



# Sprawozdanie z ćwiczenia 5.

Wykonał: Kamil Kalinowski

Asystent prowadzący: dr Marek Weźgowiec

**A**naliza mapy kalibratora w paśmie  $B = 8,46\text{GHz}$  pochodzącej z radioteleskopu Effelsberg doprowadziła do wyznaczenia współczynnika kalibracyjnego dla źródła DLA-3C286.

## I. Wstęp

Mapa ma strukturę macierzy i jest wykonywana poprzez wielokrotną procedurę integrowania sygnału odbieranego przez radioteleskop po czasie i zmiany pozycji we współrzędnych równonocnych na odpowiadającą kolejnej komórce (idąc wzdłuż wiersza macierzy lub wzdłuż kolumny). W związku z tym artefakty pochodzące od chmur, interferencji lub niestabilności odbiornika często są zawarte w całych wierszach lub kolumnach map.

Celem wstępnej obróbki mapy jest usunięcie takich artefaktów poprzez usunięcie ich z pojedynczych map, co pozwala usunąć wpływ największych z nich, a następnie obliczenie mediany wszystkich map i wykorzystanie specjalnego algorytmu, aby pozbyć się również mniejszych zakłóceń.

W niniejszym ćwiczeniu dokonano wyżej opisanych czynności wykorzystując pakiet NOD3 [Müller, Peter et al.2017]. Następnie dopasowano do otrzymanego rozkładu krzywą Gaussa, co znajdzie zastosowanie podczas wykonywania innych ćwiczeń.

Równanie okręgu o środku w centrum układu współrzędnych ma postać

$$x^2 + y^2 = r^2, \quad (1)$$

gdzie  $x$  i  $y$  to współrzędne punktów należących do okręgu, a  $r$  to jego promień.

Wzór na średnią wartość wielkości  $a$  ma postać

$$\bar{a} = \sum_{i=1}^N \frac{a_i}{N}, \quad (2)$$

gdzie  $a_i$  jest  $i$ -tą wartością, a  $N$  liczbą wartości.

Wzór na odchylenie standardowe wartości średniej  $u_a$  ma postać

$$u_{\bar{a}} = \sqrt{\frac{1}{N(N-1)} \sum_{i=1}^N (a_i - \bar{a})^2}. \quad (3)$$

Wzór wynikający z prawa propagacji niepewności ma postać

$$u_f = \sqrt{\sum_{i=1}^N \left( \frac{\partial f}{\partial x_i} u_{x_i} \right)^2}, \quad (4)$$

gdzie  $u_f$  jest wyznaczaną niepewnością standardową wartości danej funkcją  $f$  zależnej od  $N$  argumentów  $x_i$  o niepewnościach  $u_{x_i}$ .

Wartości wyrażane w decybelach odnoszą się do stosunku wielkości  $a$  do wielkości odniesienia  $b$

$$c_{dB} = 10 \log_{10} \frac{a}{b}, \quad (5)$$

gdzie  $c_{dB}$  jest wielkością  $a$  w decybelach.

## II. Szczegółowy opis procedury

### I. Obróbka map

1. Przejrzano wszystkie mapy i ręcznie usunięto z nich komórki i rzędy z ADU wy-

rażnie odbiegającym od otoczenia. Wykorzystano narzędzia z grupy MapEdit.

2. Wykorzystano algorytm programu, który analizując wszystkie mapy, wygenerował na ich podstawie mapę niemal pozbawioną szumów. Pierwszym krokiem algorytmu było obliczenie mediany ze wszystkich 12 map. Szczegółowy opis algorytmu jest zawarty w sekcji 4.1.3 w [Müller, Peter et al.2017]. Stwierdzono, że na wynikowej mapie nie widać znacznych artefaktów. Wykorzystano narzędzie BasketWeaving.
3. Specyfiką narzędzia BasketWeaving jest obniżenie sygnału  $n/2$ -krotnie, gdzie  $n$  jest liczbą map. W związku z tym przemnożono wszystkie wartości ADU o współczynnik  $n/2 = 6$ . Wykorzystano narzędzie LinearTransform.
4. Do otrzymanego rozkładu ADU dopasowano funkcję Gaussa. Wyznaczony parametry to m. in. szerokość połówkowa i amplituda. Parametry te wynoszą

$$HPBW = (84,620 \pm 0,018) \text{ arcsec},$$

$$A = (2,641 \pm 0,046) \text{ ADU}.$$

Wykorzystano narzędzie GaussFit

5. W paśmie  $B = 8,35 \text{ GHz}$  wartość natężenia strumienia źródła wynosi  $F = 5,18 \pm 0,11 \text{ Jy}$  [Mantovani et al.2009]. Założono, że wartość ta jest prawdziwa także dla pasma analizowanych obserwacji. Obliczonon przelicznik z ADU na natężenie strumienia  $\xi$  ze wzoru

$$\xi = \frac{F}{A}. \quad (6)$$

Wyznaczona wartość wynosi

$$\xi = (1,9614 \pm 0,054) \frac{\text{Jy}}{\text{ADU}},$$

gdzie podany błąd to niepewność standardowa obliczona ze wzoru (4).

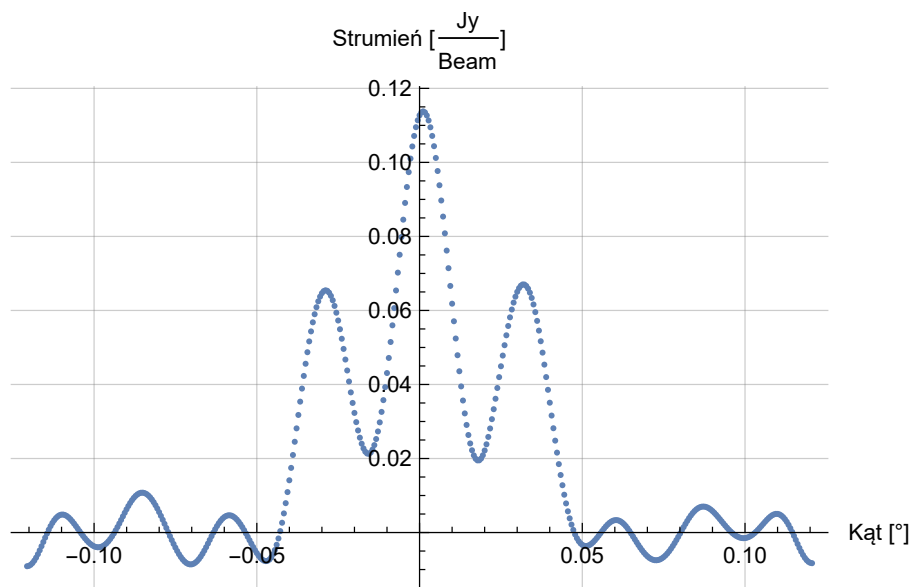
6. Przemnożono mapę przez 2 (jest to wartość zbliżona do  $\xi$ ), uzyskując rozkład dany w jednostkach natężenia strumienia.
7. Wpisano do nagłówka mapy parametr  $BMIN = 0,023$  — jest to szerokość wiązki, tzn.  $HPBW$  przeliczone na stopnie. Wykorzystano narzędzie CheckHeader.
8. Zastosowano filtr FHOP. Usuwa on z mapy struktury mniejsze od wiązki.
9. Zmierzono poziom szumu (odchylenia standardowego sygnału w regionie poza źródłem). Wynosi on  $RMS = 0.0042 \frac{\text{Jy}}{\text{Beam}}$ . Wykorzystano narzędzie Statistics.
10. Wykonano mapę konturową od poziomu  $3RMS$  z krokiem  $\log_{10} 2$ .
11. Wyeksportowano uzyskaną mapę. Przedstawia ją rys. 2.

## II. Analiza wpływu listków bocznych

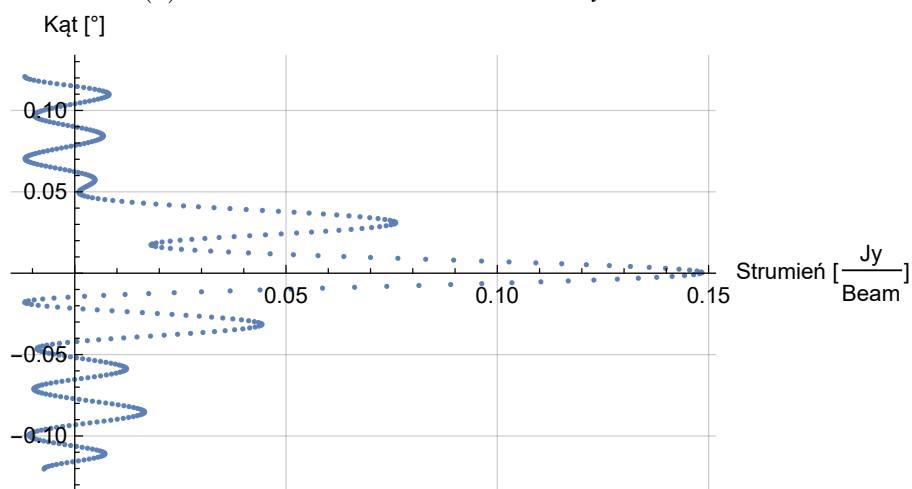
### II.1 Pozycja

Założono, że pierwsze maksimum lokalne po maksimum globalnym rozkładu, czyli obszar zawierający listki boczne, ma kształt okręgu.

W celu wyznaczenia położenia listków bocznych wyeksportowano rozkład strumienia w osi  $x$  dla  $y_1 = 0.0258333$  (rys. 1a) i rozkład strumienia w osi  $y$  dla  $x_2 = -0.0253333$  (rys. 1b). Wyznaczono maksima lokalne odpowiadające okręgowi zawierającemu listki boczne uzyskując parę punktów należących do okręgu:  $(-2.89 \cdot 10^{-02}^\circ, 2.58 \cdot 10^{-2}^\circ)$  i  $(-2.53 \cdot 10^{-2}^\circ, 3.08 \cdot 10^{-2}^\circ)$ . Wyznaczono dwukrotnie promień okręgu ze wzoru (1) ( $r_1 = 0.0387408^\circ$ ,  $r_2 = 0.0398589^\circ$ ) i jego średnią ze wzoru (2)



(a) Rozkład strumienia w osi  $x$  dla  $y_1 = 0.0258333$



(b) Rozkład strumienia w osi  $y$  dla  $x_2 = -0.0253333$

Rysunek 1: Rozkłady strumienia wyeksportowane w celu wyznaczenia położenia listków bocznych

wraz z odchyleniem standardowym ze wzoru (3)

$$\bar{r} = (0.03930 \pm 0.00056)^\circ.$$

Jest to odległość listka bocznego od centrum.

II.2    Stosunek poziomów sygnału listka bocznego do głównego

Wyznaczono sygnał ADU z maksimum lokalnego dla punktu  $(-2.89 \cdot 10^{-02}^\circ, 2.58 \cdot 10^{-2}^\circ)$ . Wynosi on

$$A_2 = 3,272 \cdot 10^{-2} \text{ ADU}.$$

Zatem stosunek  $A_2$  do  $A$ , ze wzoru (5) wynosi około

$$A_{2dB} = -38 \text{ dB}.$$

III.    Dyskusja

Na utworzonej mapie nie widać artefaktów, w związku z czym działania podjęte w celu ich redukcji okazały się skuteczne.

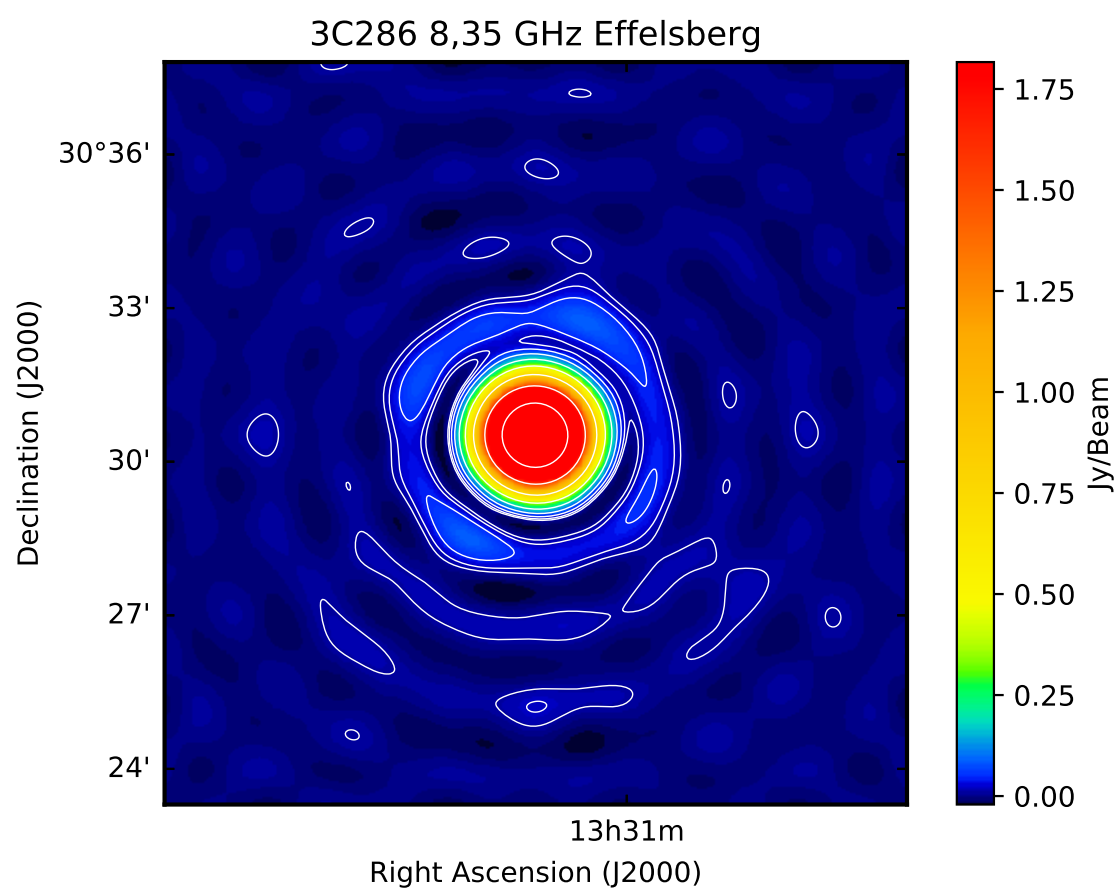
Należy zauważyć, że wielkość  $A_{2dB}$  jest jedynie szacunkiem. Jak widać na wykresie z rys. 1b, maksimum z listka bocznego ma różną wartość w zależności od pozycji na okręgu zawartym w obszarze, na który ma wpływ listek boczny.

Literatura

[Mantovani et al.2009] Mantovani, F., Mack, K. H., Montenegro-Montes, F. M., et al. Effelsberg 100-m polarimetric observations of a sample of compact steep-spectrum sources. , 502(1):61–65, 2009. doi:10.1051/0004-6361/200911815.

[Müller, Peter et al.2017] Müller, Peter, Krause, Marita, Beck, Rainer, and Schmidt, Philip. The NOD3 software package: A graphical user interface-supported reduction package for single-dish radio continuum and polarisation observations. A&A, 606:A41, 2017. doi:10.1051/0004-6361/201731257.

Data złożenia sprawozdania	Proponowana ocena	Data złożenia poprawy	Końcowa ocena



Rysunek 2: Obrobiona mapa