



Universiteit
Leiden
The Netherlands

A well-established harmony in chaos: from isolated galaxies to galaxy clusters

Caglar, T.

Citation

Caglar, T. (2022, December 21). *A well-established harmony in chaos: from isolated galaxies to galaxy clusters*. Retrieved from <https://hdl.handle.net/1887/3503643>

Version: Publisher's Version

License: [Licence agreement concerning inclusion of doctoral thesis in the Institutional Repository of the University of Leiden](#)

Downloaded from: <https://hdl.handle.net/1887/3503643>

Note: To cite this publication please use the final published version (if applicable).

NEDERLANDSE SAMENVATTING

Sterrenstelsels zijn een van de beste proefkonijnen om de structuurvorming en de kosmische evolutie te bestuderen. De meeste massieve sterrenstelsels verbergen ten minste één superzwaar zwart gat (SMBH) in hun centrale regio's, omringd door een centrale groep sterren die bekend staat als de galaxy bulge. De beweging van bulgesterren is sterk verbonden met de massa's van SMBH's, zoals blijkt uit waarnemingen: de relatie tussen de massa van het zwarte gat en de stellaire snelheidsspreiding ($M_{\text{BH}} - \sigma_*$). Deze relatie kan worden toegeschreven aan een co-evolutie tussen SMBH en zijn melkwegstelsel, maar er is een of ander terugkoppelingsmechanisme nodig om de relatie in stand te houden.

Als de centrale motor wordt gevoed door een materie-accretie, wordt het stelsel geclassificeerd als actieve galactische kernen (AGN), en overtreft de centrale motor het melkwegstelsel zelf met verscheidene orden van grootte. AGN's zenden straling uit over het hele elektromagnetische spectrum, van radio- tot gammastraling, maar kunnen ook winden en stralen uitwerpen. Aangezien AGN's een van de helderste bronnen in het heelal zijn, kunnen zij gebruikt worden om de verste objecten te bestuderen. AGN vertonen verschillende unieke waarnemingskenmerken, maar een van de interessantste is het terugvoeren van energie of momentum naar het interstellair medium in de vorm van uitstromingen en straling, bekend als AGN-feedback.

Sterrenstelsels kunnen worden aangetroffen in geclusterde of niet-geclusterde velden in het heelal. Zij vertonen verschillende specifieke kenmerken op zowel kleine als grote schaal. Wanneer een melkwegstelsel in de potentiale put van een melkwegcluster valt, kan het inwendige evenwicht van de melkwegstelsels worden beïnvloed, waardoor een melkwegstelsel een aanzienlijke hoeveelheid van zijn brandstof kan verliezen, terwijl een deel van de brandstof naar de centrale gebieden kan worden overgebracht. Ook zijn nauwe interacties of fusies tussen sterrenstelsels zeer goed mogelijk. Volgens deze scenario's kan de clustering van melkwegstelsels leiden tot een versterking of onderdrukking van de röntgenstraling van melkwegstelsels. Daarnaast kan in melkwegclusters een ander soort AGN-feedback worden waargenomen in de vorm van AGN-gedreven bellen, waarvan wordt aangenomen dat ze catastrofale afkoeling voorkomen.

Melkwegclusters zijn een van de grootste kosmische laboratoria die honderden tot duizenden melkwegstelsels bevat binnen een typische totale grootte van 3-5 Mpc. Melkwegstelsels in melkwegclusters zijn sterk aan elkaar gebonden door de zwaartekracht, met typische totale massa's van 10^{13} tot $10^{15} M_{\odot}$. Melkwegstelsels vormen slechts een klein deel van de totale massa van melkwegclusters (ongeveer 1 %), terwijl het intraclustermedium (ICM), een plasma dat de omgeving van melkwegclusters omgeeft, slechts 10 % uitmaakt. Het resterende deel van de totale massa komt overeen met donkere materie, die niet reageert op elektromagnetische velden. De ICM is alleen zichtbaar op röntgengolven, terwijl donkere materie niet te zien is.

Volgens kosmologische modellen groeien melkwegclusters via fusies tot grotere structuren en zijn melkwegclusterfusies de meest energetische gebeurtenissen sinds de oerknal ($10^{64} \text{ erg s}^{-1}$). Dergelijke interacties veroorzaken turbulentie en schokgolven, die de ICM beïnvloeden. Anderzijds versnellen concentraties van melkwegclusters de elektronen tot relativistische snelheden, en de interactie tussen de magnetische velden van de clusters en de versnelde deeltjes

veroorzaakt diffuse radiostraling in gebieden groter dan 1 Mpc. Deze diffuse radiostralingsbronnen worden geclassificeerd als radiohalo's en relikwieën.

Ondanks onze inspanningen om de evolutie van melkwegstelsels en melkwegclusters te begrijpen (en te verklaren), zijn er nog veel open vragen. In dit proefschrift proberen we enkele van deze open vragen te beantwoorden, die ik als volgt opsom:

- Wat is de rol van clustering van sterrenstelsels? Onderdrukt of versterkt het de röntgenstraling van sterrenstelsels?
- Wat is de fysica achter samenvoegingen van melkwegclusters in een vroeg stadium? Bestaan er schokken in zulke systemen?
- Welk mechanisme is dominant in het bereiken van zo'n strakke $M_{\text{BH}} - \sigma_*$ relatie?
- Vertonen AGN vergelijkbare grafiekprofielen als inactieve sterrenstelsels?

In hoofdstuk 2 rapporteren we dat röntgenstraling van sterrenstelsels die door het centrum van clusters vallen onderdrukt wordt door de aanwezigheid van hogedrukwinden waardoor ze een aanzienlijk deel van hun brandstof verliezen. In hoofdstuk 3 laten we zien dat er een door schokken verhit gebied ($kT \sim 6,16$ keV) is tussen twee subclusters, die naar verwachting dicht bij het hemelvlak zullen botsen ($\alpha = 17,61^\circ$) met een snelheid van 2400 km s^{-1} in 380 Myr. In hoofdstuk 4 vinden we een aanzienlijk heet gebied ($kT \sim 10$ keV) tussen twee subclusters, die een botsing buiten de as hebben ondergaan. In hoofdstuk 5 en in hoofdstuk 6 melden we dat AGN's van type 1 in het lokale heelal een offset vertonen in de $M_{\text{BH}} - \sigma_*$ relatie ten opzichte van inactieve sterrenstelsels. Wij merken op dat een deel van deze afwijking veroorzaakt kan zijn door de extinctie in de regio brede lijn, die een onderschatting van de M_{BH} veroorzaakt, en door rotatie van de melkwegstelsels, die een overschatting van de σ_* veroorzaakt. We laten echter nog steeds zien dat AGN's een ondieper $M_{\text{BH}} - \sigma_*$ verband vertonen dan inactieve sterrenstelsels.