

# Kettős (aktív) galaxismagok

Gabányi Krisztina<sup>1,2,3</sup>, Frey Sándor<sup>3</sup>, An Tao<sup>4</sup>, Paragi Zsolt<sup>5</sup>  
Kun Emma<sup>1</sup>, Gergely László Árpád<sup>1</sup>

<sup>1</sup>SZTE Elméleti és Kísérleti Fizikai Tanszékek, <sup>2</sup>CSFK KTM,  
<sup>3</sup>FÖMI KGO, <sup>4</sup>Shanghai Astronomical Observatory, Kína, <sup>5</sup>JIVE,  
Hollandia

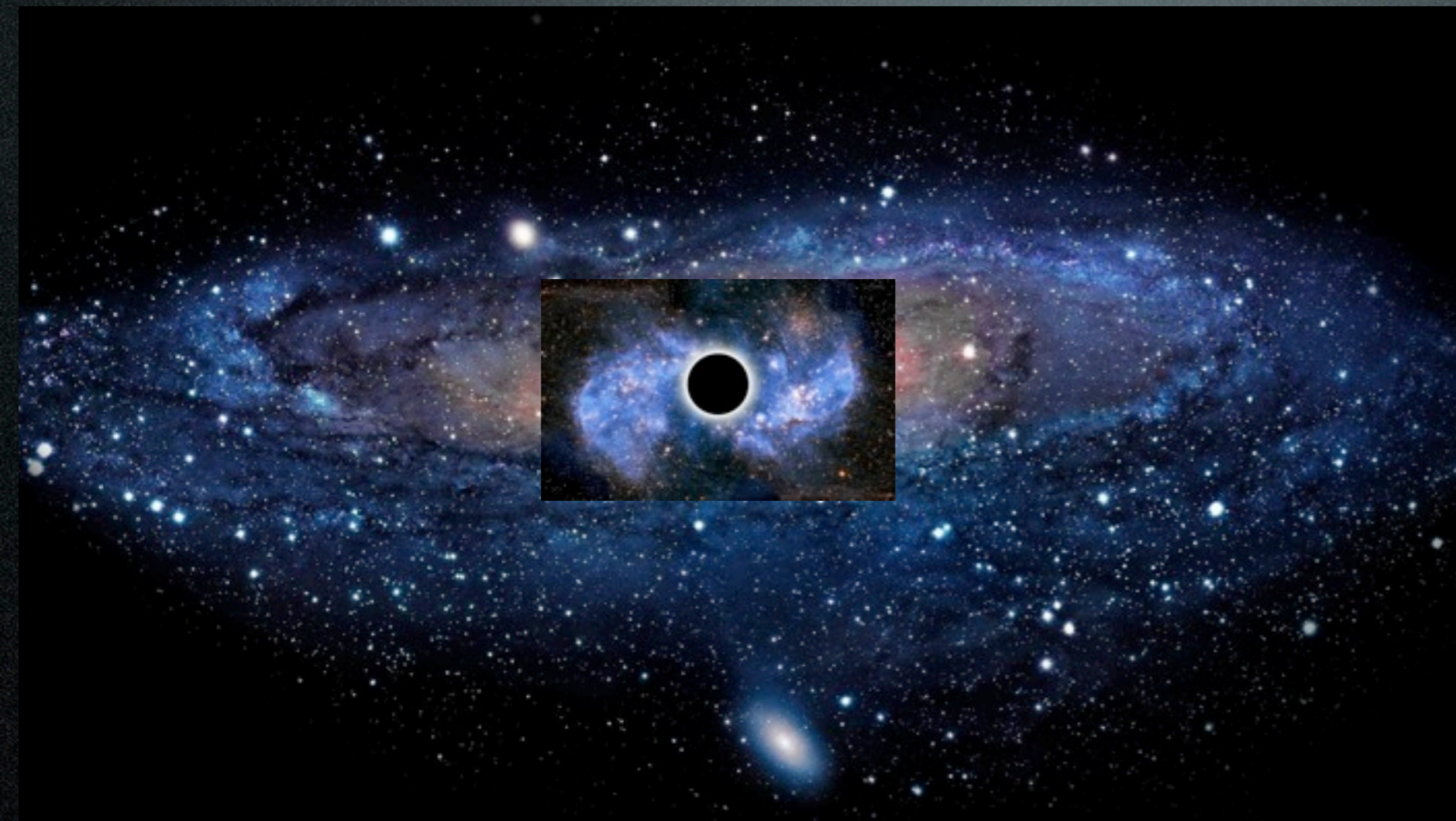
A kutatás a TÁMOP 4.2.4.A/2-11-1-2012-0001 Nemzeti Kiválóság Program című kiemelt projekt keretében zajlott. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

Galaxisok összetevői:  
csillagok, por, gáz, sötét  
anyag ....

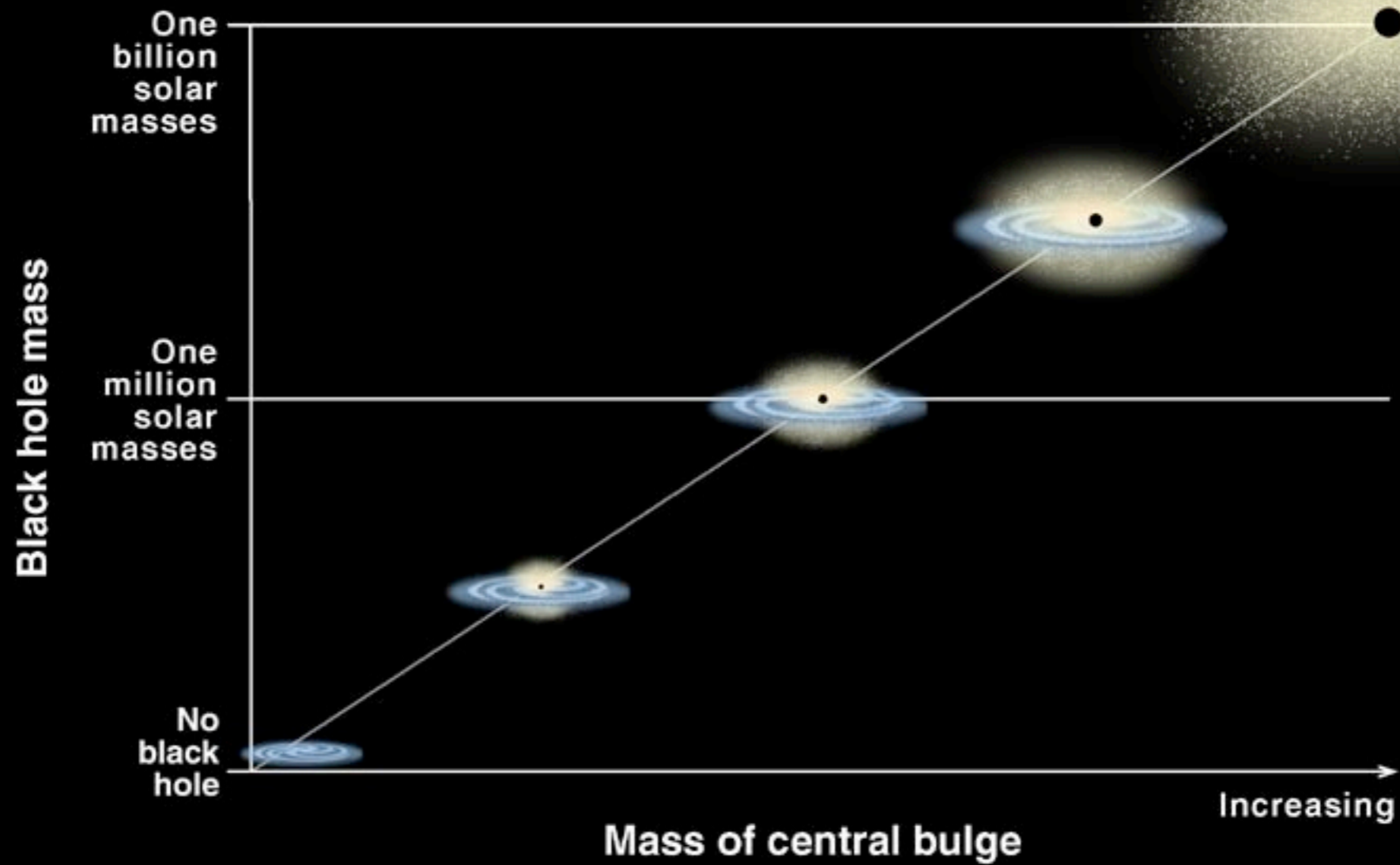


Galaxisok összetevői:  
csillagok, gáz, por, sötét  
anyag ....

és központi  
szupernagy  
tömegű fekete  
lyuk



# Correlation Between Black Hole Mass and Bulge Mass



R. van der Marel

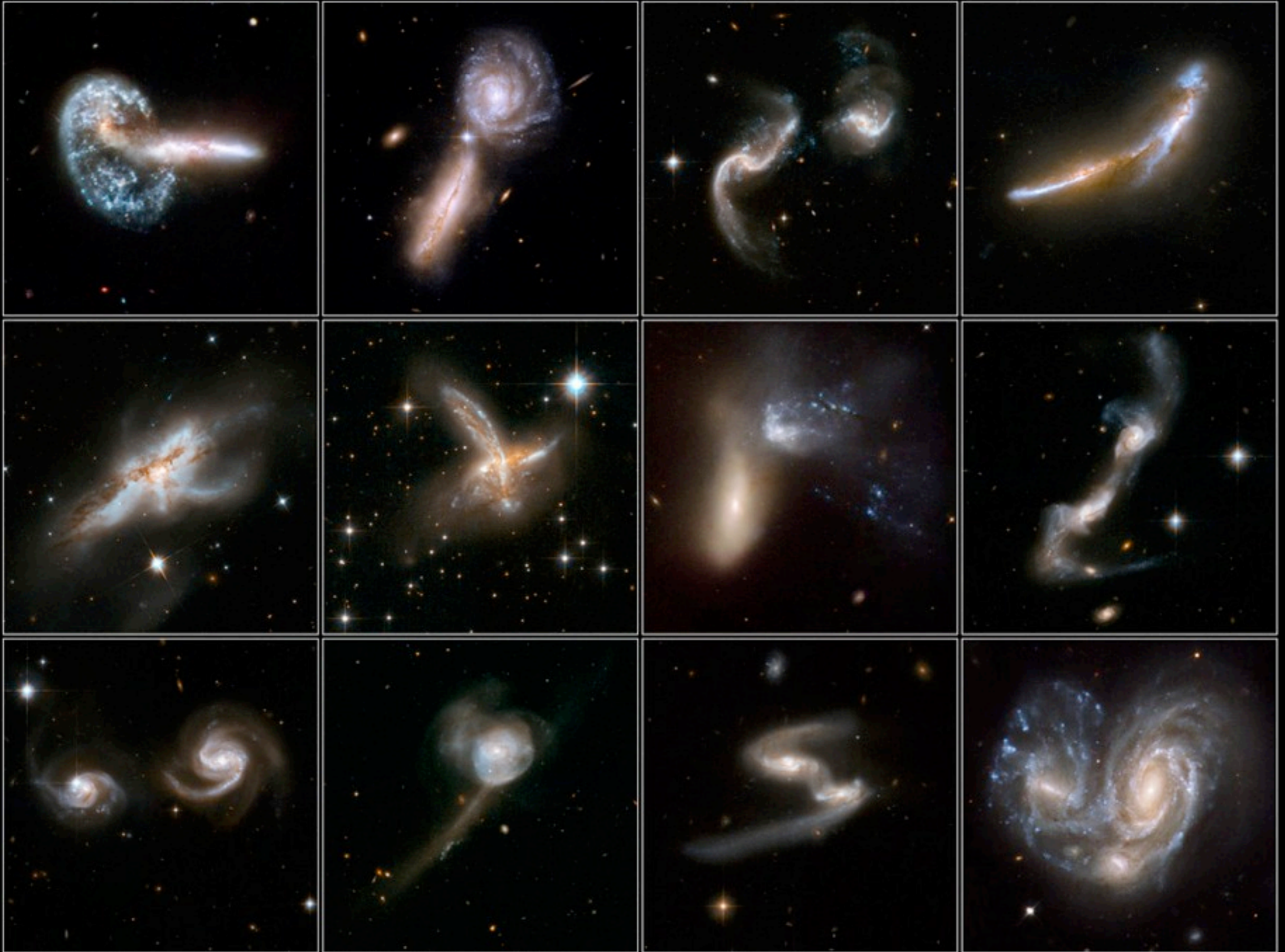
Szupernagy tömegű fekete lyuk a legtöbb galaxis középpontjában

Galaxisok és központi fekete lyuk együtt fejlődik

Galaxisok növekedése, fejlődése összeolvadás útján

# Interacting Galaxies

Hubble Space Telescope • ACS/WFC • WFPC2



Szupernagy tömegű fekete lyuk a legtöbb galaxis középpontjában

Galaxisok és központi fekete lyuk együtt fejlődik

Galaxisok növekedése, fejlődése összeolvadás útján



Kettős szupernagy tömegű fekete lyuk az összeolvadás különböző fázisaiban

Szupernagy tömegű fekete lyuk a legtöbb galaxis középpontjában

Galaxisok és központi fekete lyuk együtt fejlődik

Galaxisok növekedése, fejlődése összeolvadás útján



Kettős szupernagy tömegű fekete lyuk az összeolvadás különböző fázisaiban

<1 pc?

1-10 kpc?

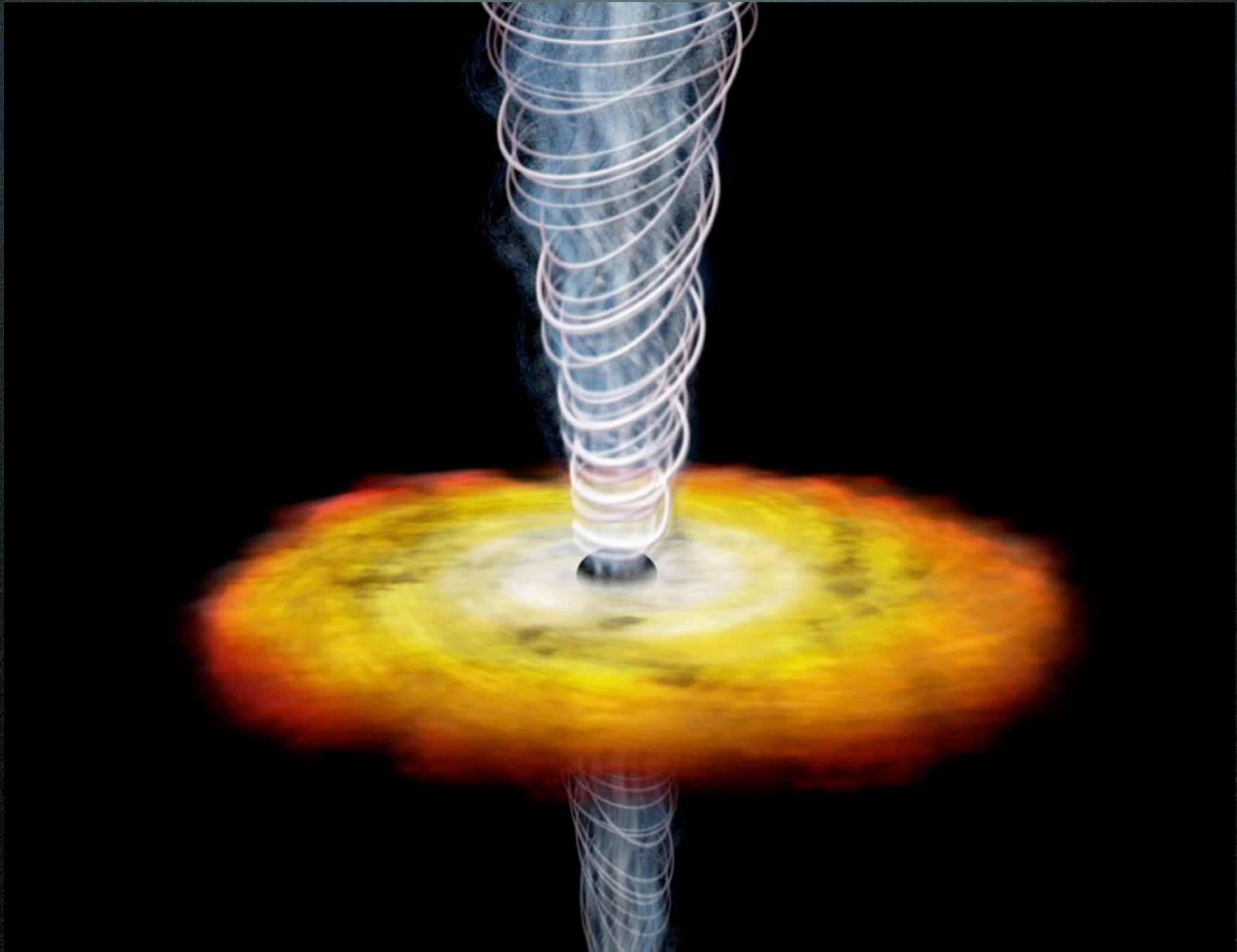
Aktivitás beindulása, leállása?

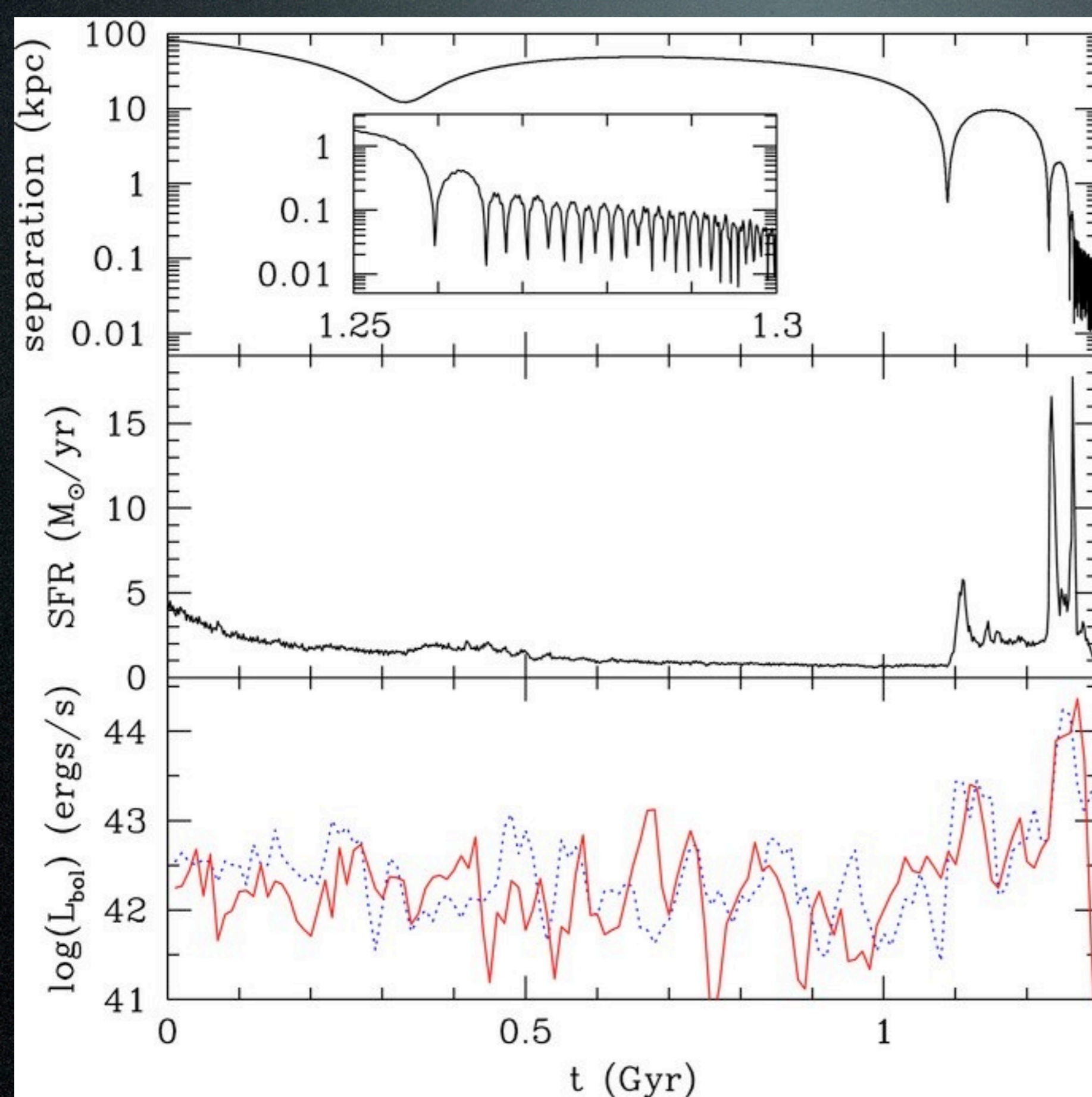
Rohamos csillagkeletkezés beindulása, leállása?

Aktív galaxismagok

Csillagontó galaxisok







Két spirál galaxis  
összeolvadásának  
szimulációja,  
tömegarány 2:1

Dupla aktivitás  
jellemzően a 1-10 kpc  
szeparációnál.  
Akkréció nem feltétlenül  
szimultán jelentkezik

# Megfigyelhetőség

- Mennyire lehet gyakori, hogy a két mag egyszerre aktív?
- Direkt megfigyelés nehézkes: 1 kpc ívmásodpercnél kisebb szeparáció  $z > 0,05$
- Rádió interferometriával elérhető a megfelelő felbontás, de AGN-ek csak 10%-a rádióhangos

# Példák

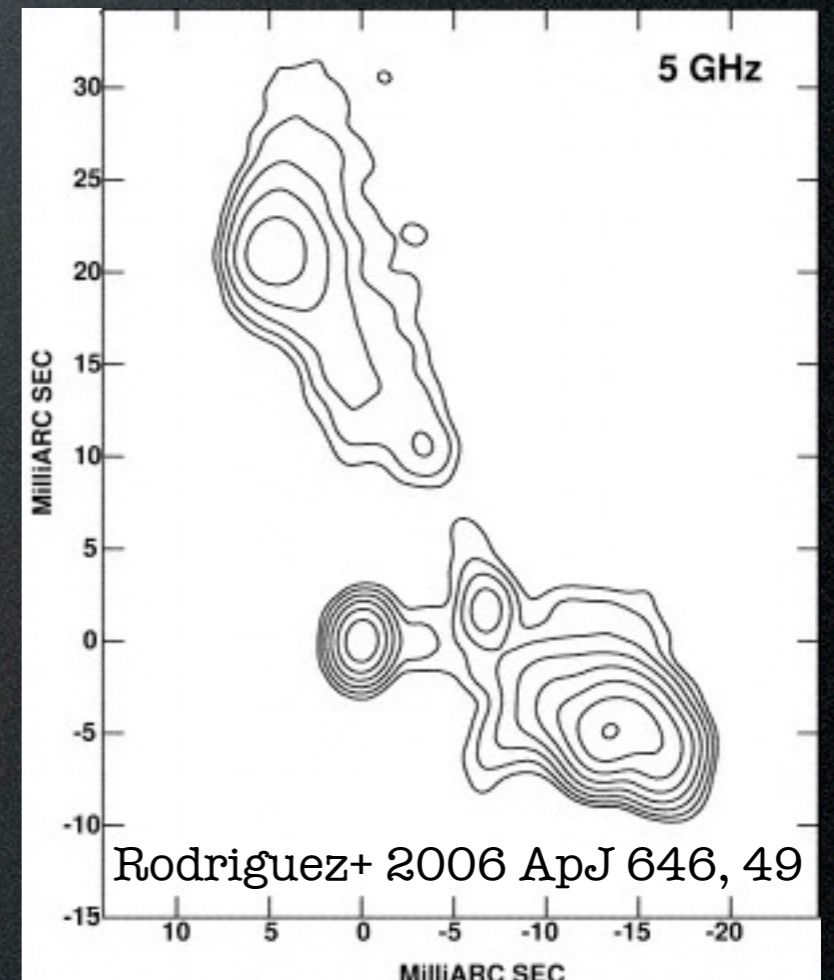
$\leq 10$  kpc szeparációval jelenleg  $\sim 20$  kettős AGN ismert

3C75 (NGC 1128),  
szeparáció 7 kpc ( $z=0,0231$ )



Owen+ 1985 ApJ 294, L85

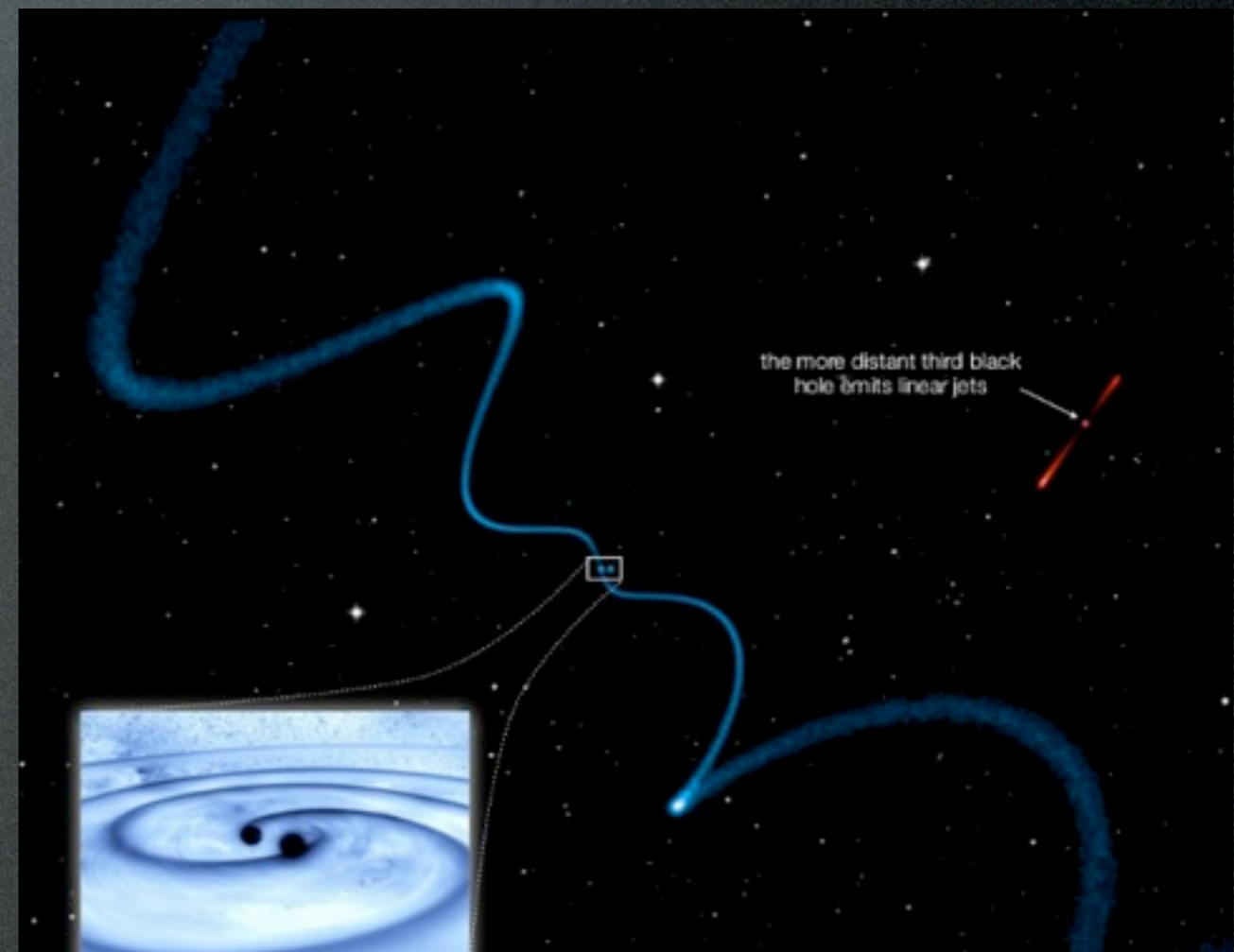
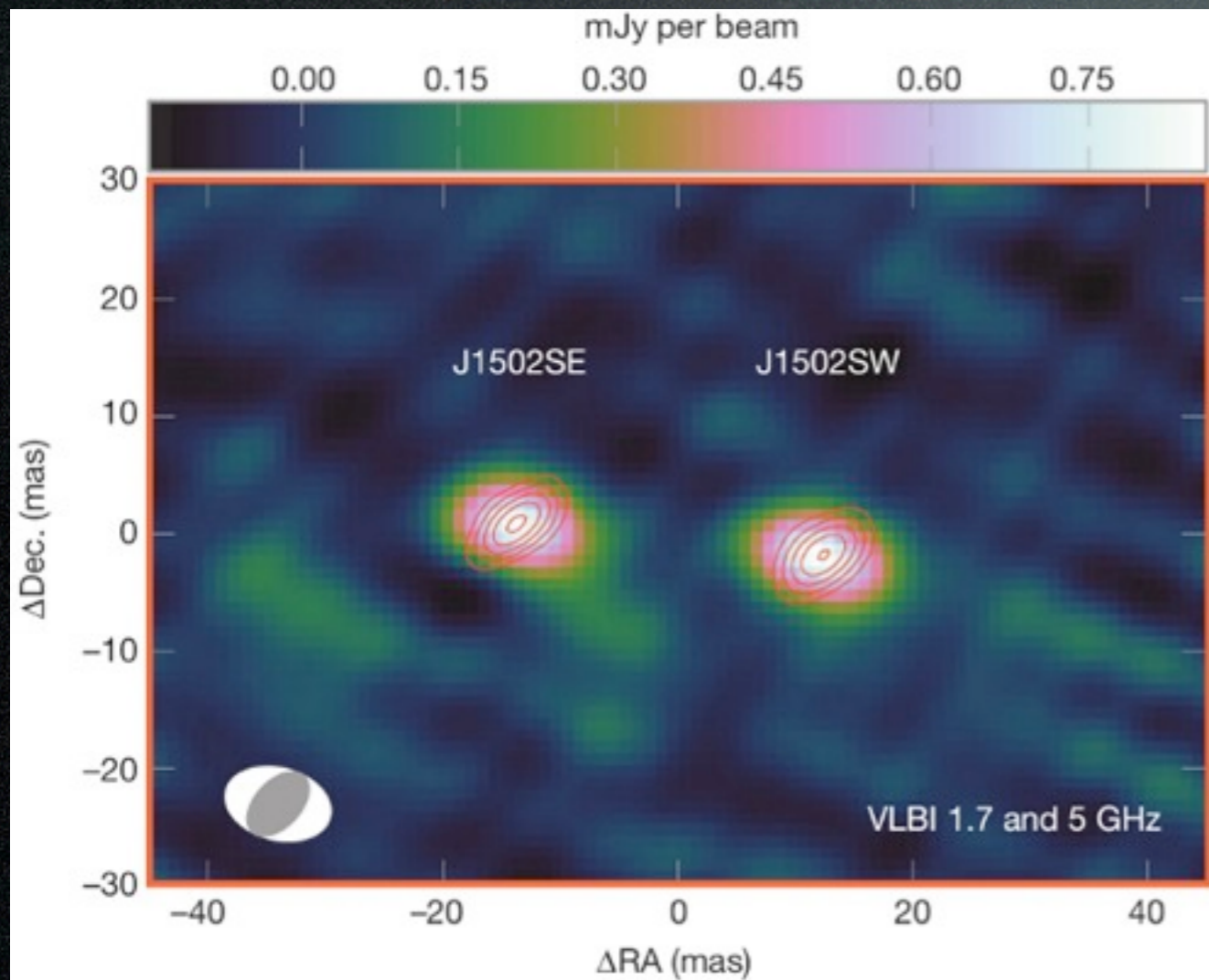
0402+379,  
szeparáció 7,3 pc  
( $z=0,055$ )



# Példák (folyt.)

Hármas AGN: 140 pc, és 8 kpc-es szeparációk

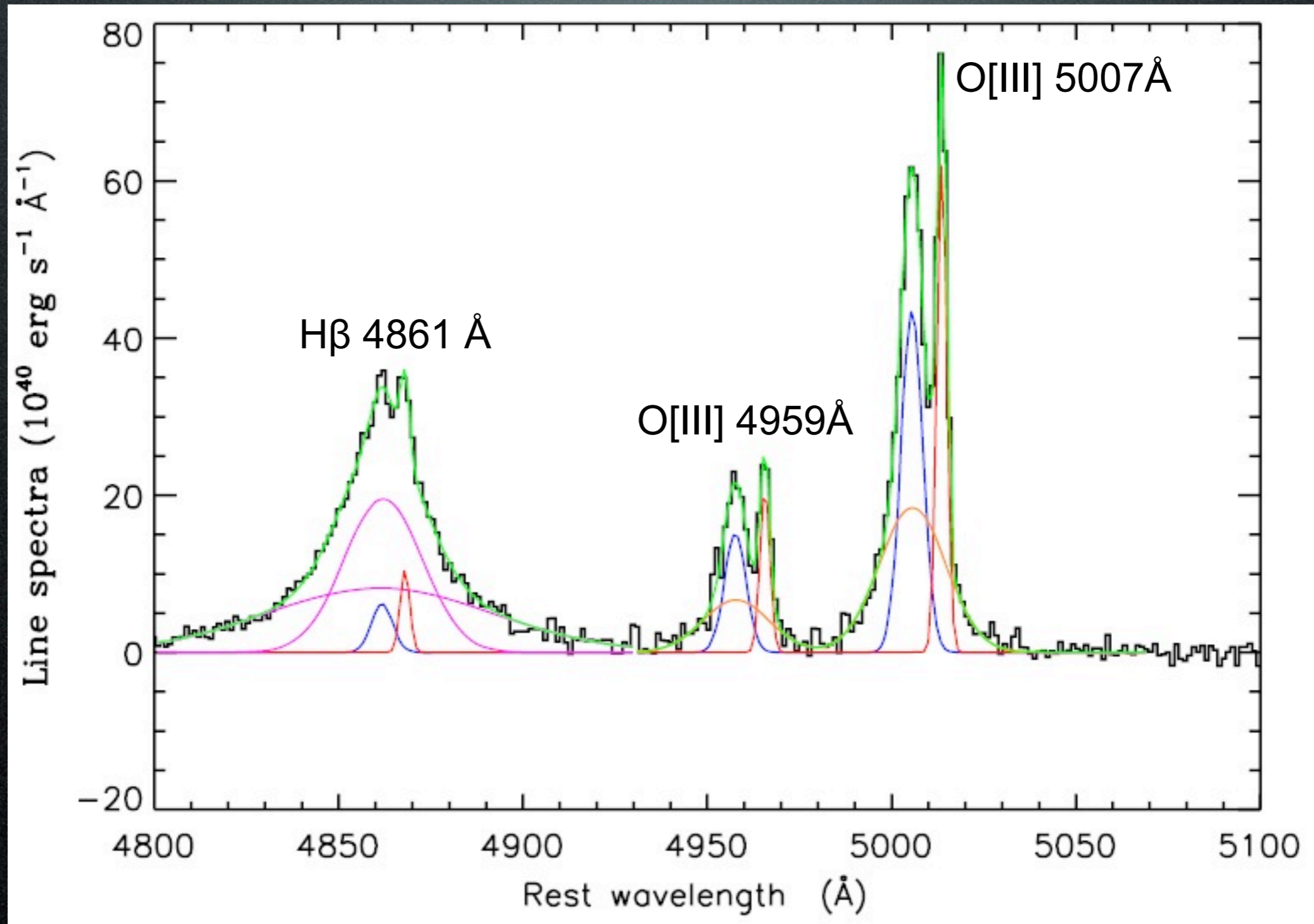
J1502+1115 ( $z=0,39$ )  
Deane+ Nature, 2014



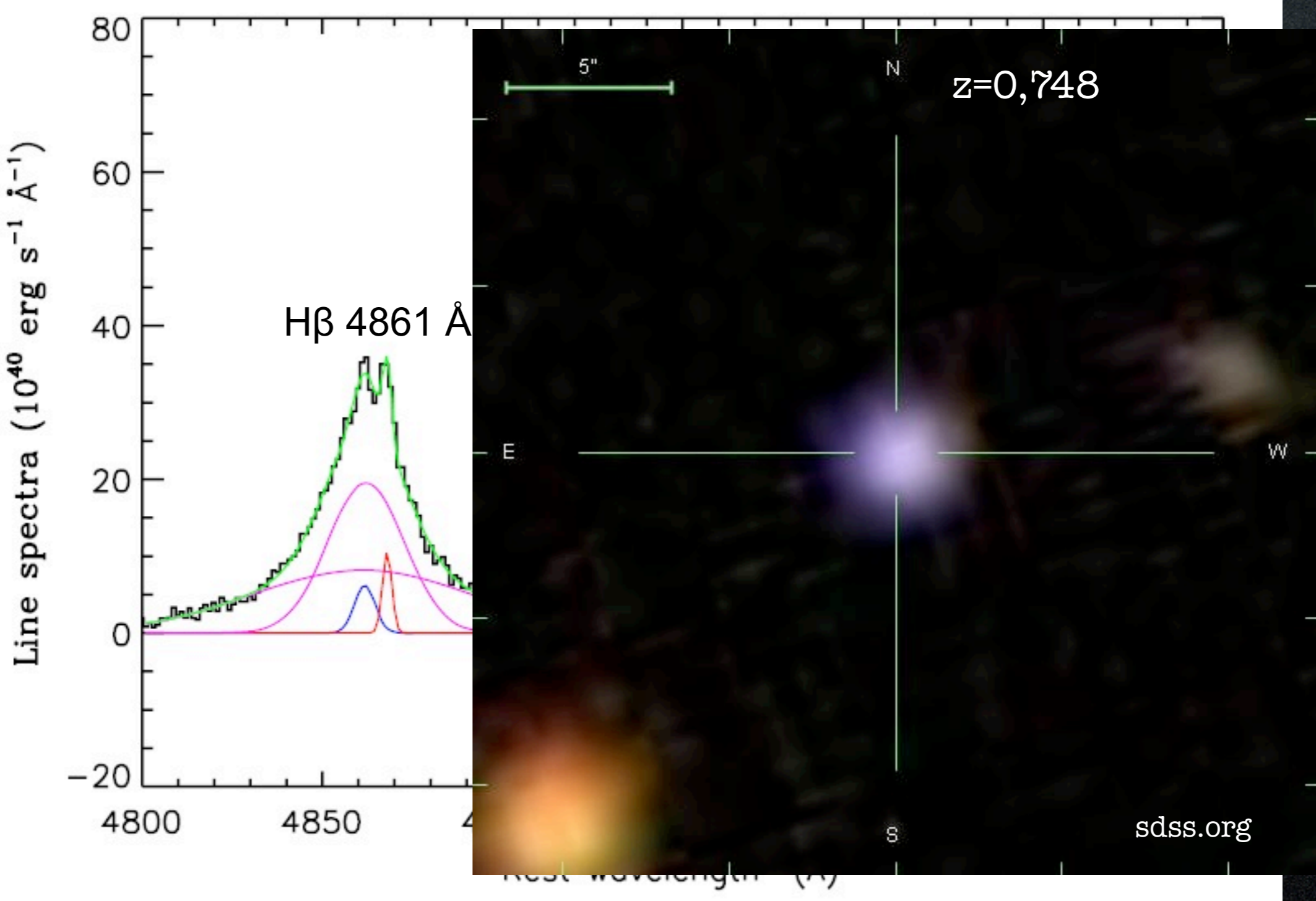
# Indirekt módszer - optikai spektroszkópia

- SDSS  $0,1 < z < 0,7$  kvazárok 1%-a duplacsúcsú (Smith et al., 2012)
- Duplacsúcsú keskeny vonalás AGN-ek:
  - Gravitációsan kötött két fekete lyukhoz tartozó különálló NLR-ek, 1-10 kpc szeparációval
  - VAGY jet és NLR közötti kölcsönhatás eredménye

J1425+3231

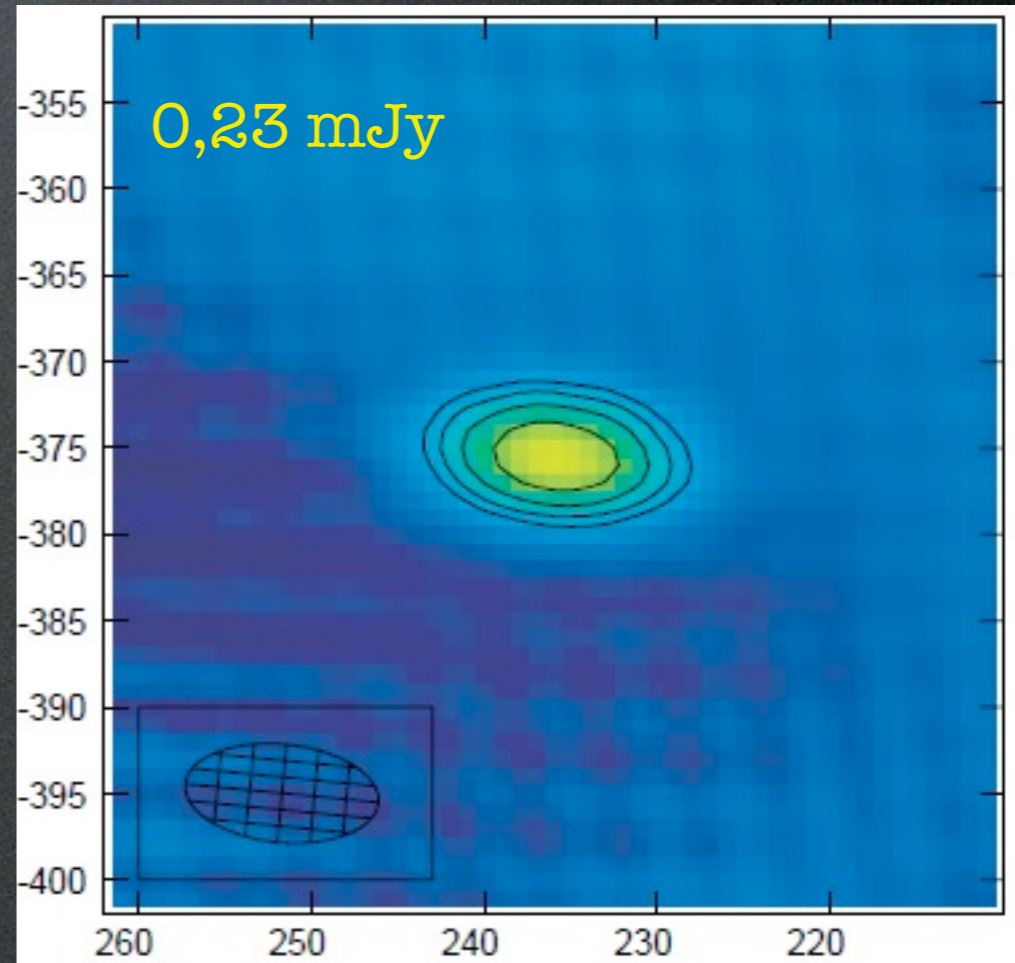
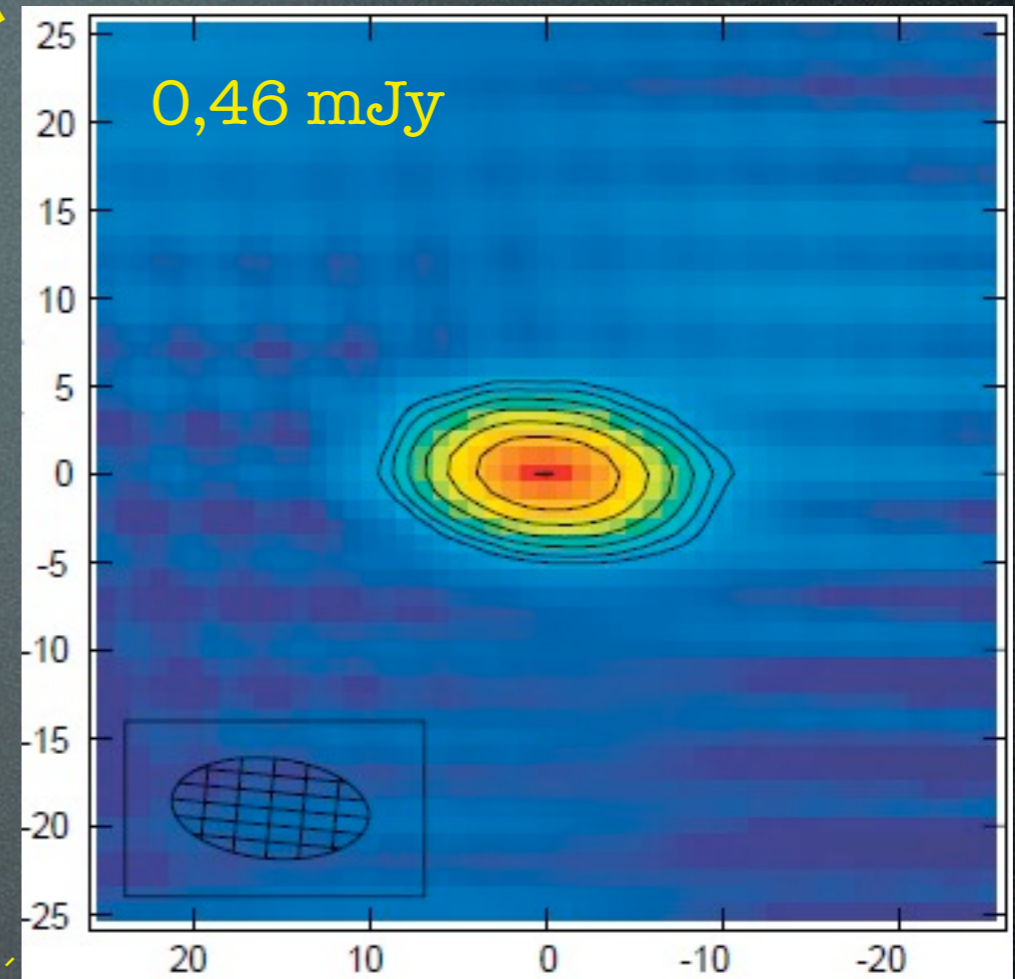
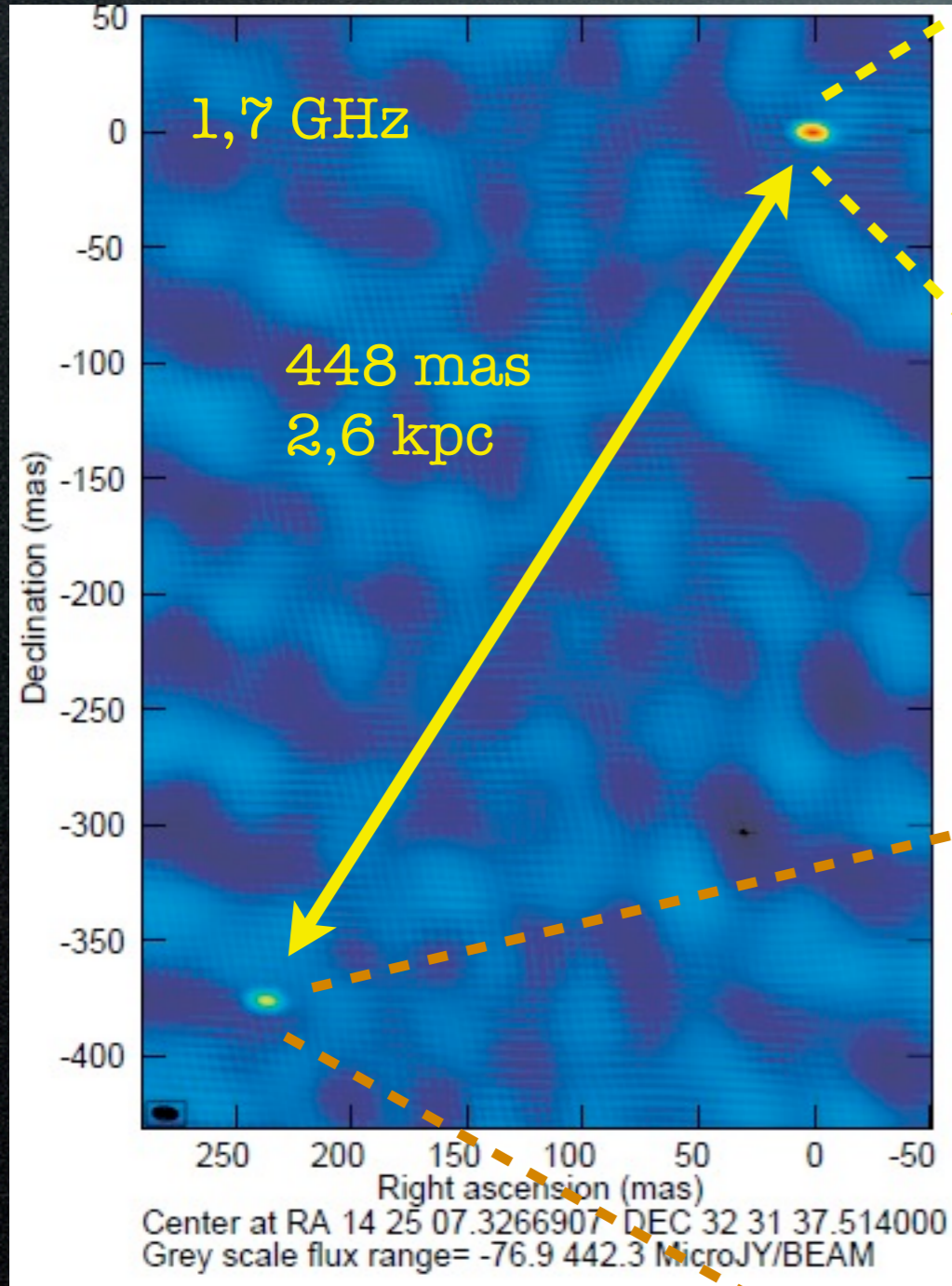


# J1425+3231





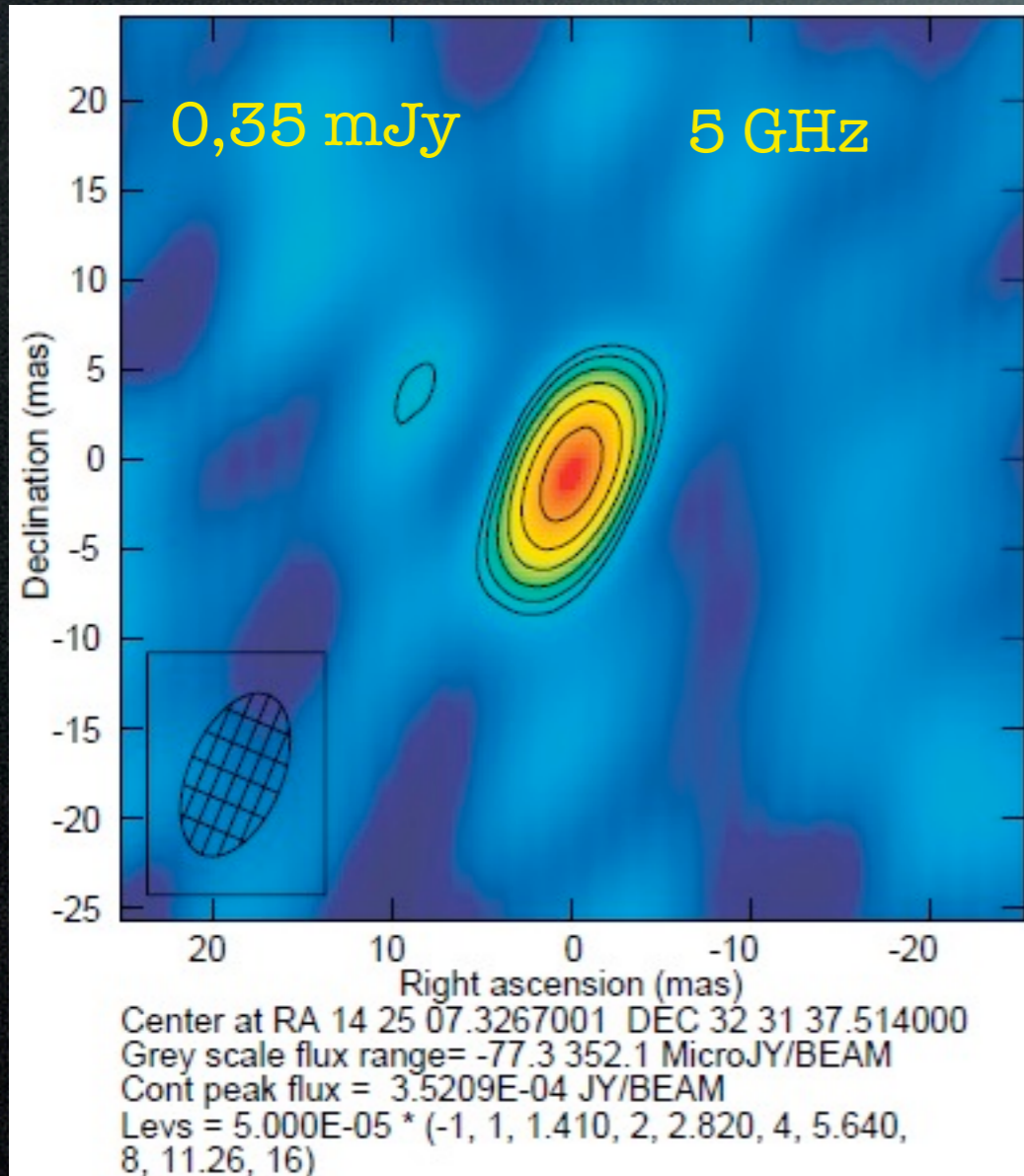
# J1425+3231



Frey+ 2012 MNRAS 425, 1185

# J1425+3231

$$S \sim \nu^\alpha$$



5 GHz-en csak a fényesebb komponenst lehetett detektálni

ÉNy: lapos spektrum  $\alpha = -0,23$

DK: meredek spektrum  $\alpha < -0,9$

Fényességi hőmérséklet:

$T_B \sim 10^7 - 10^8 \text{ K} \Rightarrow \text{AGN}$

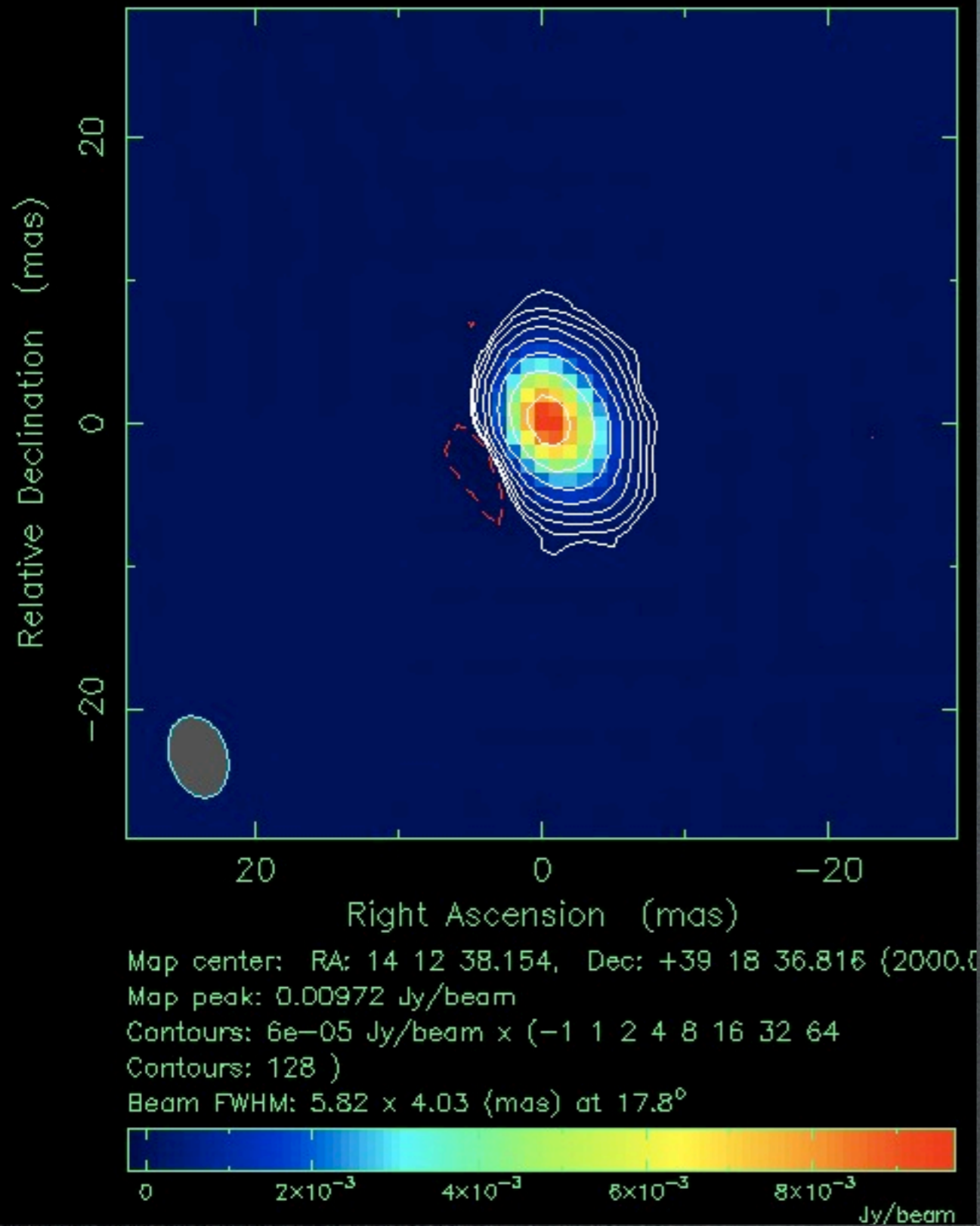
$10^8 M_\odot$  Type I AGN és

$10^6 M_\odot$  Type II AGN

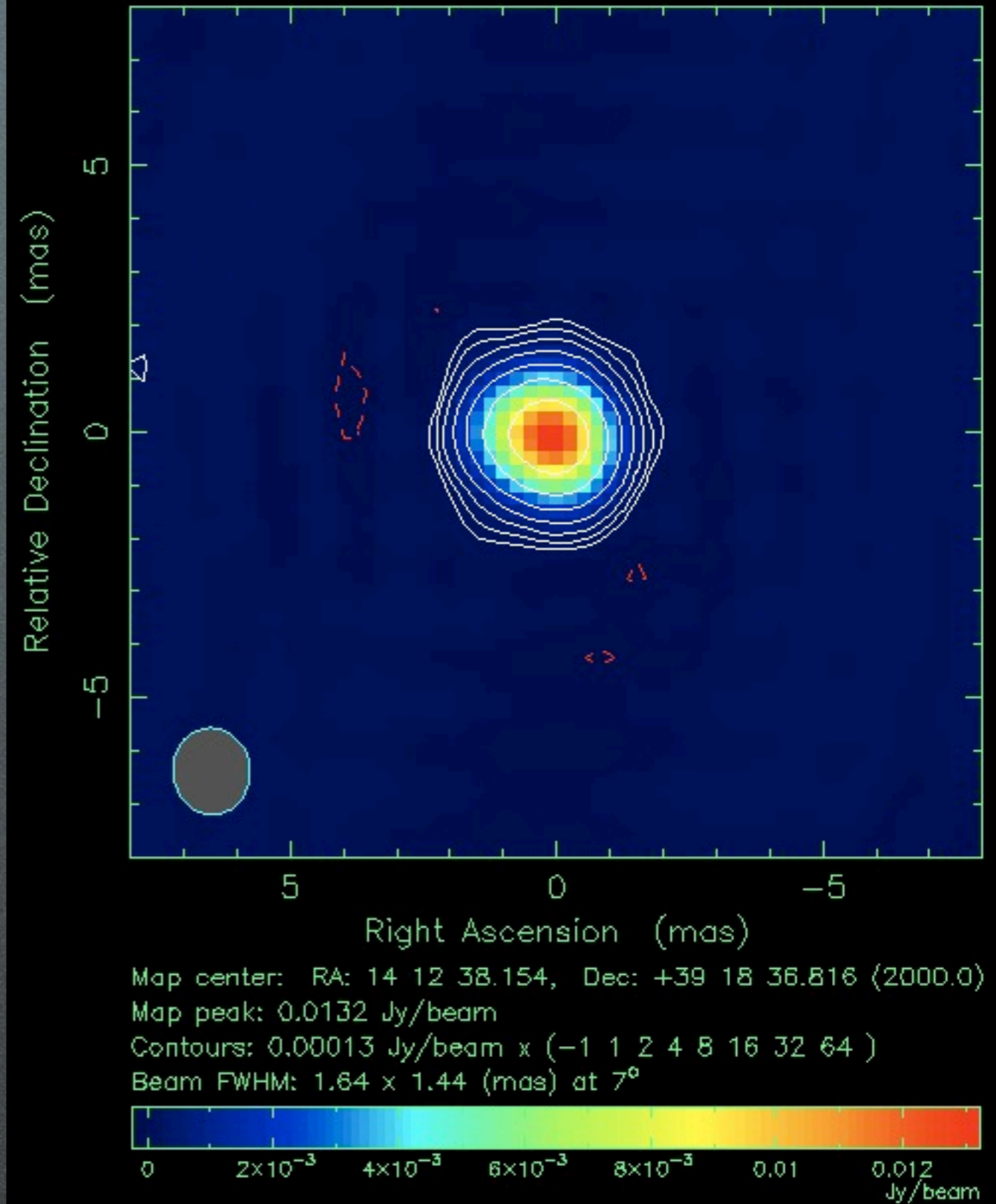
# Újabb jelölt

- Benitez+ 2013, ApJ 763 36: 10 átmeneti típusú Seyfert galaxis fele duplacsúcsú spektrummal, ebből 2-nél a vörös és kék vonalak AGN emisszióra utalnak.
- Rádiótartományban fényesebb: NGC5515 - EVN megfigyelés 1,7 GHz-en és 5 GHz-en.

Clean I map. Array: EVN  
NGC5515 at 1.664 GHz 2013 Apr 16



Clean I map. Array: EVN  
NGC5515 at 4.990 GHz 2013 Jun 18

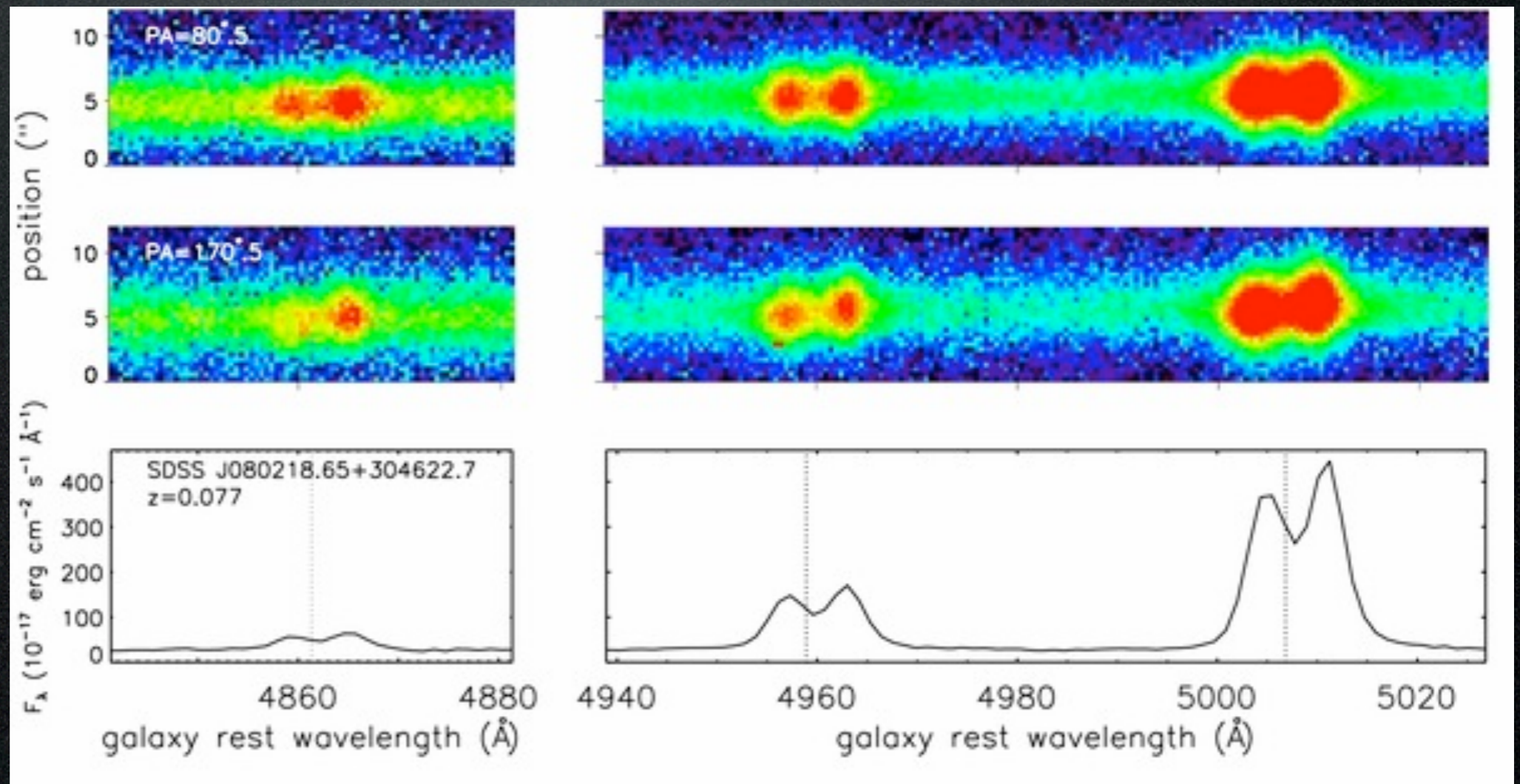


# Spektroszkópia

Térben felbontott AGN emissziós színekép (Lick, Palomar, MMT), két egymásra merőleges irányban

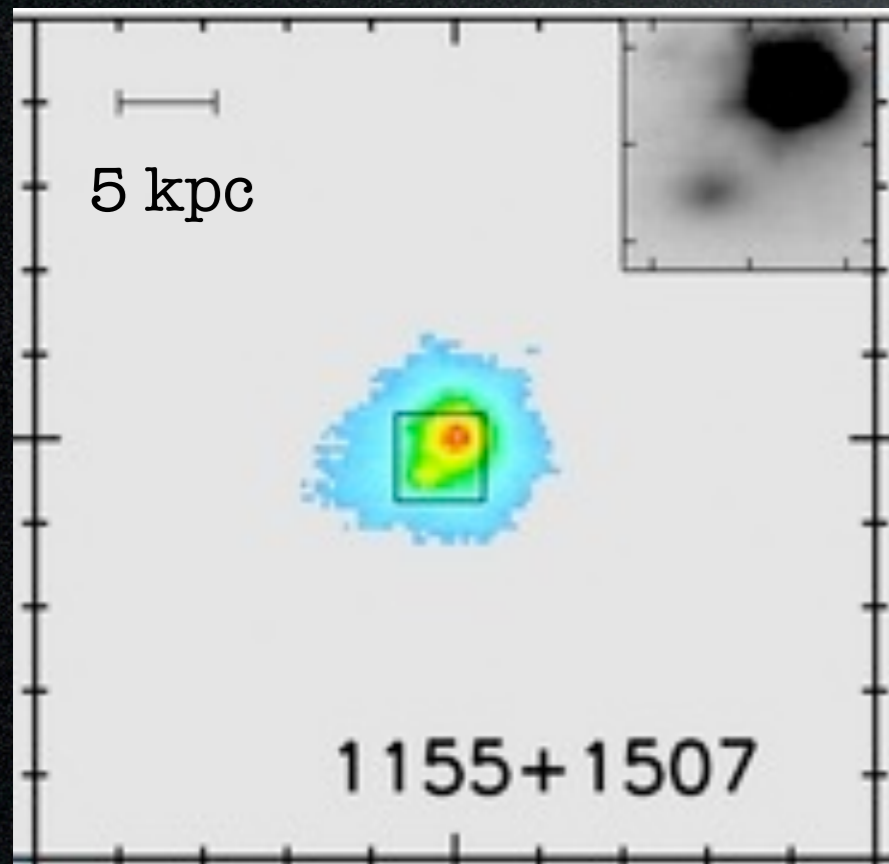
⇒ a források nagy részében a két komponens a galaxis nagytengelyének irányában van

⇒ két AGN komponensről is ezt “várjuk”



Comerford+ 2012  
ApJ 753, 42

- 17 forrás valószínűsíthetően kettős AGN (81)
- 4 rádió sugárzó (2-9 mJy FIRST;  $z=0,03-0,29$ )
- VLBA térképezés 1,7 GHz-en
- Egyről közeli infravörös tartományban adaptív optikával készült kép (Keck II):

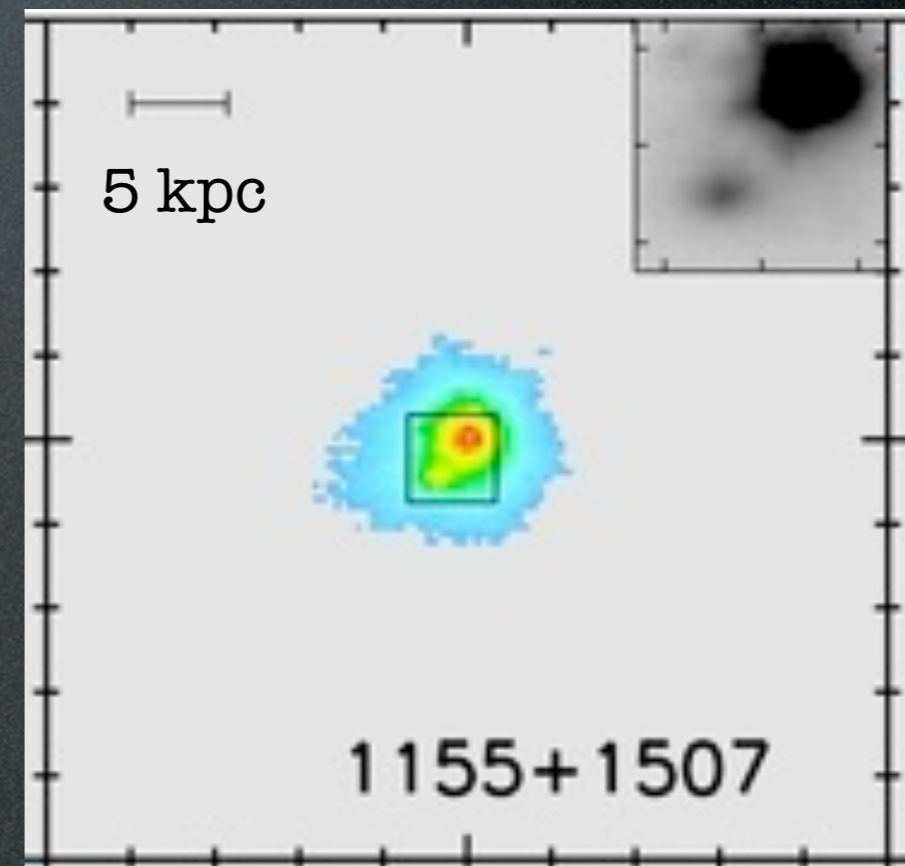
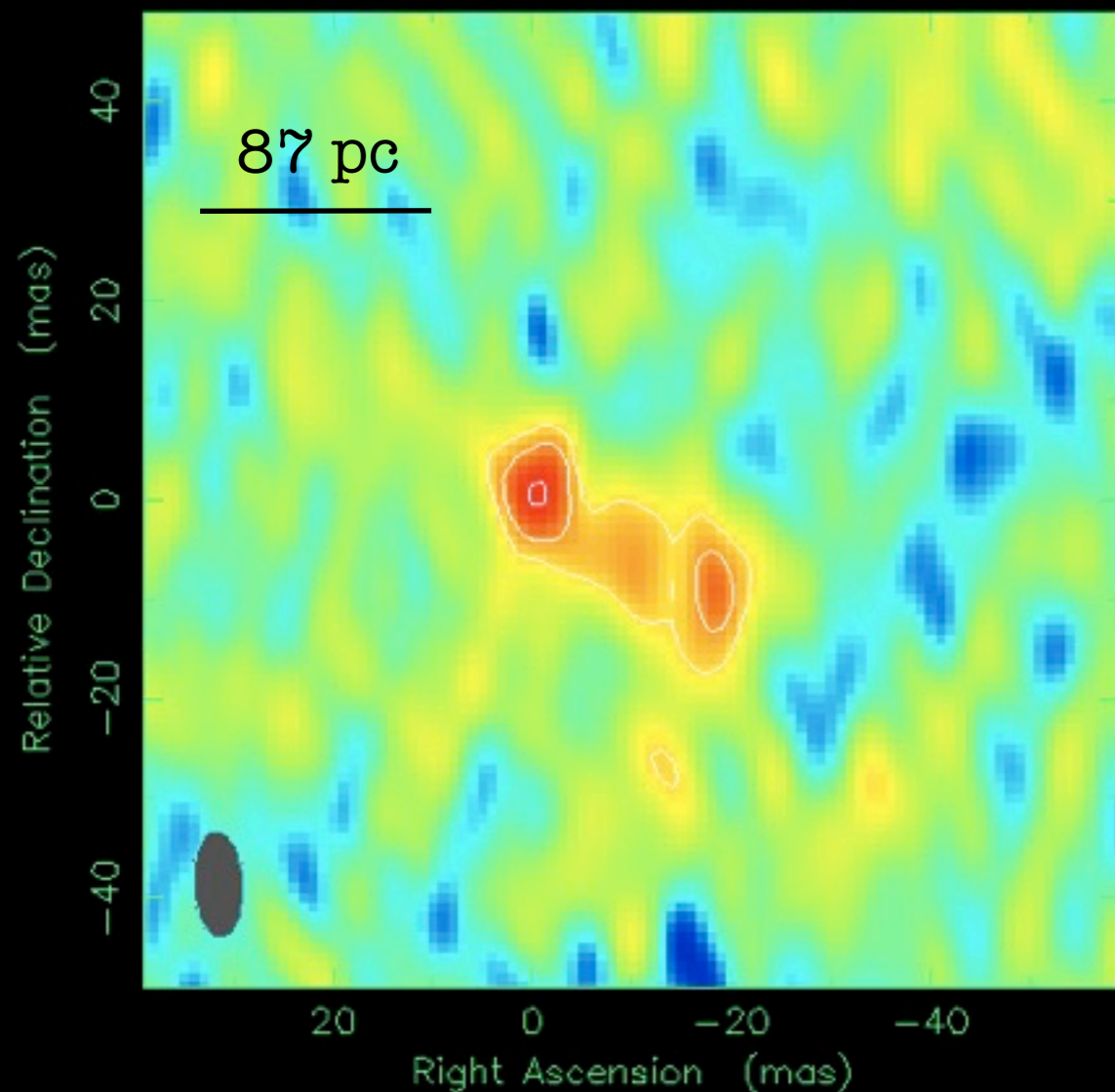


$z=0,2878$   
Fu+ 2011 ApJ 733, 103

# VLBA megfigyelések eredménye

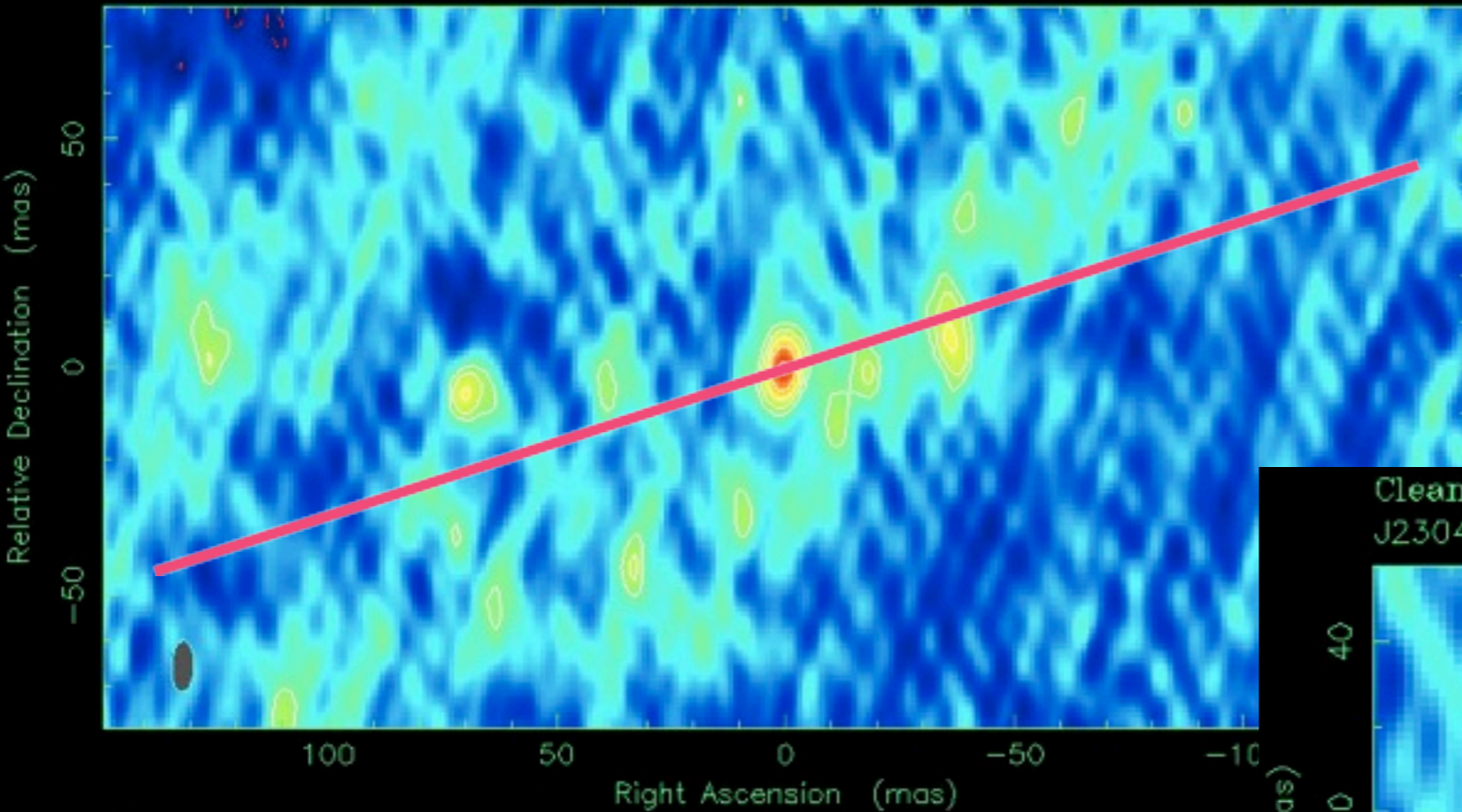
- 3 forrás detektálva a 4-ből
- Egyikük sem dupla rádió sugárzó AGN

Clean I map. Array: BFHKLMNOPS  
J1155+15 at 1.520 GHz 2013 Mar 02



# VLBA megfigyelések eredménye

Clean I map. Array: BHKLMNOPS  
J2104-00 at 1.520 GHz 2013 Jun 15

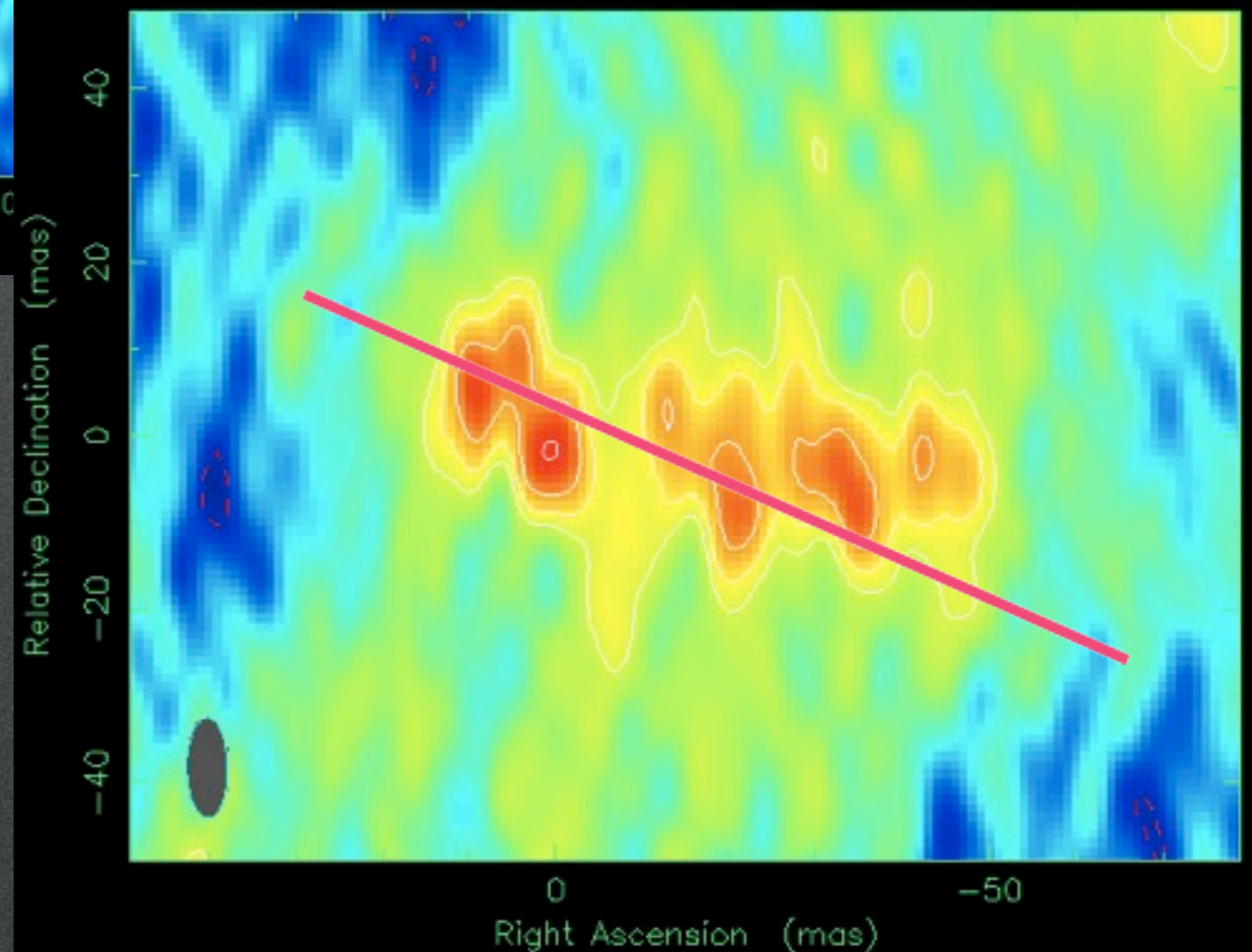


840 mas

280 mas

A megfigyelt komplex rádióstruktúrák a galaxis hossz tengelyével esnek egybe; a színek alapján feltételezett “kettős” pozíciószögével megegyező iránnyal rendelkeznek.

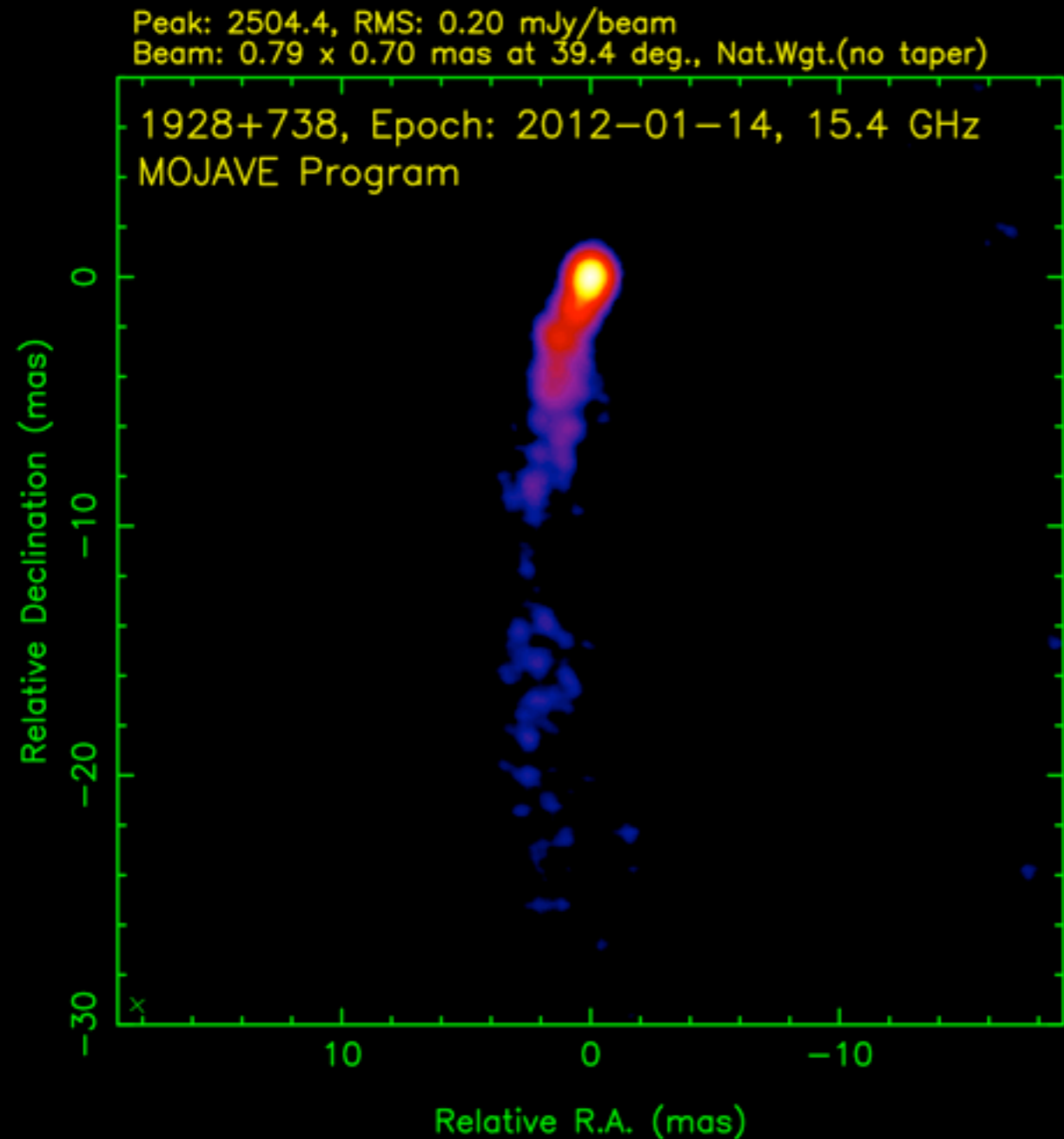
Clean I map. Array: BHKLMNOPS  
J2304-09 at 1.509 GHz 2013 Jun 15





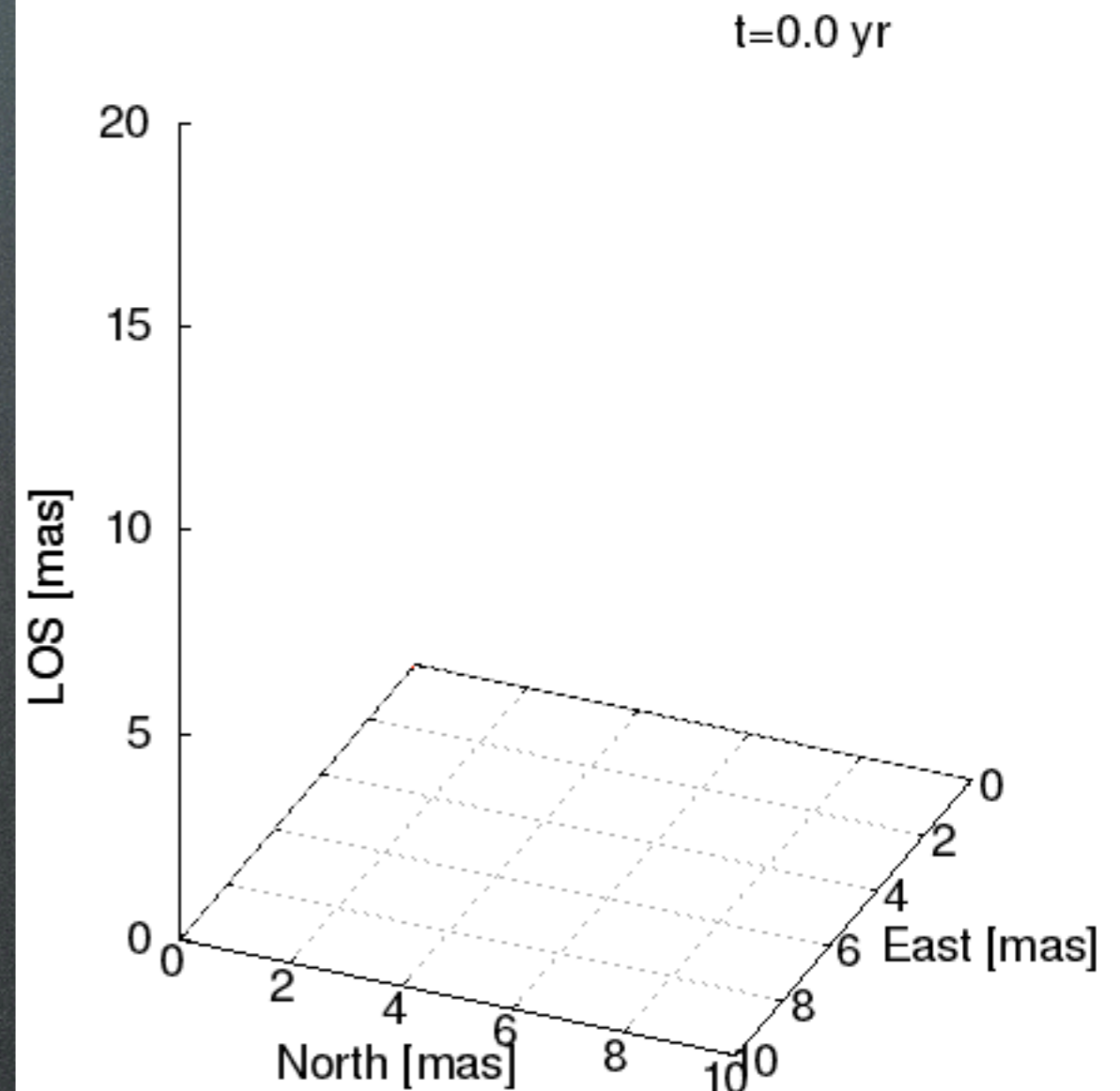
# Kettős jelenlétére utalhat...

Rádió-hangos AGN jetje



Kun+ 2014 MNRAS  
nyomdában

Spin direction ( $t=t_0$ ) — green line  
Spin direction ( $t$ ) — blue line  
Jet axis direction ( $t$ ) — black line  
Jet direction ( $t$ ) — red line



# Összefoglalás

- Léteznek kpc szeparációjú kettős AGN-ek ...
- ... de nehéz megtalálni őket
- Egyelőre nem ismert olyan egyértelmű eljárás, amivel kettős AGN-eket lehetne kiválasztani (vagy megbizonyosodni hogy tényleg azok)