

# **SDSS J094533.99+100950.1**

**– kwazar o słabych liniach emisyjnych**

**Marek Nikołaajuk**

***14 września 2009***

[mrk@alpha.uwb.edu.pl](mailto:mrk@alpha.uwb.edu.pl)

Wydział Fizyki,  
Uniwersytet w Białymstoku

# Plan wystąpienia:

- Kwazary
- Przegląd Sloan Digital Sky Survey (SDSS)
- Obiekt SDSS J094533.99+100950.1
- Kwazary o słabych liniach emisyjnych (ang. WLQ)
- Nasza interpretacja WLQ

## Współpracownicy:

1. Bożena Czerny (CAMK, Warszawa)
2. Krzysztof Hryniewicz (UwB → CAMK, Warszawa)
3. Joanna Kuraszkiewicz (Harvard-Smithsonian CfA, Cambridge, USA)

## Nawiązana współpraca:

1. Ohad Shemmer (University of North Texas, Denton, USA)

# Kwazary (QSO)

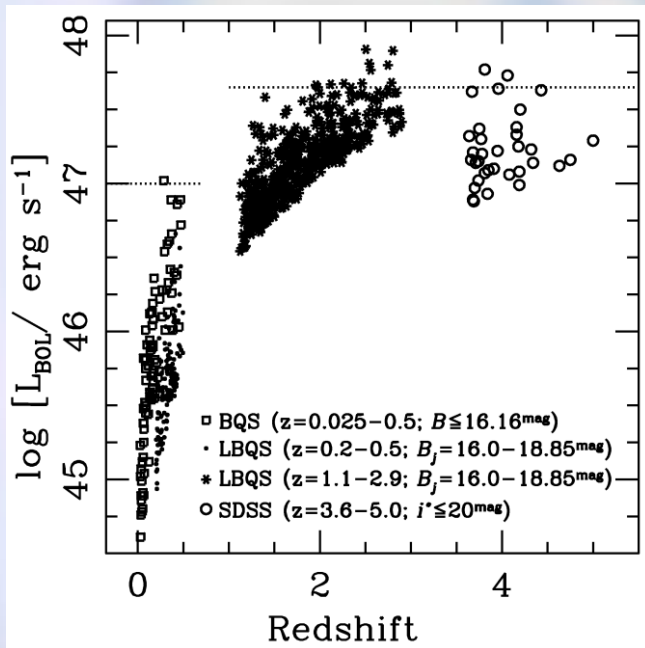
1. Moce promieniowania kwazarów:

$$L_{\text{bol}} \cong 10^{45} - 10^{48} \frac{\text{erg}}{\text{s}} = 10^{38} - 10^{41} W$$

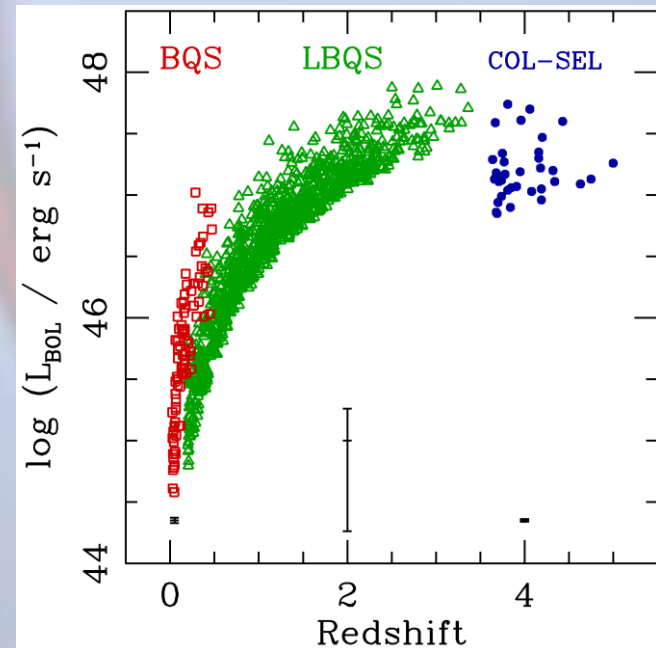
$$1W = 10^7 \frac{\text{erg}}{\text{s}}$$

$$L_{\text{bol}}^{\text{MilkyWay}} \cong 10^{43} \frac{\text{erg}}{\text{s}}$$

(Elvis et al. 1994; Richards et al. 2004, Cia & Wang 2006, Shen et al. 2008)



Vestergaard (2009)



Vestergaard & Osmer (2009)

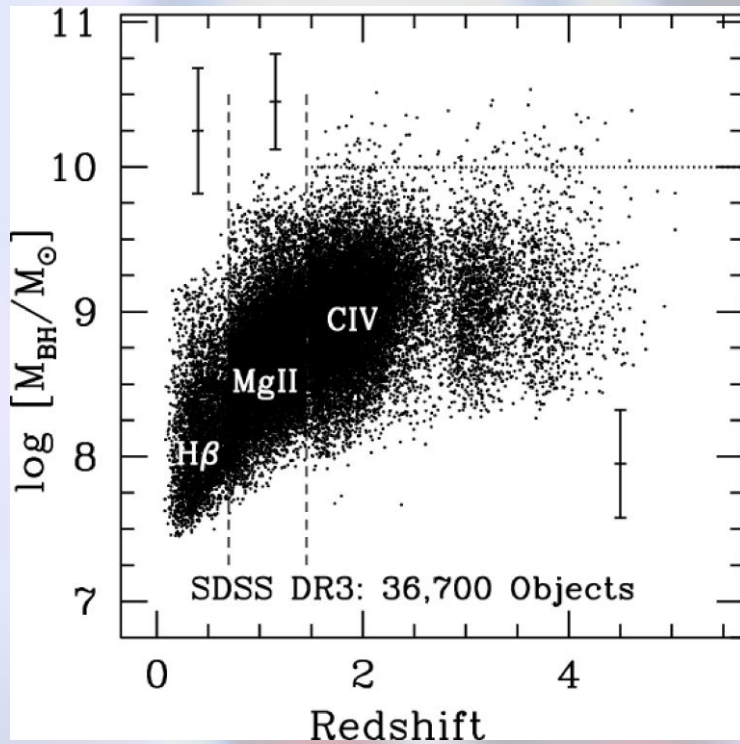
# Kwazary

## 2. Masy supermasywnych czarnych dziur:

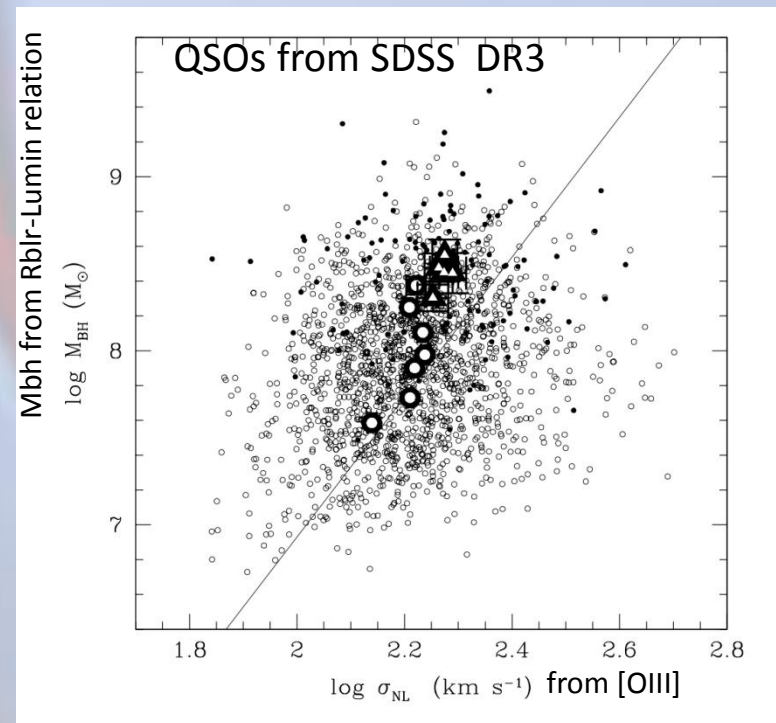
$$M_{\text{Sun}} = 2 \times 10^{30} \text{ kg}$$

$$M_{\text{BH}} \sim 10^7 - 10^{10} M_{\text{sun}}$$

(Woo & Urry 2002, Bian & Zhao 2003, Czerny et al. 2004, Kong et al. 2006)



Vestergaard (2009)



Salviander, Shields et al. (2007)

# Kwazary

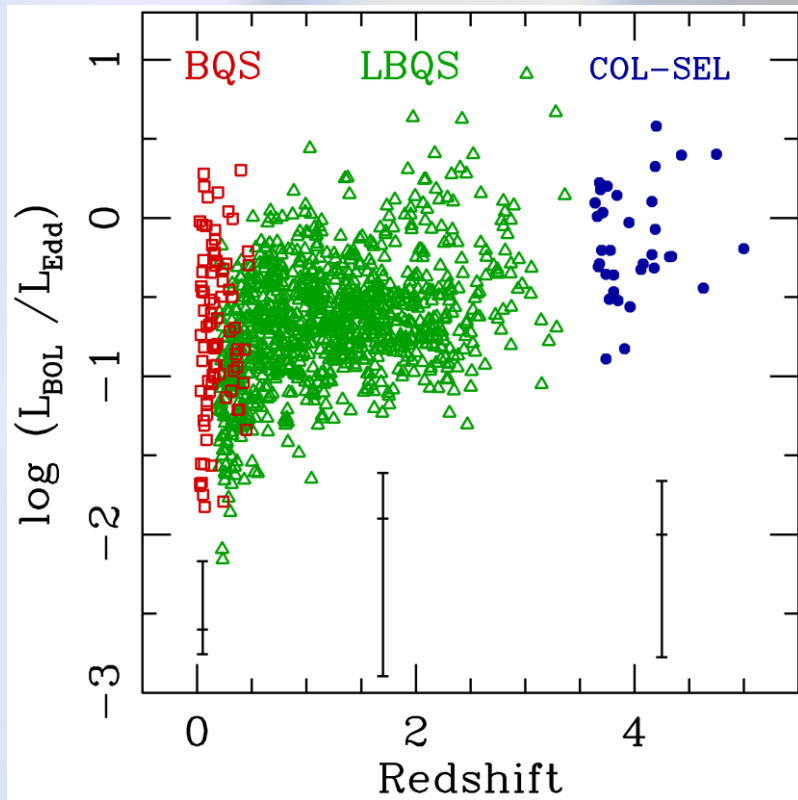
3. Tempa akrecji (w jednostkach eddingtonowskich):

$$\dot{m} \stackrel{\text{def}}{=} \frac{L_{\text{Bol}}}{L_{\text{Edd}}} \propto \frac{L}{M_{\text{BH}}}$$

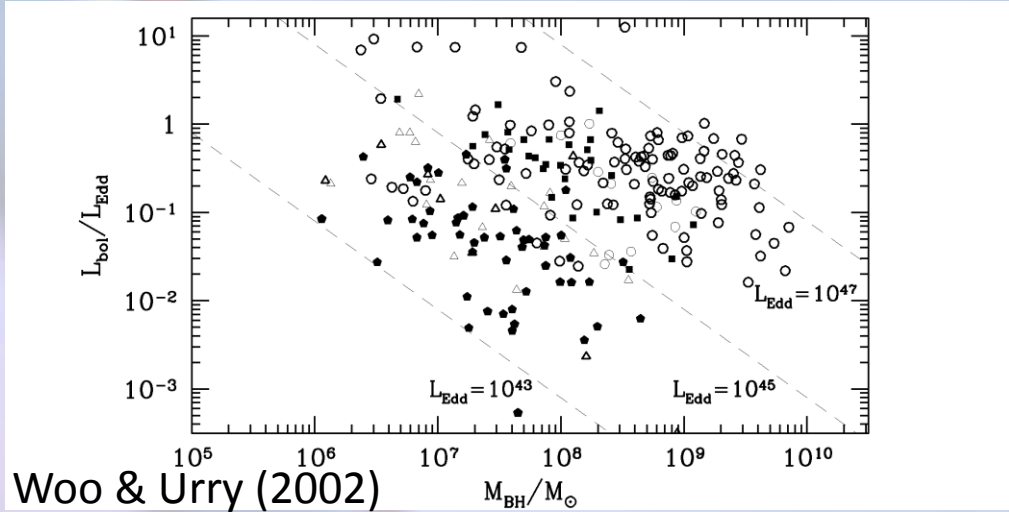
$$\dot{m} \sim 10^{-2} - 1$$

(Hao et al. 2006, Brocksopp et al. 2006, Shemmer et al. 2008)

$$\langle \dot{m} \rangle_{\text{QSO}} = 0.25 \quad (\text{Shankar et al. 2008})$$



Vestergaard & Osmer (2009)



Woo & Urry (2002)

# Kwazary

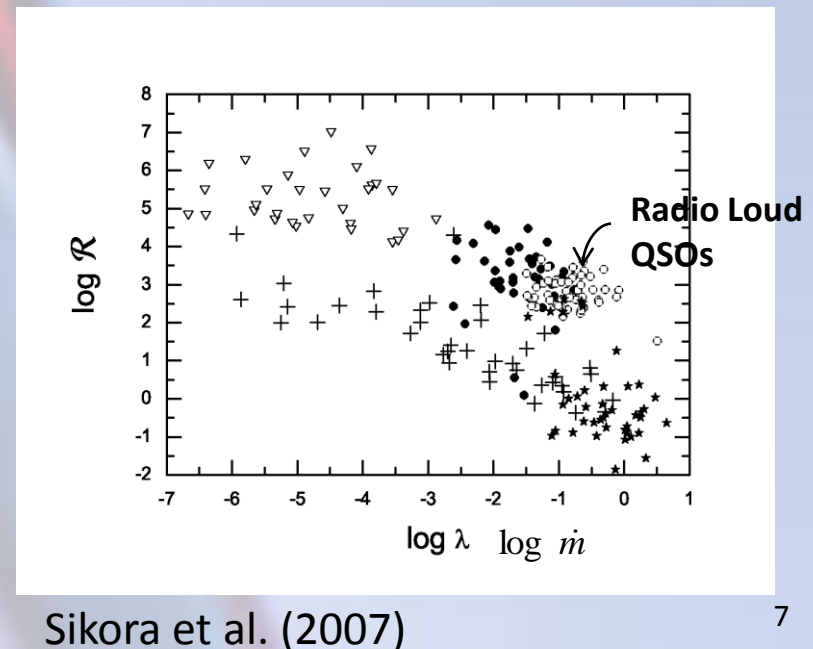
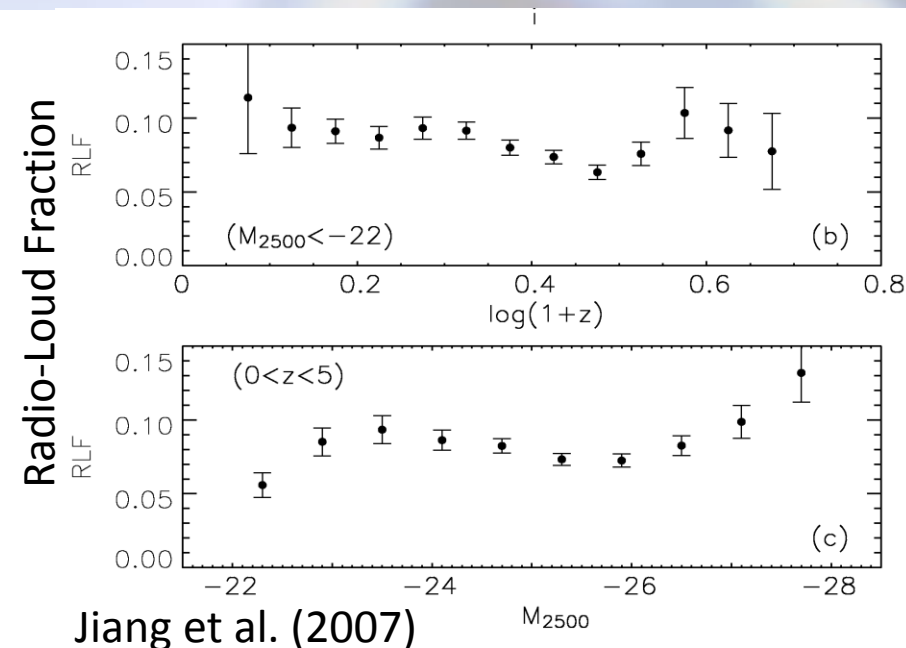
$$R = \frac{F(6\text{cm})}{F(4400\text{\AA})}$$

$R < 10$  – rad. ciche (Radio Quiet)

$R > 100$  – rad. głośne (Radio Loud)

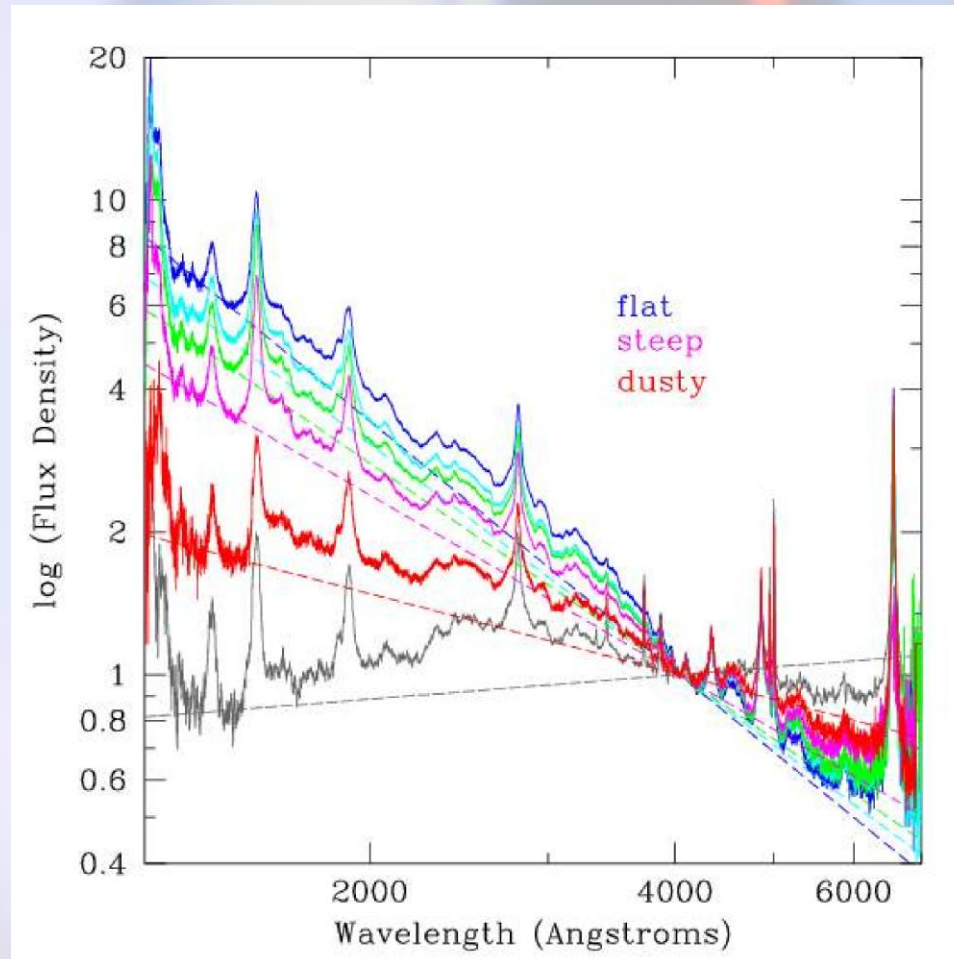
## 4. Radiowa głośność kwazarów:

Średnio **~5-25% kwazarów jest głośnych radiowo**. Radiowa głośność zależy od przyjętej definicji (parametru R), przesunięcia ku czerwieni, jasności w optyce, tempa akrecji (Kellermann et al. 1989, Boroson & Green 1992, Padovani 1993, Jiang et al. 2007, Sikora et al. 2007, Zamfir et al. 2008).



# Kwazary

## 5. Widma kwazarów:



$$F_{\nu} \propto \nu^{\alpha}$$

$$\alpha_{\text{flat}\#1} = -0.25$$

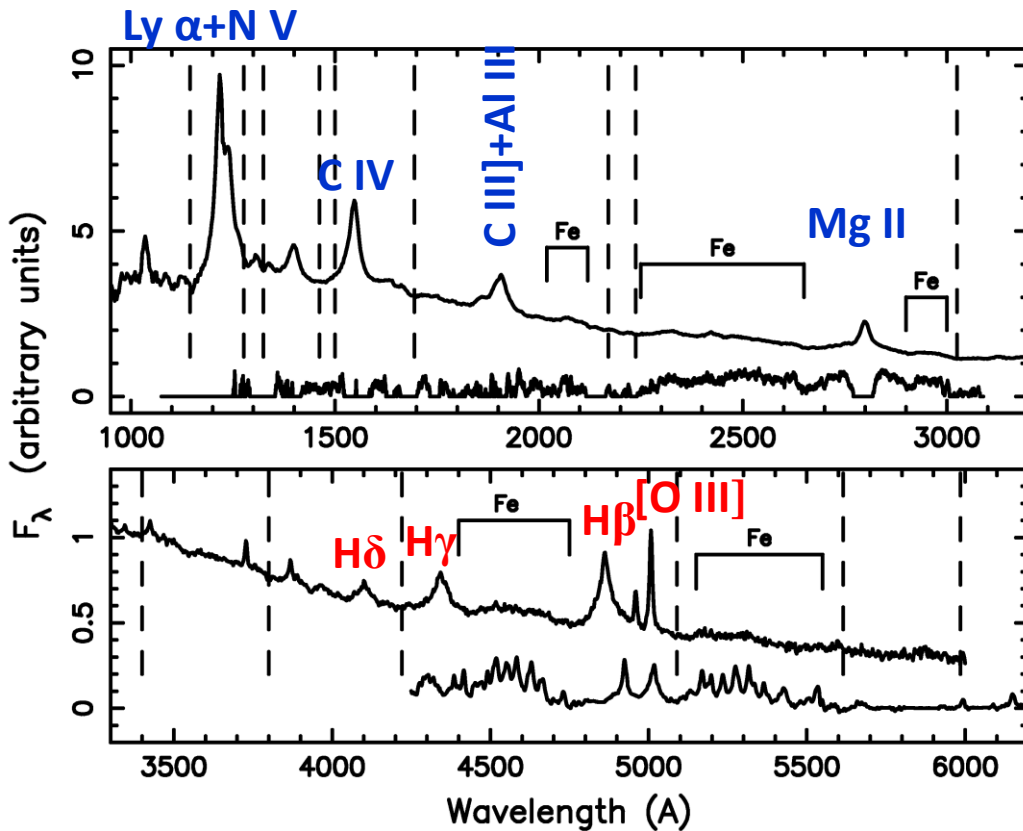
$$\alpha_{\text{flat}\#2} = -0.41$$

$$\alpha_{\text{flat}\#3} = -0.54$$

$$\alpha_{\text{steep}} = -0.76$$



# Kwazary



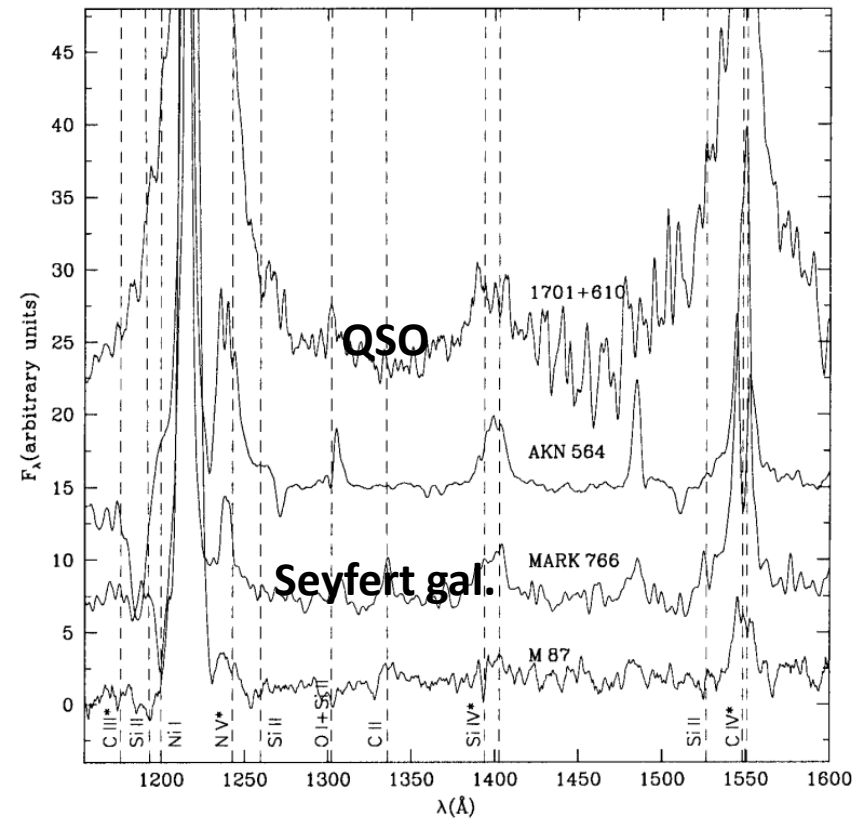
Forster et al. (2001)

Linie emisyjne s silne (w sensie FWHM). Powstaj w fotojonizowanym przez centrum gazy, posiadajcym niezerowy gradient prdkoci. Poszerzenie linii jest wynikiem efektu Dopplera. (Peterson et al. 1997, Krolik 1999, Proga et al. 2000, Everett 2005)

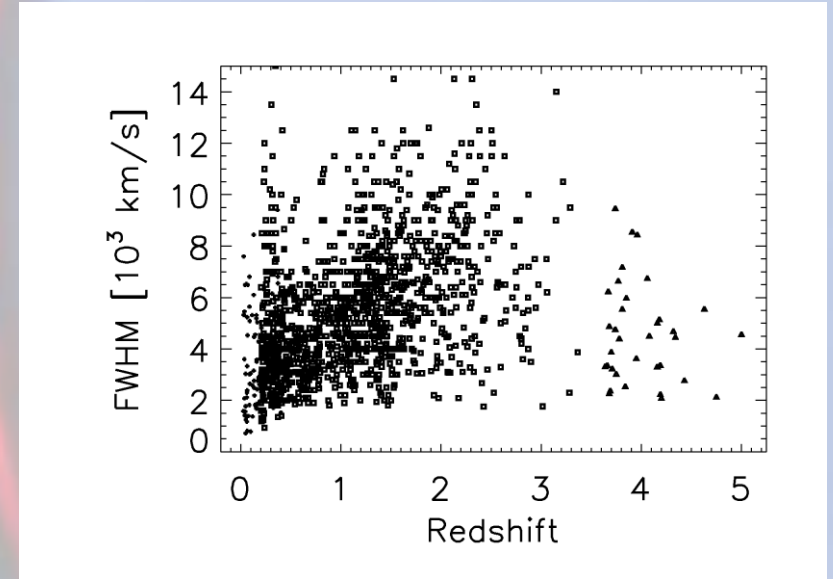
# Kwazary

Ly  $\alpha$

C IV



Wang et al. (2006)



Vestergaard & Osmer (2009)

$$\text{FWHM}(\text{H}\beta)_{\text{BroadComp}} \approx 2000 - 14000 \text{ km/s}$$

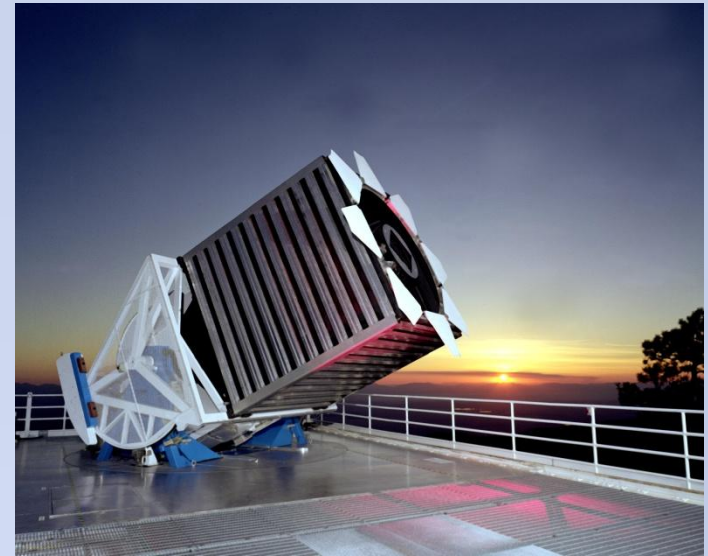
# Przegląd SDSS

## Przegląd Sloan Digital Sky Survey

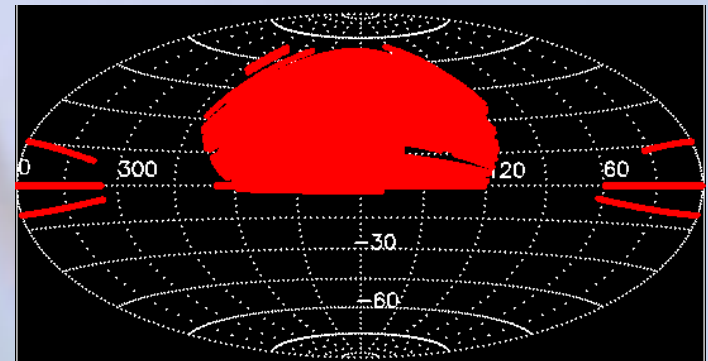
### Data Release 5 (SDSS DR5)

(Adelman-McCarthy et al. 2007)

1. upubliczniony 30 czerwca 2006r
2. Fotometria:
  - $Pow_{tot} = 8\,000$  stopni<sup>2</sup>
  - Filtry: **u** (3551Å), **g** (4686Å), **r** (6165Å), **i** (7481Å), **z** (8931Å)
  - $N_{tot} = 215$  milionów obiektów
3. Spektrometria:
  - $Pow_{tot} = 5\,740$  stopni<sup>2</sup>
  - Obs. zakres: 3800-9200Å,  $R \approx 2000$
  - $N_{tot} = 1\,048\,960$  widm w tym m.in.:
    - ✓ 90 611 kwazarów
    - ✓ 674 749 galaktyk (norm., AGN)
    - ✓ 215 733 gwiazd



2.5 m teleskop w Apache Point Observatory,  
New Mexico, USA



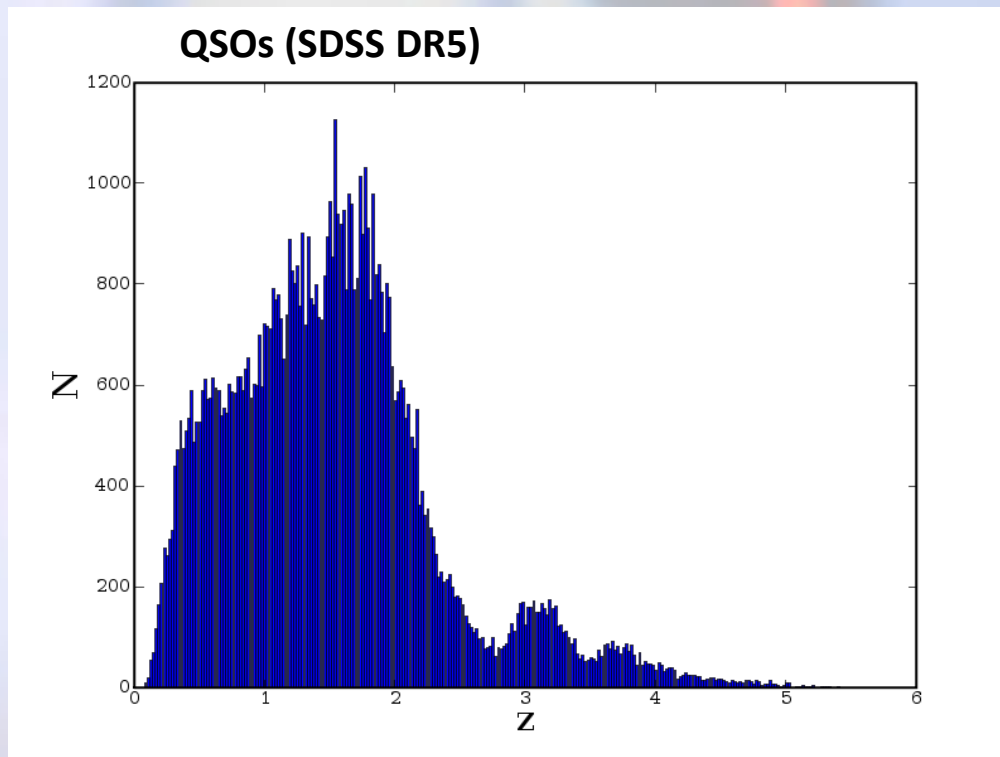
([www.sdss.org/dr5/](http://www.sdss.org/dr5/))

# Przegląd SDSS

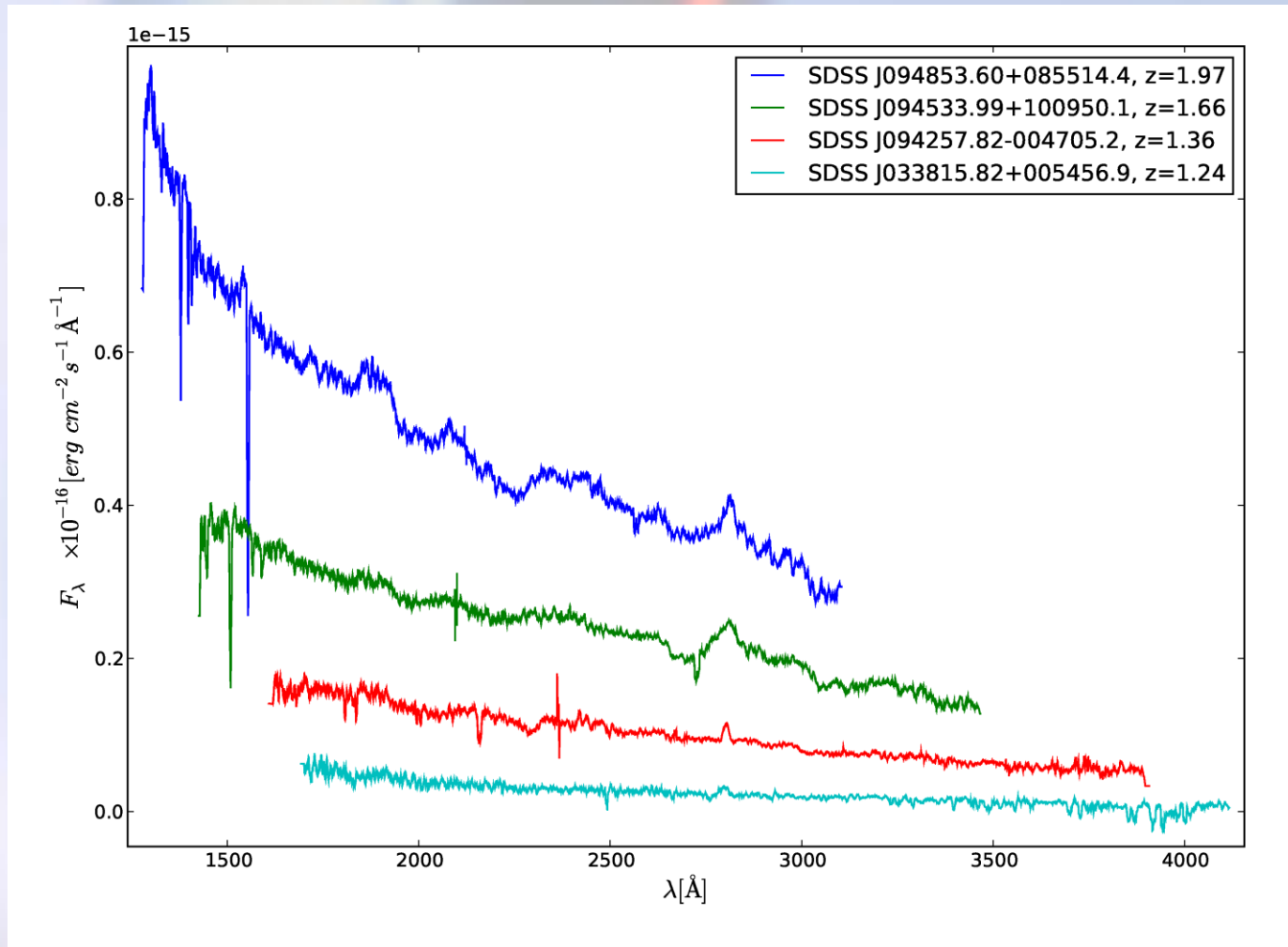
SDSS DR5 Quasar Catalog (type 1 QSOs) (Schneider et al. 2007)  
79 400 QSOs ( $z < 2.3$ ), 11 200 QSOs ( $z > 2.3$ )

najbliższy kwazar:  $z = 0.078$  (SBS 1518+593)

najdalszy kwazar:  $z = 5.413$  (SDSS J0231-0728)

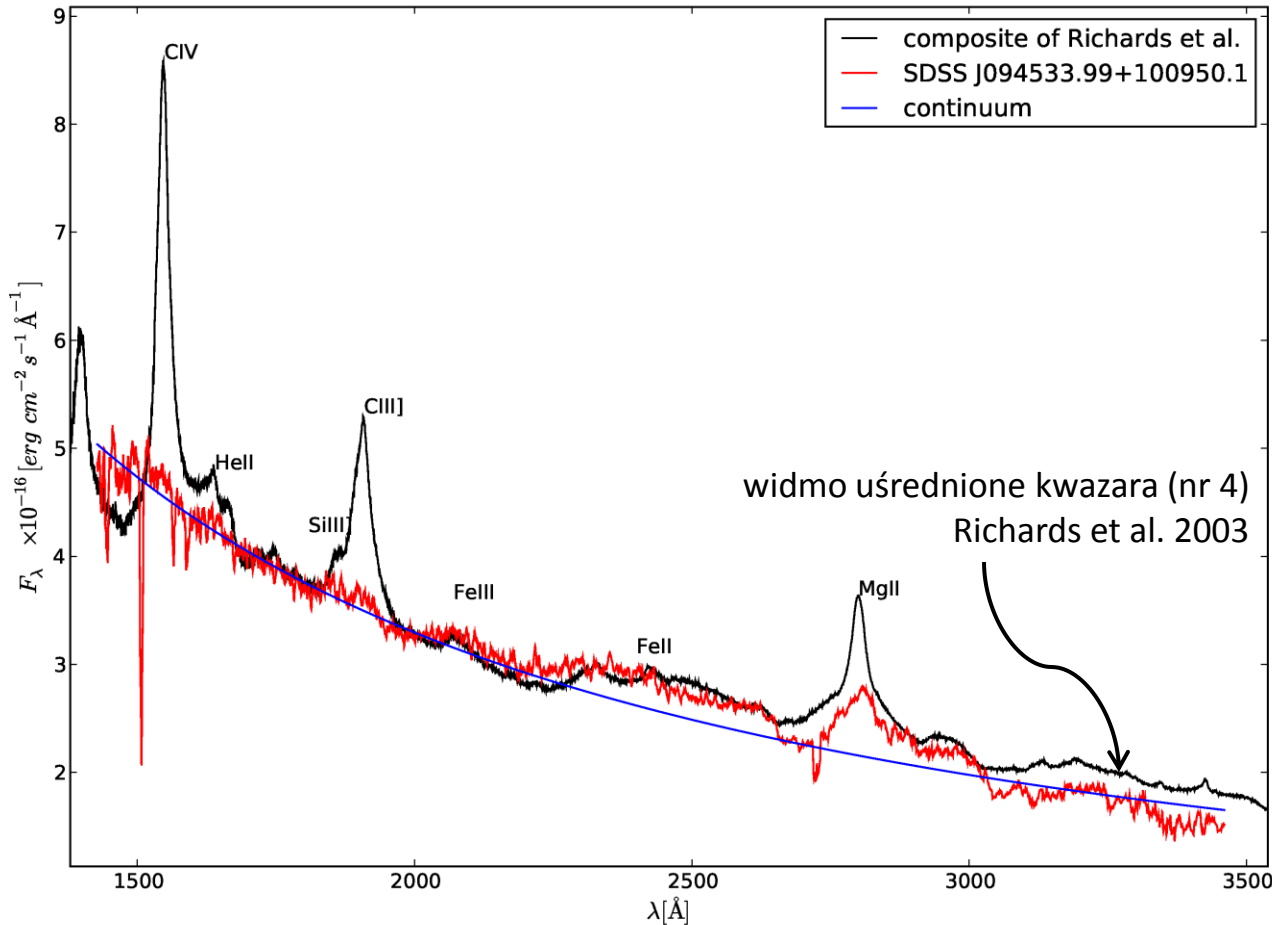


# „Dziwne” kwazary



# SDSS J094533.99+100950.1

$z_{\text{QSO}}=1.662$



rest frame

$$F_{\nu} \propto \nu^{\alpha}$$

$$\alpha_{\text{J0945+10}} = -0.74$$

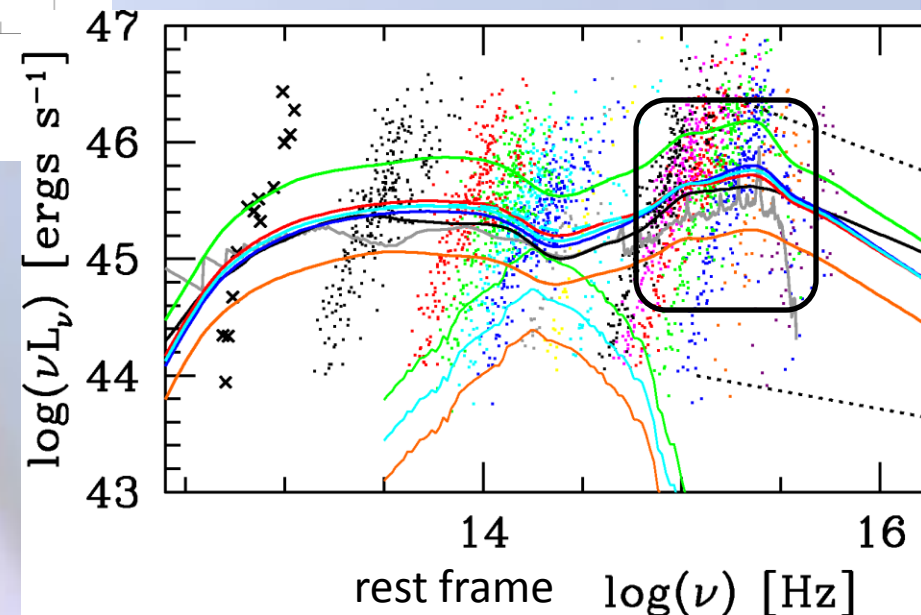
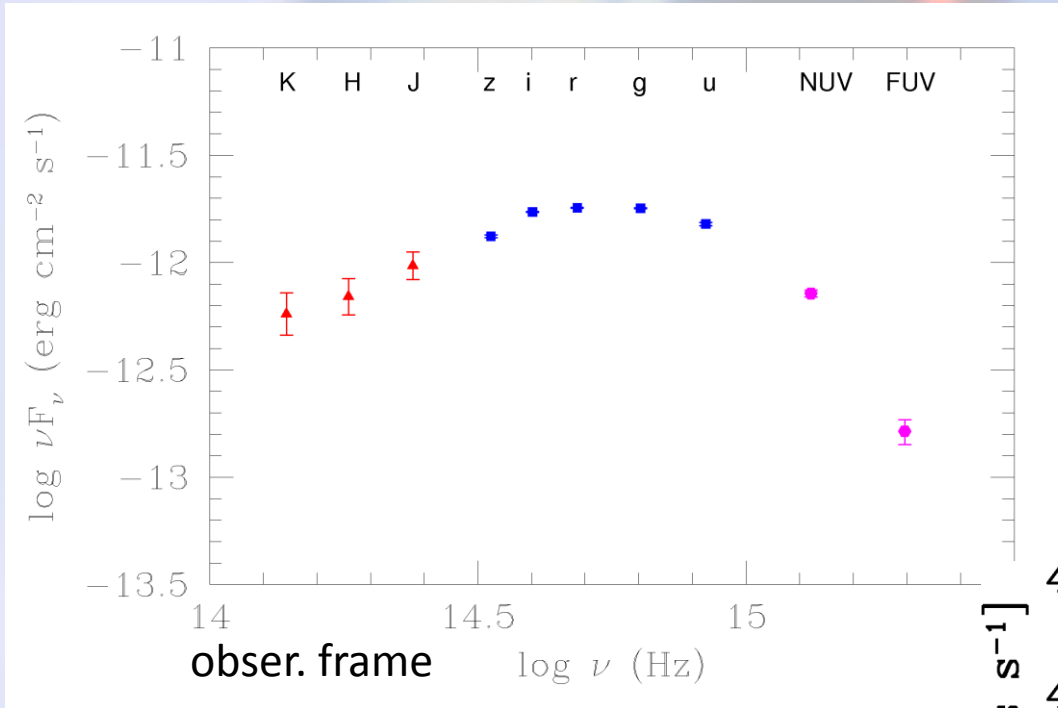
$$(\alpha_{\text{flat}\#3} = -0.54)$$

$$(\alpha_{\text{steep}} = -0.76)$$

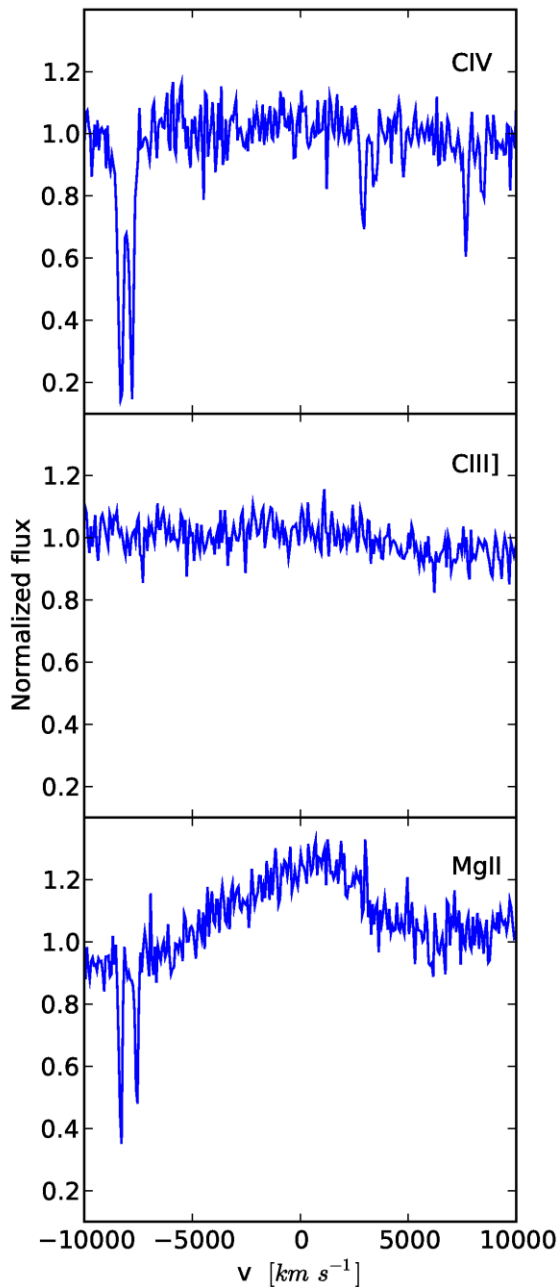
Wniosek:

Continuum SDSS J0945+1009 NIE różni się od continuum normalnych (typu 1) kwazarów.

# SDSS J094533.99+100950.1



Uśrednione SED kwazarów  
błękitny – wszystkie kwazary  
(Richards et al. 2006b)



Normalized flux =

(Observed  $F_v$  – Gal. redshift (Cardelli et al. 1989) –  
 – template FeII (Vestergaard & Wilkes 2001) / continuum

### Linie emisyjne

Linia	EW [Å]	FWHM [km/s]
Mg II $\lambda$ 2800	$15.6 \pm 1.2$	$6150 \pm 250$
C III] $\lambda$ 1909	$0.90 \pm 0.49$	$4010 \pm 1170$
C IV $\lambda$ 1549	$0.67 \pm 0.58$	$3100 \pm 1450$

### Linie absorpcyjne

Linia	$V_{\text{shift}}$ [km/s]	EW [Å]	FWHM [km/s]
Mg II $\lambda$ 2796	$8032 \pm 9$	$1.21 \pm 0.03$	$190 \pm 20$
Mg II $\lambda$ 2803	$8041 \pm 13$	$1.02 \pm 0.04$	$200 \pm 30$
C IV $\lambda$ 1548	$8063 \pm 7$	$1.52 \pm 0.02$	$335 \pm 20$
C IV $\lambda$ 1551	$8061 \pm 10$	$1.20 \pm 0.03$	$285 \pm 25$



## Linie emisyjne – porównanie:

**nasz** – SDSS J094533.99+100950.1

FOS – 158 AGN; przegląd Faint Object Spectrograph (na Hubble Space Telescopes)  
(Kuraszkiewicz et al. 2002)

LBQS – 993 QSO; przegląd Large Bright Quasar Survey (UK Schmidt Telescope)  
(Forster et al. 2001)

	nasz	FOS	LBQS	nasz	FOS	LBQS
Linia	EW [ $\text{\AA}$ ]	EW (FOS) [ $\text{\AA}$ ]	EW (LBQS) [ $\text{\AA}$ ]	FWHM [km/s]	FWHM (FOS) [km/s]	FWHM (LBQS) [km/s]
Mg II	$15.6 \pm 1.2$	$136 \pm 92$	$39 \pm 22$	$6150 \pm 250$	$3840 \pm 1850$	$5160 \pm 120$
C III]	$0.90 \pm 0.49$	$21 \pm 5$	$28 \pm 15$	$4010 \pm 1170$	$4890 \pm 780$	$7820 \pm 170$
C IV	$0.67 \pm 0.58$	$21 \pm 16$	$38 \pm 20$	$3100 \pm 1450$	$4430 \pm 3070$	$7720 \pm 150$

### Wniosek:

- Linie C III ], C IV należące do High Ionization Lines (HILs) są słabe/b. słabe (w sensie EW).
- Mg II należąca do Low Ionization Lines (LILs) jest słaba, lecz wyraźnie widoczna.

# SDSS J094533.99+100950.1

$$\left. \begin{array}{l} \text{Mając } L_{\lambda}(3000\text{\AA}) \\ BC_{3000}=5.15 \text{ (Richards et al. 2006, Shen et al.2008)} \end{array} \right\} \log L_{\text{bol}} = 46.75$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{Mając } L_{\lambda}(3000\text{\AA}) \text{ oraz FWHM(MgII)} \\ M_{\text{BH}} \propto [\lambda L_{\lambda}(3000\text{\AA})]^{0.58} [\text{FWHM(MgII)}]^{0.5} \\ \text{(Kong et al. 2006)} \end{array} \right\} M_{\text{BH}} \cong 2.0 \times 10^8 M_{\odot}$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{Mając } L_{\text{edd}} \cong 1.3 \times 10^{38} (M_{\text{BH}}/M_{\odot}) \text{ erg/s} \text{ oraz } L_{\text{bol}} \end{array} \right\} \dot{m} = \frac{L_{\text{Bol}}}{L_{\text{Edd}}} = 0.23$$

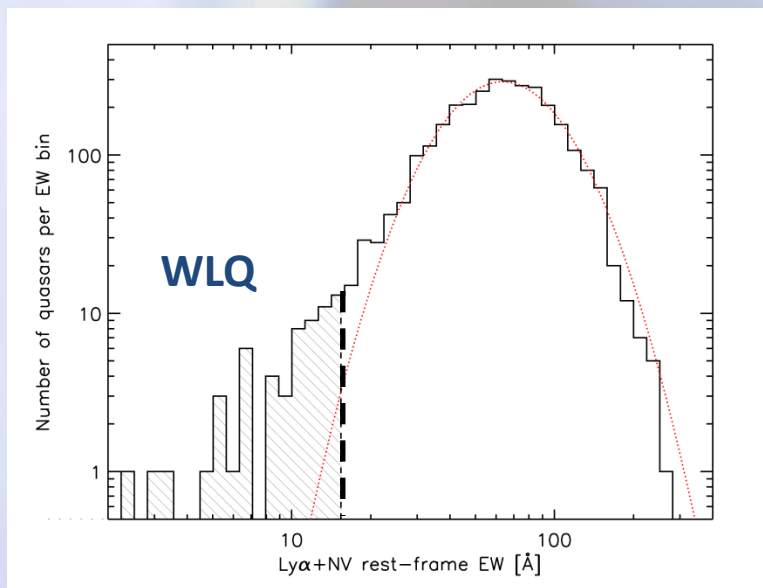
$$\langle \dot{m} \rangle_{\text{QSO}} = 0.25 \text{ (Shankar et al. 2008)}$$

# Kwazary o słabych liniach emisyjnych (Weak Emission-Line Quasars)

Znanych jest dzisiaj 74 WLQ o  $z > 3$  (Diamond-Stanic et al. 2009) oraz 3 WLQ  $z < 0.5$  (McDowell et al. 1995, Londish et al. 2004, Leighly et al. 2007).

## Charakterystyka obiektów WLQ:

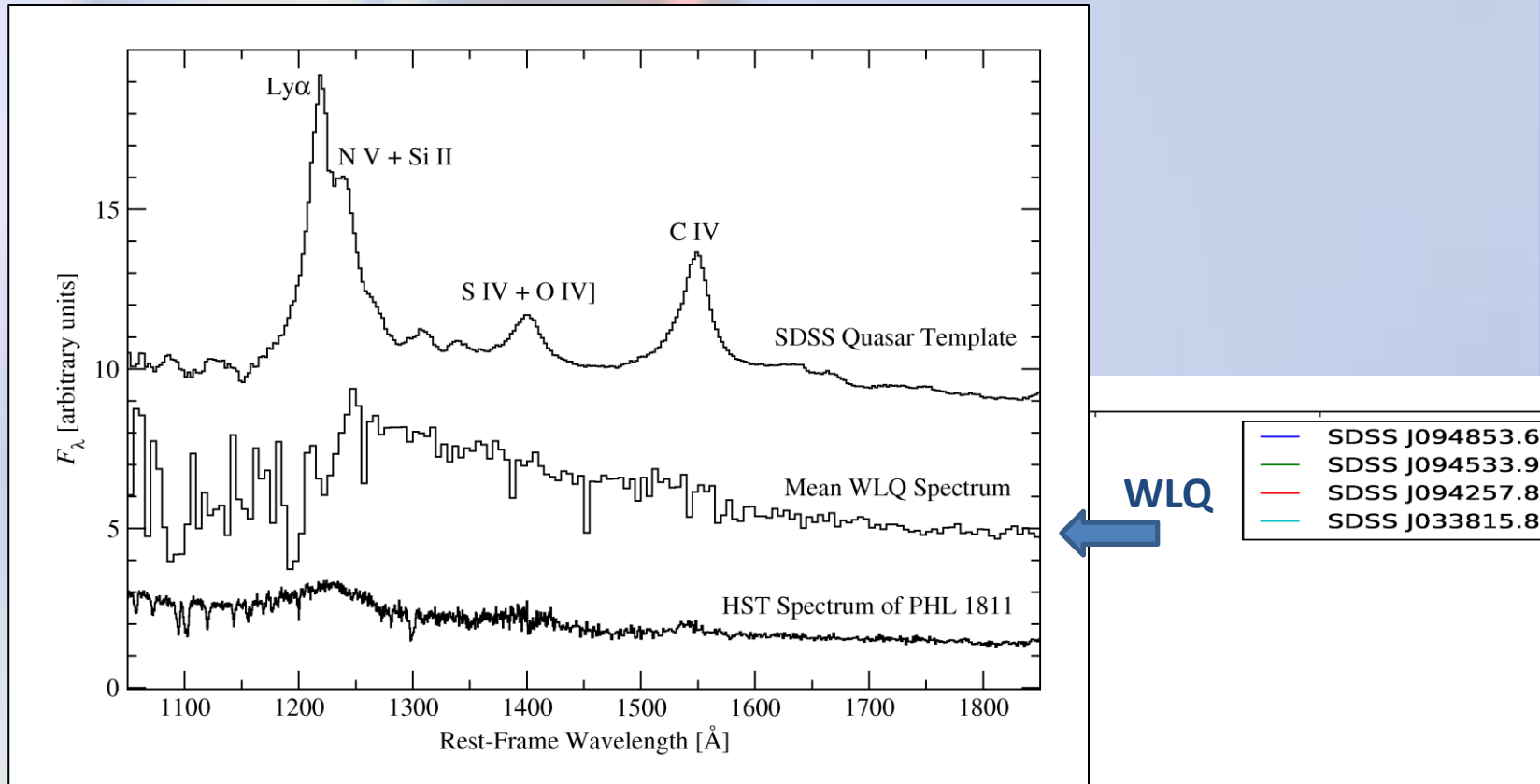
1. **Continuum w optyce/UV** statystycznie jest **takie samo** jak innych (zwykłych) kwazarów (Shemmer et al. 2006, Diamond-Stanic et al. 2009)



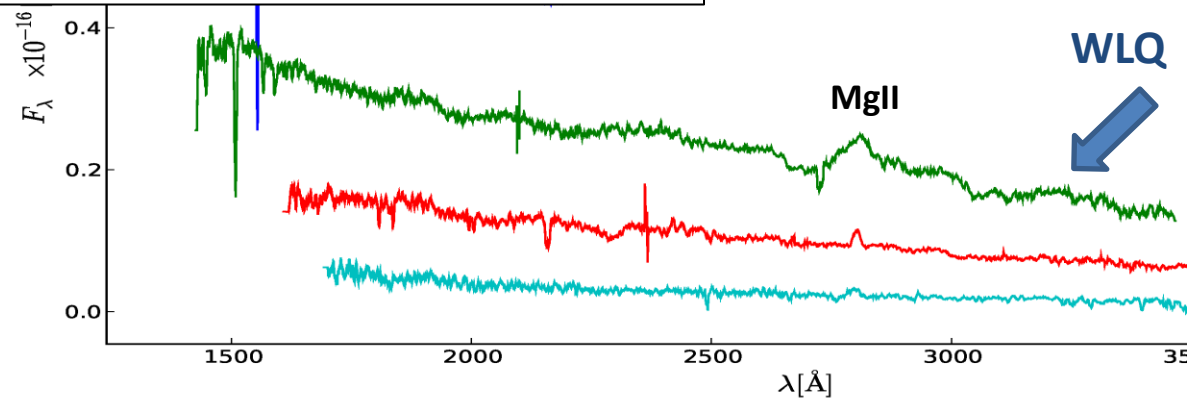
2.  **$EW(\text{Ly}\alpha + \text{NV}) \leq 15.4 \text{ \AA}$**  (def. robocza klasyf. WLQ – Diamond-Stanic. et al.)  
 **$EW(\text{C IV}) < 10 \text{ \AA}$**  (Shemmer et al. 2009)

(high- $z$  QSQs, Diamond-Stanic et al. )

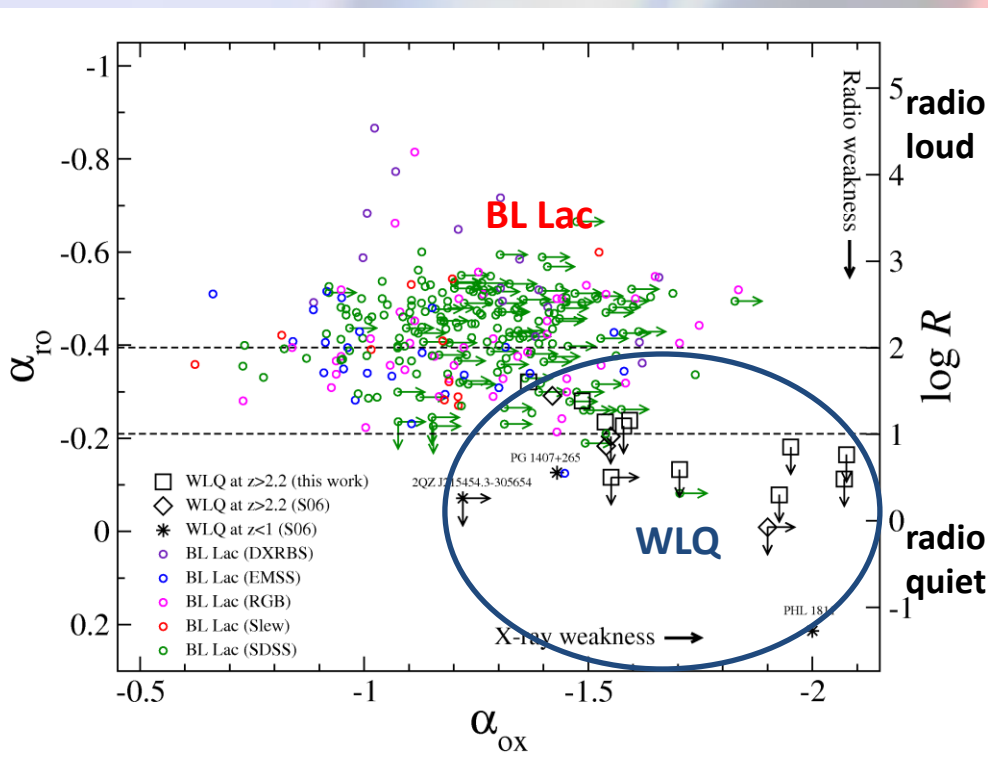
# Weak Emission-Line Quasars



Shemmer et al. (2009)



# Weak Emission-Line Quasars



Shemmer et al. (2009)

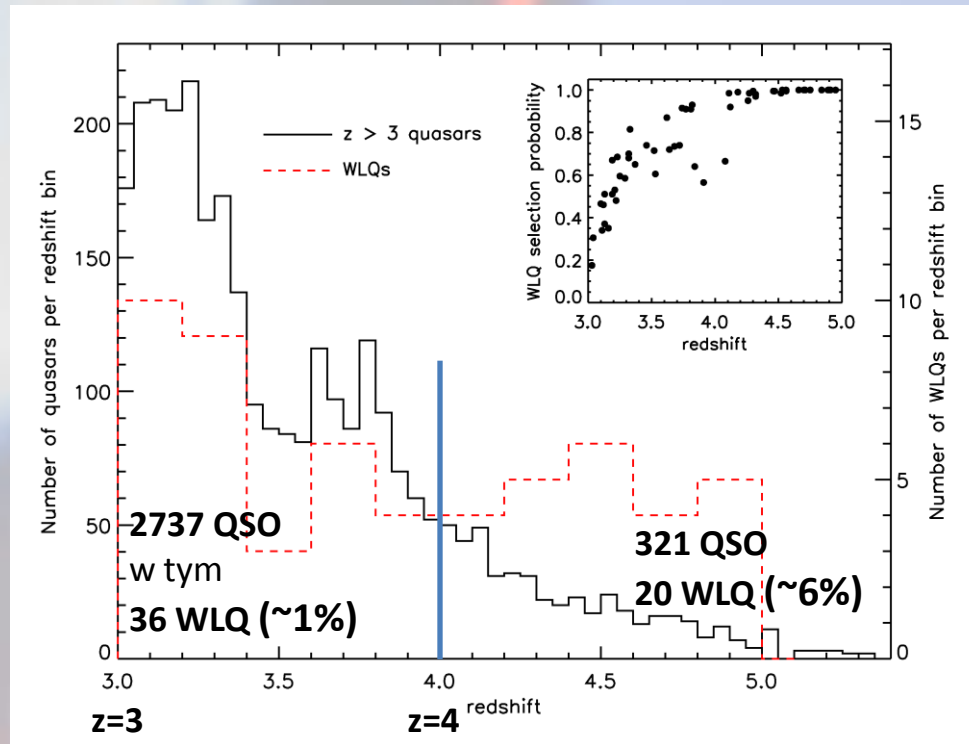
3. WLQ są generalnie **radiowo ciche** (Shemmer et al. 2006, Anderson et al. 2007) oraz **rentgenowo słabe** (w sensie jasności) (Shemmer et al. 2006, 2009)

$$\alpha_{ro} \stackrel{\text{def.}}{=} \frac{\log(F_{5\text{GHz}}/F_{2500\text{\AA}})}{\log(\nu_{5\text{GHz}}/\nu_{2500\text{\AA}})} \quad R \stackrel{\text{def.}}{=} \frac{F_{5\text{GHz}}}{F_{4400\text{\AA}}}$$

$$\alpha_{ox} \stackrel{\text{def.}}{=} \frac{\log(F_{2\text{keV}}/F_{2500\text{\AA}})}{\log(\nu_{2\text{keV}}/\nu_{2500\text{\AA}})} \quad \alpha_r \text{ (pomiędzy 11 a 6cm)}$$

4. Widmo w zakresie radiowym jest bardziej strome ( $\alpha_r \sim -0.5$ ) niż w przypadku BL Lac ( $\alpha_r \sim +0.3$ , Stickel et al. 1991) (Diamond-Stanic et al. 2009)
4. **Bardzo słaba/słaba liniowa polaryzacja w optyce** (mniejsza niż w BL Lac) (Smith et al. 2007, Diamond-Stanic et al.)

# Weak Emission-Line Quasars



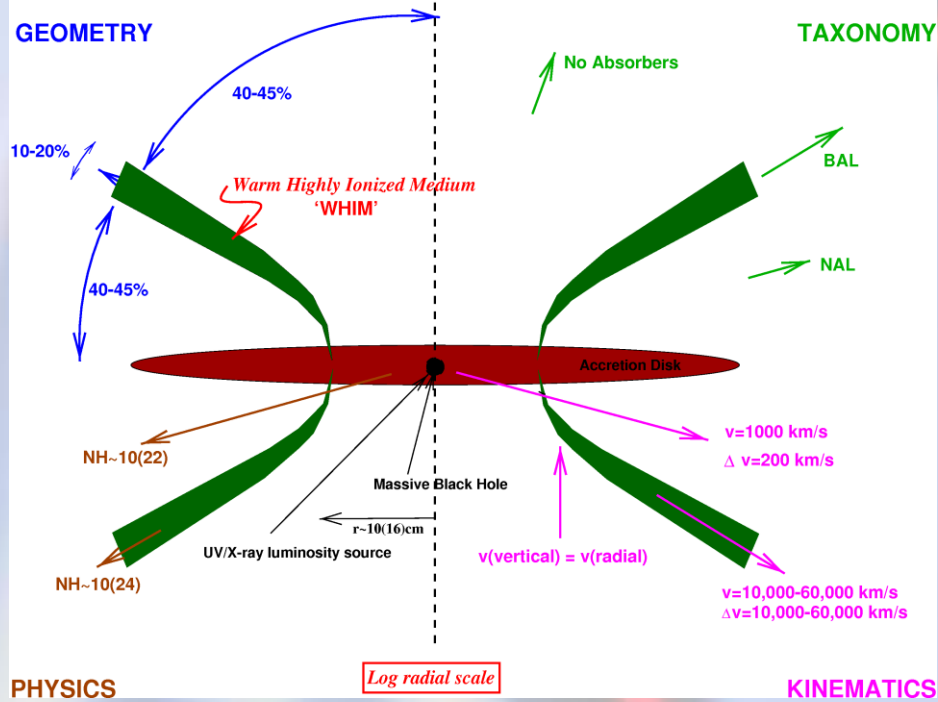
Diamond-Stanic et al. (2009)

# Nasza interpretacja

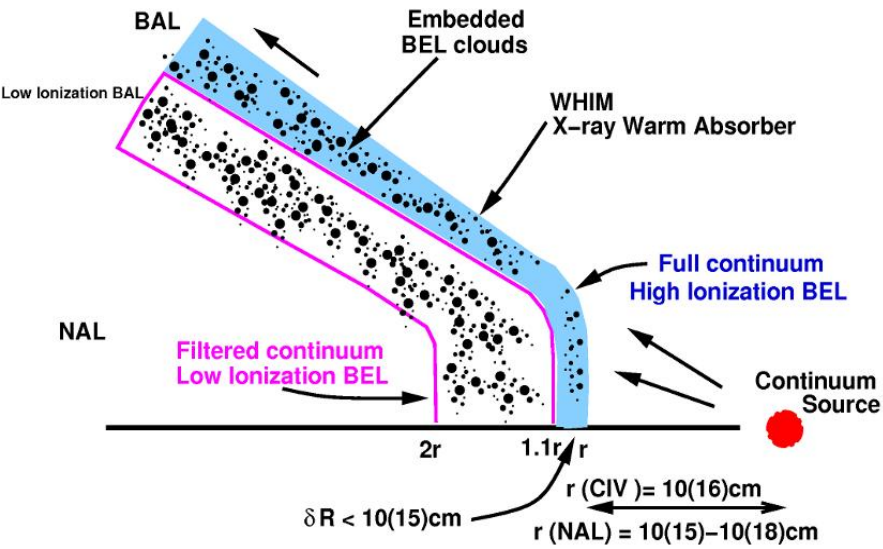
Kwazary WLQ są obiektami „złapanymi” przez nas w procesie reaktywacji aktywności jądra.

- **Dysk akrecyjny** wokół czarnej dziury jest **wykształcony** (kształt continuum WLQ, obecność linii emisyjnych LIL (np. Ly $\alpha$ , MgII, serii Balmera), produkowanych w dysku i nad dyskiem, w jego bliskim sąsiedztwie)
- Z dysku wieje **wiatr**.
- Wiatr jest odpowiedzialny za produkcję wąskich linii absorpcyjnych (przesuniętych o  $v_{\text{shift}} \sim 8000$  km/s).
- Wiatr **buduje** rejon **BLR** (Broad Line Region). Jego nieobecność/fragmentaryczność tłumaczy brak/słabość linii emisyjnych HIL (np. CIV, CIII]).

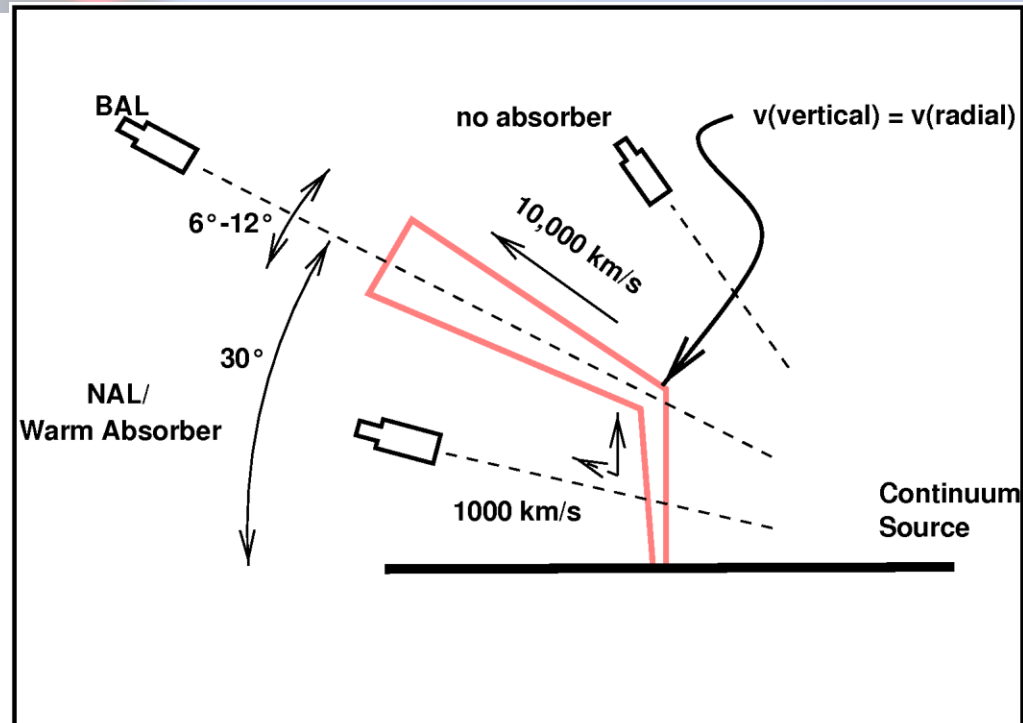
Rozkład WLQ w kosmosie, ich obecność w każdej epoce może świadczyć o tym, że kwazary przechodzą co jakiś czas okresy ponownej aktywności.



Elvis (2000)



Total column density:  $N_H < 10^{20.5}$   $N_H \sim 10^{22.5}$





# Przyszłe plany

1. Czy obecne są inne linie LIL (H ) i są słabe/brak linie HIL (OIII) ? => obserwacja w szerszym zakresie (Gemini, HST)
2. Czy SDSS J0945 jest radiowo cichy, czy podobny do BL Lac?
3. Jak wygląda widmo rentgenowskie?
4. Symulacje ...