

Mjerenje mase plina neutralnog vodika u dalekim galaksijama

LANA CERAJ

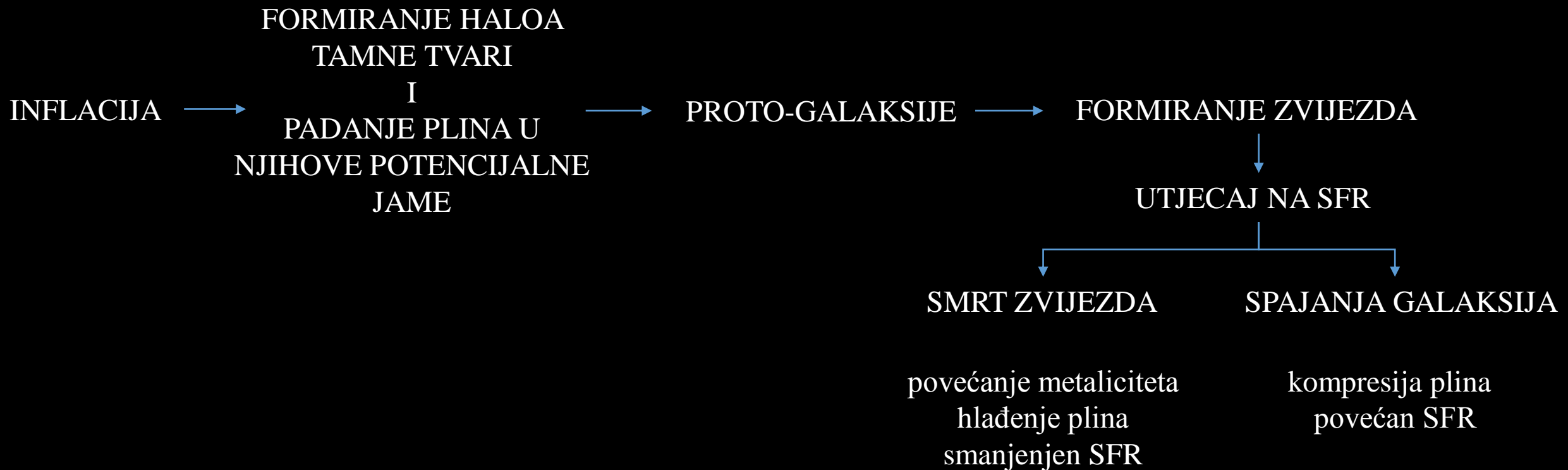
Mentorice: doc. dr. sc. Jacinta Delhaize
doc. dr. sc. Vernesa Smolčić

Fizički odsjek Prirodoslovno – matematičkog fakulteta
Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, Hrvatska

SADRŽAJ

UVOD	Razvoj galaksija Metoda slaganja Plin neutralnog HI vodika Uloga plina HI u razvoju galaksija
O PODACIMA	Stripe 82 SDSS optički katalog
ANALIZA I REZULTATI	O metodi slaganja Rezultati Ponašanje šuma i konfuzija
ZAKLJUČAK	
REFERENCE	

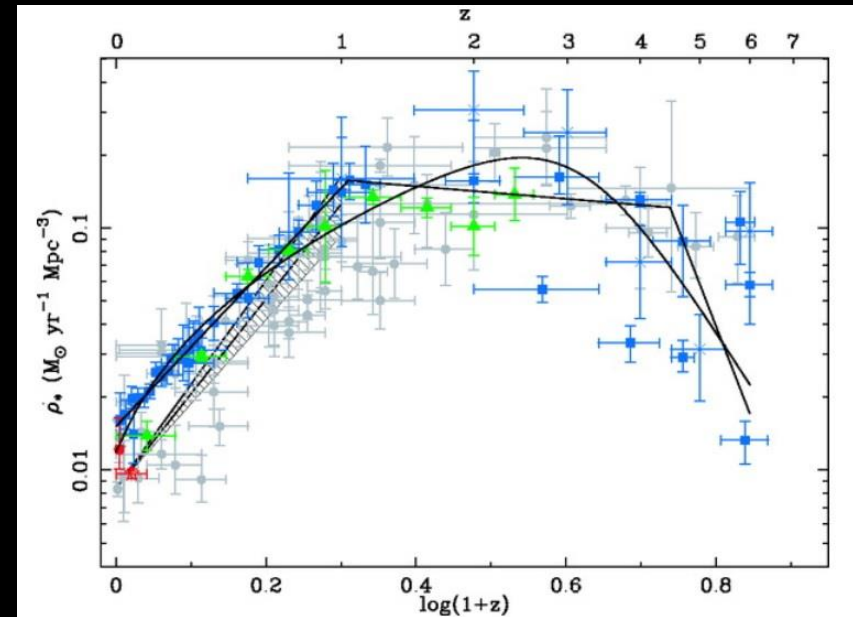
UVOD – Razvoj galaksija



UVOD – Metoda slaganja

- eng. stacking
- statistička detekcija ansambla galaksija s velikim S/N
- potreban velik ansambl galaksija u velikom volumenu (kozmička varijanca)

- SFR u galaksijama varira s crvenim pomakom
 - maksimum $z \sim 2 - 3$
 - smanjenje za red veličine u proteklih 10 milijardi godina
 - mogući razlog:
smanjenje plina HI u galaksijama



Slika 1: Gustoća brzine formiranja zvijezda kao funkcija crvenog pomaka. Preuzeto iz [1].

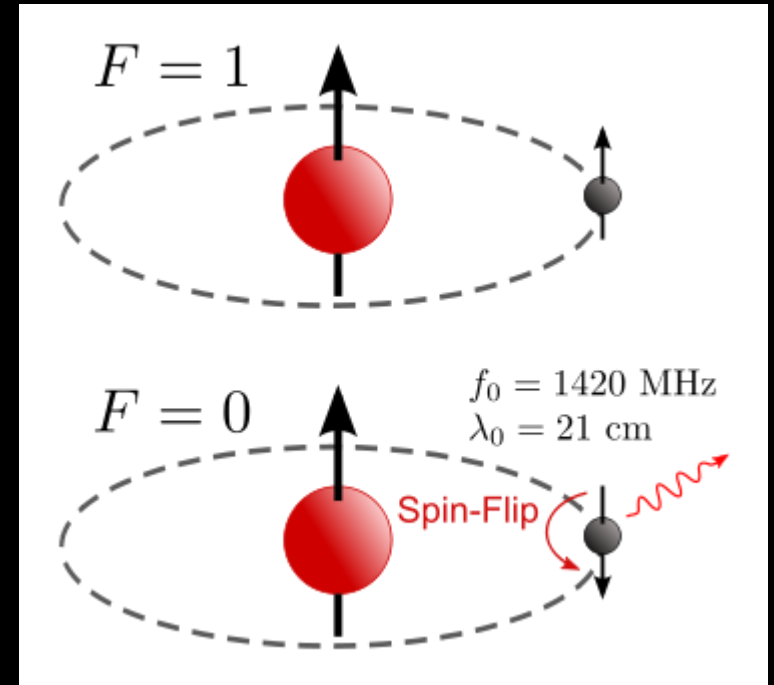
UVOD – Plin neutralnog HI vodika

Pretpostavke:

- Rayleigh – Jeans režim: $h\nu \ll kT$
- optički tanko sredstvo

Masa plina HI u spektru:

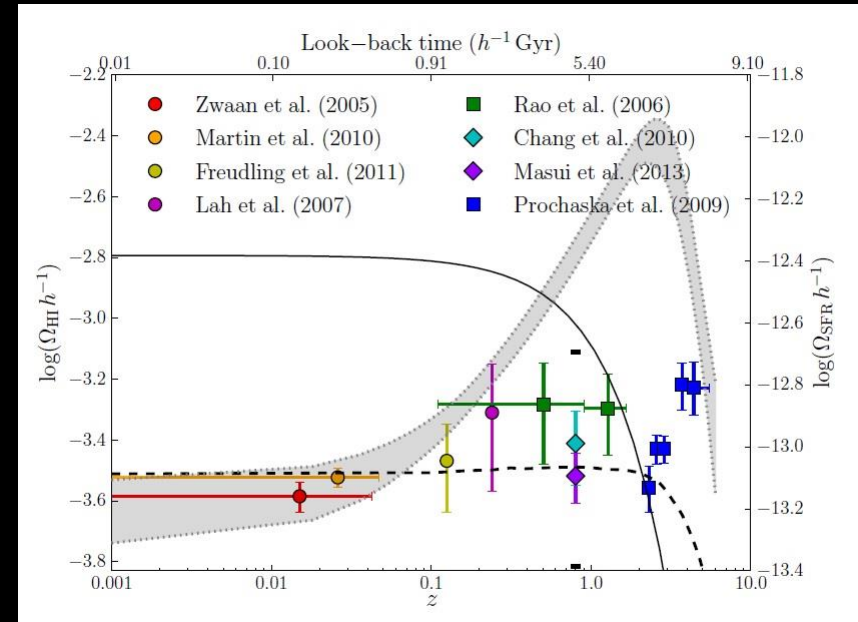
$$M_{HI} = \frac{16\pi m_H}{3h\nu_0 A} D_L^2 \int S(\nu) d\nu \quad (2)$$



Slika 2: Prijelaz elektrona iz stanja više u stanje niže energije odgovara emisiji fotona frekvencije $\nu_0 = 1420.406 \text{ MHz}$ i valne duljine $\lambda_0 = 21.105 \text{ cm}$. Preuzeto iz [2].

UVOD – Uloga plina HI u razvoju galaksija

- osnovna građevna jedinica galaksija
- relativna gustoća mase HI (Ω_{HI}) smanjuje se sa starošću Svemira
 - o rani Svemir: dominantna komponenta
 - o danas: 1% ukupnog barionskog sastava [3]
- analiza HI komponente galaksija
 - o informacije o fizikalnim procesima i utjecajima koji oni imaju na razvoj galaksija



Slika 3: Evolucija relativne gustoće mase HI (Ω_{HI}) prikazana je punom crnom crtom. Preuzeto iz [4].

O PODACIMA – Stripe 82

Podatke je snimila Jacinta Delhaize na Parkes radio teleskopu (Australija) 2009. godine.

Parkes radio teleskop [6]

Promjer antene: 64 m

Frekventna rezolucija: 62.5 kHz

Kutna rezolucija: 15 arcmin



Slika 4: Parkes radio teleskop. Preuzeto iz [5].

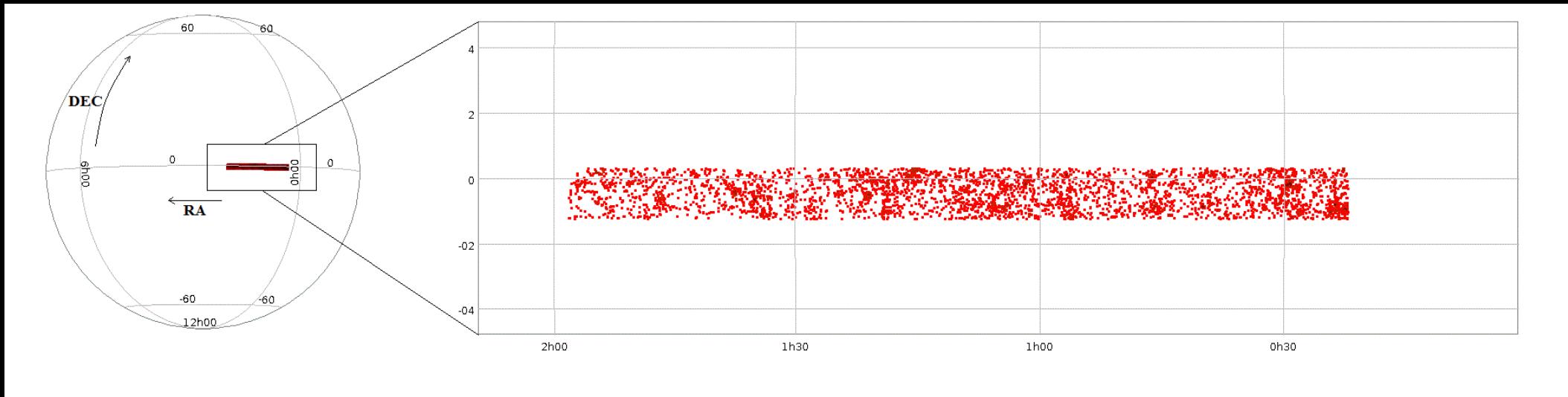
O PODACIMA – Stripe 82

Veličina	Interval
DEKLINACIJA	$[-01^{\circ}32'36.52'', 00^{\circ}35'23.93'']$
REKTASCENZIJA	$[00\text{ h }17\text{ min }41.73\text{ s}, 02\text{ h }02\text{ min }0.91\text{ s}]$
FREKVENCIJA	$[1.25289, 1.36694]\text{ GHz}$
CRVENI POMAK	$[0.039, 0.1337]$

Podaci

- dio neba površine 300 deg^2 oko nebeskog ekvatora (oblik pruge \rightarrow Stripe 82)
- granične vrijednosti crvenih pomaka podataka izračunate iz graničnih frekvencija preko relacije

$$v = \frac{v_0}{1+z} \quad (3)$$



Slika 5: Podaci korišteni u ovom istraživanju: Stripe 82

O PODACIMA – SDSS optički katalog

Daje informacije o položajima galaksija u spektru koji smo snimili teleskopom.

SDSS – Sloan Digital Sky Survey

- optički katalog
- prekriva raspon valnih duljina (3800 – 9200) Å na području 9380 deg^2

SDSS SkyServer

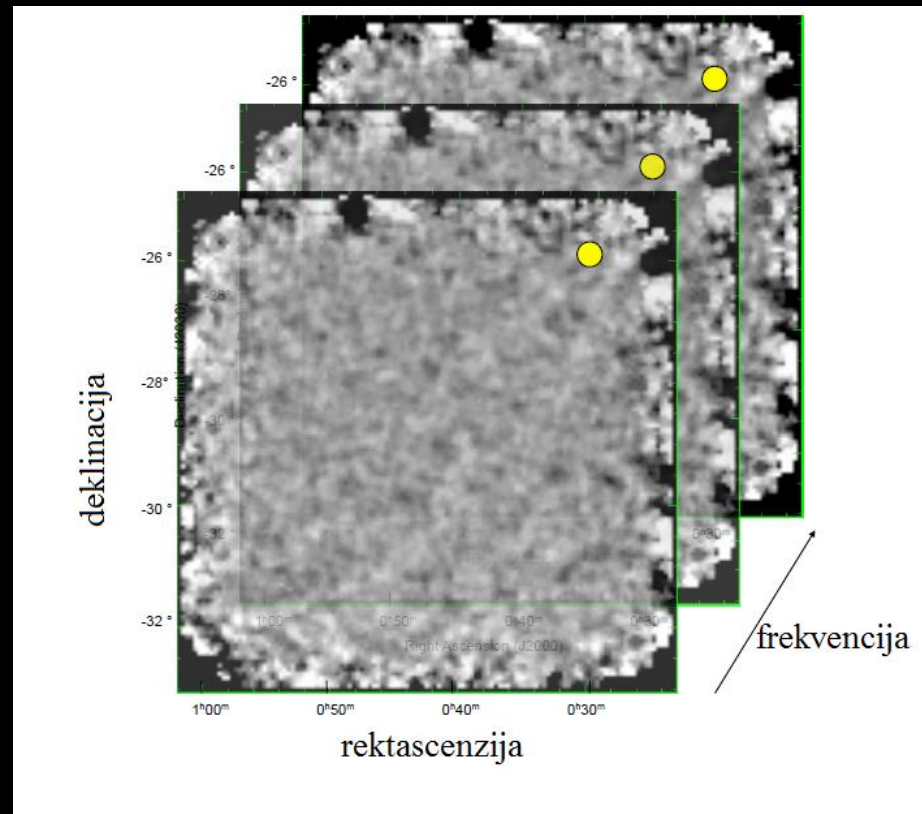
- dohvaćanje podataka pomoću SQL upita
- dobiveni podaci o 4042 galaksije na području $s82$



Slika 6: Logo Sloan Digital Sky Survey-a. Preuzeto s [7].

ANALIZA I REZULTATI – O metodi slaganja

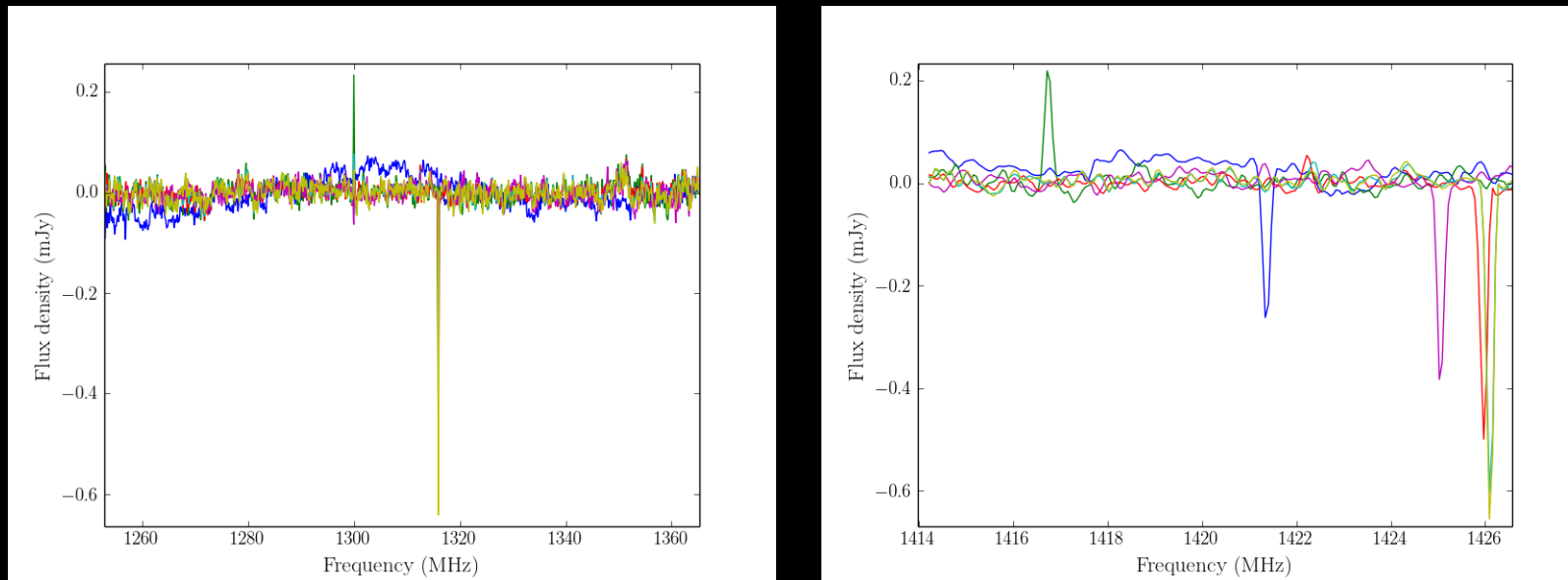
- analitička metoda kombiniranja spektara mnogo objekata u svrhu postizanja statističke detekcije
- zahtjeva dva seta podataka:
 - podatkovna kocka (RA, Dec, ν)
 - vanjski katalog – SDSS (RA, Dec, z)



Slika 7: Podatkovna kocka. Žuta točka predstavlja položaj neke galaksije. Modificirano iz [4].

ANALIZA I REZULTATI – O metodi slaganja

- pomoću vanjskog kataloga lociramo galaksije u snimljenom području
- ekstrahiramo spektre galaksija
- koristeći informacije o crvenim pomacima (vanjski katalog), „poravnamo” ih prema relaciji: $\nu_{em} = \nu_{obs}(1 + z)$ (4)

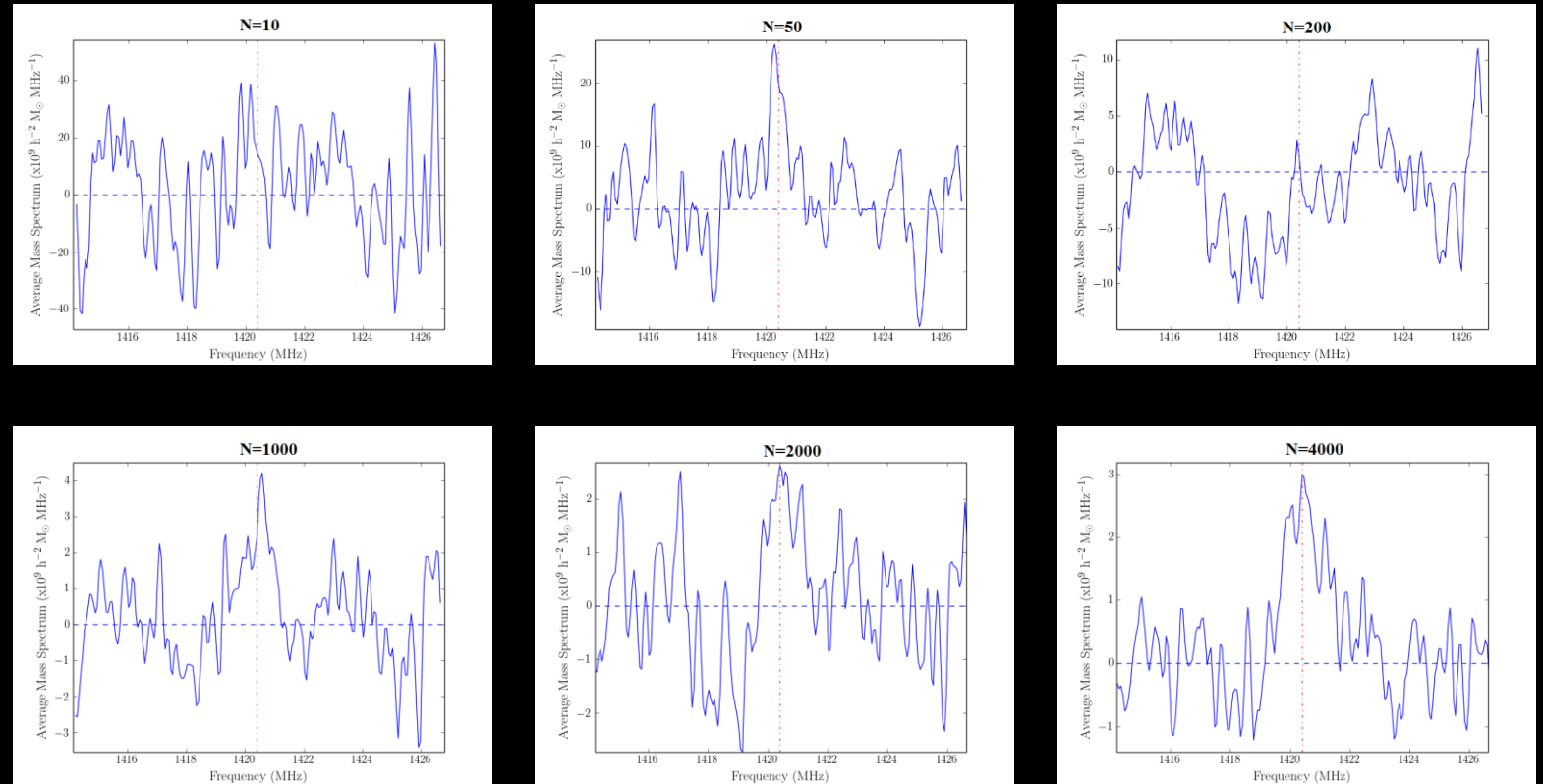


Slika 8: Primjer slaganja 6 spektara prije poravnanja (lijevo) i nakon poravnanja (desno).

ANALIZA I REZULTATI – O metodi slaganja

Konačni korak metode slaganja je slaganje N spektara uzimajući težinski usrednjenu vrijednost:

$$\langle S \rangle_{\nu} = \frac{\sum_{i=1}^N \omega_i S_{\nu,i}}{\sum_{i=1}^N \omega_i} \quad (5)$$



Slika 9: Ilustracija procesa slaganja spektara. S povećanjem N , šum se smanjuje i dobivamo sve bolju detekciju.

ANALIZA I REZULTATI – Rezultati

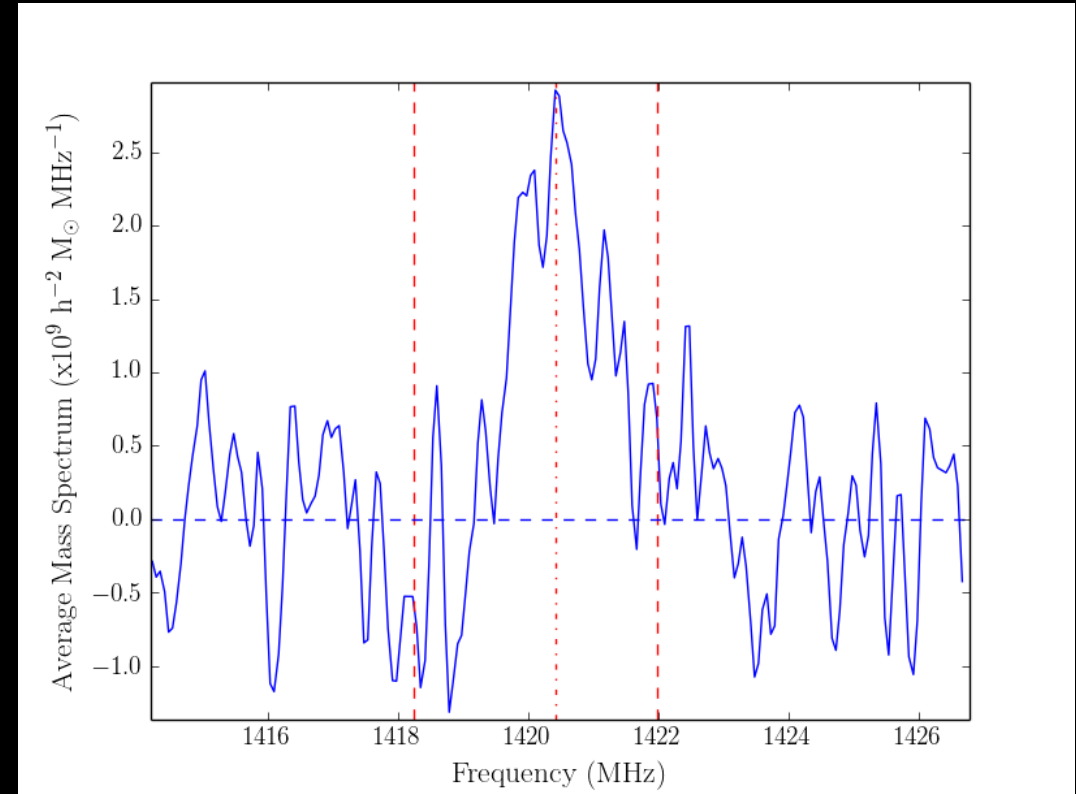
Usrednjenu masu plina HI ansambla 4042 galaksije računamo prema relaciji:

$$\langle M_{HI} \rangle = \int_{\nu_{cm_1}}^{\nu_{cm_2}} \langle M_{HI} \rangle_{\nu_{cm}} d\nu_{cm} \quad (6)$$

Dobivena vrijednost:

$$\langle M_{HI} \rangle = 3.484 \cdot 10^9 h^{-2} M_{\odot}$$

* korištena je vrijednost reducirane Hubbleove konstante $h = 1$



Slika 10: Usrednjeni spektar mase plina HI 4042 galaksije dobiven metodom slagnaja.

ANALIZA I REZULTATI – Rezultati

Dobivena vrijednost:

$$\langle M_{HI} \rangle = 3.484 \cdot 10^9 h^{-2} M_{\odot}$$

Delhaize et al., 2013 [8]

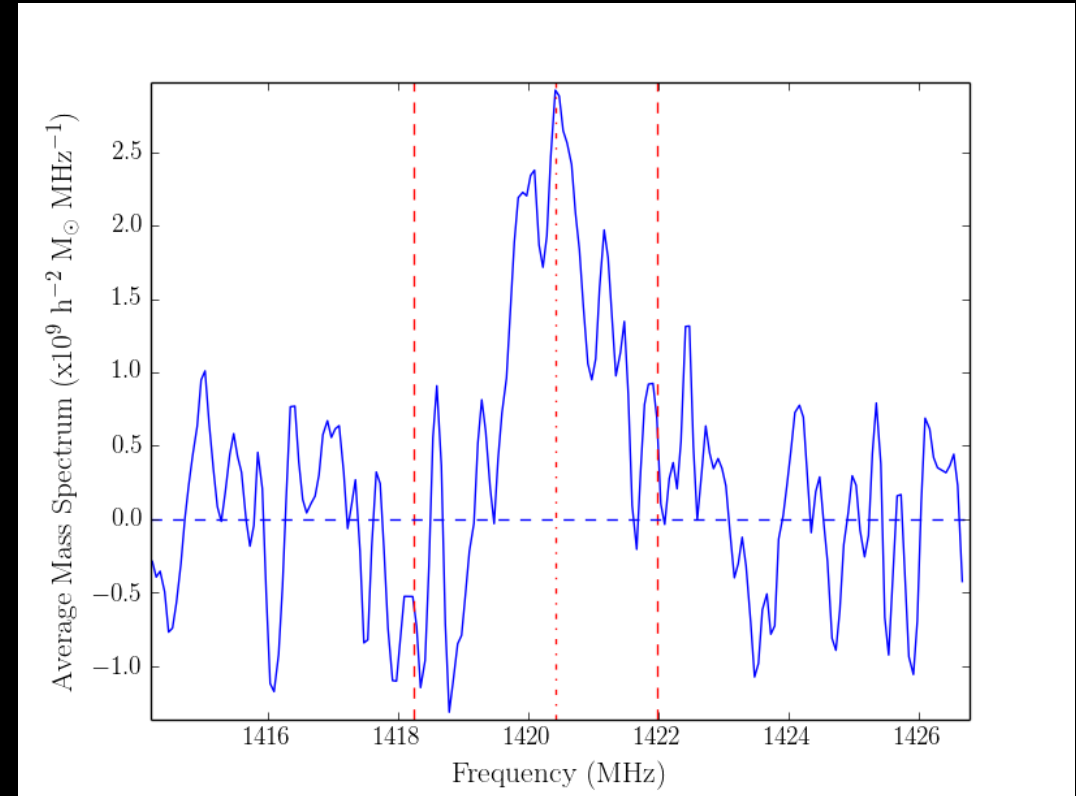
$$M_{HI} = (6.93 \pm 0.17) \cdot 10^9 h^{-2} M_{\odot}$$

$$M_{HI} = (1.48 \pm 0.03) \cdot 10^9 h^{-2} M_{\odot}$$

Zwaan et al., 2005 [9]

$$M^* = (3.55 \pm 0.04) \cdot 10^9 h^{-2} M_{\odot}$$

* korištena je vrijednost reducirane Hubbleove konstante $h = 1$



Slika 10: Usrednjeni spektar mase plina HI 4042 galaksije dobiven metodom slagnaja.

ANALIZA I REZULTATI – Ponašanje šuma i konfuzija

Utjecaji na analizu

- RFI (radio – frekventna interferencija)
 - o zemaljski izvori – vrhovi u spektru
 - o svemirski objekti – buka više nema oblik gaussianana → lociranje i izbacivanje iz analize
- neprecizno poravnanje spektara
- „konfuzija”

ZAKLJUČAK

- plin HI osnovna je građevna jedinica galaksija
- da bi razumjeli kako se galaksije razvijaju, potrebno je znati kako se HI sastav galaksija mijenja sa starošću Svemira
- analiza provedena relativno novom metodom slaganja
- dobiven rezultat $\langle M_{HI} \rangle = 3.484 \cdot 10^9 h^{-2} M_{\odot}$ manji je od karakteristične mase $M^* = (3.55 \pm 0.04) \cdot 10^9 h^{-2} M_{\odot}$ [9], a između vrijednosti $M_{HI} = (1.48 \pm 0.03) \cdot 10^9 h^{-2} M_{\odot}$ i $M_{HI} = (6.93 \pm 0.17) \cdot 10^9 h^{-2} M_{\odot}$ [8]
- sljedeći korak bilo bi određivanje pogreške

REFERENCE

- [1] Hopkins A. M., Beacom J.F., 2006, *On the normalisation of the cosmic star formation history*
- [2] <http://www.astro.wisc.edu/~witt/background.html>
- [3] Prochaska J. X., Tumlinson J., 2009, *Baryons: What, When and Where?*
- [4] Delhaize (2013), *PhD Thesis*, University of Western Australia
- [5] http://www.csiro.au/~media/CSIROau/Portals/Media%20Releases/2013/DeepSpaceFlashes/ParkesSarkissian/High_Resolution.jpg
- [6] <http://www.csiro.au/portals/education/programs/parkes-radio-telescope/about-the-dish>
- [7] <http://www.sdss.org/>
- [8] Delhaize, J., Meyer, M. J., Staveley-Smith, L., & Boyle, B. J., 2013, *MNRAS*, 433, 1398
- [9] Zwaan, M. A., Meyer, M. J., Staveley-Smith, L., & Webster, R. L., 2005, *MNRAS*, 359, L30

HVALA NA PAŽNJI

