

# Aktyvių galaktikų kuriamų tėkmių poveikis molekuliniais debesims

## Interaction between galactic outflows and molecular clouds

Martynas Laužikas<sup>1</sup>, Kastytis Zubovas<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Vilniaus Universiteto Astronomijos Observatorija, Saulėtekio al. 3, 10257 Vilnius, Lietuva

<sup>2</sup>Fizinių ir technologijos mokslų centras, Savanorių pr. 231, 02300 Vilnius

[martynas.lauzikas@ftmc.lt](mailto:martynas.lauzikas@ftmc.lt)

Daugumos galaktikų centruose egzistuoja itin masyvi juodoji skylė (SMBH), kuri vaidina esminį vaidmenį galaktikos evoliucijoje. Akrecijos į SMBH metu sukuriama spinduliuotės srautas bei dalelių vėjas stumia tarpžvaigždinę medžiagą (ISM) sukurdamas masyvias dujų tėkmes. Šie srautai, sudaryti iš dujų, dulkių, plinta iš centrinės galaktikų dalies.

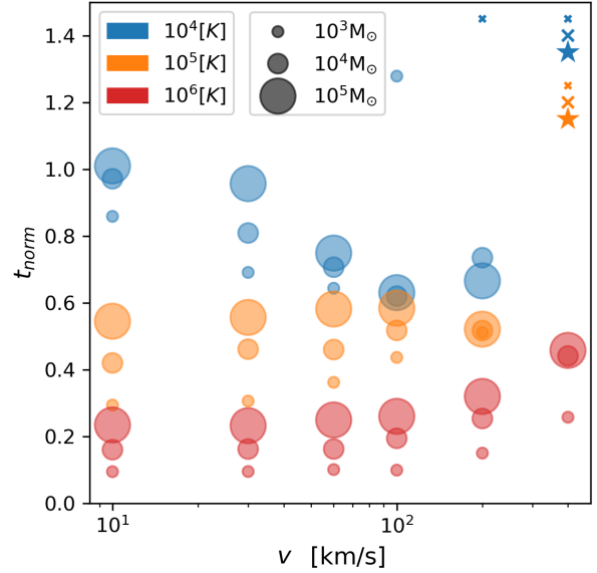
Galaktikoje esanti ISM nėra homogeniška, egzistuoja išsibarstę vėsios medžiagos regionai - molekuliniai debesys (MC). Juose vykstantys žvaigždėdaros procesai lemia galaktikų cheminės evoliucijos ciklą. Dažniausiai sutinkama nuomonė, kad greitos tėkmės šiuos debesis suardo, žvaigždėdara stabdoma [1, 2]. Dažniausiai analizuojamų tėkmių greičiai yra tūkstančių  $\text{km s}^{-1}$  eilės [3]. Bet tolimesniuose nuo centro ar tankesnės medžiagos regionuose tėkmė gali sulėtėti iki dešimčių ar šimtų  $\text{km s}^{-1}$ . Nėra aiškus tokių tėkmių poveikis MC vykstantiems procesams, kuris yra galbūt priešingas greitoms tėkmėms ir inicijuoja žvaigždėdarą. Tokių sistemų tyrimas padėtų nustatyti galaktikų aktyvumo poveikį lokaliai žvaigždėdarai.

Sistemų tyrimui pasirinktas skaitmeninis modeliavimas - Gadget 4 [4] SPH metodo kodas, papildytas kaitinimo/vėsimo modeliu apimančiu temperatūras iki 20 K, bei Džinso nestabilumo kriterijaus įvertinimu. Molekulinis debesis aproksimuojamas izotermine temperatūros profiliu, tolygaus pradinio tankio, turbulentiškos medžiagos sfera. Modeliuojami  $10^3$ ,  $10^4$ ,  $10^5 M_{\odot}$  molekuliniai debesys. Juos veikia skirtingo greičio ir temperatūros ISM tėkmė. Pradinis MC/ISM tankių kontrastas  $\chi = \rho_{\text{MC}}/\rho_{\text{ISM}}$  varijuoja 500-100 ribose. Srauto greičiai parinkti 10 - 400  $\text{km s}^{-1}$ , ISM temperatūra -  $10^4$ ,  $10^5$ ,  $10^6$  K. Modelių parametrai parinkti siekiant tankiai užpildyti fazinę erdvę ( $M_{\text{MC}}$ ,  $T_{\text{ISM}}$ ,  $v_{\text{ISM}}$ ) ir joje identifikuoti regionus kuriuose žvaigždėdarą stiprinama ir slopinama.

Evoliucija modeliuojama iki pradinės žvaigždėdaros stadijos – dujų fragmentacijos. Fragmentacija įvyksta dujoms atitinkant Džinso kriterijų. Fragmentacijos laikas – momentas, kada fragmentavusių dujų masės dalis yra 2% pradinės debesies masės. Modelių fragmentacijos laiko normavimui pasirinktas stacionarus  $10^4$  K modelis. Normuoto laiko išraiška

$$t_{\text{norm}} = \frac{t_{\text{frag}} [v, T, M]}{t_{\text{frag}} [0 \text{ km s}^{-1}, 10^4 \text{ K}, M]} \quad (1)$$

Didžiojoje dalyje modelių dėl šiluminio slėgio fragmentacija paankstėja, o greičio (kinematinio slėgio ir maišymosi efektu) įtaka nevienareikšmė (1 pav.).



1 pav. Normuotas fragmentacijos laikas. Spalva nurodo tėkmės temperatūrą, žymeklio dydis - molekulinio debesies masę. x, žvaigždute pažymėtuose modeliuose fragmentacija apskritai neįvyko, arba yra silpna.

Mažiausios  $10^4$  K temperatūros modeliuose, didėjant tėkmės greičiui, stebimas fragmentacijos spartėjimas. Viršijus 100  $\text{km s}^{-1}$  maišymosi efektai lemia dalinį ar pilną debesies suardymą. Didžiausia įtaka stebima mažiausios masės debesyse. Esant didesniai šiluminiam slėgiui greičio efektas yra mažiau išreikštas.  $10^5$  K temperatūros tėkmei pasiekus 200  $\text{km s}^{-1}$  greitį, debesys yra suardomi. Didžiausios  $10^6$  K temperatūros atveju, fragmentacija įvyksta visame tirtame greičių intervale.

Žvaigždėdaros slopinimas būdingas vėsesnėms ir greitesnėms tėkmėms. Šie rezultatai gerai dera su kitų autorių darbais. Likusioms sistemoms būdingas žvaigždėdaros spartinimas.

*Reikšminiai žodžiai: aktyvios galaktikos, molekuliniai debesys, hidrodinaminis modeliavimas.*

### Literatūra

- [1]McNamara, B. R. and Nulsen, P. E. J., “Heating Hot Atmospheres with Active Galactic Nuclei”, *AR&A*, vol. 45, pp. 117–175, 2007.
- [2]Hopkins, P. F. and Elvis, M., “Quasar feedback: more bang for your buck”, *MNRAS*, vol. 401, no. 1, pp. 7–14, 2010.
- [3]Dugan, Z., Gaibler, V., Bieri, R., Silk, J., and Rahman, M., “AGN Outflow Shocks on Bonnor-Ebert Spheres”, *ApJ*, vol. 839, 2017.
- [4]Springel, V., Pakmor, R., Zier, O., and Reinecke, M., “Simulating cosmic structure formation with the GADGET-4 code”, *MNRAS*, vol. 506, no. 2, pp. 2871–2949, 2021.