

# Etkin soğuk yıldızlarda manyetik akı taşınımı

## Yıldız lekelerinin ömürleri

Emre Işık  
Manfred Schüssler, Sami K. Solanki

Max-Planck-Institut für Sonnensystemforschung  
Max-Planck-Str. 2, 37191, Katlenburg-Lindau, Almanya

01.09.2006 / XV. UAK, İstanbul



## Sorun:

- Hızlı dönen soğuk yıldızlarda görünen lekelerin hızlı evrimi nasıl açıklanabilir?
- Etkin soğuk yıldızlarda geniş ölçekli yüzey akışlarının ve yıldız yarıçapının leke ömrüne etkisi
- Yıldız lekelerinin genel (biçimsel) yapıları için deneme benzetimleri



## Sorun:

- Hızlı dönen soğuk yıldızlarda görünen lekelerin hızlı evrimi nasıl açıklanabilir?
- Etkin soğuk yıldızlarda geniş ölçekli yüzey akışlarının ve yıldız yarıçapının leke ömrüne etkisi
- Yıldız lekelerinin genel (biçimsel) yapıları için deneme benzetimleri



## Sorun:

- Hızlı dönen soğuk yıldızlarda görünen lekelerin hızlı evrimi nasıl açıklanabilir?
- Etkin soğuk yıldızlarda geniş ölçekli yüzey akışlarının ve yıldız yarıçapının leke ömrüne etkisi
- Yıldız lekelerinin genel (biçimsel) yapıları için deneme benzetimleri



- 1 Giriş
  - Yıldız lekelerinin ZDG gözlemleri
- 2 Yüzeysel akı taşınımı modeli
- 3 ÇMB'ler olarak yıldız lekeleri
  - Anakol yıldızı
  - Altdev yıldız
- 4 TMB'ler olarak yıldız lekeleri



- 1 Giriş
  - Yıldız lekelerinin ZDG gözlemleri
- 2 Yüzeysel akı taşınımı modeli
- 3 ÇMB'ler olarak yıldız lekeleri
  - Anakol yıldızı
  - Altdev yıldız
- 4 TMB'ler olarak yıldız lekeleri



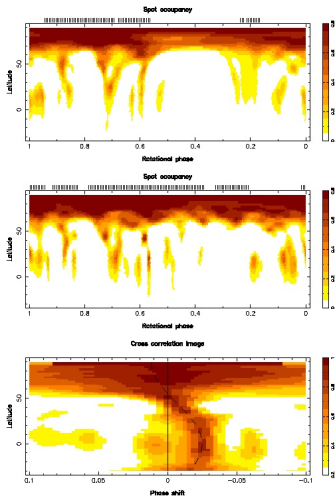
- 1 Giriş
  - Yıldız lekelerinin ZDG gözlemleri
- 2 Yüzeysel akı taşınımı modeli
- 3 ÇMB'ler olarak yıldız lekeleri
  - Anakol yıldızı
  - Altdev yıldız
- 4 TMB'ler olarak yıldız lekeleri



- 1 Giriş
  - Yıldız lekelerinin ZDG gözlemleri
- 2 Yüzeysel akı taşınımı modeli
- 3 ÇMB'ler olarak yıldız lekeleri
  - Anakol yıldızı
  - Altdev yıldız
- 4 TMB'ler olarak yıldız lekeleri

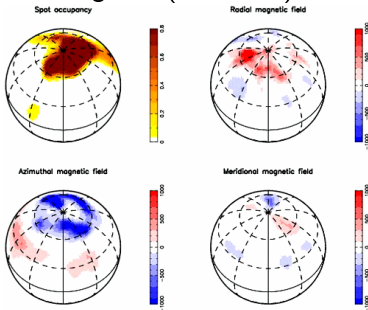


# Yıldız lekelerinin ZDG gözlemleri



(A. Collier Cameron)

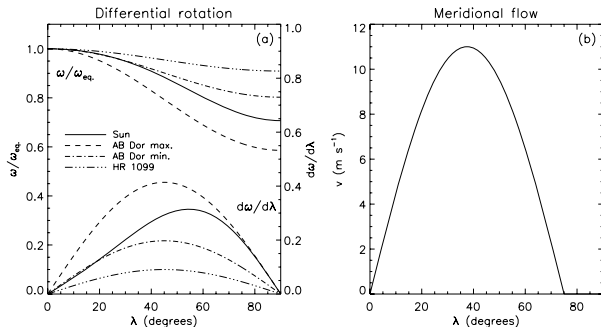
- Diferansiyel dönme (AB Dor)
- Parlaklık ve manyetik alan dağılımı (HR 1099)



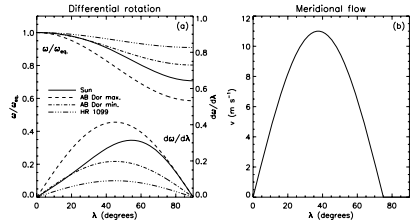
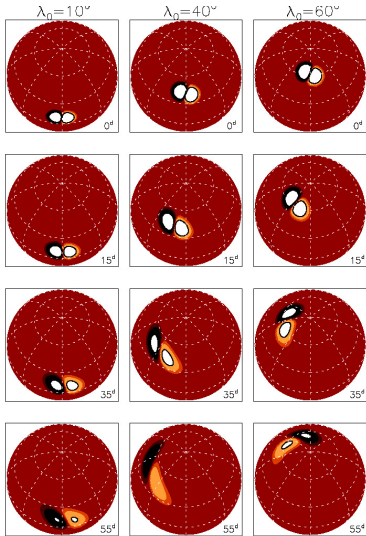
(P. Petit)

## Yüzeysel akı taşınımı modeli (Baumann vd. 2004, 2005)

$$\frac{\partial B}{\partial t} = -\omega(\lambda) \frac{\partial B}{\partial \phi} + \frac{1}{R_* \cos \lambda} \frac{\partial}{\partial \lambda} \left( v(\lambda) B \cos \lambda \right) + \frac{\eta_h}{R_*^2} \left[ \frac{1}{\cos \lambda} \frac{\partial}{\partial \lambda} \left( \cos \lambda \frac{\partial B}{\partial \lambda} \right) + \frac{1}{\cos^2 \lambda} \frac{\partial^2 B}{\partial \lambda^2} \right] - D_r(\eta_r) + S(\lambda, \phi),$$



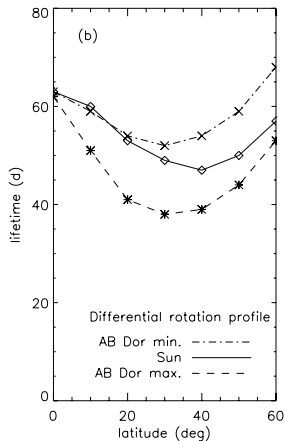
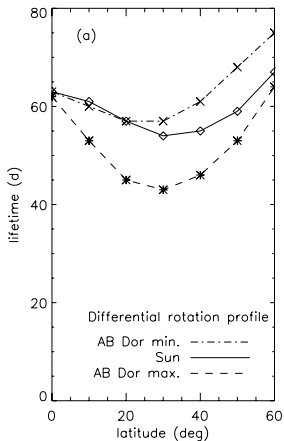
# Yüzey akışlarının ÇMB evrimine etkisi I



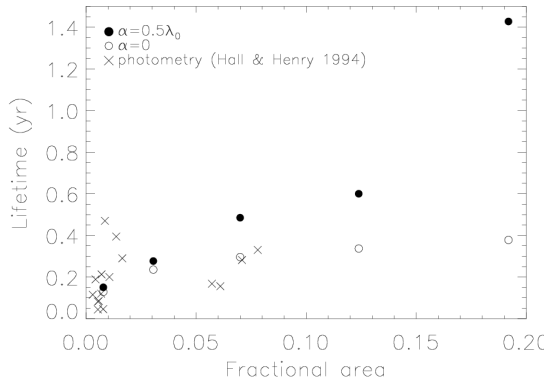
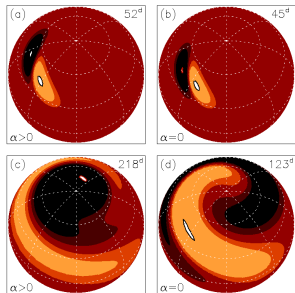
- Diferansiyel dönme (yüzey makaslama), ömrü **kısaltıyor**.
- Boylamsal akış, yüksek enlemlerde ömrü **uzatıyor**.
- Eğiklik açısı, yüksek enlemlerde ömrü **uzatıyor**.

# Yüzey akışlarının ÇMB evrimine etkisi II

[Yaşam süresi]  $\propto$  [enlem; dif. dönme kesiti; eğiklik açısı]



# Daha büyük ÇMB'ler: Yaşam süreleri ve kutup lekeleri

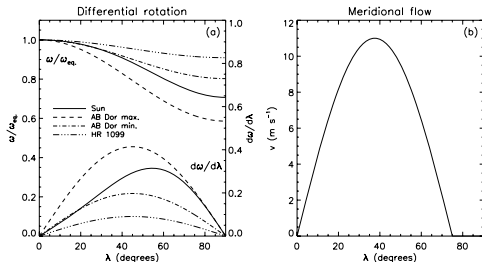
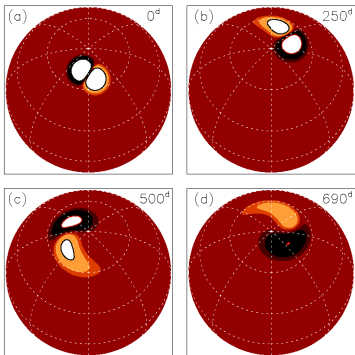


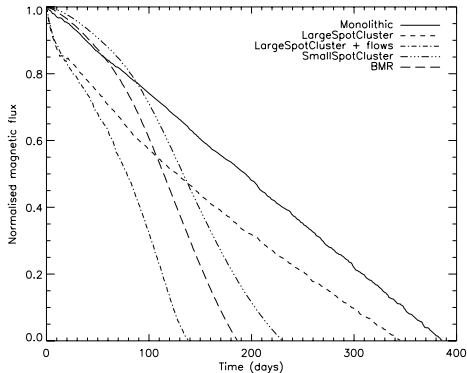
- Eğiklik açısı:  $\alpha = 0.5\lambda_0$  ya da  $\alpha = 0$ .
- Eğik olarak ortaya çıkan ÇMB'ler daha uzun yaşayabilir.
- Gözlemlerle uyum (Hall & Henry 1994)...

## HR 1099: Etkin altdev bileşende kutup lekeleri. . .

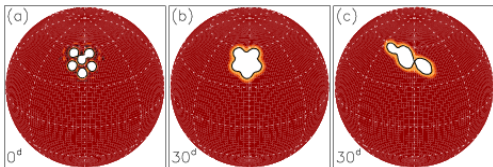
## Girdi seçenekleri:

- $R_{\star} = 3.3 R_{\odot} \rightarrow \tau_I = \frac{R_{\star}^2}{\eta_h I (I+1)}$
- HR 1099'un gözlenen **zayıf** diferansiyel dönmesi
- $\lambda_0 = 75^{\circ}$ 'de ortaya çıkış



Tek parçalı leke  $\leftrightarrow$  çok parçalı leke

- Tek parçalı leke (akışsız;  $\eta_h = 50 \text{ km}^2 \text{ s}^{-1}$ )
- Büyük lekeler topluluğu (akışsız ve akışlı;  $\eta_h = 50 \text{ km}^2 \text{ s}^{-1}$ )
- Küçük lekeler topluluğu (akışlı;  $\eta_h = 50 \text{ km}^2 \text{ s}^{-1}$ )



# Vargılar

- Manyetik bölgelerin yüzey akışları etkisi altındaki difüzyonu, yıldız lekelerinin gözlenen ömürleri ile uyumlu sonuçlar vermektedir (Hall & Henry 1994, Donahue vd. 1997, Hussain 2002).
- Büyük ölçekli yüzey akışları, leke ömründe bir aya varan değişiklikler oluşturmaktadır.
- Kutup lekeleri,  $60^{\circ}$ - $70^{\circ}$  enlemde pozitif eğiklik açısıyla ortaya çıkan birçok ÇMB'nin izleyen kutbunun dönme kutbuna sürüklenmesiyle beslenen yapılar olabilir (gözlem  $\rightarrow$  Vogt vd. 1999).
- Gözlenen "yıldız lekeleri"nin çok parçalı mı, tek parçalı mı olduğu konusunda yaptığımız benzetimler, belirgin bir ayırım ortaya koyamamıştır.



# Vargılar

- Manyetik bölgelerin yüzey akışları etkisi altındaki difüzyonu, yıldız lekelerinin gözlenen ömürleri ile uyumlu sonuçlar vermektedir (Hall & Henry 1994, Donahue vd. 1997, Hussain 2002).
- Büyük ölçekli yüzey akışları, leke ömründe bir aya varan değişiklikler oluşturmaktadır.
- Kutup lekeleri,  $60^{\circ}$ - $70^{\circ}$  enlemde pozitif eğiklik açısıyla ortaya çıkan birçok ÇMB'nin izleyen kutbunun dönme kutbuna sürüklenmesiyle beslenen yapılar olabilir (gözlem  $\rightarrow$  Vogt vd. 1999).
- Gözlenen "yıldız lekeleri"nin çok parçalı mı, tek parçalı mı olduğu konusunda yaptığımız benzetimler, belirgin bir ayırım ortaya koyamamıştır.



# Vargılar

- Manyetik bölgelerin yüzey akışları etkisi altındaki difüzyonu, yıldız lekelerinin gözlenen ömürleri ile uyumlu sonuçlar vermektedir (Hall & Henry 1994, Donahue vd. 1997, Hussain 2002).
- Büyük ölçekli yüzey akışları, leke ömründe bir aya varan değişiklikler oluşturmaktadır.
- Kutup lekeleri,  $60^{\circ}$ - $70^{\circ}$  enlemde pozitif eğiklik açısıyla ortaya çıkan birçok ÇMB'nin izleyen kutbunun dönme kutbuna sürüklenmesiyle beslenen yapılar olabilir (gözlem  $\rightarrow$  Vogt vd. 1999).
- Gözlenen "yıldız lekeleri"nin çok parçalı mı, tek parçalı mı olduğu konusunda yaptığımız benzetimler, belirgin bir ayırım ortaya koyamamıştır.



# Vargılar

- Manyetik bölgelerin yüzey akışları etkisi altındaki difüzyonu, yıldız lekelerinin gözlenen ömürleri ile uyumlu sonuçlar vermektedir (Hall & Henry 1994, Donahue vd. 1997, Hussain 2002).
- Büyük ölçekli yüzey akışları, leke ömründe bir aya varan değişiklikler oluşturmaktadır.
- Kutup lekeleri,  $60^{\circ}$ - $70^{\circ}$  enlemde pozitif eğiklik açısıyla ortaya çıkan birçok ÇMB'nin izleyen kutbunun dönme kutbuna sürüklenmesiyle beslenen yapılar olabilir (gözlem  $\rightarrow$  Vogt vd. 1999).
- Gözlenen "yıldız lekeleri"nin çok parçalı mı, tek parçalı mı olduğu konusunda yaptığımız benzetimler, belirgin bir ayırım ortaya koyamamıştır.



# Vargılar

- Manyetik bölgelerin yüzey akışları etkisi altındaki difüzyonu, yıldız lekelerinin gözlenen ömürleri ile uyumlu sonuçlar vermektedir (Hall & Henry 1994, Donahue vd. 1997, Hussain 2002).
- Büyük ölçekli yüzey akışları, leke ömründe bir aya varan değişiklikler oluşturmaktadır.
- Kutup lekeleri,  $60^{\circ}$ - $70^{\circ}$  enlemde pozitif eğiklik açısıyla ortaya çıkan birçok ÇMB'nin izleyen kutbunun dönme kutbuna sürüklenmesiyle beslenen yapılar olabilir (gözlem  $\rightarrow$  Vogt vd. 1999).
- Gözlenen "yıldız lekeleri"nin çok parçalı mı, tek parçalı mı olduğu konusunda yaptığımız benzetimler, belirgin bir ayırım ortaya koyamamıştır.

