

# Radijski teleskop za vodikovo črto

Tadeja Saje

17. februar 2017

# Kazalo

- 1 Motivacija in rešitev
  - Razlike med opticnim in radijskim opazovanjem
  - Sevanje črnega telesa
  - Sevanje vodikove črte
- 2 Načrtovanje in umerjanje radoteleskopa
  - Blokovni načrt radioteleskopa
  - Žarilec
  - Pasovno sito
  - Nizkošumni ojačevalnik
- 3 Izračun šumne temperature sistema
- 4 Opazovanje Vodikove črte
  - Izračunana šumna temperatura sevanja vodikovih atomov kot funkcija hitrosti v smeri Deneba
  - Spekter vodikove črte v galaktični ravnini
  - Opazovanje v prihodnosti

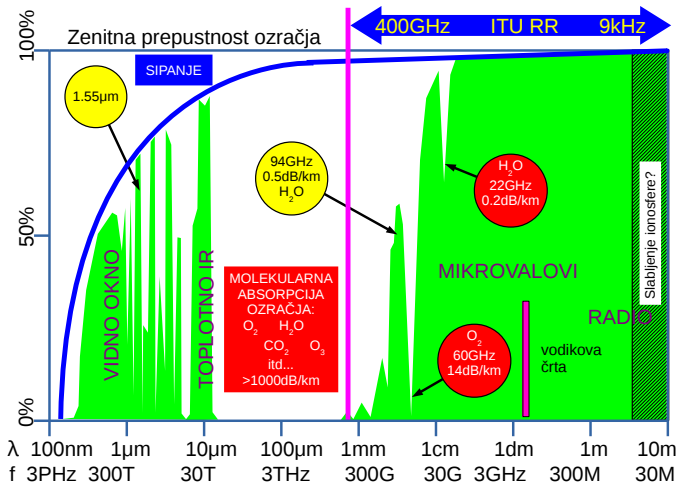
## Motivacija in rešitev

- izdelava radioteleskopa s ceneno elektroniko
- rešitev: radioteleskop s šumno temperaturo sistema 60K
- Iz meritev je razvidno, da ima Rimska cesta številne krake spiralne oblike.

## Razlike med optičnim in radijskim opazovanjem

- v vesolju imamo ovire, ki absorbirajo določena elektromagnetna valovanja. Medzvezdni prah duši vidno svetlobo, ne absorbira pa radijskih valov
- Mehanizmi sevanja nebesnih virov in lastnosti spektrov so zelo različni
- Razmerje signal/motnja je nizko. Koristen signal zvezde je skrit v šumu.
- prepustnost Zemljskega ozračja je za različne valovne dolžine je različna

# Slabljenje zemljskega ozračja



## Sevanje črnega telesa

- Vodikove črte ne dobimo s sevanjem toplotnega izvora ampak je spontano sevanje na področju mikrovalov

- 

$$B_f = \frac{dP}{df dA d\Omega} \quad (1)$$

- Antena vidi predmete na različnih temperaturah.

- 

$$P_N = \Delta f k_B T_A \quad (2)$$

- Planckov zakon sevanja črnega telesa.

$$B_f = \frac{2hf^3}{c_0} \frac{1}{e^{\frac{fh}{k_B T}} - 1} \quad (3)$$

- Spektralna svetlost ni odvisna od razdalje in je enaka tako na izvoru kot na detektorju in je odvisna od temperature.

## Občutljivost teleskopa

- Občutljivost pove, kakšno najmanjšo moč signala je teleskop zmožen razpoznati.
- Signal  $P_S$ , ki ga merimo, je naključen signal
- da bi razpoznali naš koristen signal v šumu, moramo povprečiti moč
- Kako šibek signal lahko zaznamo, je odvisno od pasovne širine in od časa integracije (povprečenja) oziroma časa opazovanja

$$\frac{\Delta T}{T} = \frac{1}{\sqrt{B\tau}} = \frac{\Delta P}{P} \quad (4)$$

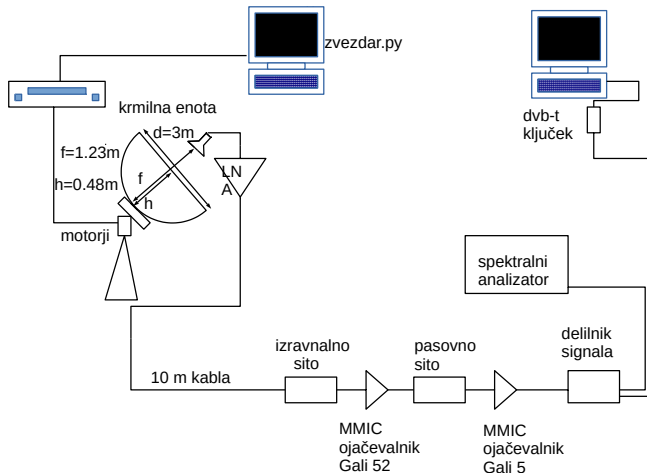
- $T = 60K$ , naredimo  $N = 3600$  meritev: najmanjši signal, ki lahko zaznamo, je 1 K

## Sevanje vodikove črte

- Zaznati ga je mogoče na valovni dolžini 21 cm.
- Ko vodikov atom preskoči v nižje energetske stanje, se izseva foton na valovni dolžini 21 cm. V laboratoriju so izmerili frekvenco 1.420405751786GHz
- Zgodi se le vsakih 11.1 milijonov v povprečnem vodikovem atomu.



# Blokovni načrt radioteleskopa



Motivacija in rešitev

Načrtovanje in umerjanje radioteleskopa

Izračun šumne temperature sistema

Opazovanje Vodikove črte

Blokovni načrt radioteleskopa

Žarilec

Pasovno sito

Nizkošumni ojačevalnik

# Parabolično zrcalo z žarilcem in rotatorjem



## Lastnosti paraboličnega zrcala

- $\frac{f}{d} = 0.4$
- Ločljivost pomeni, katero podrobnost še lahko razločimo in odvisna od valovne dolžine in premera antene
- prostorska ločljivost  $\alpha = 1.22 \frac{\lambda}{D} = 5$  stopinj
- premer  $D=3\text{m}$

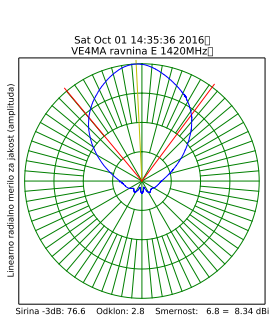
# Žarilec brez ovratnika VE4MA



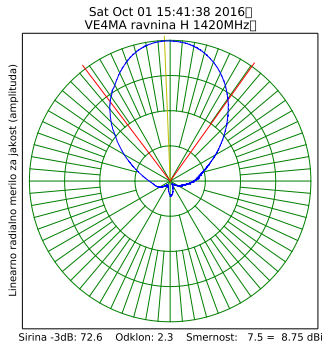
## Žarilec z ovratnikom VE4MA



# Meritev smernega diagrama v E in H ravnini pri 1420 MHz



(a) Meritev v E ravnini

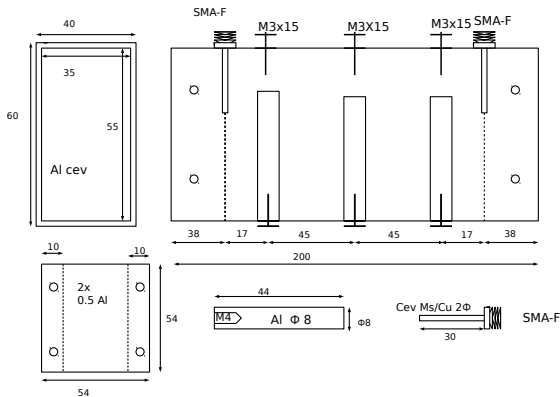


(b) Meritev v H ravnini

## Merjenje smernega diagrama

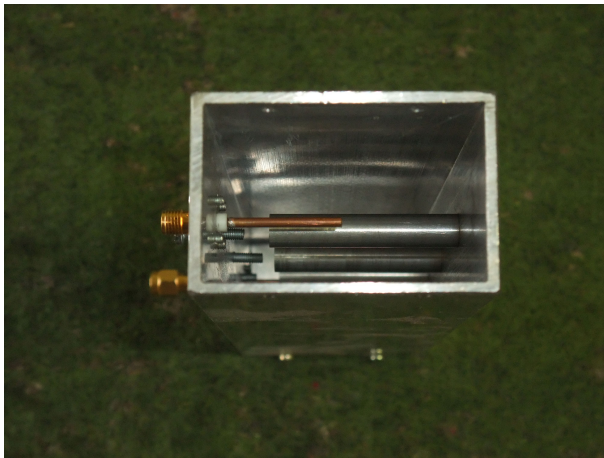


## Resonatorsko sito za 21 cm

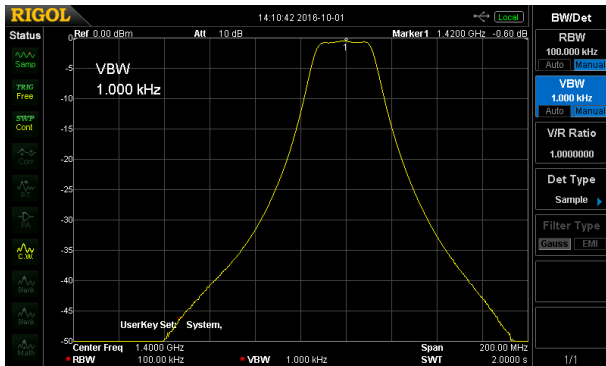




## Resonatorsko sito za 21 cm



# Merjenje votlinskih pasovnih sit



Motivacija in rešitev

Načrtovanje in umerjanje radioteleskopa

Izračun šumne temperature sistema

Opazovanje Vodikove črte

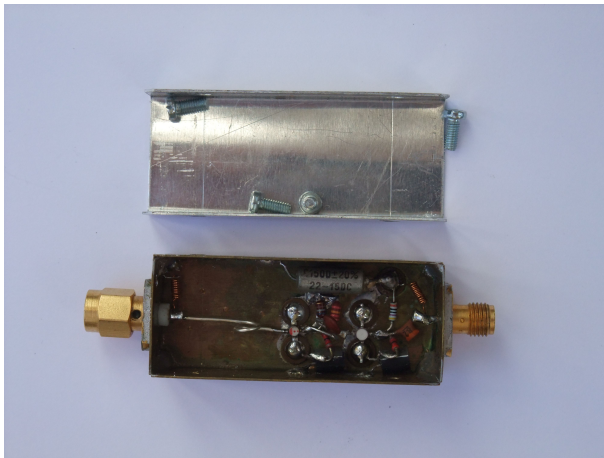
Blokovni načrt radioteleskopa

Žarilec

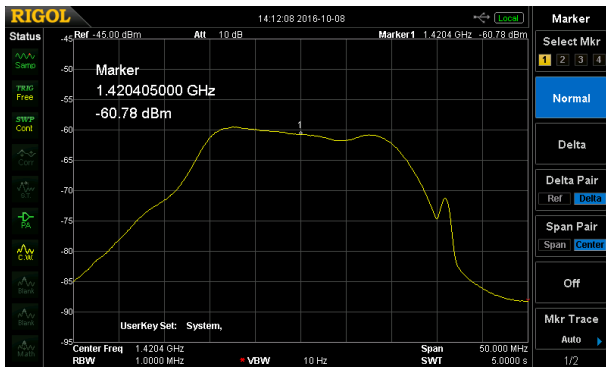
Pasovno sito

Nizkošumni ojačevalnik

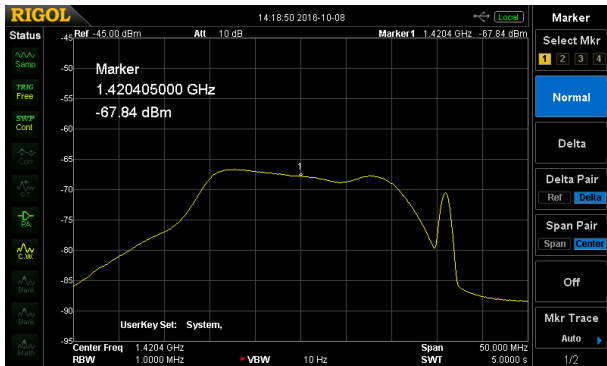
## Nizkošumni ojačevalnik



# Antena usmerjena v gozd



# Antena usmerjena v hladno nebo



## Izračun šumne temperature sistema

- Nam omejuje kakšna je občutljivost teleskopa
- Decibel (okrajava dB) je enota brez dimenzije, s katero izražamo razmerje med spremenljivo količino in fiksno referenco:  $X_{dB} = 10 \log_{10} \frac{X}{X_0}$

$$10 \log \frac{T_2}{T_1} = 7 \text{ dB}$$

$$T_2 = T_1 \times 10^{\frac{7}{10}}$$

Iz  $T_2 = T_1 \times 10^{\frac{7}{10}}$  izračunamo neznano temperaturo  $T_{S1}$ .

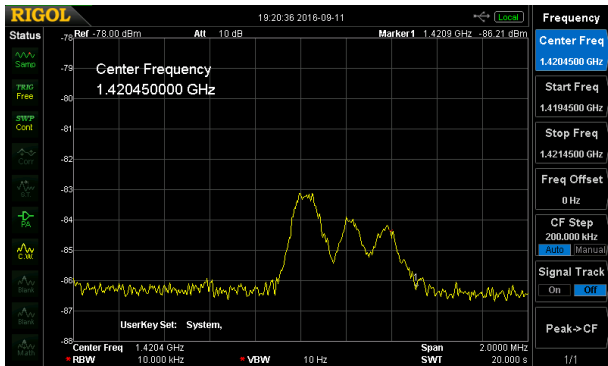
$$T_{S1} + T_{\text{gozd}} = 5 \cdot (T_{\text{nebo}} + T_{S1}) \quad T_{\text{gozd}} \approx 290 \text{ K}$$

$$T_{S1} = T_{\text{antena}} + T_{\text{sprejemnik}}$$

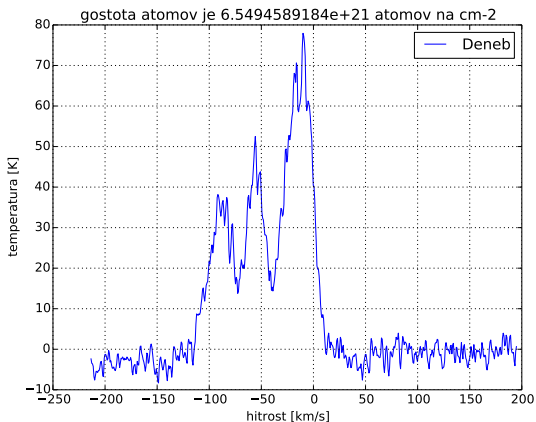
$$T_{S1} = 60 \text{ K} \quad T_{\text{sprejemnik}} \approx 35 \text{ K}$$

$$T_{\text{antena}} \approx 25 \text{ K}$$

# Meritev frekvenčnega spektra v smeri zvezde Deneb

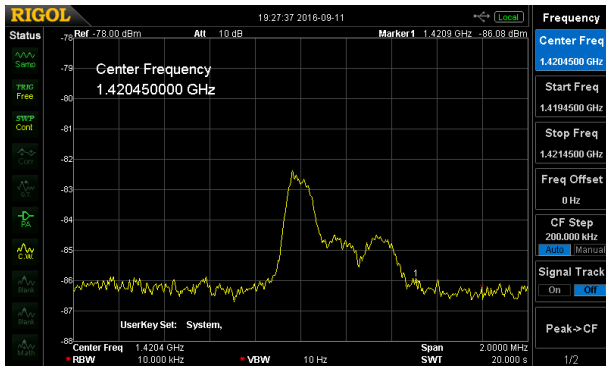


# Izračunana šumna temperatura sevanja vodikovih atomov kot funkcija hitrosti v smeri Deneba

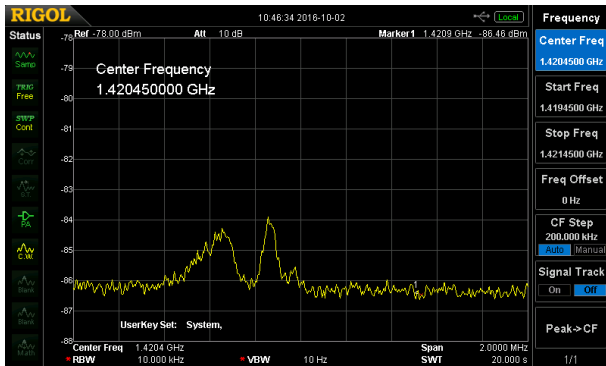




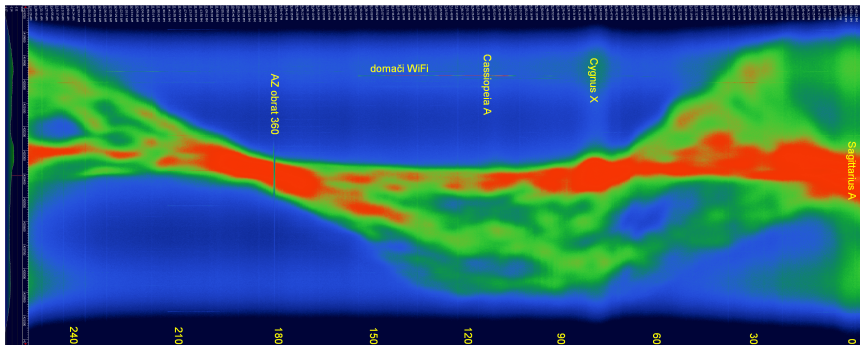
# Meritev frekvenčnega spektra v smeri zvezde Sadr



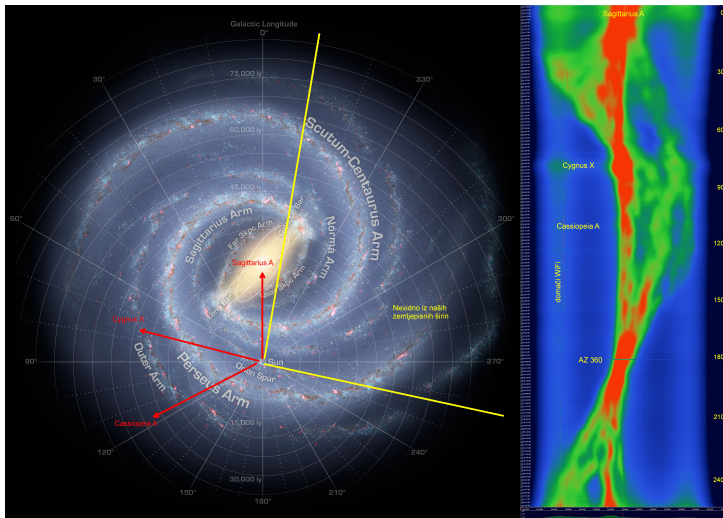
# Meritev frekvenčnega spektra v smeri zvezde Etapuppis



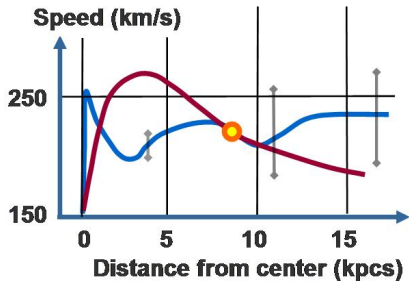
## Spekter vodikove črte v galaktični ravnini



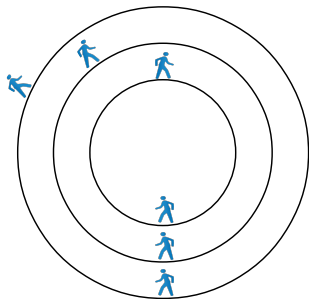
# Razlaga kaj lahko vidimo iz naše zemljepisne širine



## Kroženje snovi znotraj Galaskije



(a) Izračunana in izmerjena hitrost snovi znotraj Galaksije



(b) Podobnost med tekači po krožnici in kroženjem snovi znotraj galaksij

## opazovanje v prihodnosti

- opazovanje pulzatorjev
- opazovanje maserjev: OH črte
- opazovanje vodikove črte zunaj naše Galaksije
- postavitve interferometra

# Inteferometer

