

# Aktyvaus galaktikos branduolio kuriamos tėkmės poveikis žvaigždėdarai

## The effect of an active galactic nucleus-driven outflows on star formation

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

<sup>1</sup>Fizinių ir technologijos mokslų centras, Savanorių pr. 231, 02300 Vilnius  
lauzikas.martynas@gmail.com

Dauguma masyvių galaktikų centre turi itin masyvią juodąją skylę (SMBH). Ji suformuoja didžiausio šviesio, pastoviai šviečiančius objektus Visatoje - aktyvius galaktikų branduolius (AGN). Neabejojama, kad šiuos milžiniškus spinduliuotės kiekius sugeneruoja akrecija į SMBH, o aktyvumas yra neatsiejamas masyvių galaktikų evoliucijos etapas. Aktyvumo epizodai yra būdingi didelę santykinę dujų masę turinčioms galaktikoms, tipiniu atveju tai jaunos diskinės galaktikos.

Diskinėms galaktikoms, o taip pat ir mūsų Galaktikai yra būdinga skersė - kelių kpc dinaminė struktūra suformuojanti besisukantį potencialą. Šis potencialas formuoja medžiagos srautus į centrinę galaktikos dalį, kur šios dujos suformuoja kelių šimtų parsekų skersmens žiedines-diskines struktūras apibūdinamas kaip centrinė molekulinė zona (CMZ). Šioje zonoje vyksta žvaigždėdara, o susikaupusios dujos patekusios į SMBH aplinką suformuoja AGN kuris sukuria grįžtamąjį ryšį.

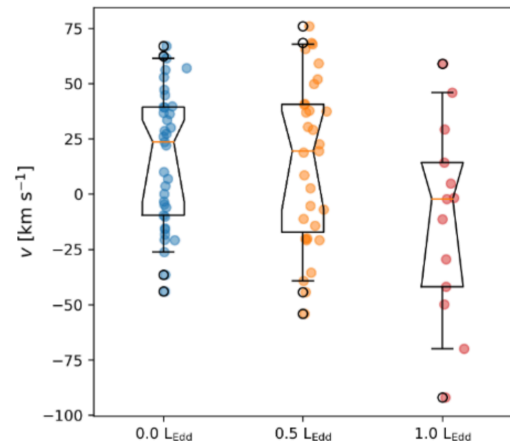
Galaktikų aktyvumo sukurtos spinduliuotės poveikis CMZ nėra tiesioginis. AGN spinduliuotei artėjant prie Edingtono ribos ( $L_{Edd}$ ), medžiaga efektyviai išstumama iš gravitacinio potencialo, suspaudžia supančias dujas, formuoja smūgines bangas - susiformuoja tėkmės. Jos plisdamos kaitina, maišo supančias dujas, perduoda joms judesio kiekį. Būdingi tėkmių greičiai yra keli šimtai, tačiau gali siekti ir tūkstančius  $\text{km s}^{-1}$ . Šios tėkmės tipinius molekulinis debesis suardo, žvaigždėdara yra slopinama. Tačiau CMZ esantys molekuliniai debesis nėra tipiniai, pasižymi eilėmis didesniu vidutiniu tankiu bei temperatūromis lyginant su žvaigždėdaros regionais galaktikos diske. Šias CMZ esančias tankias dujas AGN suformuotos tėkmės gali suspausti ir inicijuoti ar paspartinti jau vykstančią žvaigždėdarą.

Ne išimtis yra ir mūsų Galaktika, nors šiuo metu ji nėra aktyvi, pasižymi maža spinduliuote iš centrinės SMBH, tačiau virš galaktikos disko esantys kiloparsekų dydžio Fermi burbulai rodo galimą aktyvumo epizodą per kelis pastaruosius mln. metų. Dėl stebėjimų duomenų gausos tikslinga ištirti sistemos artimos mūsų Galaktikos centrinei daliai evoliuciją ir nustatyti AGN aktyvumo epizodo poveikį CMZ esančios dujos, žvaigždėdaros spartai bei susiformavusių  vaig d žių dinamikai.

AGN suformuotos tėkmės ir CMZ sąveikos tyrimui pasirinktas hidrodinaminis modeliavimas. Darbe naudojamas hibridinis SPH/N-kūnų kodas GADGET 4 [1]. Modeliuojama dujų hidrodinamika, gravitacija,

šiluminiai procesai, AGN grįžtamasis ryšys ir žvaigždėdara.

Modeliuojama 3 kpc spindulio centrinė galaktikos dalis, kurios savybės artimos mūsų Galaktikai. Centre patalpinta  $4 \times 10^6 M_{\odot}$  SMBH, kurią supa 80-160 pc spindulio CMZ, kuri papildoma skersės dujų srautas. Modeliuojamos 3 sistemos su skirtingais AGN šviesiais ( $0,0; 0,5; 1,0 L_{Edd}$ ).



1 pav.  vaig d žių spiečių radialiniai greičiai SMBH atžvilgiu. AGN šviesis didėja iš kairės į dešinę. Pateikti vidurkiai, kvartiliai bei individualių spiečių greičiai (spalvoti apskritimai).

Nustatyta, kad AGN aktyvumas pašalina dujas iš centrinių dešimčių pc, suformuodamas asimetrinį tankių dujų žiedą būdingą stebimai Galaktikos CMZ. Šio žiedo morfologija bei dujų savybės mažai priklauso nuo AGN šviesio, tačiau esant vidutiniam  $0,5 L_{Edd}$  šviesiui išauga žvaigždėdaros sparta, o susiformavę spiečiai savo mase yra artimi Galaktikos CMZ būdingiems spiečiams. Bet spiečių orbitos dera su stebėjimų duomenimis tik esant Edingtono šviesiui (1 pav.). Tai rodo, kad dabartinė Galaktikos CMZ būklė yra  $\sim L_{Edd}$  šviesio AGN epizodo įvykusio prieš 5-7 mln. m. rezultatas, o masyvių spiečių dešimčių pc nuo SMBH egzistavimas yra galimas galaktikos aktyvumo indikatorius.

*Reikšminiai žodžiai: Aktyvus galaktikos branduolys, tėkmės, žvaigždėdara, modeliavimas.*

### Literatūra

[1] Springel V., Pakmor R., Zier O., Reinecke M., Simulating cosmic structure formation with the GADGET-4 code, MNRAS (2021).