

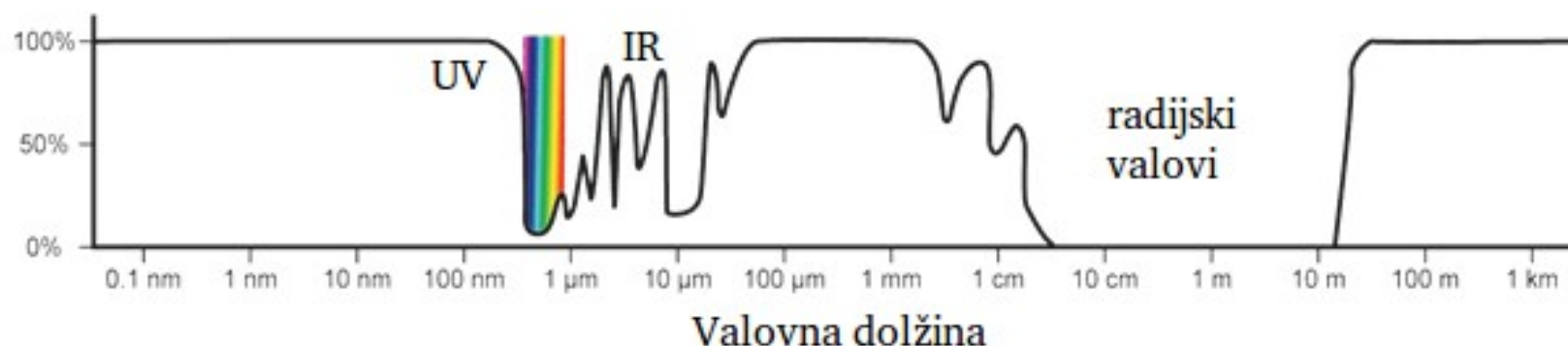
# Radijska astronomija: od signala do slike

Janez Kos





# Opazovalni pogoji



- Zemljina poleg vidne prepušča še radijsko svetlobo.
- Umetne motnje naših radijskih komunikacij.
- Ionosfera spremenljiva, podobno obnašanje kot seeing.

# Kako deluje radijski teleskop

- Parabolična posoda
- Sprejemniki
- Mešalnik frekvenc
- Analogni digitalni konverter



# Kako deluje radijski teleskop

- Parabolična posoda
  - Natančnost površine mora biti del valovne dolžine:
    - $\lambda=21 \text{ cm}$  ( $\nu=1.4 \text{ GHz}$ ):  $\lambda/4=5\text{cm}$
    - $\lambda=1.2 \text{ cm}$  ( $\nu=23 \text{ GHz}$ ):  $\lambda/4=3\text{mm}$
  - Uporabi se mreža
  - Ločljivost  $\theta=1.22 \lambda/D$  ( $D=100\text{m}$ ):
    - $\lambda=21 \text{ cm}$  ( $\nu=1.4 \text{ GHz}$ ):  $\theta=8.8'$
    - $\lambda=1.2 \text{ cm}$  ( $\nu=23 \text{ GHz}$ ):  $\theta=0.5'$
- Sprejemniki
- Mešalnik frekvenc
- Analogno digitalni konverter





# Kako deluje radijski teleskop

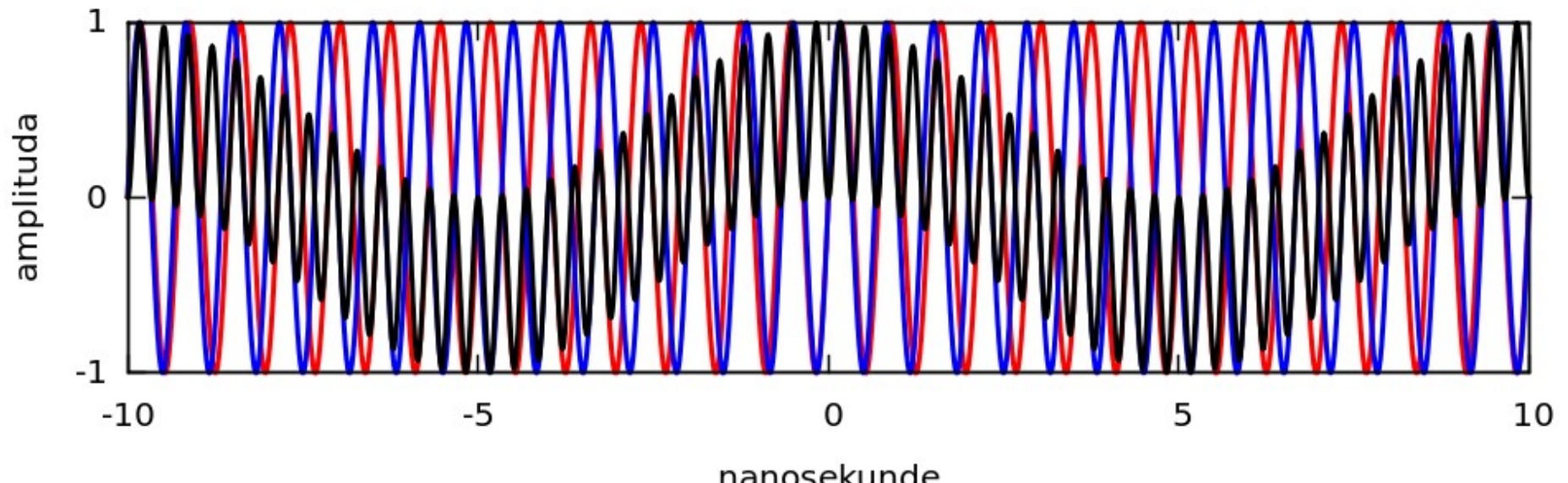
- Parabolična posoda
- Sprejemniki
  - Zaradi majhne ločljivosti predstavljajo en ali nekaj slikovnih elementov (pikslov)
  - V bližnji prihodnosti okoli 100 elementov
- Mešalnik frekvenc
- Analogno digitalni konverter





# Kako deluje radijski teleskop

- Parabolična posoda
- Sprejemniki
- Mešalnik frekvenc
  - Tehnologija ne omogoča shranjevanja podatkov pri opazovanih frekvencah
  - Če pomnožimo dva signala s podobno frekvenco dobimo signal z razliko frekvenc in brez izgube informacije.
- Analogno digitalni konverter





# Kako deluje radijski teleskop

- Parabolična posoda
- Sprejemniki
- Mešalnik frekvenc
- Analogno digitalni konverter, ojačevalci
  - Več stopenj ojačevalcev.
  - Podatki se shranjujejo na diske v digitalni obliki primerni za pošiljanje v korelator.
  - Prenos podatkov:  
za klasičen teleskop: 10 Mb/s  
LOFAR: 3 Tb/s  
SKA: do 1 Pb/s





# Kaj je interferometer

- Več teleskopov
  - Lahko so različni
  - $n(n-1)/2$  parov teleskopov
  - Spremenljive razdalje med teleskopi (tračnice ali vrtenje Zemlje)
- Shranjevati je potrebno fazo in amplitudo signala
- Povezava med teleskopi in korelatorjem
  - Globalna povezava 10 Mb/s med vsemi teleskopi VLBI
  - 10 Gb/s med evropskimi teleskopi (delo brez shranjevanja signalov)
  - Pošta (do pred dveh let)



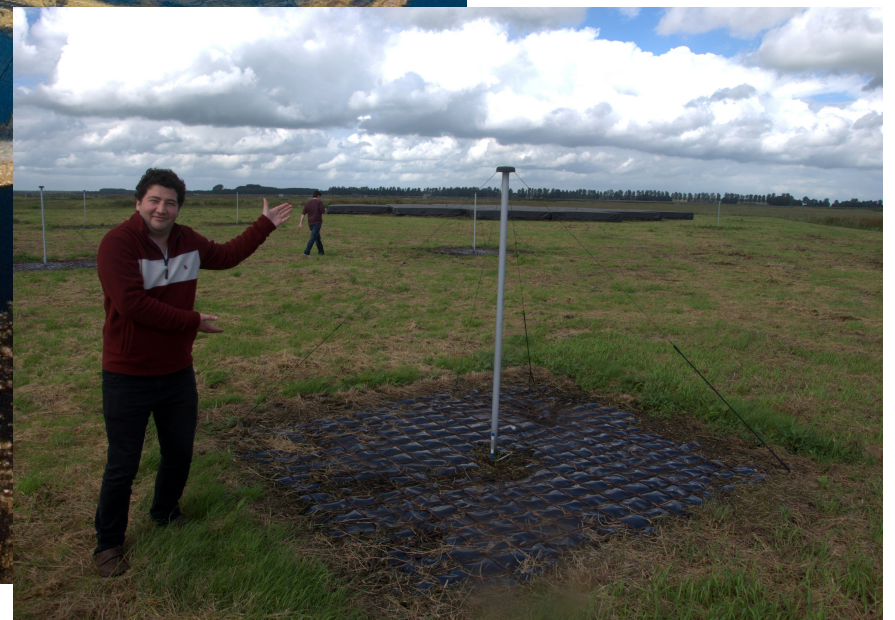


# Kaj je interferometer





# Kaj je interferometer



# Korelator

- Zapis signala je usklajen s primernim časovnim zamikom
- Pozicija in usmeritev teleskopa nista dovolj natančno znana
- Korelator primerja signala iz dveh teleskopov in izračuna pravi časovni zamik ter korelacijsko funkcijo.

T1: 1 0 1 1 0 1 0 0 1

T2: 0 1 1 0 1 0 0 0 1

K: 0 0 1 0 0 0 1 1 1 ->4

T1: 1 0 1 1 0 1 0 0 1

T2+dt: 1 0 1 1 0 1 0 0 0

K: 1 1 1 1 1 1 1 1 0 ->8

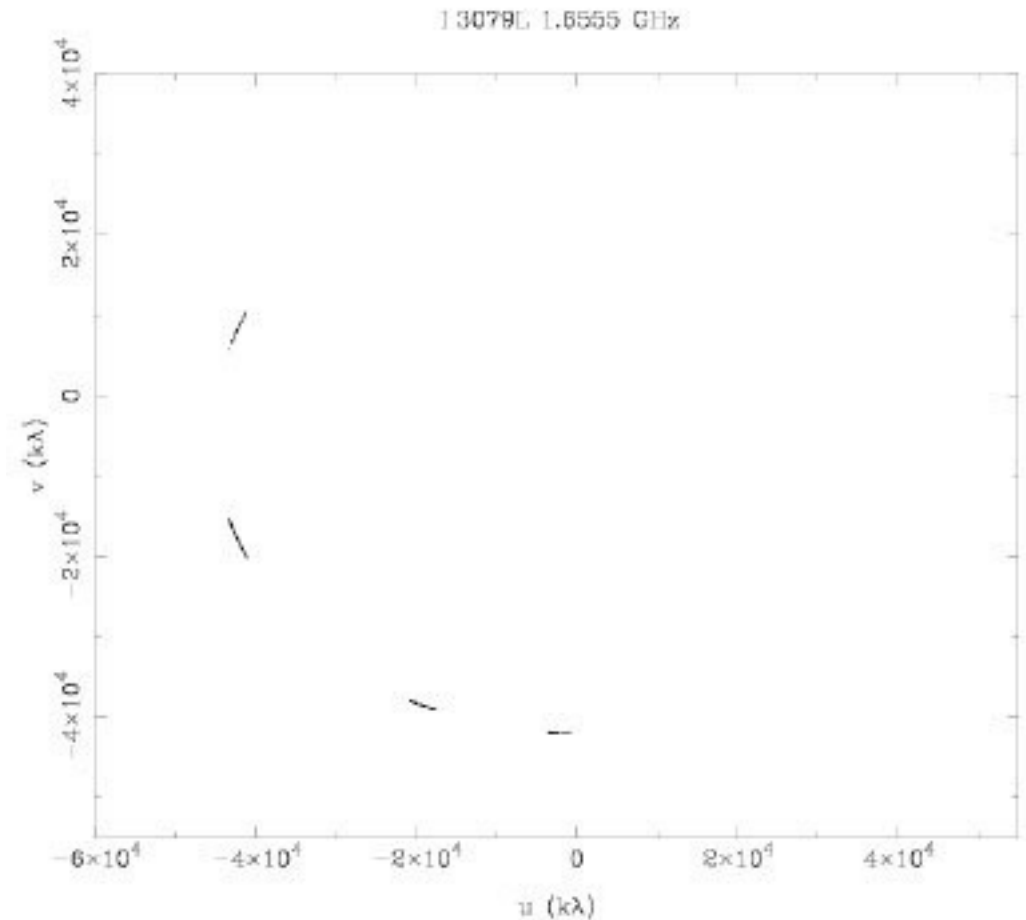


# Korelator



# U-V ravnina

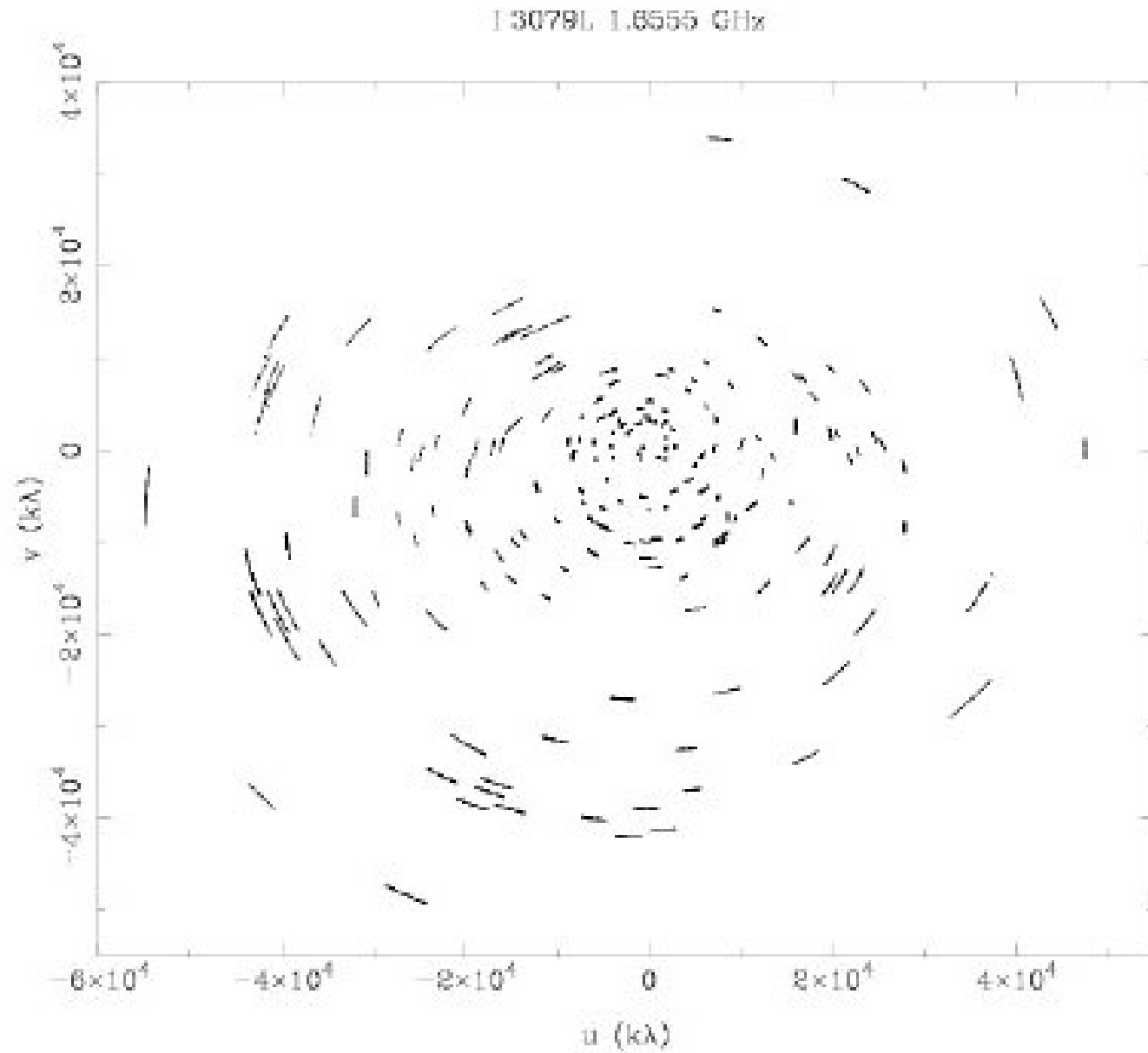
- Produkt korelatorja je koherenčna funkcija
- Vrednosti koherenčne funkcije narišemo v u-v ravnino.
- U-V ravnina predstavlja polje vseh parov teleskopov z odštetimi translacijami.



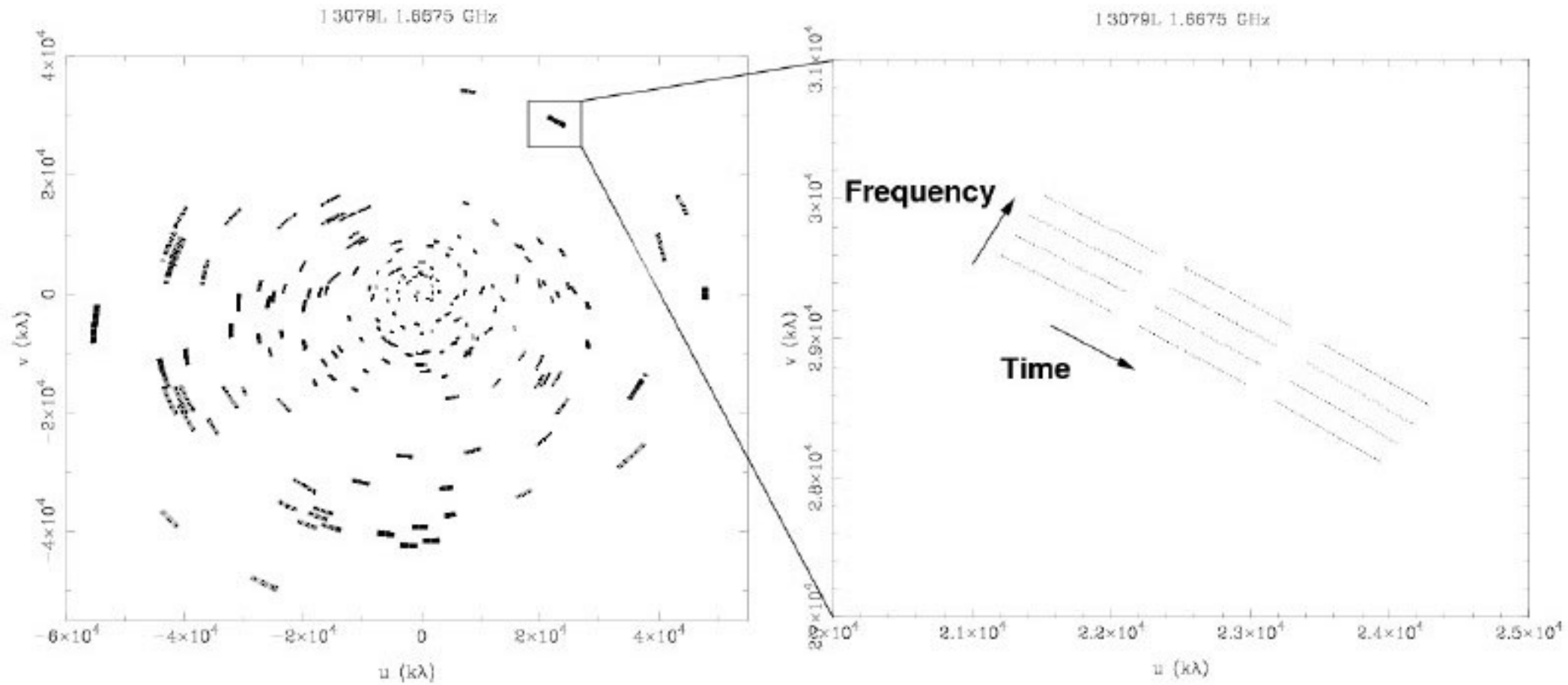
$$V_{\nu}(u, v) = \iint I_{\nu}(l, m) e^{-2\pi i(ul+vm)} dl dm$$



# U-V ravnina



# U-V ravnina



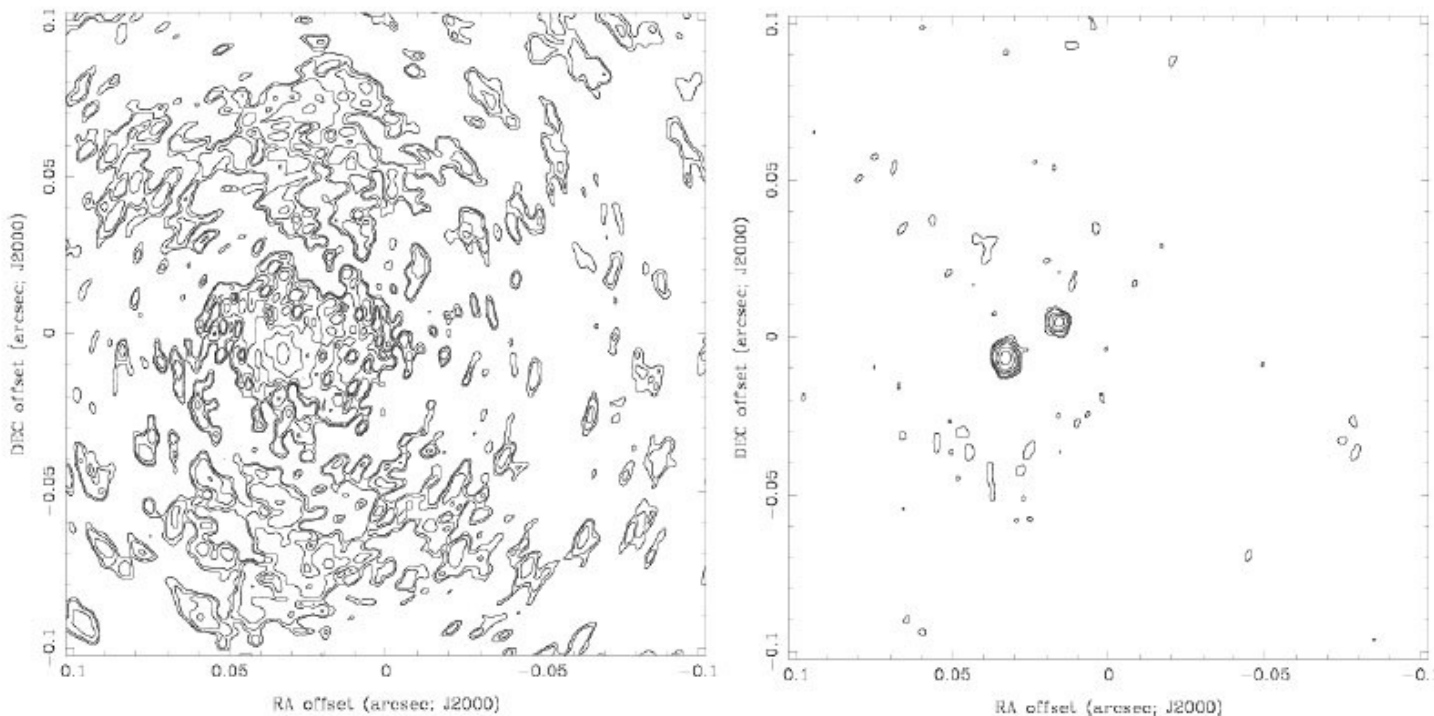


# Fourierova transformacija

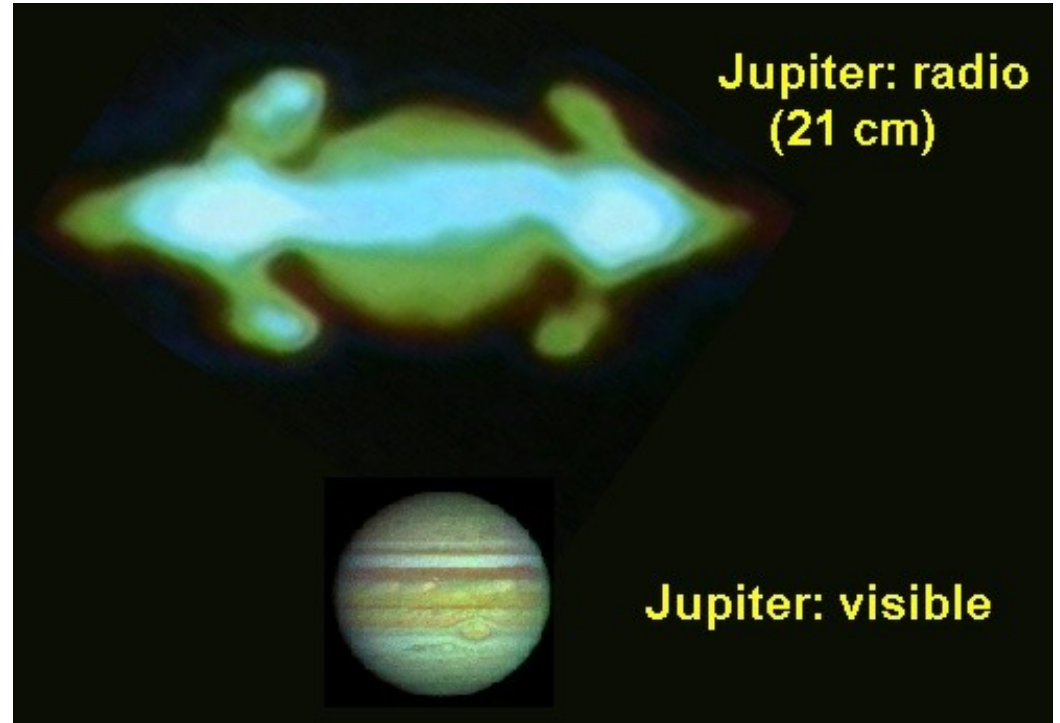
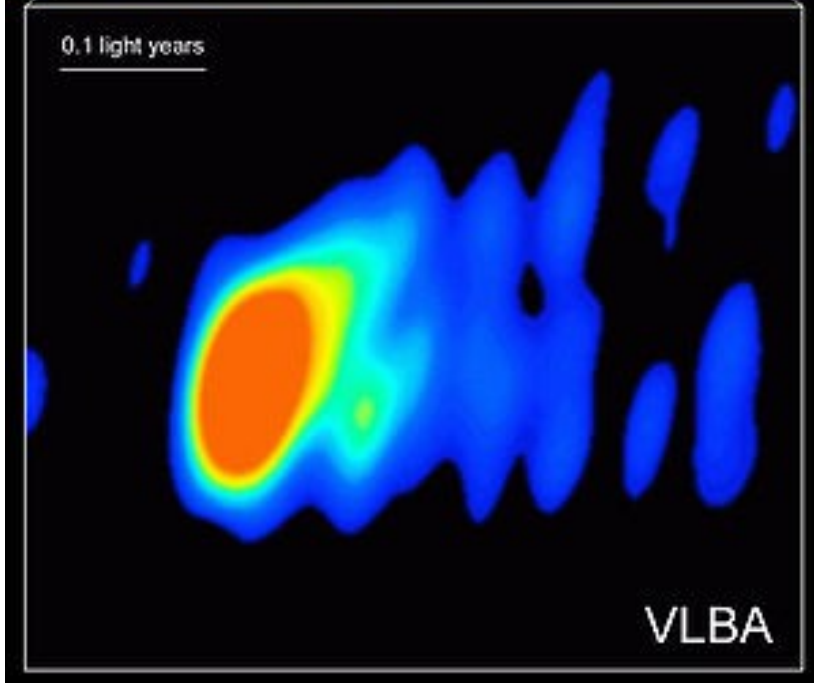
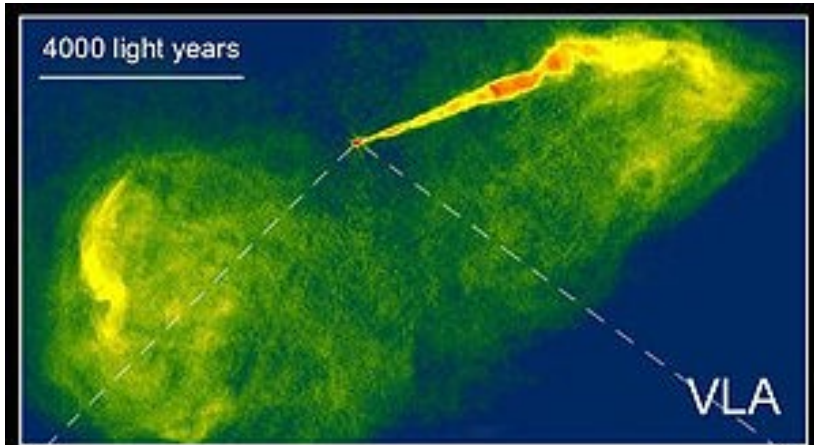
- Slika je le fourierova transformacija u-v ravnine.

$$V_\nu(u, v) = \iint I_\nu(l, m) e^{-2\pi i(ul+vm)} dl dm$$

- Ker u-v ravnina ni povsem pokrita, je potrebno sliko še "očistiti" preko dekonvolucije s pokritostjo u-v ravnine.



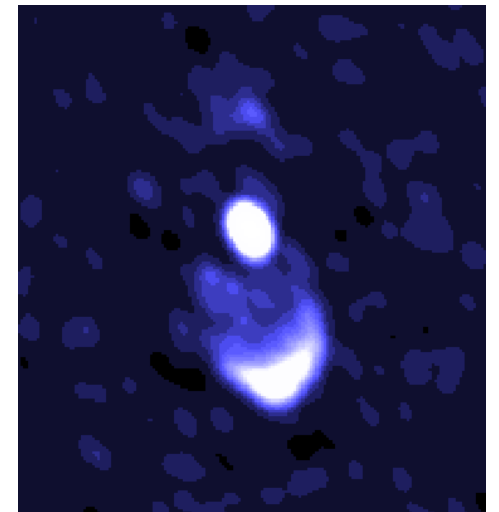
# Slike



M87

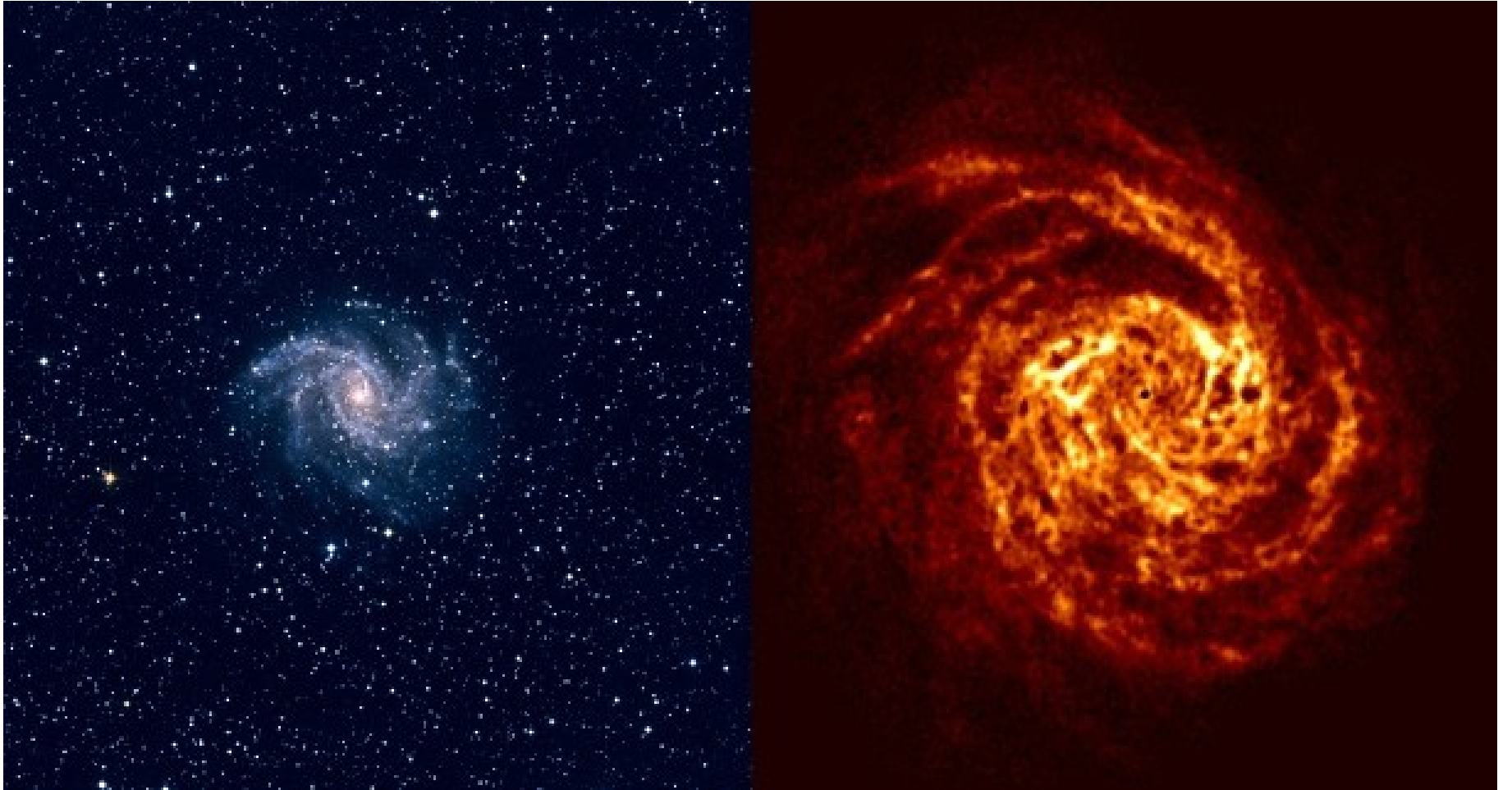
Jupiter

Kvazar Marka-  
rian 231



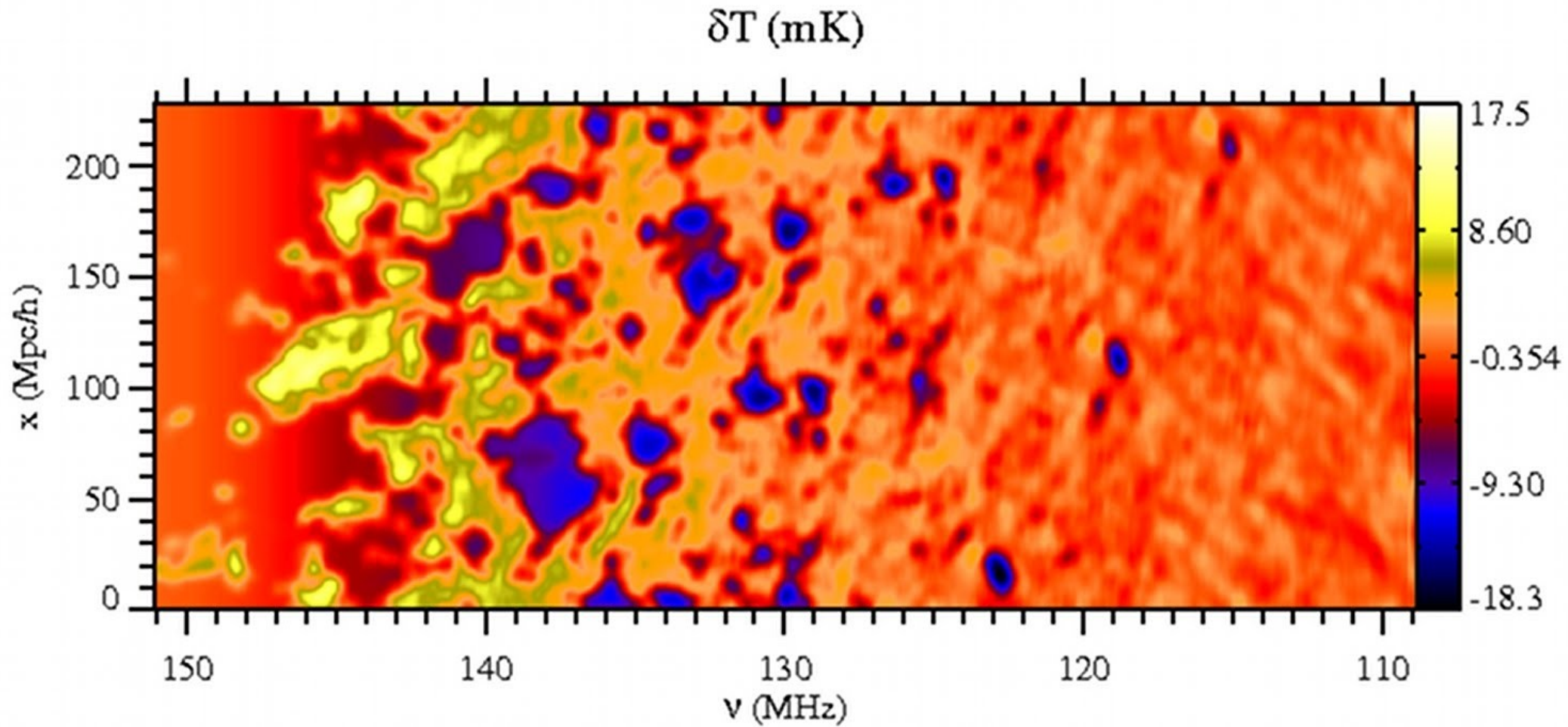


# Slike



NGC 6946

# Slike



Epoha reionizacije



# Slike

## Sledenje sondi Huygens

