceptowany
- 2010 - współautor propozalu: "Multifrequency radio analysis of a restarting radio galaxy - the inner structure", radioteleskop VLA – zaakceptowany
- 2010, 2011 - PI propozalu: "IFS of the restarting radio galaxy",teleskop 3.5 m Calar Alto – odrzucony
- 2011 - współautor propozalu: "Multi-frequency radio analysis of a newly discovered restarting radio galaxy", radioteleskop GMRT – zaakceptowany
- 2011 - PI propozalu: "Multifrequency analysis of a candidate for the most distant giant radio source", radioteleskop EVLA – zaakceptowany
- 2015 - współautor propozalu: "Time evolution of radio galaxies – galaxies with restarting jet activity", teleskop Subaru – odrzucony
- 2021 - współautor propozalu: "uGMRT observation of largest bright radio galaxies" – GMRT – zaakceptowany
- 2021 - współautor propozalu: "High frequency observation of an extended 3 Mpc size radio galaxy", radioteleskop VLA – zaakceptowany
- 2022 - współautor propozalu: "High frequency observation of two radio galaxies with two-Mpc size", radioteleskop VLA – zaakceptowany
- 2022 - współautor propozalu: "uGMRT observation of largest bright radio galaxies – part 2" – GMRT – zaakceptowany
- 2022 - współautor propozalu: "Low-frequency observation of a newly identified S-shaped GRG", LOFAR – zaakceptowany

.....

(podpis wnioskodawcy)