



Systematické studium vlivu rozmítaného nabíjení okraje plazmatu na turbulenci v toroidálních fúzních zařízeních

Filip Papoušek

Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská ČVUT v Praze

leden 2022

Školitel: Ing. Ondřej Grover, Ph.D.

Pracoviště: Ústav fyziky plazmatu AV ČR v.v.i

- 1** Úvod

- 2** TJ-II
 - Experimentální uspořádání a metody
 - Výsledky

- 3** GOLEM
 - Sondy
 - Experimentální návrh

- 4** Závěr

1 Úvod

2 TJ-II

- Experimentální uspořádání a metody
- Výsledky

3 GOLEM

- Sondy
- Experimentální návrh

4 Závěr

Sondy

- vodič v plazmatu
- hlavně na okraji
- vysoké časové a prostorové rozlišení
- měření hustoty a plovoucího potenciálu
- měření elektronové teploty

$$I_{\text{sat}} = \frac{1}{2} n_e \cdot A \cdot c_s \cdot e$$

- A efektivní plocha sondy
- $c_s \sim \sqrt{T}$ rychlost zvuku v plazmatu
- n_e elektronová hustota
- e elementární náboj

$$\phi = V_{\text{fl}} + \alpha \cdot T_e$$

- V_{fl} plovoucí napětí
- α konstanta úměrnosti
- T_e elektronová teplota

1 Úvod

2 TJ-II

- Experimentální uspořádání a metody
- Výsledky

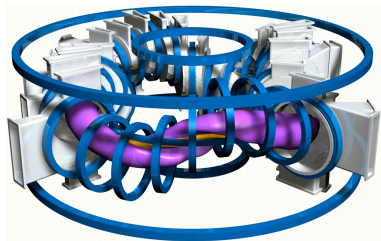
3 GOLEM

- Sondy
- Experimentální návrh

4 Závěr

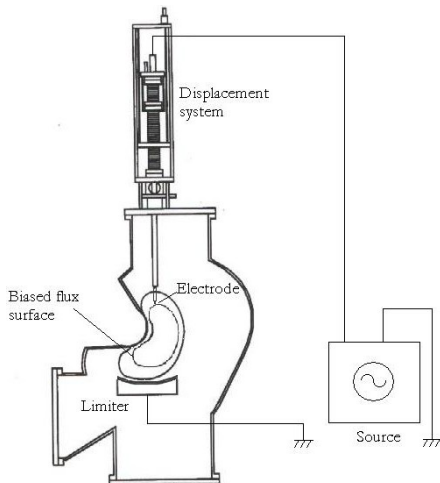
parametry $B_t = 1 \text{ T}$,
 $R = 1,5 \text{ m}$,
 $\bar{a} = 0,2 \text{ m}$

ohřev 600kW ECRH na
53 GHz, 1,6kW NBI
na 30 keV



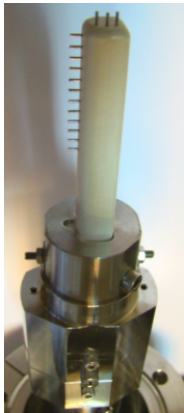
Obr.: Model TJ-II.
[fusionwiki.ciemat.es]

Stelarátor TJ-II



Obr.: Průřez komorou TJ-II.
[fusionwiki.ciemat.es]

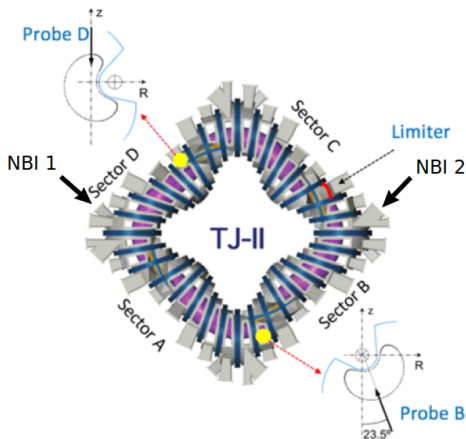
Sondy na TJ – II



Obr.: Sonda B.
[fusionwiki.ciemat.es]



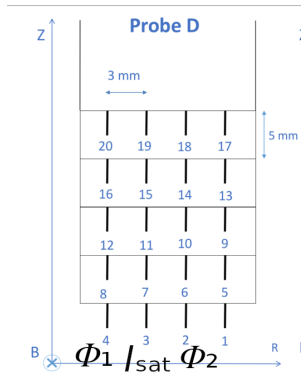
Obr.: Sonda D.
[fusionwiki.ciemat.es]



Obr.: Umístění sond a NBI.
[fusionwiki.ciemat.es]

Určení transportu

$$\kappa \Gamma_{\delta\omega} = \kappa \langle \tilde{n}\tilde{v} \rangle_{\delta\omega} = \frac{1}{B} |\gamma I_{\text{sat}} E_{\text{pol}}| \cos(|\alpha I_{\text{sat}} E_{\text{pol}}|) I_{\text{sat}}^{\text{rms}} E_{\text{pol}}^{\text{rms}}$$



$$E_{\text{pol}} = -\nabla\Phi,$$

se zanedbáním \tilde{T}_e

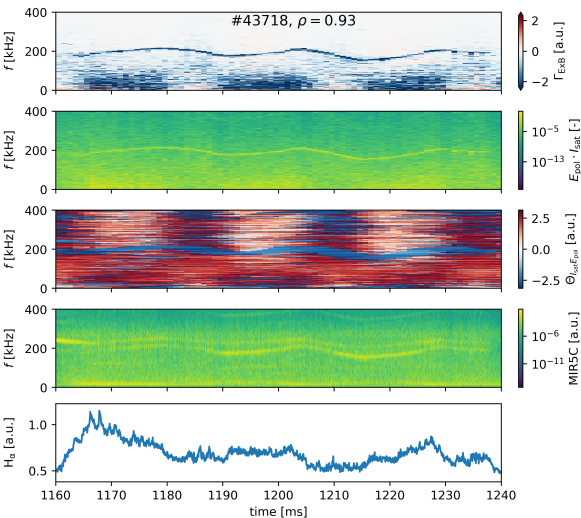
$$X_{\text{sat}}^{\text{pol}} = \sqrt{2P_{X_{\text{sat}}} X_{\text{sat}}}(\omega) \delta\omega$$

$$\gamma I_{\text{sat}} E_{\text{pol}} = \frac{|P_{I_{\text{sat}}} E_{\text{pol}}|}{\sqrt{P_{I_{\text{sat}}} I_{\text{sat}}} P_{E_{\text{pol}}} E_{\text{pol}}}$$

Obr.: Schéma hlavičky D.
[fusionwiki.ciemat.es]

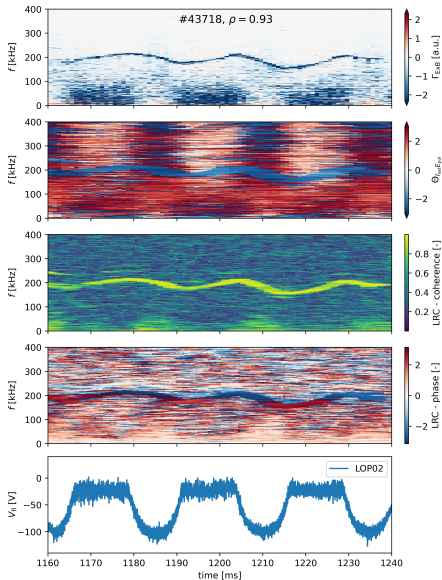
[Powers, 1974, Nuclear
Fusion]

Výsledky – lokální



- více faktorů modifikujících transport
- nižší úroveň fluktuací
- změna fáze

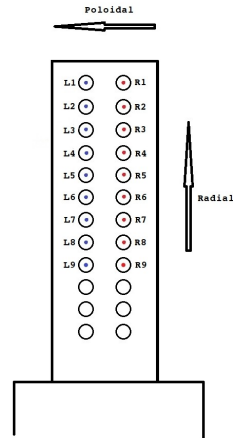
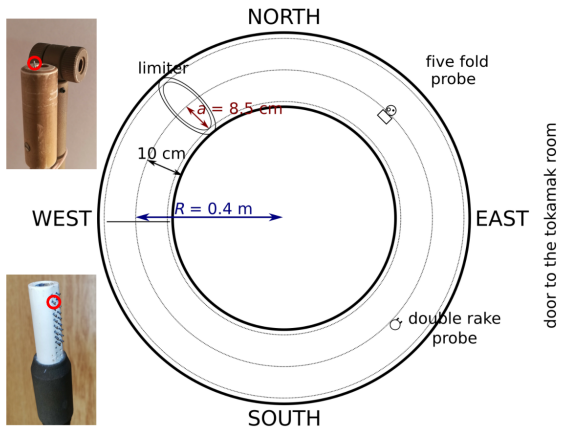
Výsledky – globální



- zřetelný vliv nabíjení
- frekvenčně selektivní změna fáze
- LRC

- 1 Úvod
- 2 TJ-II
 - Experimentální uspořádání a metody
 - Výsledky
- 3 **GOLEM**
 - **Sondy**
 - **Experimentální návrh**
- 4 Závěr

Sondy na GOLEMu

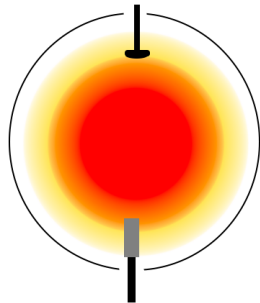


Obr.: Umístění sond na GOLEMu.
[golem.fjfi.cvut.cz/wiki]

Obr.: Piny na DRP.
[golem.fjfi.cvut.cz/wiki]

GOLEM a TJ-II

2 sondy 2 sondy
měření transportu měření transportu
nabíjení okraje nabíjení okraje
KEPCA KEPCA
ohmický ohřev NBI + ECRH



Obr.: Nabíjecí elektroda.
[golem.fjfi.cvut.cz/wiki]

1 Úvod

2 TJ-II

- Experimentální uspořádání a metody
- Výsledky

3 GOLEM

- Sondy
- Experimentální návrh

4 Závěr

- Na TJ–II měřen frekvenčně rozlišený transport a vliv nabíjení na LRC a složky transportu
- Návrh na provedení podobných měření na GOLEMu, díky podobnému sondovému a nabíjecímu vybavení

Bibliografie



E. Powers, "Spectral techniques for experimental investigation of plasma diffusion due to polychromatic fluctuations," *Nuclear Fusion*, vol. 14, pp. 749–752, nov 1974.