

# Csillagközi anyag és a csillagkeletkezés kapcsolata infravörös adatokból

RÁCZ ISTVÁN

Jelen kutatás része a „Galactic Cold Cores” Herschel  
kulcsprojektnek

Magyarországi koordinátor: Tóth L. Viktor  
Közreműködtek: Zahorecz Sarolta, Pintér Sándor,  
Molnár Dániel Csaba, Fehér Orsolya

## Tematika:

### 1. Elméleti bevezető

- a. Csillagközi anyag
- b. Csillagkeletkezés

### 2. Adatelemzési eljárások

- a. Proto- és fiatal csillagok azonosítása
- b. SPIRE képek feldolgozása

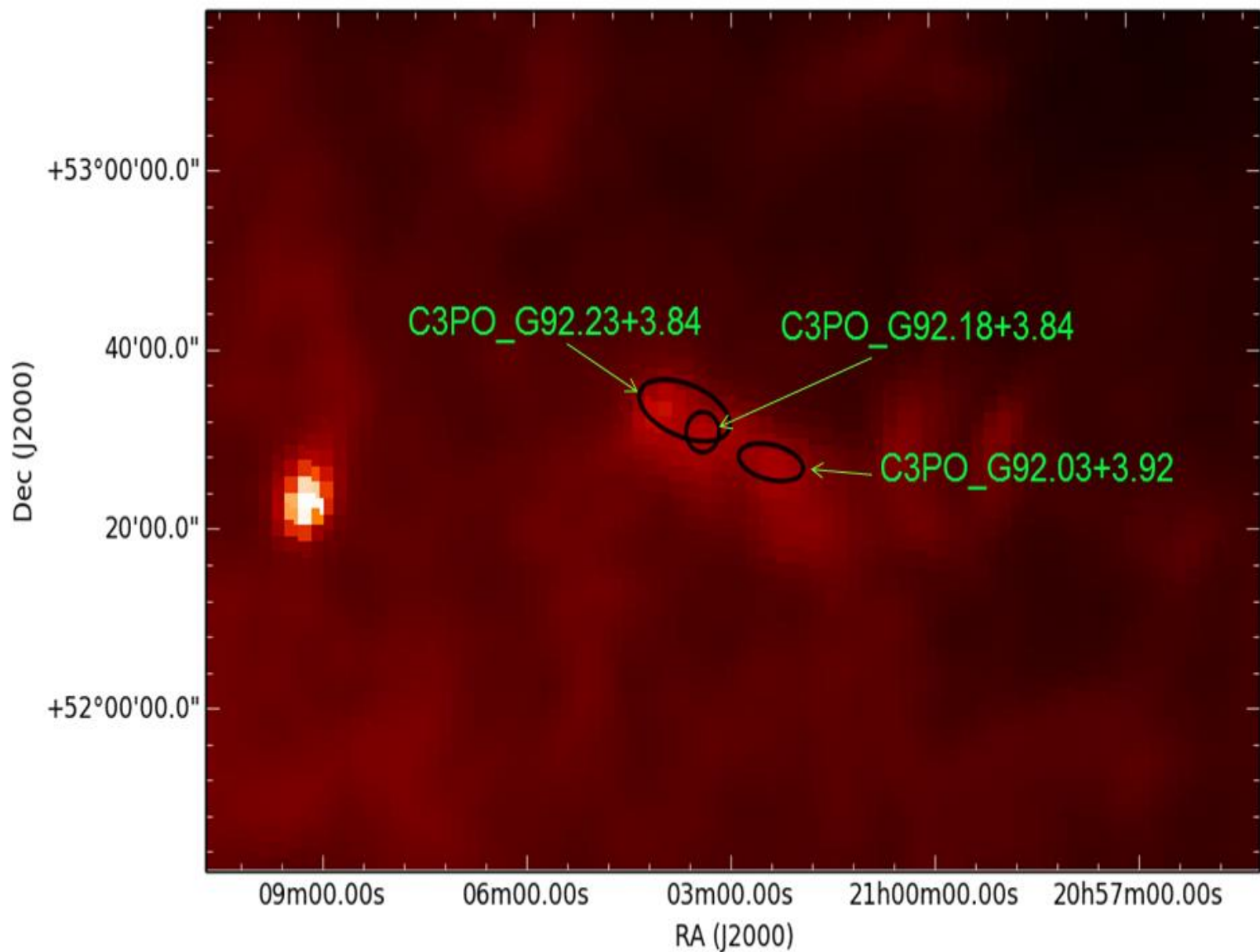
### 3. Eredmények

- a. YSO-ok
- b. Felhők fizikája

# Elméleti bevezető

G92.04+3.93, Plack 857 GHz

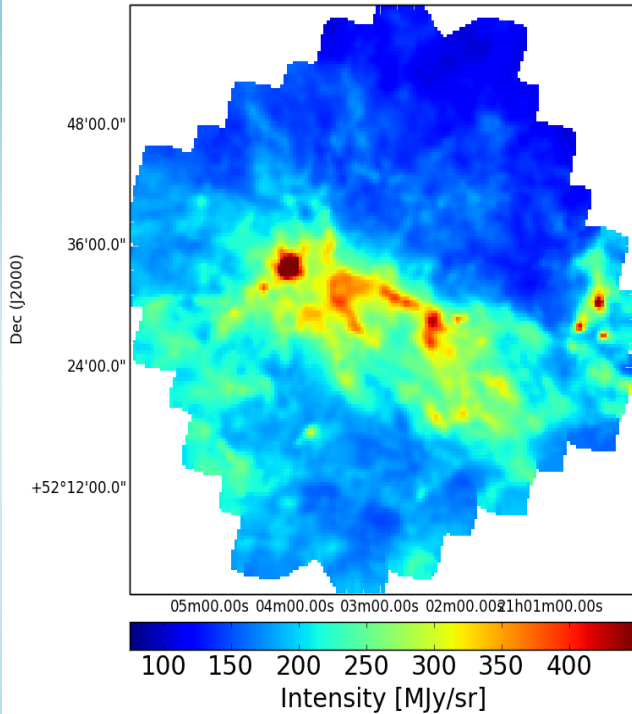
50 100 150 200 250 300 350 400 450 500



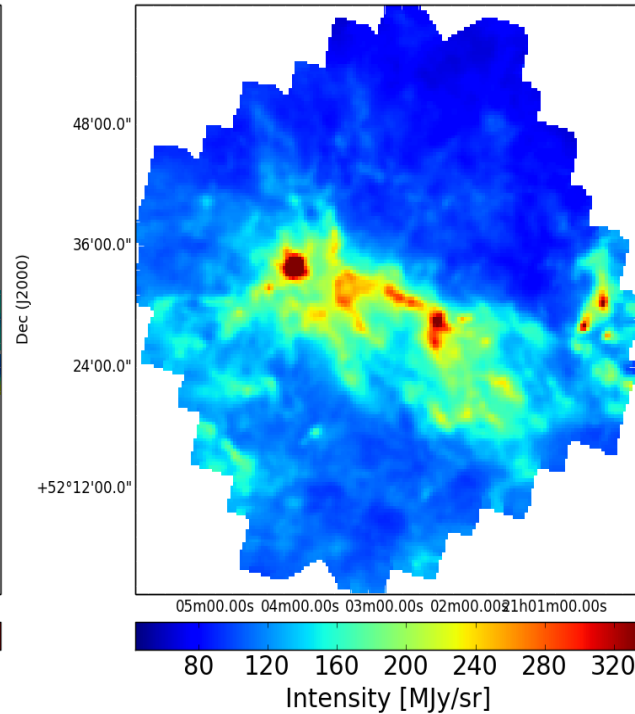
# G92.04+3.93

A 3 SPIRE kép külön-külön (250-350-500  $\mu\text{m}$ )

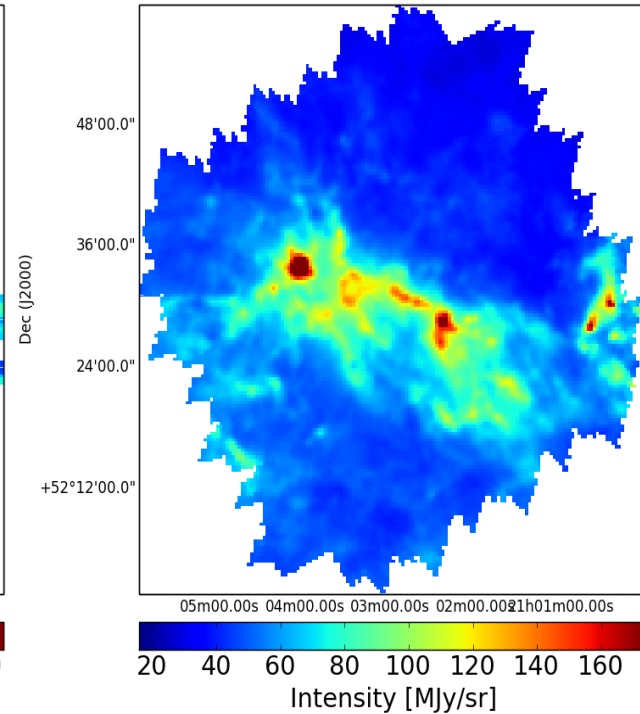
**G92.04+3.93 SPIRE250 map**



**G92.04+3.93 SPIRE350 map**



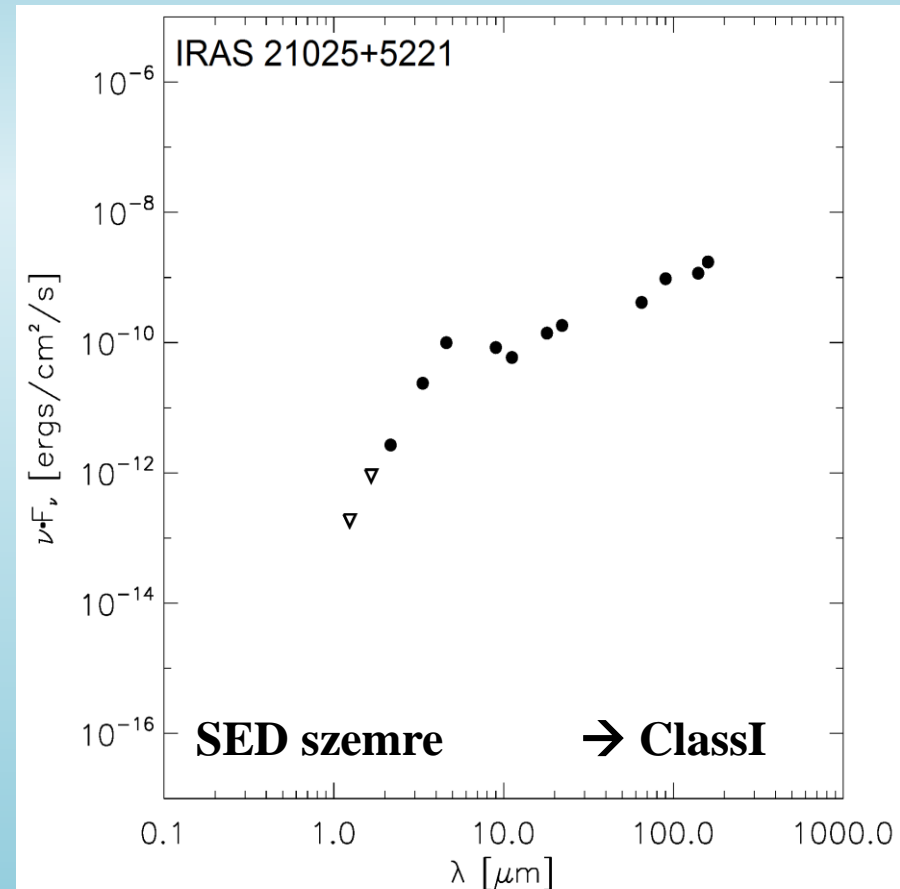
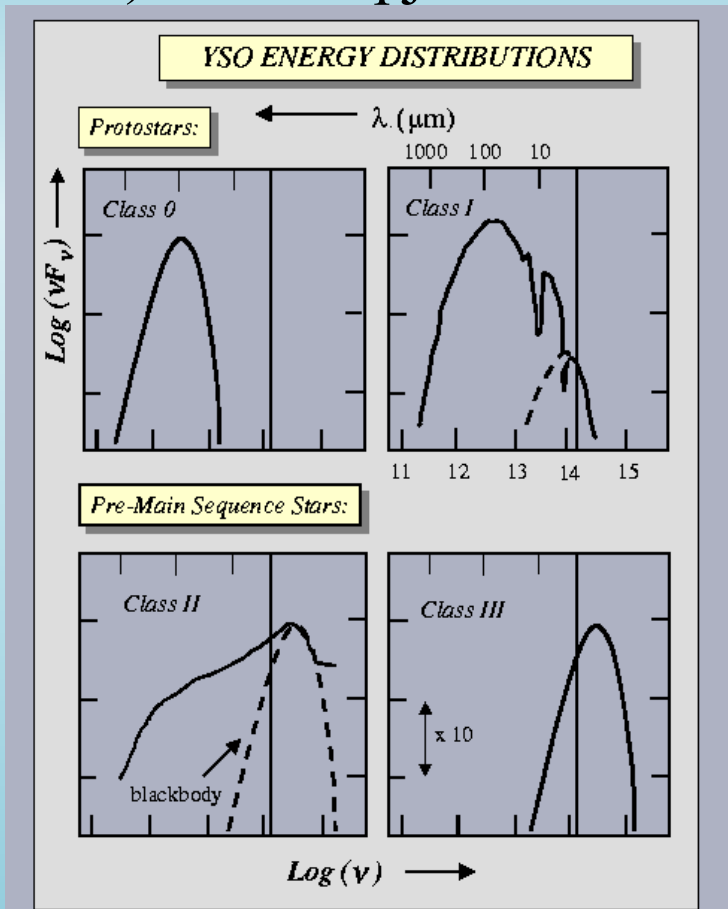
**G92.04+3.93 SPIRE500 map**



# Fiatal csillag osztályok

Fejlődési fázis szerinti osztályokba sorolás

## 1) SED alapján



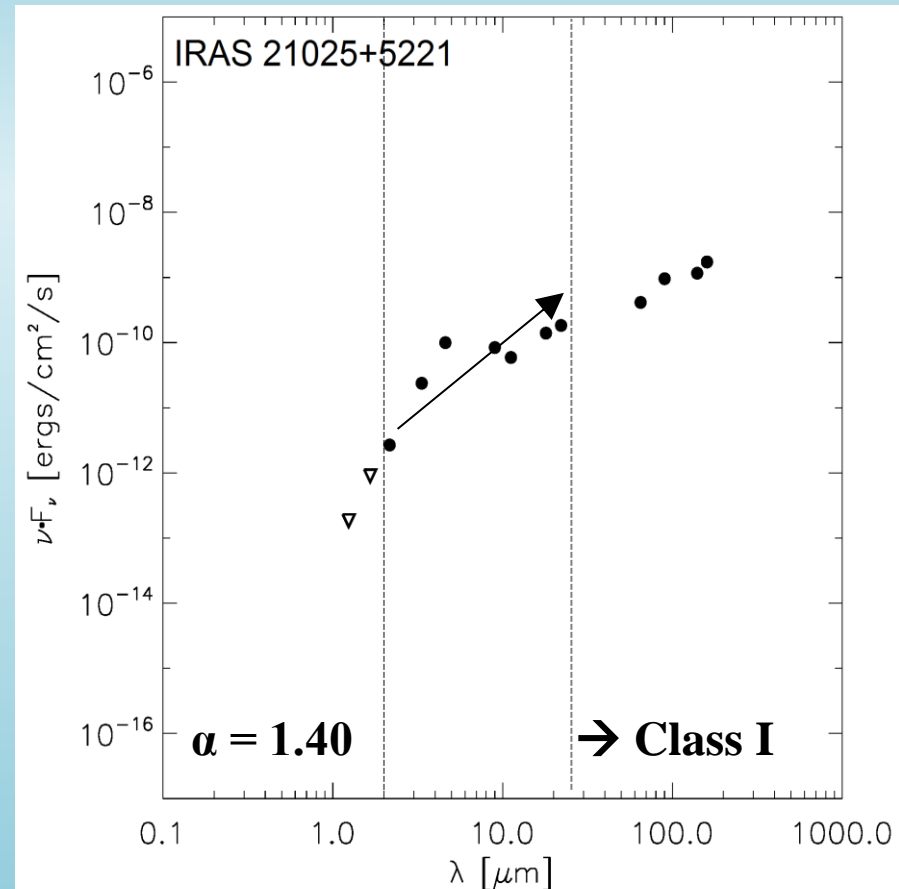
# Fiatal csillag osztályok

Fejlődési fázis szerinti osztályokba sorolás

2) Középinfravörös színindex alapján

$$\alpha = \frac{d \log(\lambda F_\lambda)}{d \log(\lambda)}, \quad (2 \mu\text{m} < \lambda < 24 \mu\text{m})$$

C. Lada 1987 IAU Symp.

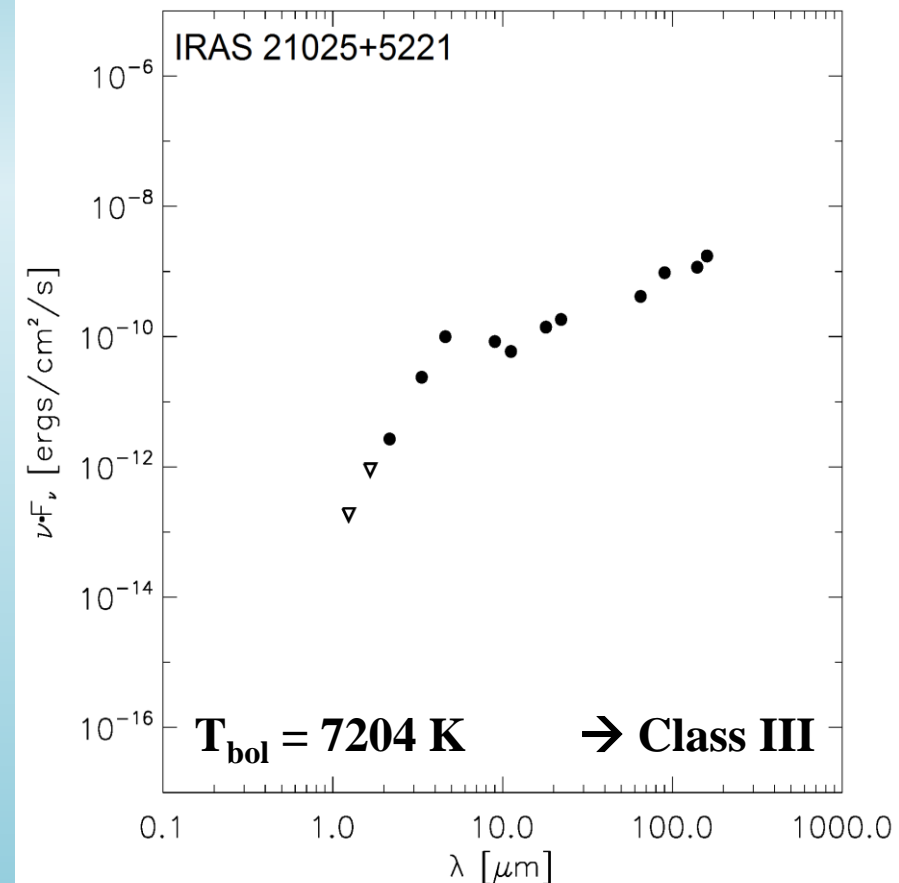


# Fiatal csillag osztályok

Fejlődési fázis szerinti osztályokba sorolás

3) Bolometrikus hőmérséklet alapján

$$T_{bol} = 1.25 \times 10^{-11} \bar{\nu}$$





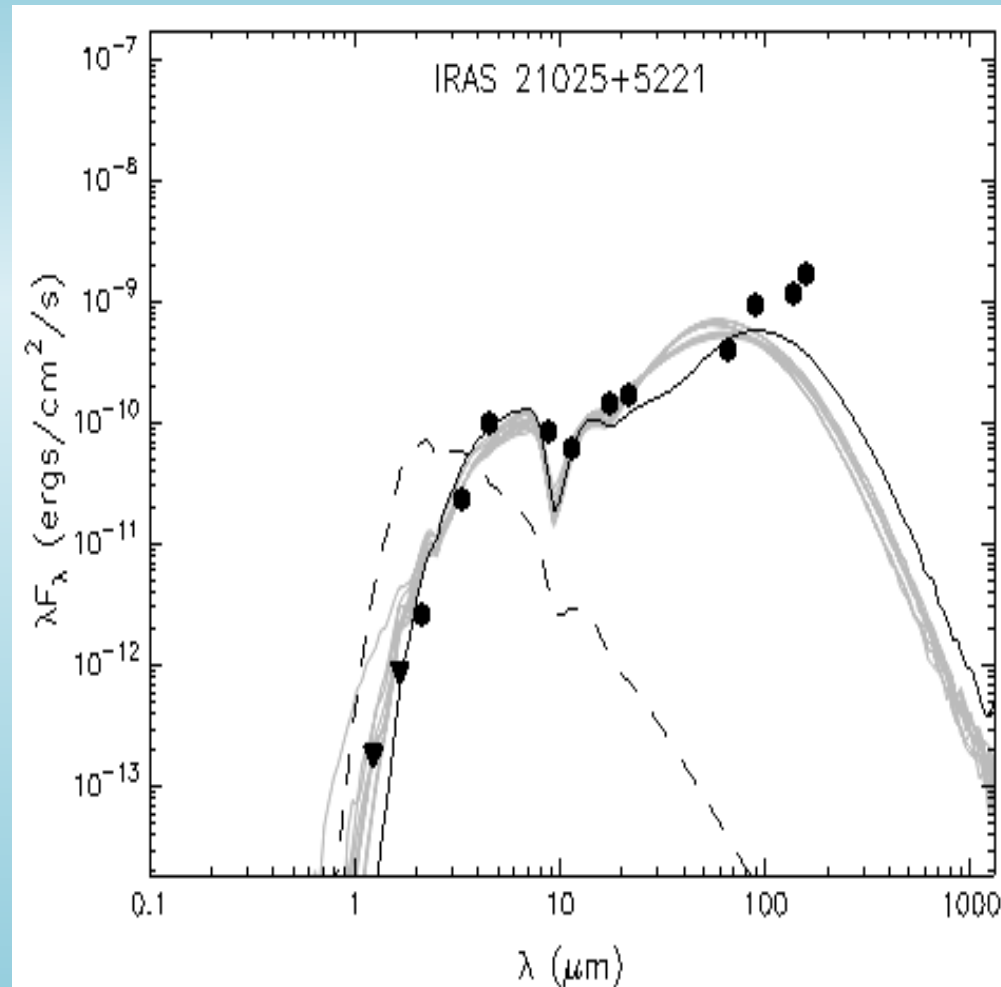
# Fiatal csillag osztályok

Fejlődési fázis szerinti osztályokba sorolás

## 4) SED illesztés

Robitaille SED modell  
illesztő eredménye  
(Robitaille et al., 2007)

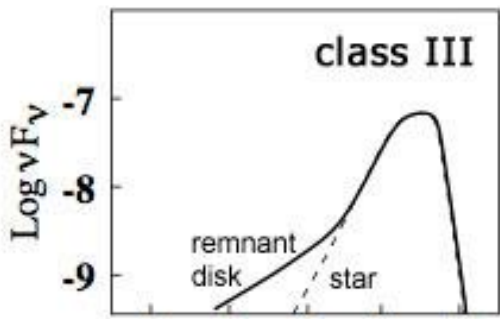
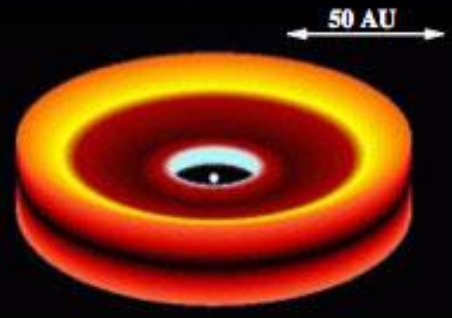
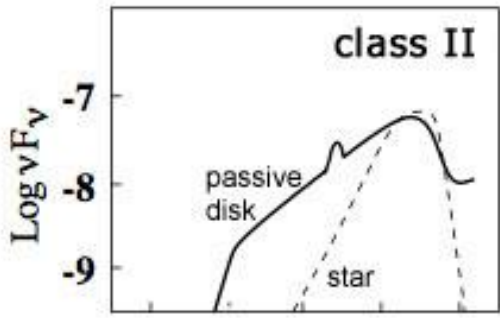
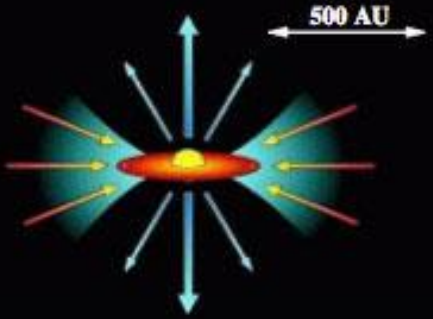
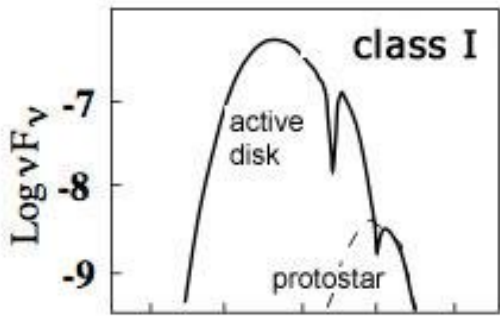
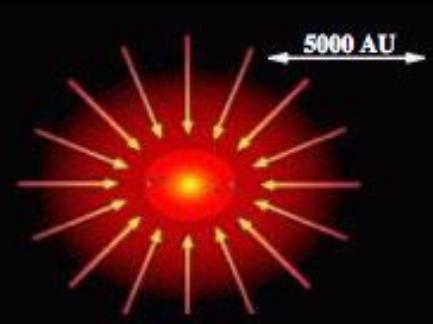
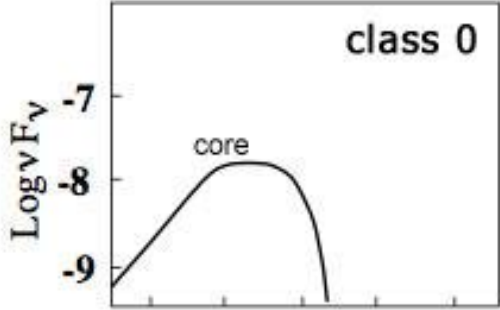
Innen a fizikai paraméterek  
becsülhetőek



# SED illesztés

Meghatároztuk a források jó pár fizikai paraméterét Robitaille SED illesztő programjával. (Robitaille et al., 2007)

<b>A 100 legjobb illesztés</b>	<b>Legjobb</b>	Min érték	Max érték
Kor [év]	<b>1.93E+05</b>	6826.4	1.93E+05
Tömeg [ $M_{\text{Nap}}$ ]	<b>0.4279</b>	0.1828	0.4279
Sugár [ $R_{\text{Nap}}$ ]	<b>3.3899</b>	3.3899	4.9029
Csillaghőmérséklet [K]	<b>3649.6</b>	3003.4	3649.6
Diszk tömeg [ $M_{\text{Nap}}$ ]	<b>2242.2</b>	514.01	2851.8
Diszk külső sugara [AU]	<b>74.935</b>	35.49	128.52
Diszk belső sugara [AU]	<b>0.42148</b>	0.42148	1.6007
Akkrecíós ráta [ $M_{\text{Nap}}/\text{év}$ ]	<b>2.62E-07</b>	8.09E-08	2.16E-06



11 12 13 14 15  
Log v (Hz)

Andrea Isella, PHD értekezés

0. osztály  
fő akkréciós fázis  
 $\alpha$  nem mérhető,  $T_{bol} \leq 70K$

I. osztály  
kései akkréciós fázis  
 $\alpha > 0,3$ ,  $70K < T_{bol} \leq 650K$

(Flat osztály:  $-0,3 < \alpha < 0,3$ )

II. osztály  
optikailag vastag korong  
 $-1,6 < \alpha < -0,3$ ,  $650K < T_{bol} \leq 2800K$

III. osztály  
maradvány korong  
 $\alpha < -1,6$ ,  $T_{bol} \geq 2800K$

# Adatelemzési eljárások

# YSO jelöltek megerősítése

- AKARI FIS fiatal csillag jelölt katalógusból (Tóth L. Viktor et al, 2014)
- Kiválasztani pontszerű, egyedülálló csillagokat (2MASS K képek)
- SIMBAD adatbázis szerint nem más objektum
- Összegyűjteni a látható és infravörös adatokat archív adatbázisokból
- Elkészíteni az összes forrás SED-jét
- Kiválasztani és osztályozni a fiatal csillagokat több módon
- Egyeztetni az osztályozási eljárások eredményeit
- Modellezni a YSO-kat

# Protocsillagok

- Julien Montillaud nem publikus Herschel pontforrás katalógusa
- Kiválasztani a Class0/I jelölteket
  - Hipotézis: Amelyik forrás nem rendelkezik mért WISE fluxussal az Class0/I (jelölt) objektumként lett azonosítva

# SPIRE képek feldolgozása

- (Pontforráslevonás → Pintér Sándor előadása (17:20-tól))
- Simítás: 2D-s Gauss fv. (40'')
- Egységes mintavételezés (20''/pixel)
- Pixelenként kiszámítani a hőmérsékletet és emmisszivitás (J. Mika)

Szürke-test sugárzási görbe illesztése ( $\chi^2$  minimalizálás)

$$S_\nu = \Omega \cdot B_\nu(T) \cdot \kappa_\nu \cdot N$$

$$\kappa_\nu = \kappa_0 \cdot \left(\frac{\nu}{\nu_0}\right)^\beta, \quad (\beta=2 \text{ állandó})$$

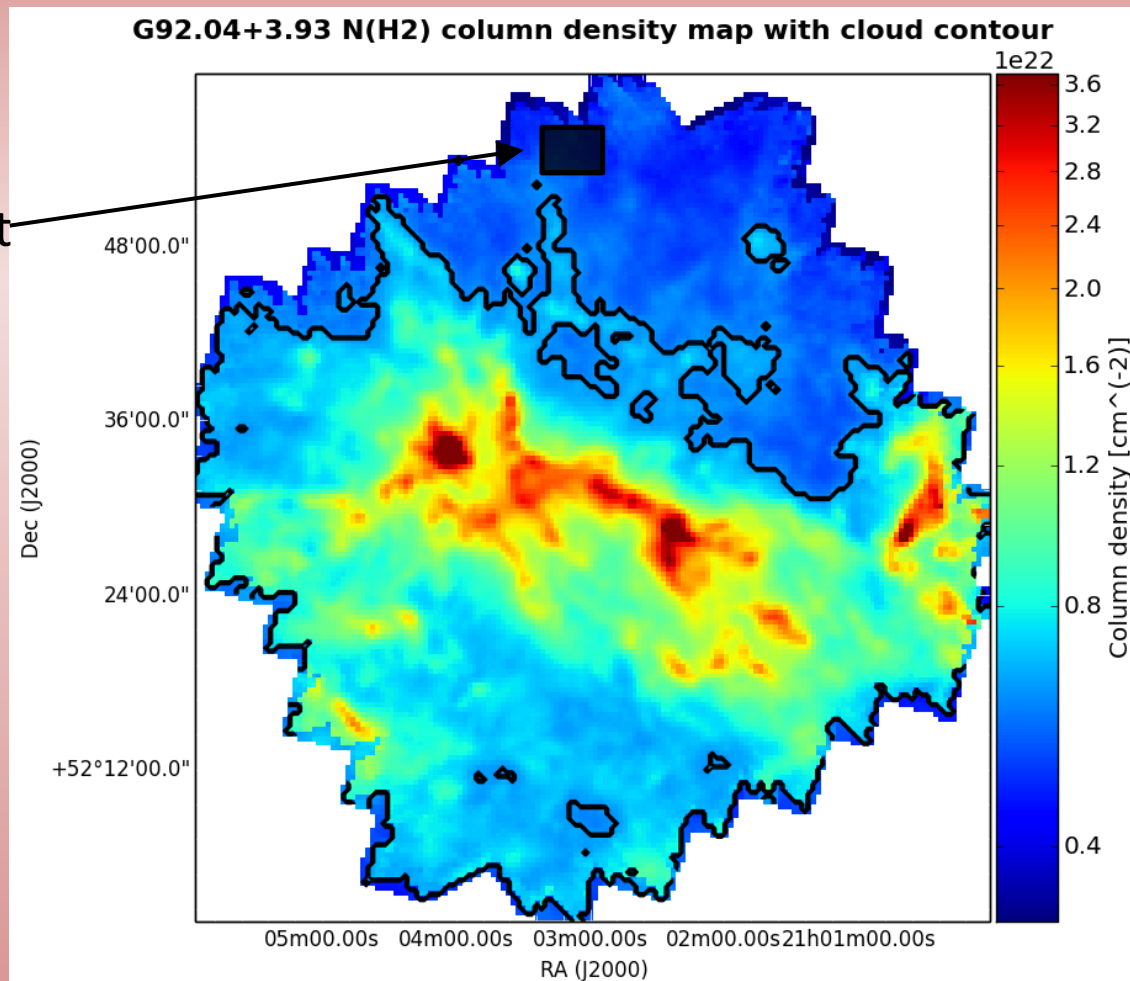
- Kiszámítani az oszlopsűrűséget

$$N(\text{H}_2) = \frac{I_\nu \cdot R}{B_\nu(T) \cdot \Omega \cdot \kappa_\nu \cdot \mu \cdot m_{\text{H}}}$$

# Felhődefiníció

- Referencia terület kijelölése (12X16 pixel, ~200 pixel)
- A felhők határának megállapítása

Háttér átalagértéke plusz 5 szigma (Itt:  $6,3 \cdot 10^{21} \text{ cm}^{-2}$ )



Referencia terület



# Eredmények

# WISE-AKARI YSOs

1047 YSO jelölt az eddig vizsgált 87 kiválasztott SPIRE mező körül →  
870 valóban **YSO (681 a mezőkön belül)**  
31 (3%) galaxis  
146 (14%) egyéb objektumok, pl.: többes rendszerek

## Protocsillagok

417darab Herschel pontforrás volt 87 SPIRE mezőben →  
**360 Class0 jelölt**



**1041 darab proto- és fiatal csillag 87 felhőben**

# Osztályozott proto- és fiatal csillagok

Class0: 362 db

Class I: 142 db

Flat: 235 db

Class II: 275 db

Class III: 27 db



A legnépesebb osztály a Class0

# A felhők határának definiálása

YSO-ok:

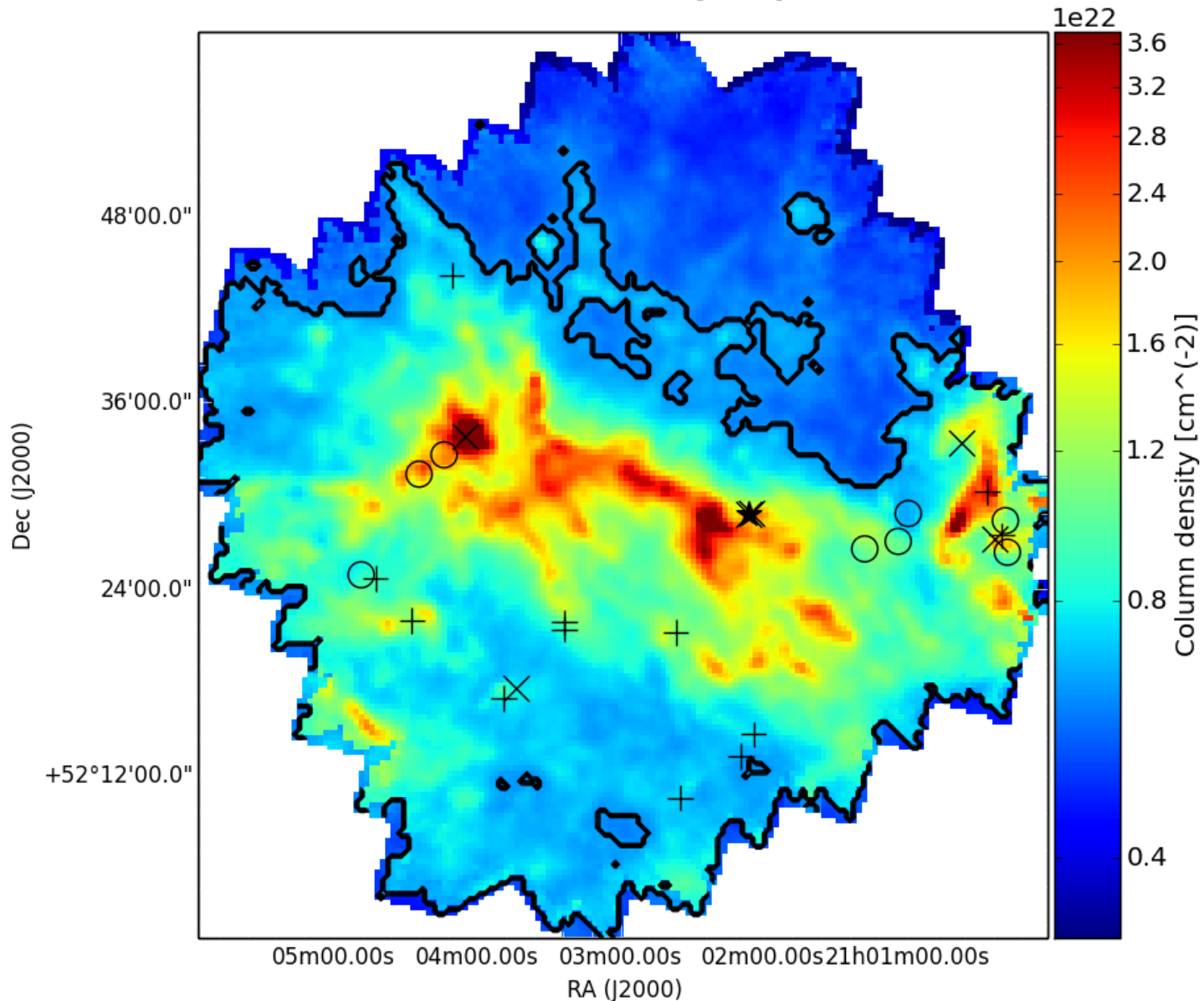
\*: Class 0

+: Flat

X: Class I

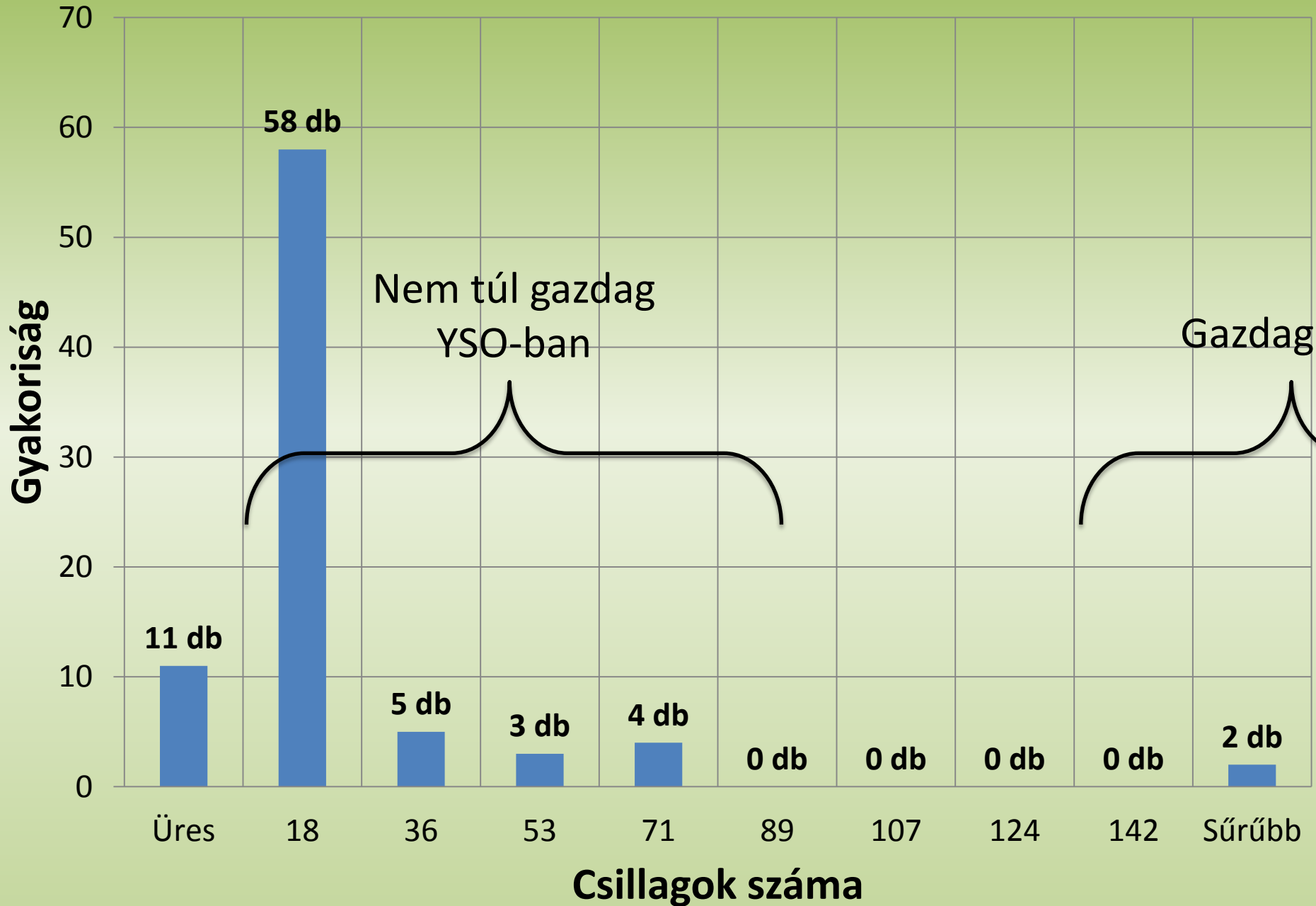
O: Class II

G92.04+3.93 N(H<sub>2</sub>) column density map with cloud contour

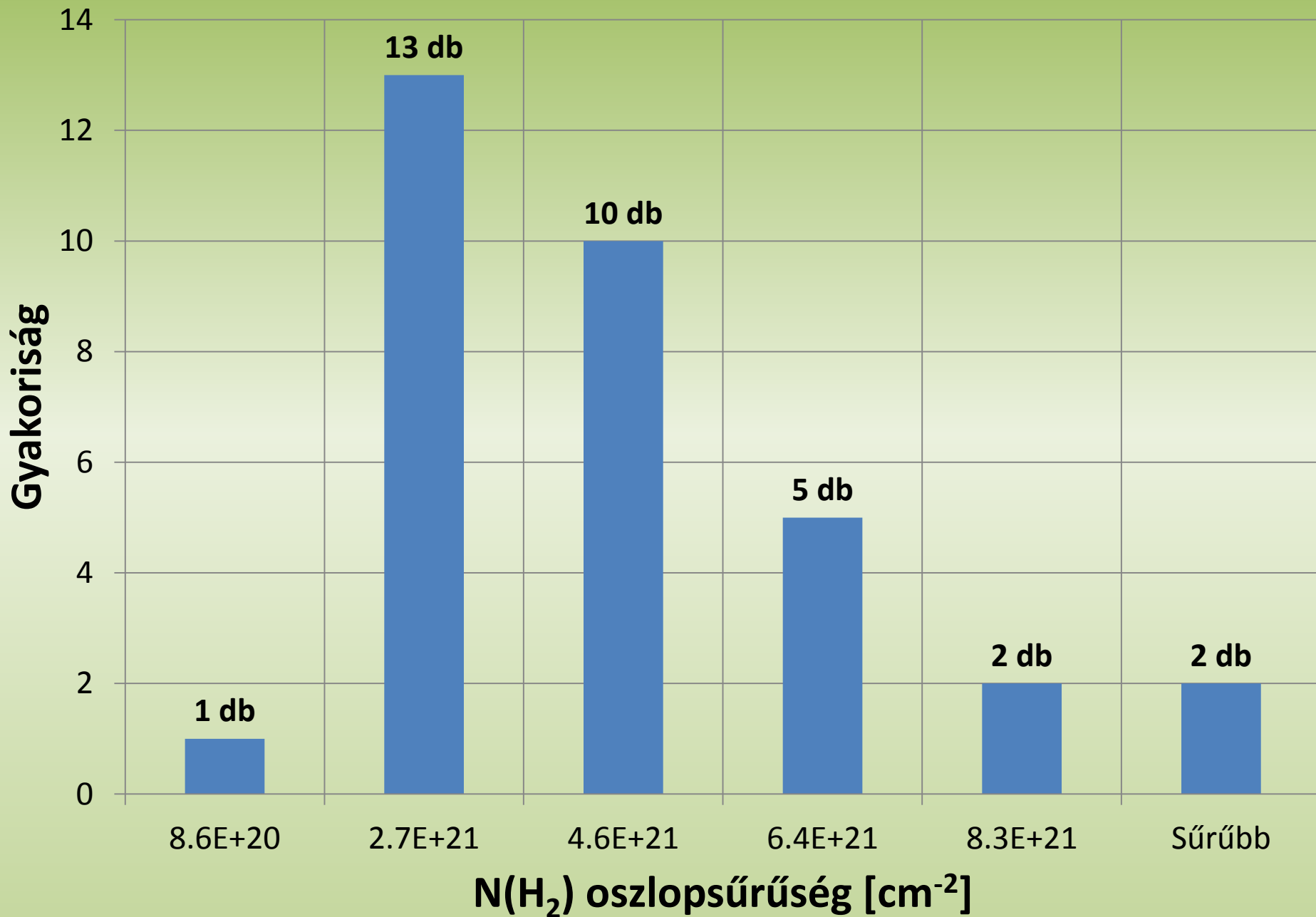


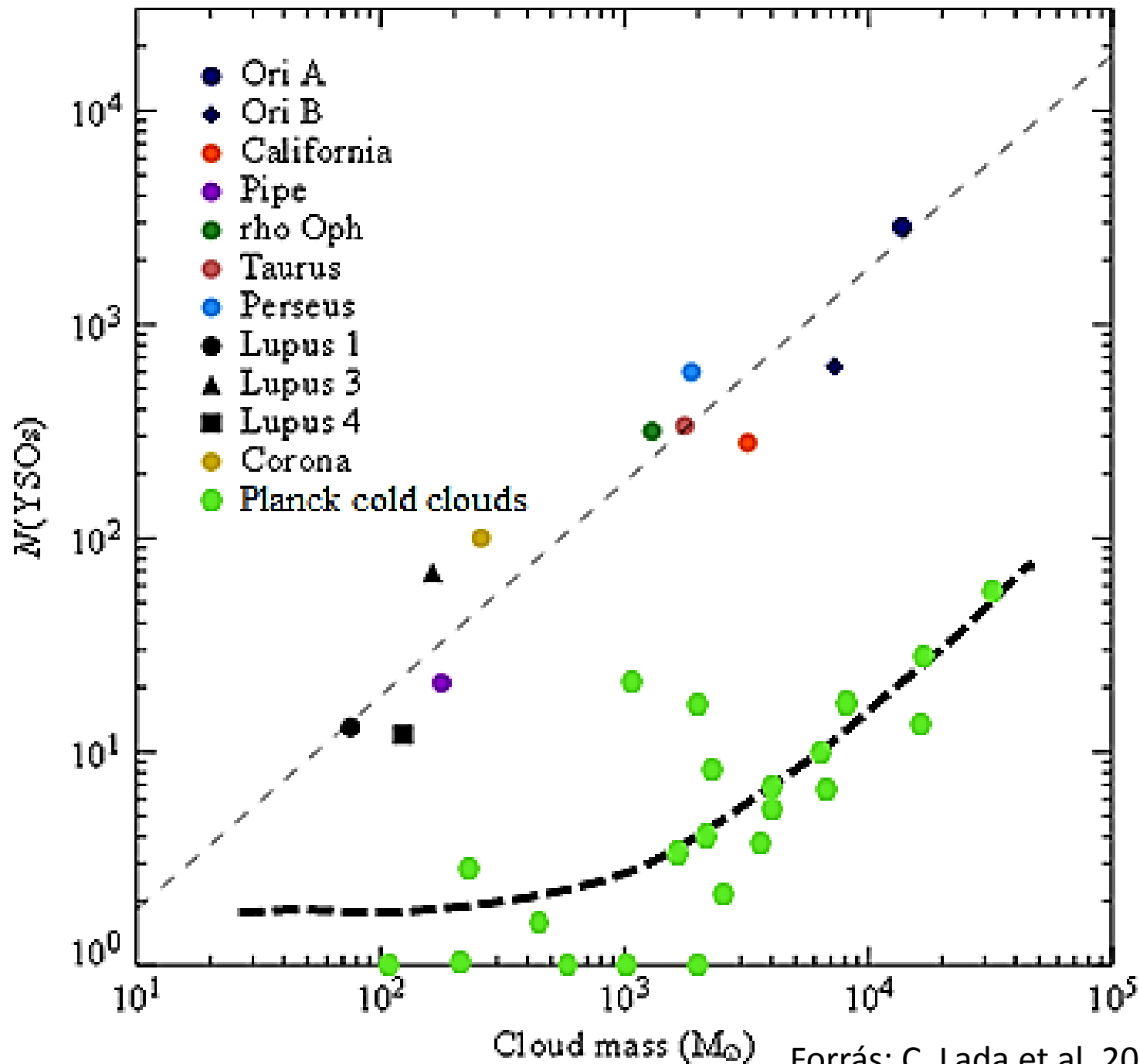
Mindegyik YSO a kontúron belül!

# YSO hisztogram (87 felhőre)



# A felhőn belüli átlagos hidrogén oszlopsűrűség





Forrás: C. Lada et al, 2010

További tervek:

Clumpok azonosítása → Magtömeg-függvény

Összes felhő YSO-i → Csillagkeletkezéshez szükséges minimális magtömeg megállapítása

Referenciák:

The AKARI FIS YSO Catalogue, L. Viktor TOTH et al. 2014, PASJ

GCC Paper IV. A catalogue of cold sub-millimetre sources, J. Montillaud et al., 2014

GCC Paper III. General cloud properties, Juvela M. et al., 2012, A&A