

TOKAMAK GOLEM

# Průrazové studie

---

## „Breakdown studies“

D. Fáborský, E. Wetter, M. Vrána, M. Oravec, A. Zaykov

Supervisor: Tereza Růžičková

18.6.2013

## Abstrakt

Úkolem tohoto experimentu bylo zjistit závislost tvorby plazmatu na napětí primárního vinutí ( $U_{cd}$ ) a tlaku pracovního plynu (P).

## 1. Úvod

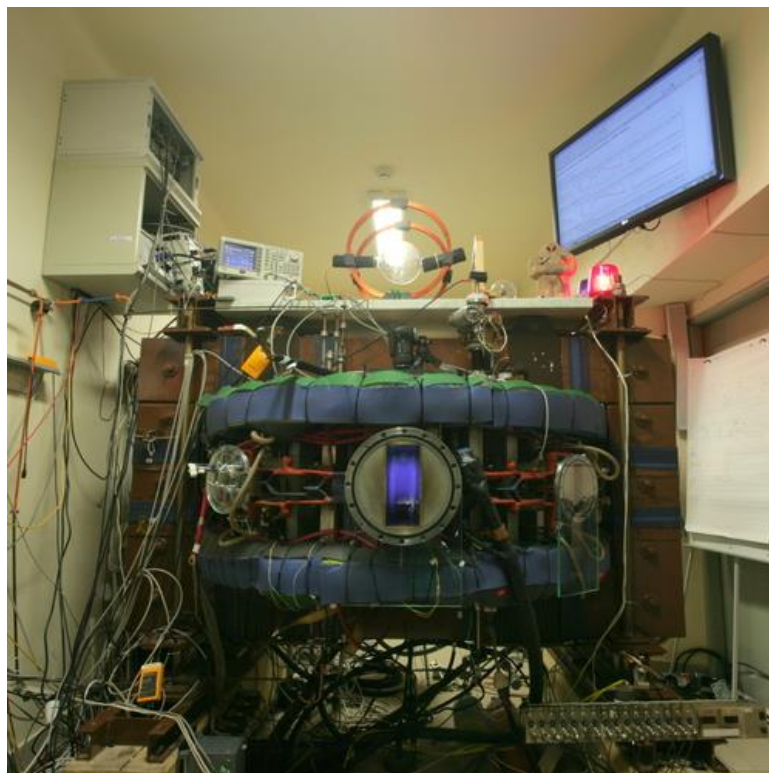
TOKAMAK je „nádoba“ používaná k vytvoření, udržení a zkoumání termojaderné fúze (v případě TOKAMAKu Golem pouze plazmatu), která má být v budoucnu velkým zdrojem energie. Plazma je vysoce ionizovaný plyn, který velmi dobře vede elektrický proud v závislosti na své teplotě. Plazma se ohřívá pomocí Faradayova principu elektromagnetické indukce. Aby se zabránilo styku plazmatu s komorou, využívá se toroidálních cívek, jež generují homogenní magnetické pole.

## 2. Teorie

V tomto experimentu jsme se zaměřili na zkoumání pravděpodobnosti „průrazu“ tedy stavu, při kterém vzniká plazma. A to za dvou konstantních hodnot  $U_b=700$  V, napětí na toroidních cívkách, a  $T=7000$   $\mu$ s, zpoždění vybití kondenzátorů. Ony kondenzátory se vybily do primárního vinutí (modré dráty ovinující jádro). To je součástí transformátoru, kde sekundárním vinutím je plazma samoté. Jelikož plazma vytváří jenom jeden závit, je zde obrovský transformátorový poměr, a tedy plazmatem prochází obrovský proud.

Vznik plazmatu v našem případě, kde jsme eliminovali  $U_b$  a  $T^*$ , bylo závislé pouze na dvou proměnných –  $U_{cd}$ , P.  $U_{cd}$  je napětí primárního vinutí – „current drive“. P je pak tlak pracovního plynu, kterým zde byl vodík ( $H_2$ ).

\*Pro zvýšení pravděpodobnosti vzniku nabitých částic v komoře před vybitím kondenzátoru do primárního vinutí jsme využili preionizace. Ta byla zajištěna žhavením W-vláknem.

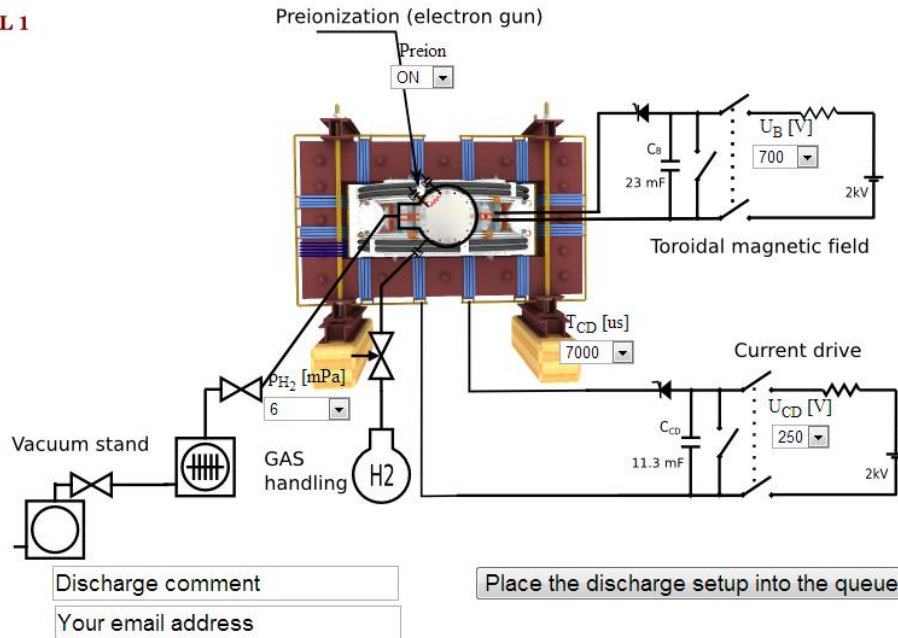


Obr. 1

### 3. Experiment #1

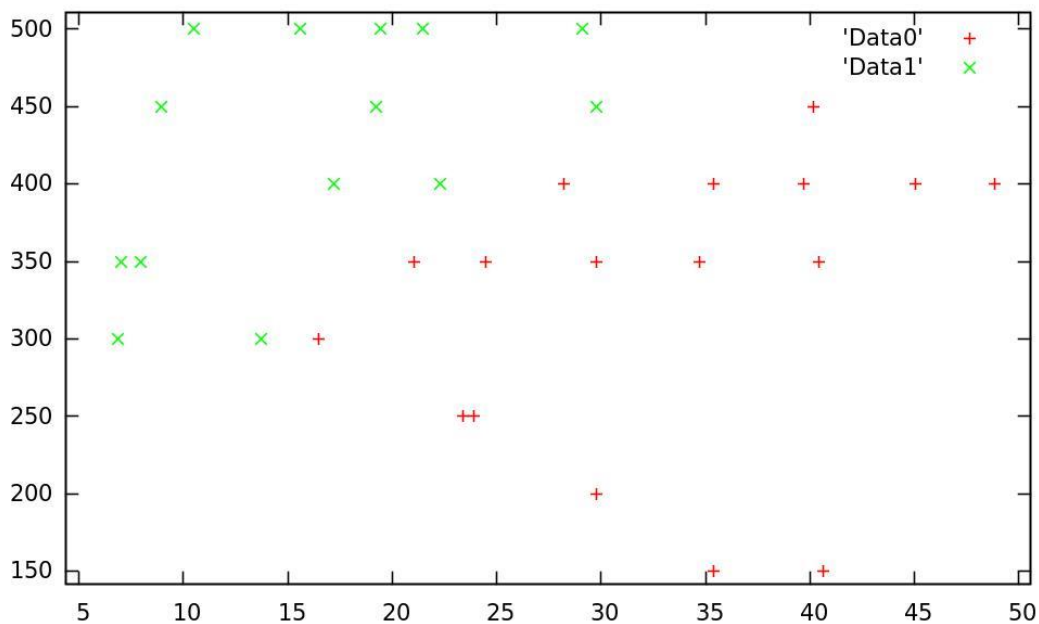
Ve virtuálním velínu TOKAMAKu, jsme si vymezili hodnoty, pro proměnné shrnuté v předešlém bodu, a naplánovali několik výstřelů. Hodnoty se pohybovaly pro  $U_{cd} = <150; 500>$  V a  $P = <6; 50>$  mPa.

**LEVEL 1**



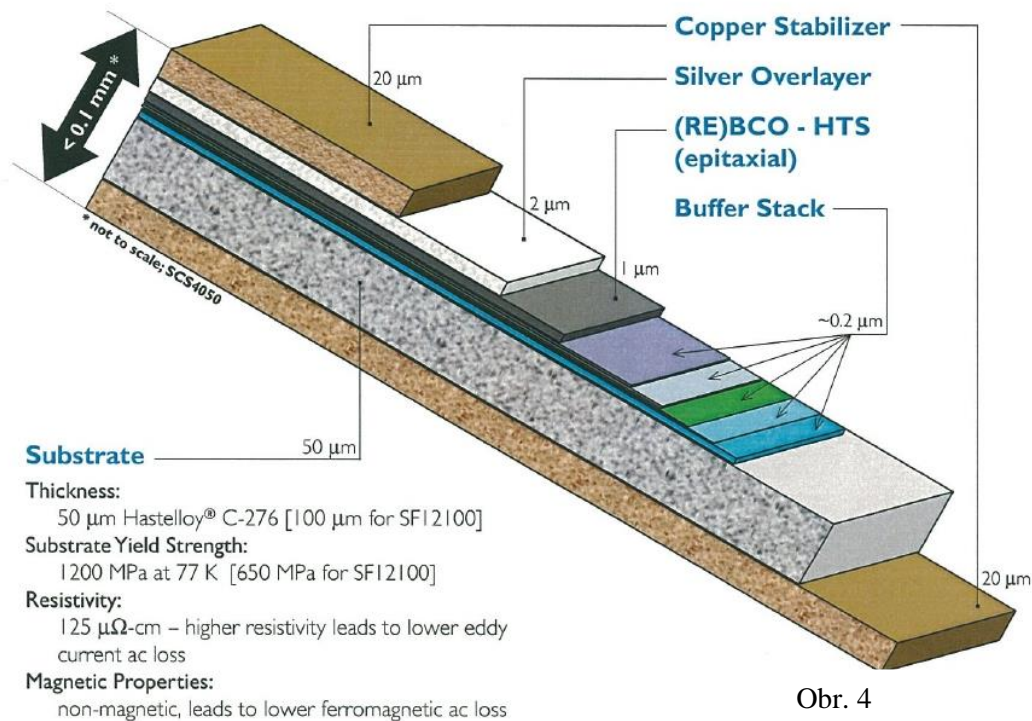
Obr. 2

Zároveň jsme díky datamining programu *BD.sh*, vytvořeného naším supervizorem, mohli využít i výsledků jiných skupin, které neodporovaly našemu zadání. Získali jsme vcelku zajímavý graf, kde zelené křížky označují vznik plazmatu a červené opak.

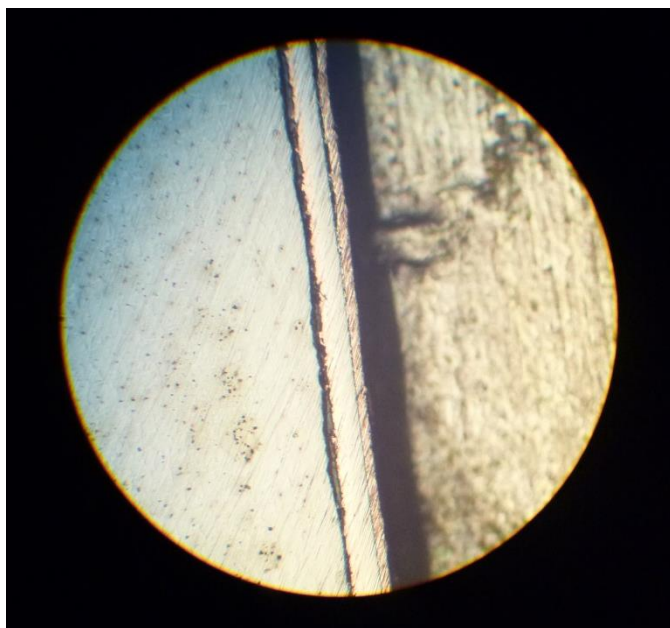


## 4. Experiment #2

Dalším experimentem bylo využití vysokoteplotních supravodičů chlazených kapalným dusíkem, jako zdroje poloidálního magnetického pole.



Na obrázku nahoře můžeme vidět, že se samotný supravodič skládá z několika částí uspořádaných sendvičově. Samotný supravodivý materiál je pak extrémně tenký (1 μm – „(RE)BCO“). „HTS“ pak označuje „High Temperature Superconductivity“ tedy to, že materiál získává vlastnosti supravodiče při vysokých teplotách – proto bylo k chlazení využito „pouze“ kapalného dusíku.

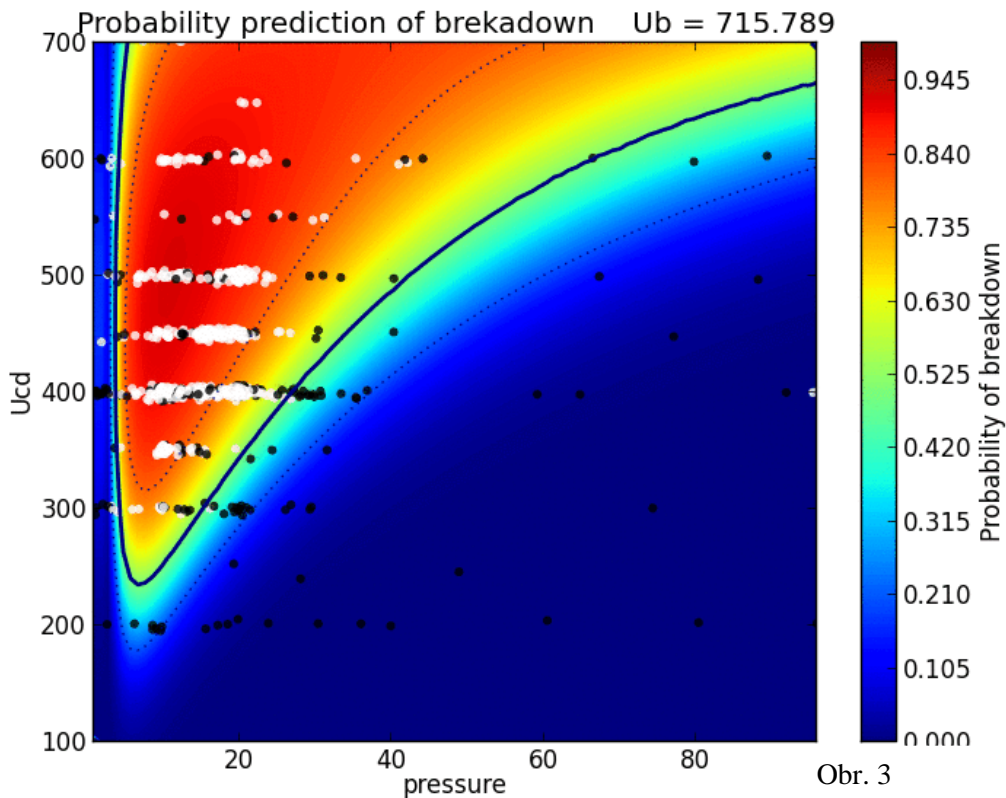


Tentokrát na obrázku (obr. 5) můžeme vidět mikroskopovaný vzorek supravodiče, kde vlastním supravodivým materiálem je ona levá tenká černá linie.

Obr. 5

## 5. Závěr

Naše měření splnila počáteční očekávání, TOKAMAK se dobře vyspal, a proto vše proběhlo bez větších problémů. Dokázali jsme potvrdit určitou křivku, která popisuje pravděpodobnost výskytu průrazu na TOKAMAKu Golem, sestávající se z tisíců měření.



Měření se supravodiči pak dopadlo nad očekávání dobře. Vše fungovalo a nedošlo k žádnému pracovnímu úrazu tekutým dusíkem.

## 6. Reference

<http://golem.fjfi.cvut.cz/wiki/> - obr. 1

[http://golem.fjfi.cvut.cz/roperation/tasks/TrainingCourses/SCIWEEK/13/0613BreakdownStudieB/Level\\_I/index.php](http://golem.fjfi.cvut.cz/roperation/tasks/TrainingCourses/SCIWEEK/13/0613BreakdownStudieB/Level_I/index.php) - obr. 2

<http://golem.fjfi.cvut.cz/wiki/Education/ExperimentMenu/BreakdownStudies/graf.gif> – obr. 3

<http://golem.fjfi.cvut.cz/wiki/Experiments/HTS/rsrc/WireSpecification.jpg> - obr. 4

<http://golem.fjfi.cvut.cz/wiki/Experiments/HTS/gallery/microscope/P1070736.JPG> - obr. 5