

Tokamak diszrupciókban keletkező elfutó elektronok vizsgálata

Erdős Boglárka

Fizikus MSc hallgató

erdos.boglarka@eszk.org

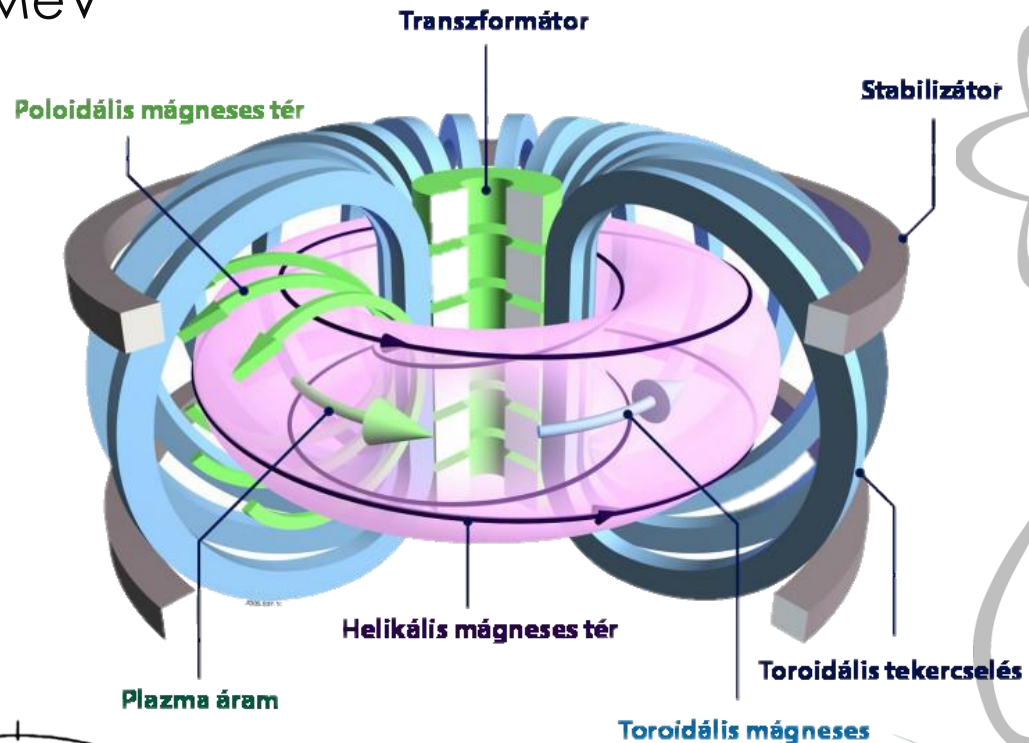
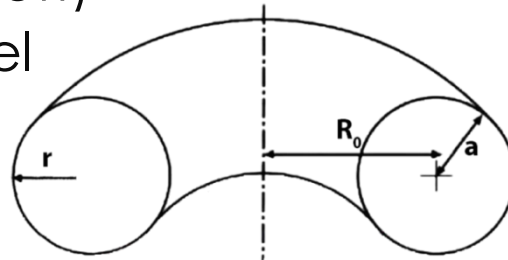


A fúzióról általában

- $D + T \rightarrow He + n + 17.6 \text{ MeV}$
- fúzió $\rightarrow$ forró plazma
(~100 millió K)
- Szabályozott fúziós
energiatermelés
 $\rightarrow$ tokamak
- Részecskék összetartása:
külső mágneses tér +
plazmaáram

ASDEX Upgrade tokamak

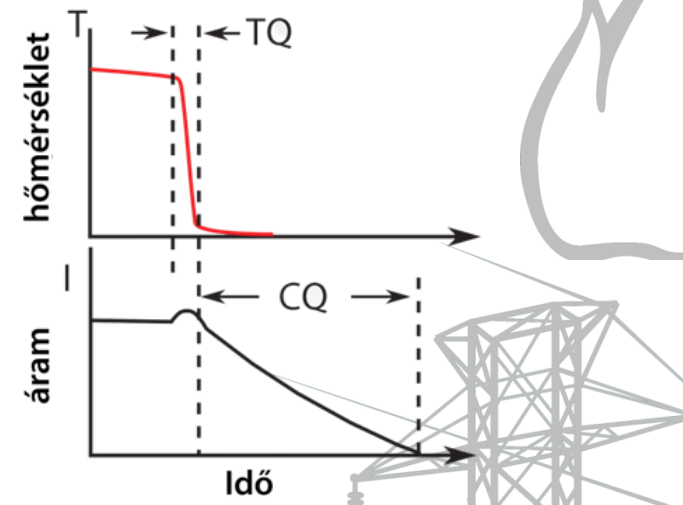
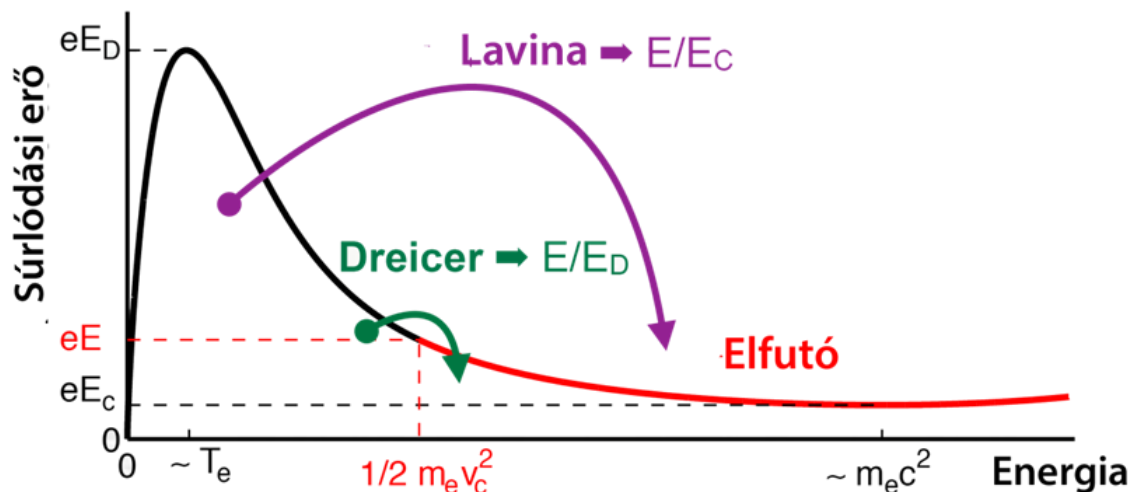
- Németország, Garching
(München mellett)
- 1991 óta üzemel
- $R_0 = 1,6 \text{ m}$
- $a = 0.8 \text{ m}$



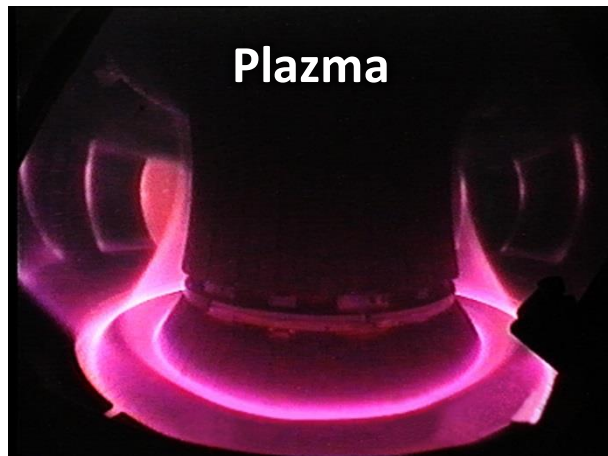
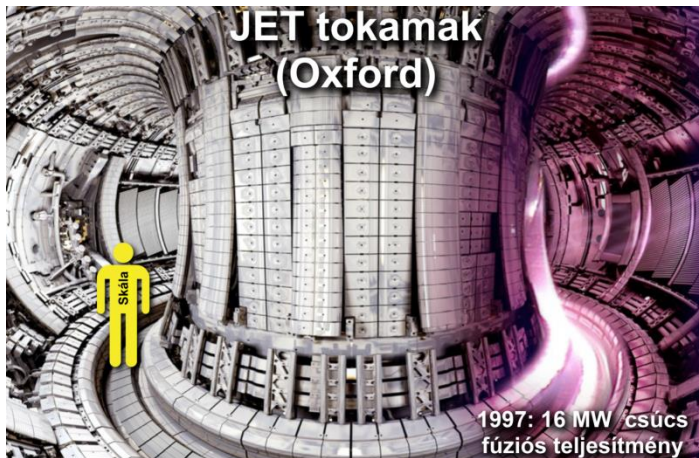
R_0 – nagysugár
 a – kissugár
 r – radiális koordináta

Elfutó elektronok keletkezése

- Diszrupció: plazmaösszetartás leromlik
 - plazma gyors lehűlése (*thermal quench* - TQ)
 - plazmaáram lecsökkenése (*current quench* - CQ)
- A vezetőképeség leromlik, de az áram a plazma induktivitása miatt nem tud ilyen ütemben eltűnni → elektromos tér indukálódik
- Ha $E > E_c$ akkor az elektronok „el tudnak futni”, azaz relativisztikus sebességekre tudnak gyorsulni

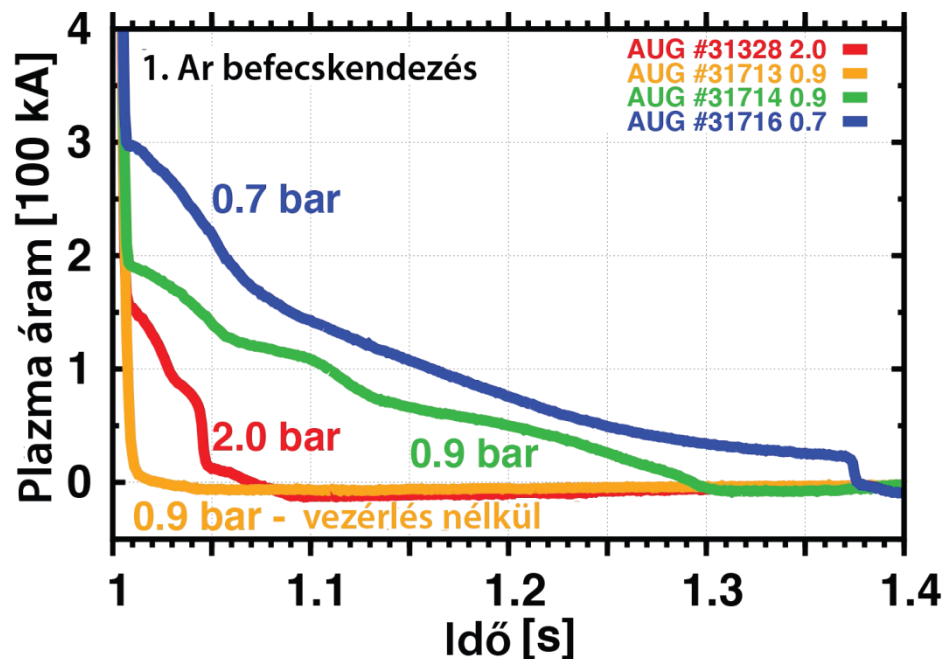


A berendezés belsejében



Kísérletek az ASDEX Upgrade tokamakon

- Argon gázbefecskendezést használunk diszrupció biztonságos és megismételhető keltésére
- Több argon befecskendezése mellett kevesebb elfutó áram keletkezik



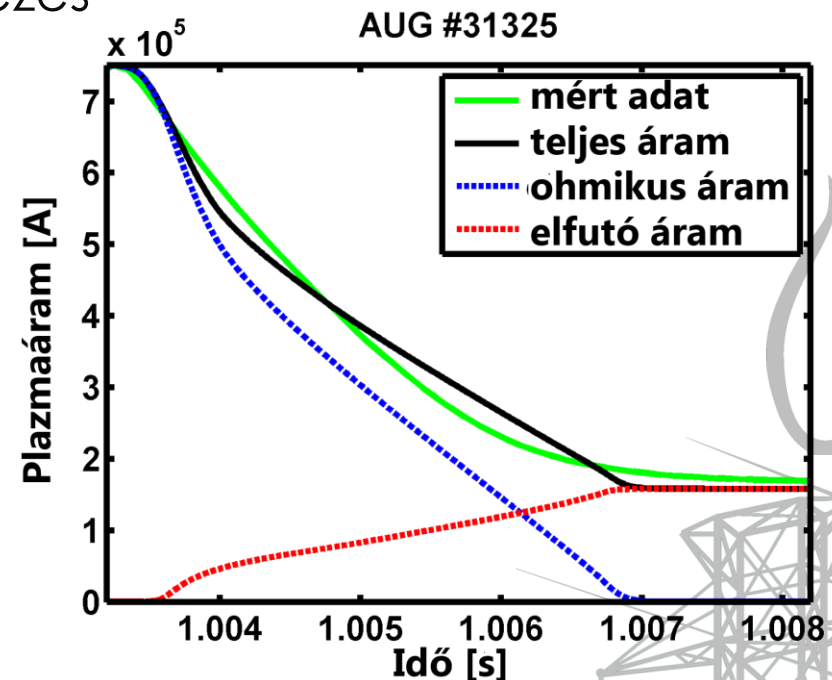
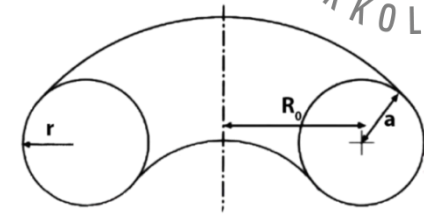
Elfutó elektron nyaláb a berendezésben

A szimulációs kód



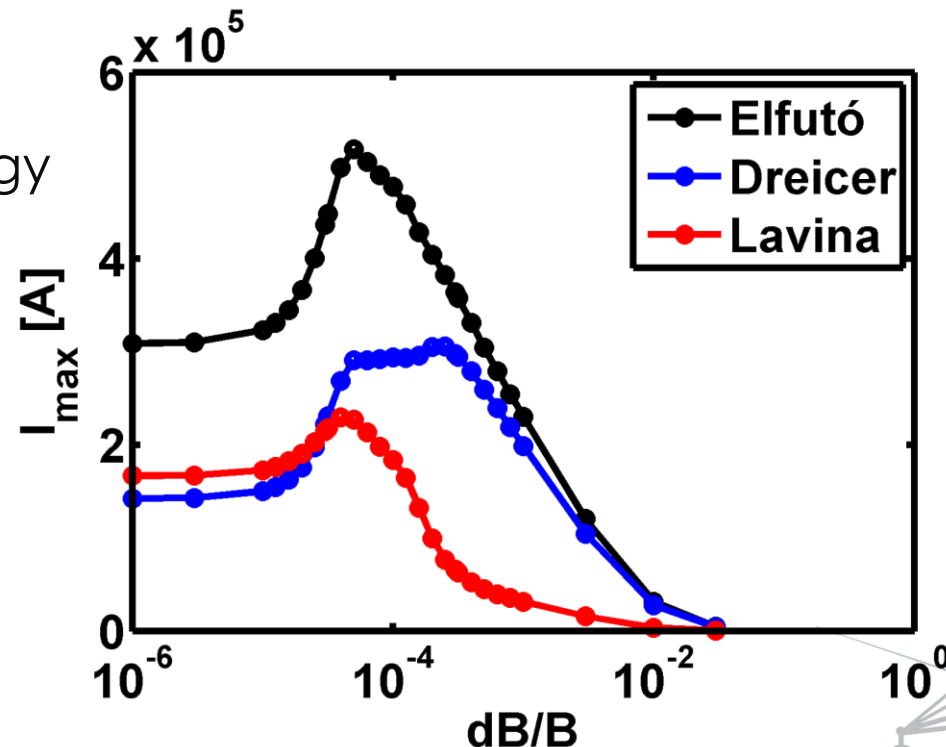
- GO kód [Papp et al., Nuclear Fusion 2013]:

- Egy dimenziós (r) szimulációs kód
- Kezdeti sűrűség és hőmérséklet profil mérésből
- Csak Dreicer és lavina keletkezés
- A hőmérséklet és a sűrűség alakulása külön modellezve minden plazmaalkotóra: elektronokra és a különböző ionokra
- Egyensúlyi egyenletek az energiákra, csatolt ütközéses energiacsere egyenletekkel



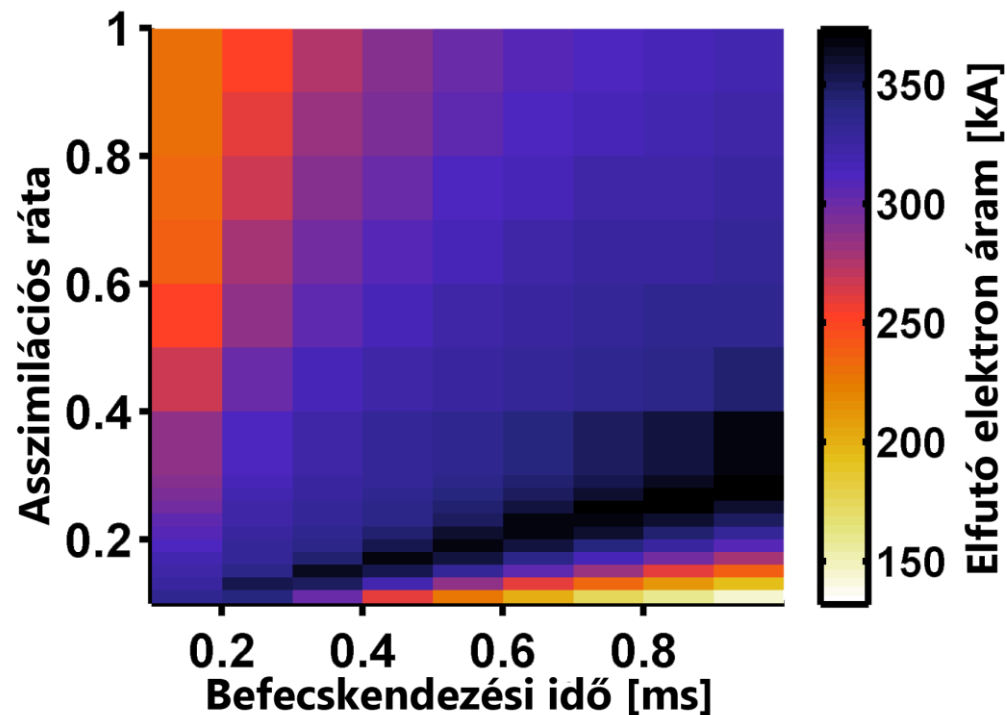
Mágneses perturbáció hatása

- Mágneses perturbáció használata az elfutó elektronok elnyomására
- Kísérletek során az elfutó áram nőtt → hatás szemléltetése szimulációkkal
- Kezdetben nő az elfutó áram, majd egy kritikus perturbáció értéket átlépve csökkenni kezd



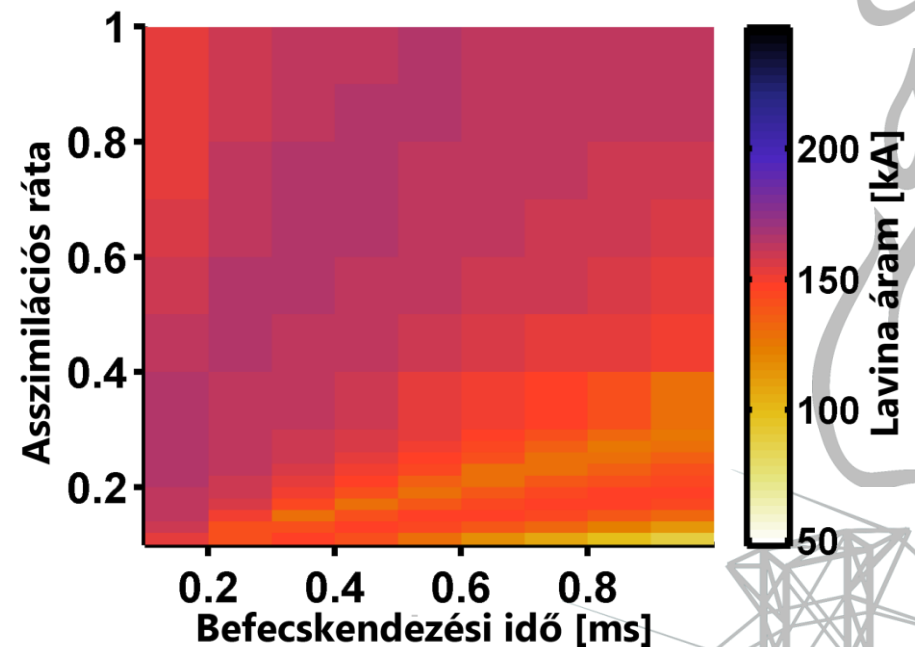
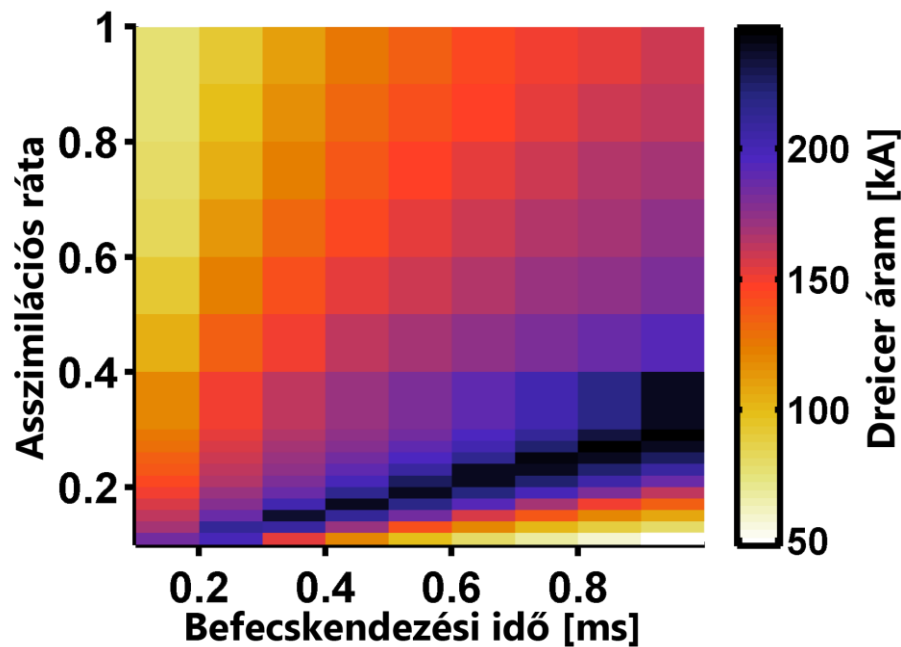
Elfutó elektron áramok

- A gáz befecskendezés két fontos paramétere:
 - Asszimilációs ráta
 - Befecskendezési idő



Különböző keletkezések

- Alapvetően a Dreicer keletkezés a meghatározó, de a lavina keletkezés bizonyos körülmények között túlnőheti



Összefoglalás, kitekintés



- Szabályozott fúziós energiatermelés → Tokamak
- Diszrupciók → elfutó elektron nyaláb
→ súlyos károk a berendezésben
- Elfutó elektron kísérletek: argon gázbefecskendezés a diszrupció biztonságos és megismételhető keltésére
- A kísérletekben zajló folyamatok megértéhez szimulációs kódok: pl. GO kód
- Szimulációkkal reprodukálhatóak és megérthetőek a kísérleti trendek, illetve segítenek a kísérleti tervezésben is