

# BARIONIKUS AKUSZTIKUS OSZCILLÁCIÓK KERESÉSE

Varga József<sup>1</sup>  
Csabai István<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Eötvös Loránd Tudományegyetem  
Budapest  
Komplex Rendszerek Fizikája Tanszék

---

Fiatal Csillagász és Asztrofizikus Kutatók Találkozója 2014  
2014. szeptember



## – Bevezetés

- Barionikus akusztikus oszcillációk (BAO)
- Kozmikus háló
- Az akusztikus csúcs kimutatása

## – Megfigyelések

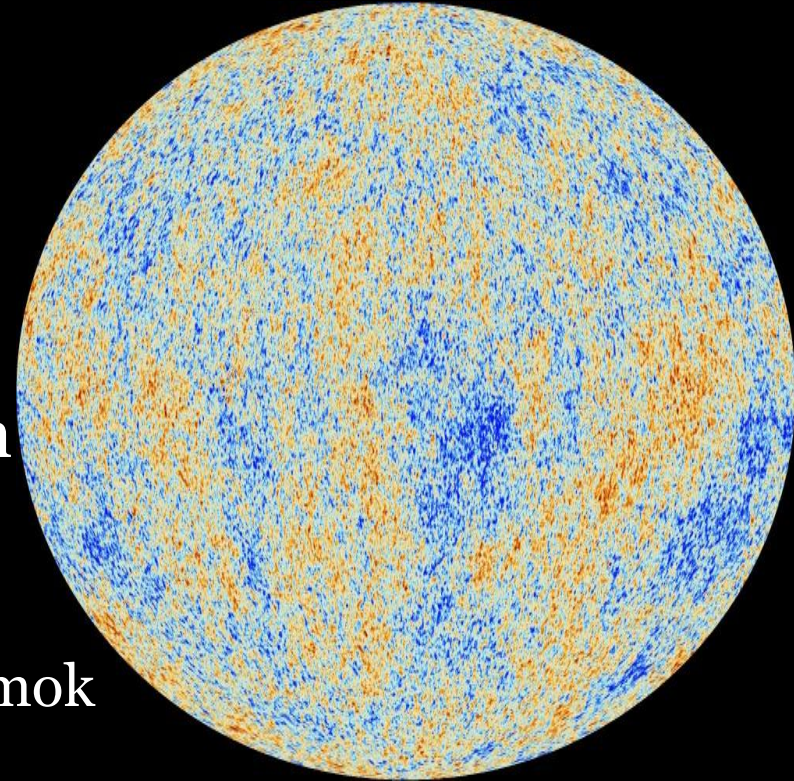
- SDSS-eredmények

## – Új módszer az akusztikus csúcs kimutatására

- Eredmények

## – Következtetések

- Táguló világegyetem
- Primordiális plazma
  - *barionok* (főleg H, He)
  - 380 ezer évig
  - majdnem teljesen homogén
  - kis sűrűségfluktuációk
    - *oszcillációk*
    - *akusztikus* (azaz hang)hullámok
    - $10^{-5}$  relatív amplitúdó
- Rekombináció
  - a gáz semleges és átlátszó lett
  - az akusztikus hullámok befagytak a gázba
  - kozmikus mikrohullámú háttérsugárzás



---

## – Szerkezetkialakulás

- gravitáció – csomósodás
- hierarchikus
  - kisebb skálán hamarabb
- sötét anyag a meghatározó
  - átlagsűrűsége 5-szöröse a barionoknak

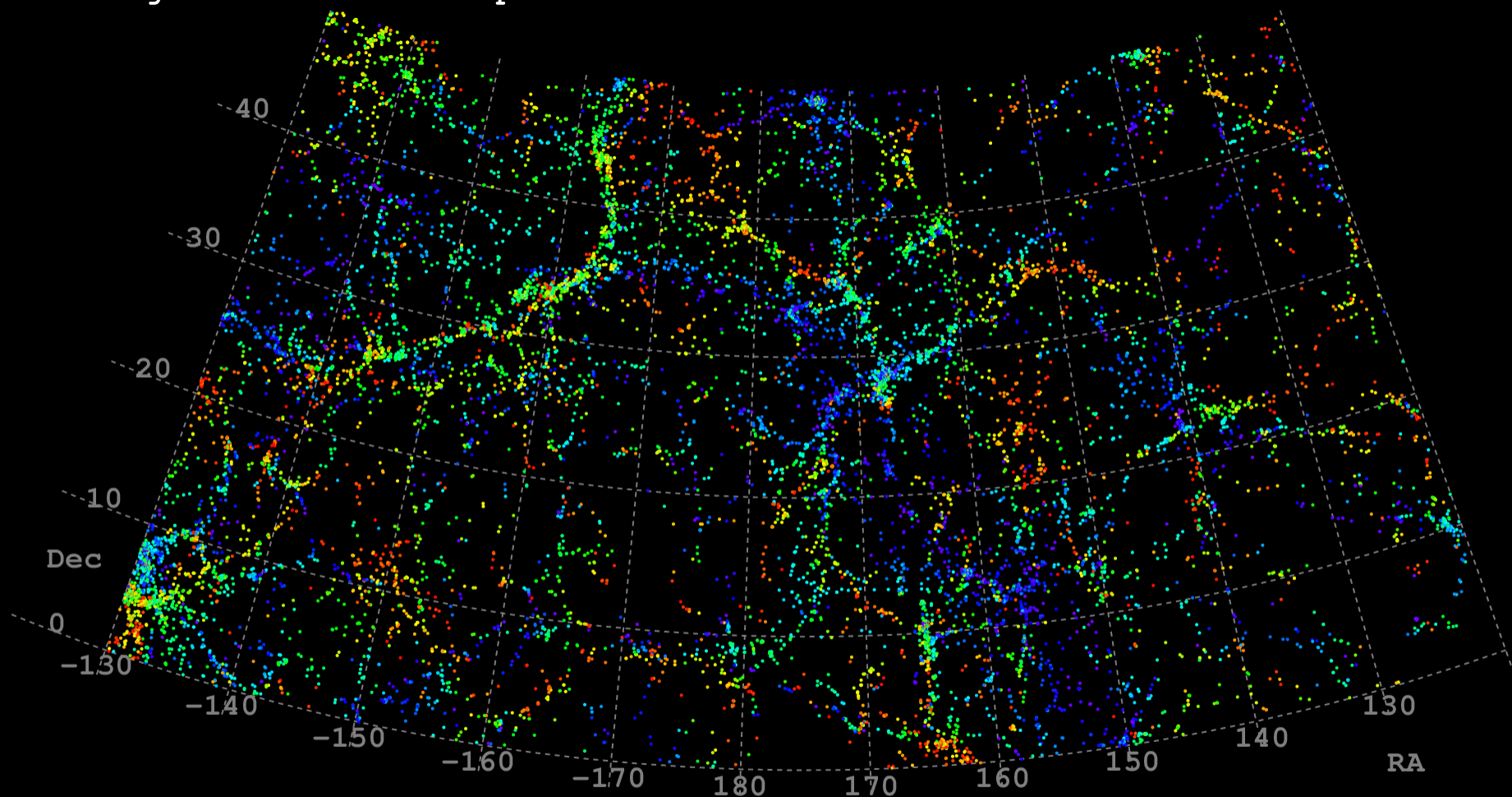
## – Kozmikus háló

- 10–100 Mpc skála
  - filamentumok, nagy üregek, szuperhalmazok (10 Mpc nagyságrend)
  - (nagy) falak (pl. Sloan: 400 Mpc)

## – Akusztikus csúcs

- akusztikus hullámok lenyomata
- fluktuáció ma 150 Mpc skálán ( $\approx 100 h^{-1}$  Mpc)

Comoving distance: 150.6 Mpc



SDSS-galaxisok térképe,  $z = 0,0353$ , 30 Mpc vastag szelet (DR10)

Videó

## – Kétpont korrelációs függvény (2PKF)

- pontok eloszlása vagy sűrűségeloszlás
  - galaxisok koordinátái
- valószínűség – szeparáció ( $r$ )
  - valószínűsége, hogy két galaxis  $r$  távolságra van egymástól
- kiszámítás
  - adat
    - » valós minta (D)
    - » random ellenőrző minta is (R)
  - távolságok hisztogramjai
    - » adat—adat (DD)
    - » random—random (RR)
    - » adat—random (DR)

Becslések:

$$\text{Peebles – Hauser : } \xi(s) = \frac{DD}{RR} - 1$$

$$\text{Landy – Szalay : } \xi(s) = \frac{DD - 2DR + RR}{RR}$$

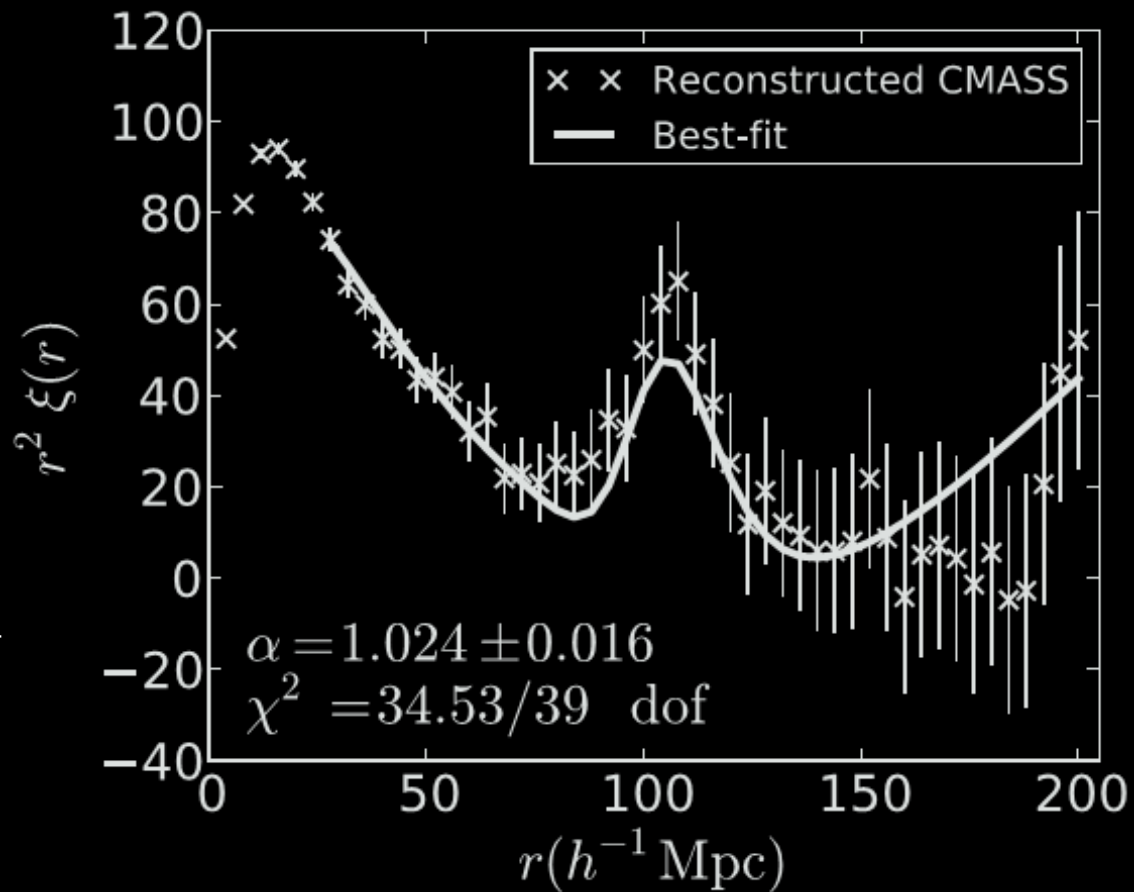
Anderson et al. 2012

– SDSS DR9

– CMASS

galaxisminta

- 260 ezer galaxis
- nagytömegű galaxisok
- főleg elliptikusak
- $0,43 < z < 0,7$





## – Probléma a kétpont-korrelációval

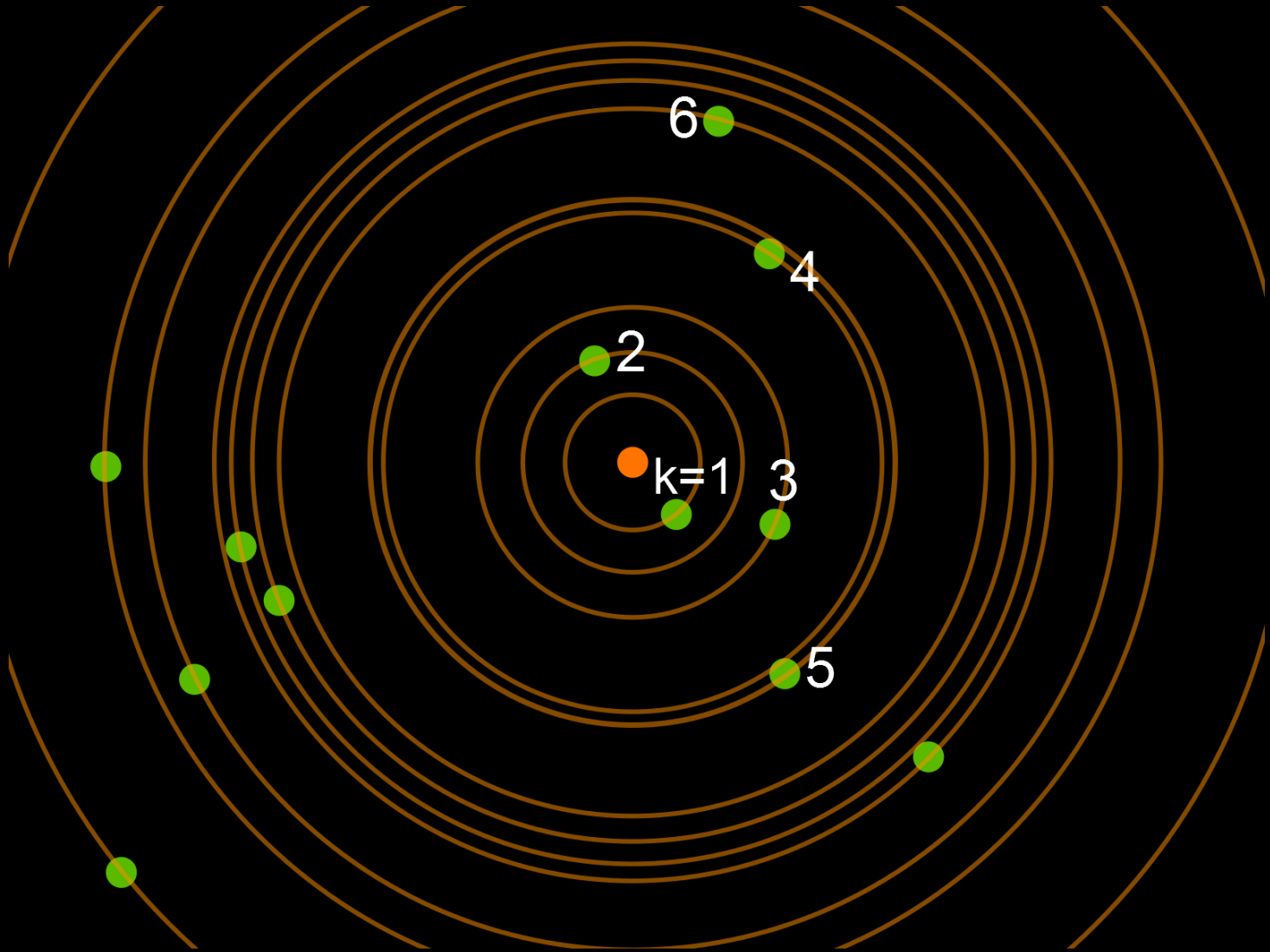
- kevés információ a struktúráról
- eltérő eloszlások → ugyanolyan 2PKF

## – Célunk

- z-héjakban megmérni az akusztikus csúcsot
  - 2PKF-en nem látszott
    - » nem elég érzékeny
- „standard vonalzó”
- Hubble-diagram
  - z – szögskála
  - kozmológiai paraméterek
- sorrendi statisztika

# Új módszer az akusztikus csúcs kimutatására 10

---



Adat: galaxisok koordinátái (RA, dekl., vagy XYZ)

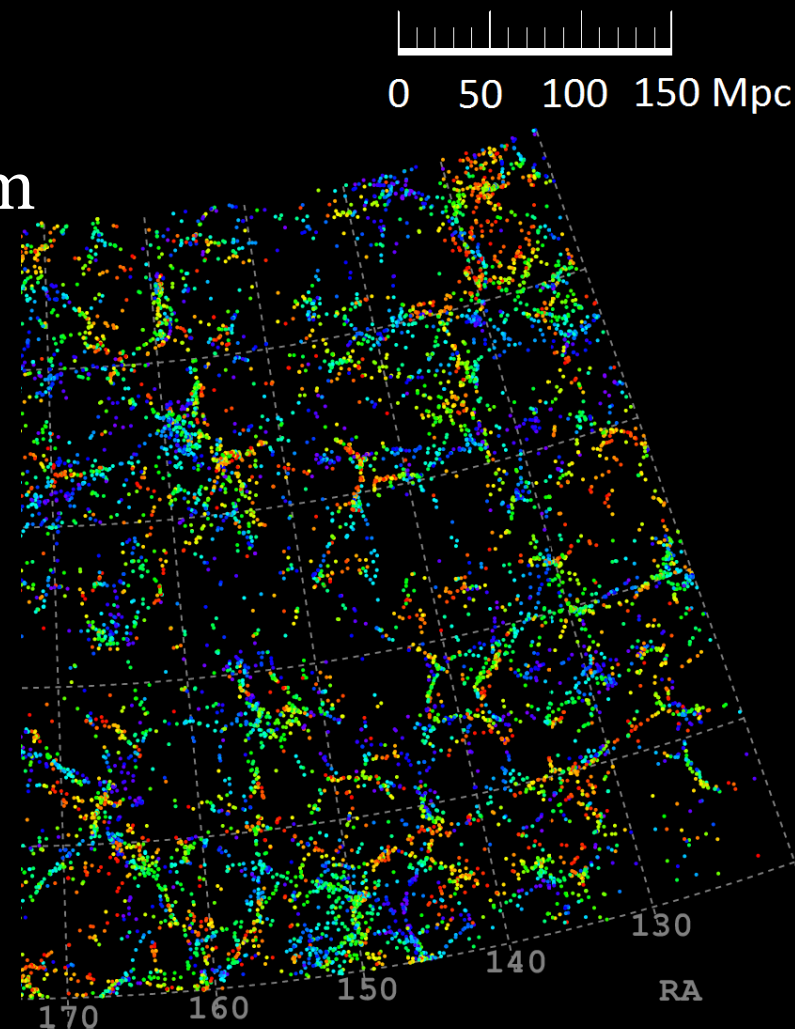
Közeli szomszédok keresése, távolságuk megállapítása

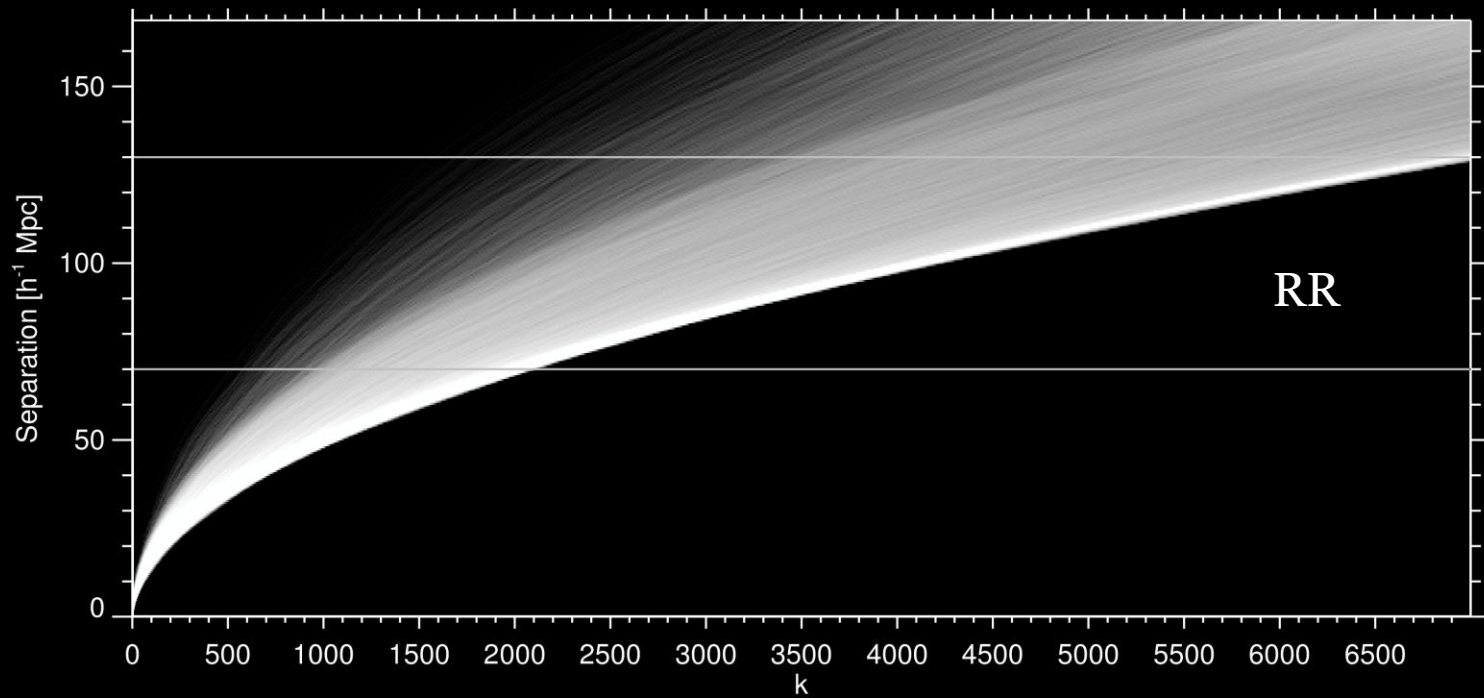
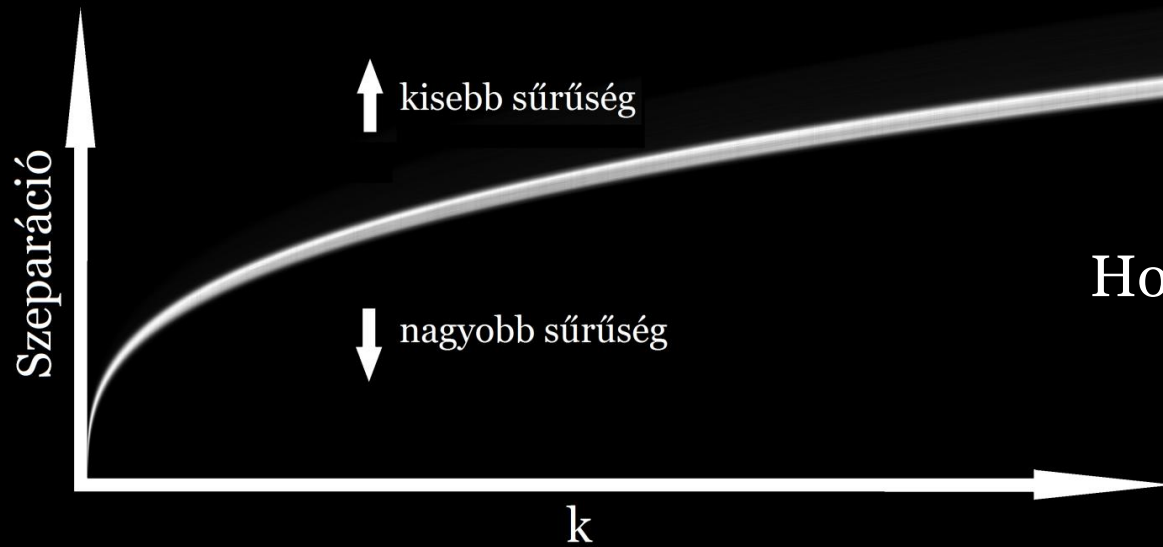
## – 2D hisztogram

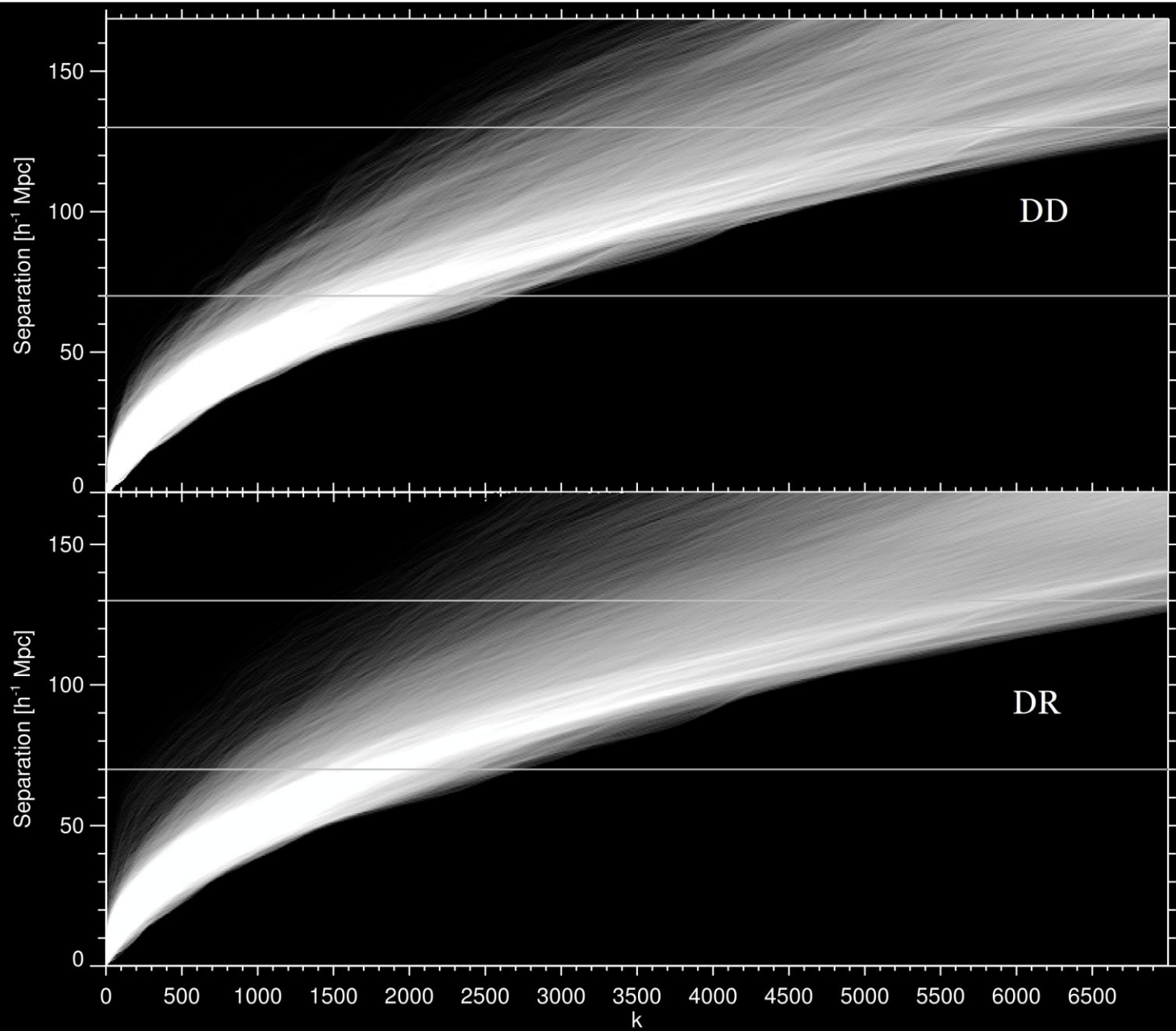
- k-adik szomszédok távolságeloszlása
- minden k-ra
  - k-d fa
- szeparáció ( $r$ ) – k hisztogram

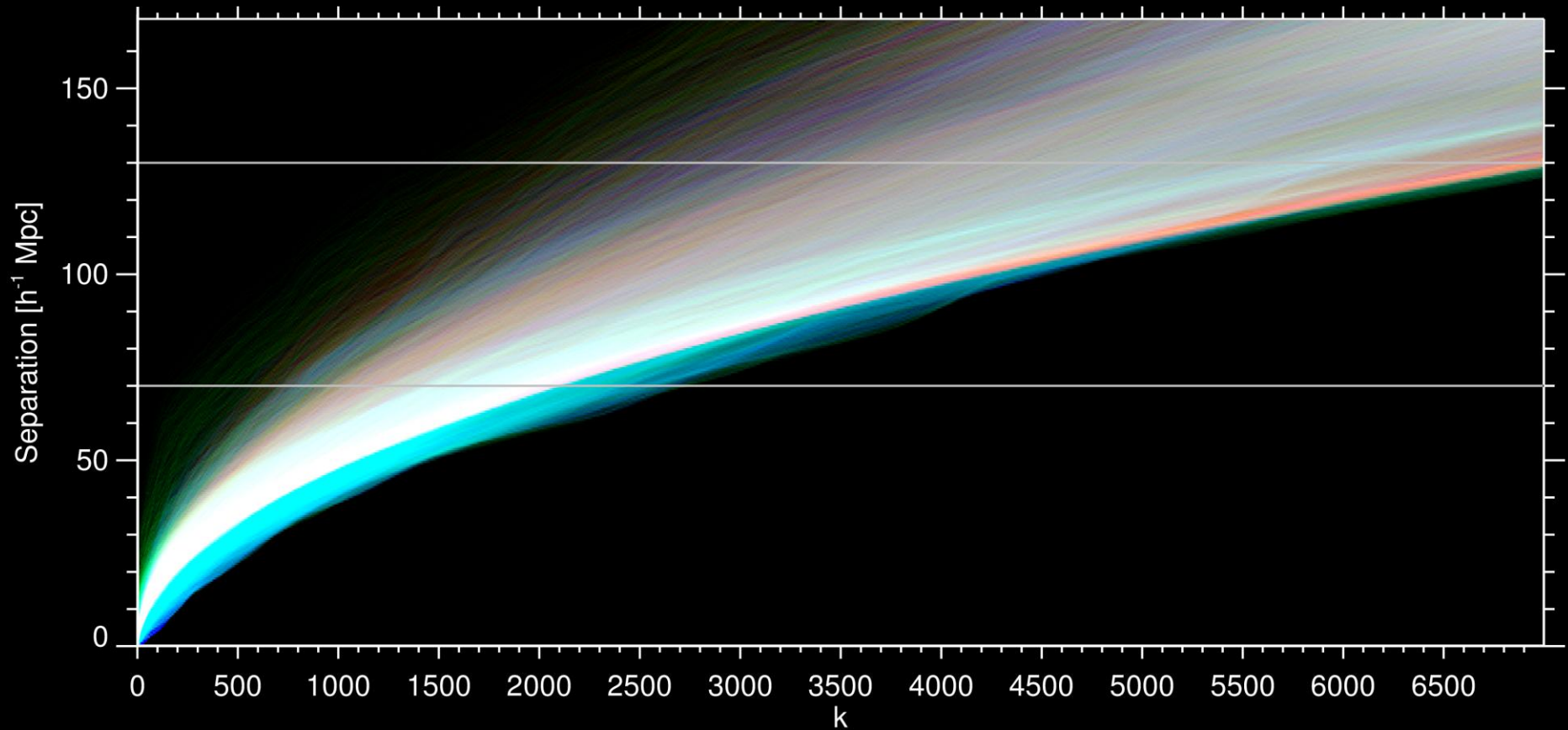
## – Adatok

- SDSS DR10 fő galaxisminta
  - mindenféle típus
- $z < 0,172$
- $\Delta z = 0,009$
- Példa
  - $z = 0,12 - 0,13$
  - $D_c = 503 - 540$  Mpc









Kombinált ábra (arsh skála)

*piros: RR*

*zöld: DR*

*kék: DD*

– Várt jel:

- lépcsők, törések a hisztogramon

– De:

- a héjak hisztogramjai nem jól összehasonlíthatóak
- az akusztikus csúcs nem azonosítható

– Nehéz összevetni a 2PKF-nyel

– A módszerünket még fejleszteni kell ...

Ezt a munkát az OTKA-103244 támogatta.