

## Özet

Sıcak Jüpiterler olarak adlandırılan kısa dönemli dev gezegenler aracılığıyla gezegen oluşumunun ve küçük yörüngelere doğru olan göçün eş zamanlı olması gerektiği sonucuna ulaşılmıştır. Gezegen ve onu çevreleyen gaz-disk etkileşiminden ötürü, gezegenler üzerine uygulanan torklar gezegenin içe doğru hareket etmesine yani göçe neden olmaktadır. Bununla birlikte, manyetik alanın varlığında ortaya çıkan torklar gezegenin içe göçünü engelleyebilmektedir. Bu çalışmada, manyetik alan varlığında eliptik yörüngeye sahip gezegenler üzerine uygulanan Lindblad ve manyetik torklar hesaplanarak, bu torkların gezegen göçü üzerindeki etkisinin incelenmesi hedeflenmektedir.

## Giriş

Disk içindeki bir gezegen Lindblad ve eşdönme rezonansına sahip yoğunluk dalgaları oluşturur ve ortaya çıkan dalgaların etkileşimi ile gezegene bir tork uygulanır. Gezegen yörüngesi içinde yer alan Lindblad torkları negatif tork uygularken, dıştakiler pozitif tork uygular. Sonuç olarak net tork gezegenin radyal yönde göçüne neden olacaktır. Korycansky & Pollack (1993) tarafından gezegene uygulanan net torkun çoğu gezegen oluşum diskinde negatif olduğu bulunmuştur.

Manyetik alan ise gezegenin iç yörüngelere olan göçünü durdurabilir hatta tersine çevirebilir. Böylece manyetik rezonanslar da Lindblad rezonansları gibi torka katkıda bulunurlar. Terquem (2003) tarafından yapılan çalışmada manyetik rezonansların gezegene daha yakın bölgede yer aldığı ve manyetik alan yeterli ise diğer rezonanslara baskın geldiği gösterilmiştir.

İlkel gezegenler ve gezegenimsi yapıların yörünge basıklığı ( $\epsilon$ ) ve eğikliği ( $i$ ), disk-gezegen etkileşiminde önemli rol oynamaktadır. Bu parametreler gezegenler arasındaki çekim etkisi nedeniyle artabildikleri gibi, Mars-benzeri ve daha büyük kütleli ilkel gezegenlerde gaz sürüklenmesi ile sönmülenebilir. Ayrıca Bitsch & Kley (2011), izotermal disk yaklaşımında küçük kütleli gezegenlerde basıklığın içe göçü yavaşlattığını ifade etmektedir.

## Yöntem

Çözümlerde silindirik koordinat sistemi dikkate alınmıştır. Merkezi cisim etrafında dönen eksen simetrik bir disk ve manyetik alanın sadece toroidal bileşeni ( $0, B(r, z), 0$ ) düşünülmüştür.

Kullanılan MHD denklemleri:

$$\rho \left[ \frac{d\mathbf{v}}{dt} + (\mathbf{v} \cdot \nabla) \mathbf{v} \right] = -\nabla P + \mathbf{F} - \rho \nabla \psi$$

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho \mathbf{v}) = 0$$

$$\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} = \nabla \times (\mathbf{v} \times \mathbf{B})$$

$$\text{ve } \mathbf{F} = \frac{1}{\mu_0} (\nabla \times \mathbf{B}) \times \mathbf{B}$$

Hareket denklemindeki çekim potansiyeli,

$$\psi = -\frac{GM_p}{(r^2 + \epsilon^2)^{1/2}}$$

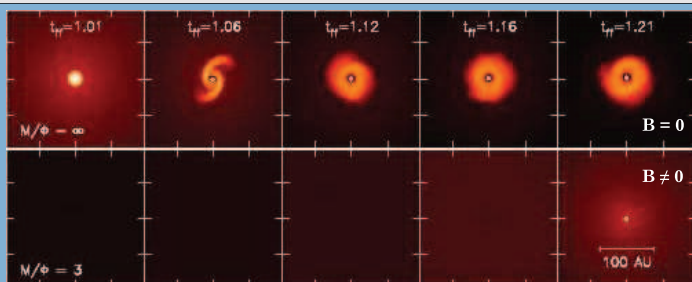
olarak yazılırken denklem içindeki  $\epsilon$  basıklık terimini içermektedir. MHD denklemlerine tedirginlik analizi uygulayarak çözümler elde edilecektir.

## Tartışma

Giriş bölümünde de gördüğümüz gibi manyetik alan ve basıklık etkisinin olmadığı durumda gezegen hızla içe göç etmektedir. Bu çalışmadan beklenen sonuç ise, bu iki terim göz önüne alındığında içe göçü yavaşlatacak net torkun artmasıdır.

## Kaynaklar

- Korycansky, D. G. & Pollack, J. B., 1993, *Icarus*, 201,150p.  
 Terquem, C., 2003, *MNRAS*, 341, 1157p.  
 Bitsch, B. & Kley, W., 2011, *A&A*, 530, A41p.  
 Price, D. J. & Bate, M. R., 2007, arXiv, 0705.1096v2.



**Şekil 1.** Manyetik alan yokluğunda (üstteki) ve varlığında (alttaki) gezegen disk oluşumu (Price & Bate, 2007).