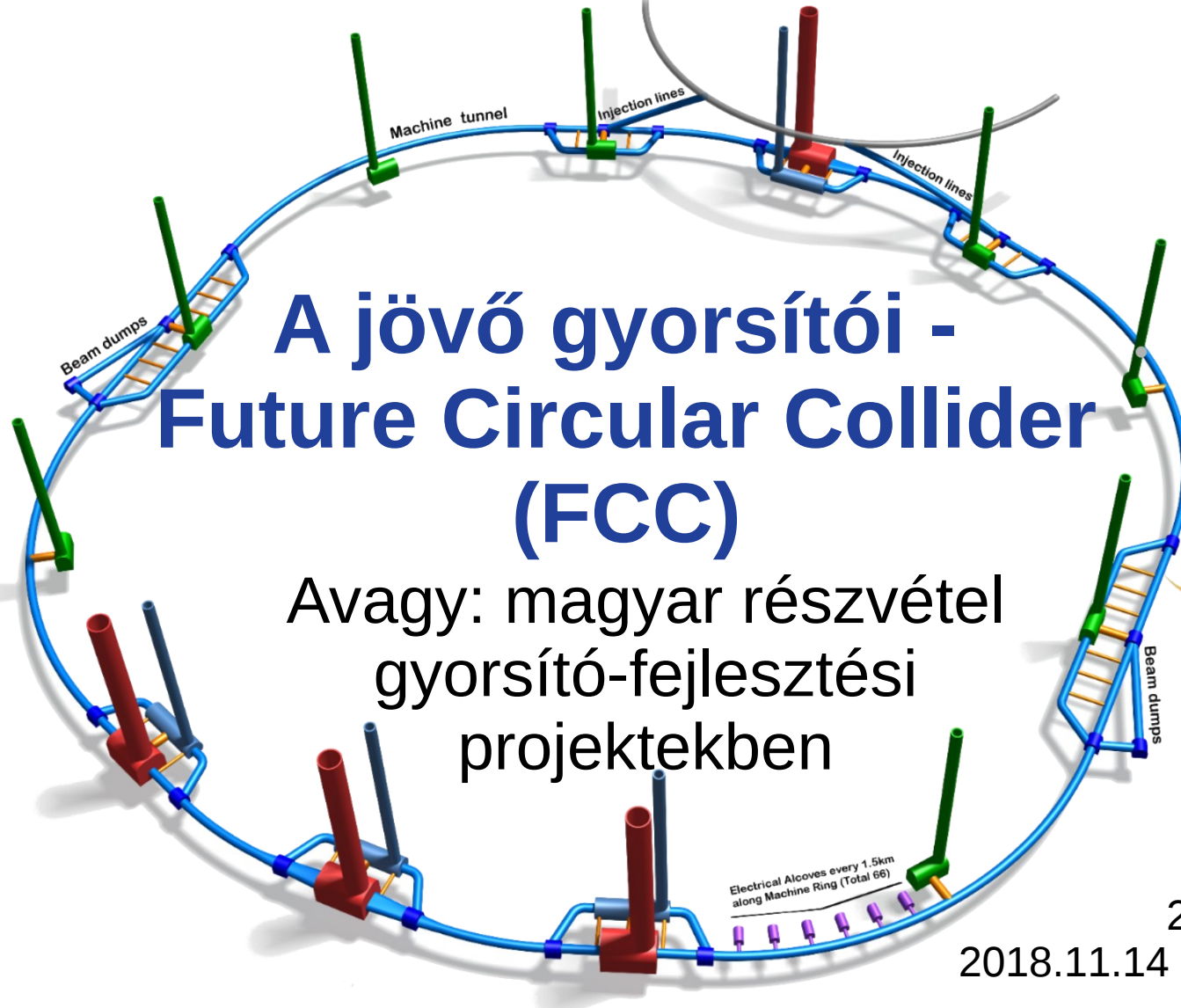




A jövő gyorsítói - Future Circular Collider (FCC)

Avagy: magyar részvétel
gyorsító-fejlesztési
projekteken



Barna Dániel
MTA Wigner FK

25 éves a magyar CERN tagság
2018.11.14 Magyar Tudományos Akadémia

Bevezetés

Gyorsító = nemzetközi projekt?

- Gyorsítók energiája, ára, bonyolultsága egyre növekszik
- Nemzetközi projektekben valósíthatók meg: “large scale infrastructures”
- Nyalábokat szolgáltatásként biztosítják, a kutatók nyalábidőt igényelhetnek
- Magyarország több gyorsítóközponthoz is csatlakozott, rendszerint felhasználóként
- A gyorsítófejlesztés Simonyi Károly ellehetetlenítése után háttérbe szorult

“Large scale infrastructures”

- Ma: világszintű versengés a véges erőforrásokért
- Megvalósulásuk esetén az erőforrások újraosztásának központjaivá válnak
 - Aki kimarad, lemarad... de nem elég bent lenni:
 - Aki ügyetlen, könnyen nettó befizetővé válhat
- Gyorsítófejlesztés: Magyarországon nem kellően kiaknázott szegmens – tudás- és technológia-transzfer, ipari kapcsolatok, megrendelések

Magyar részvétel különböző
projekteken

2016-tól napjainkig...

ELENA elektrosztatikus nyalábvezetékek
(ez még 2016 előtt történt)

ELENA – elektrosztatikus nyalábvezetékek

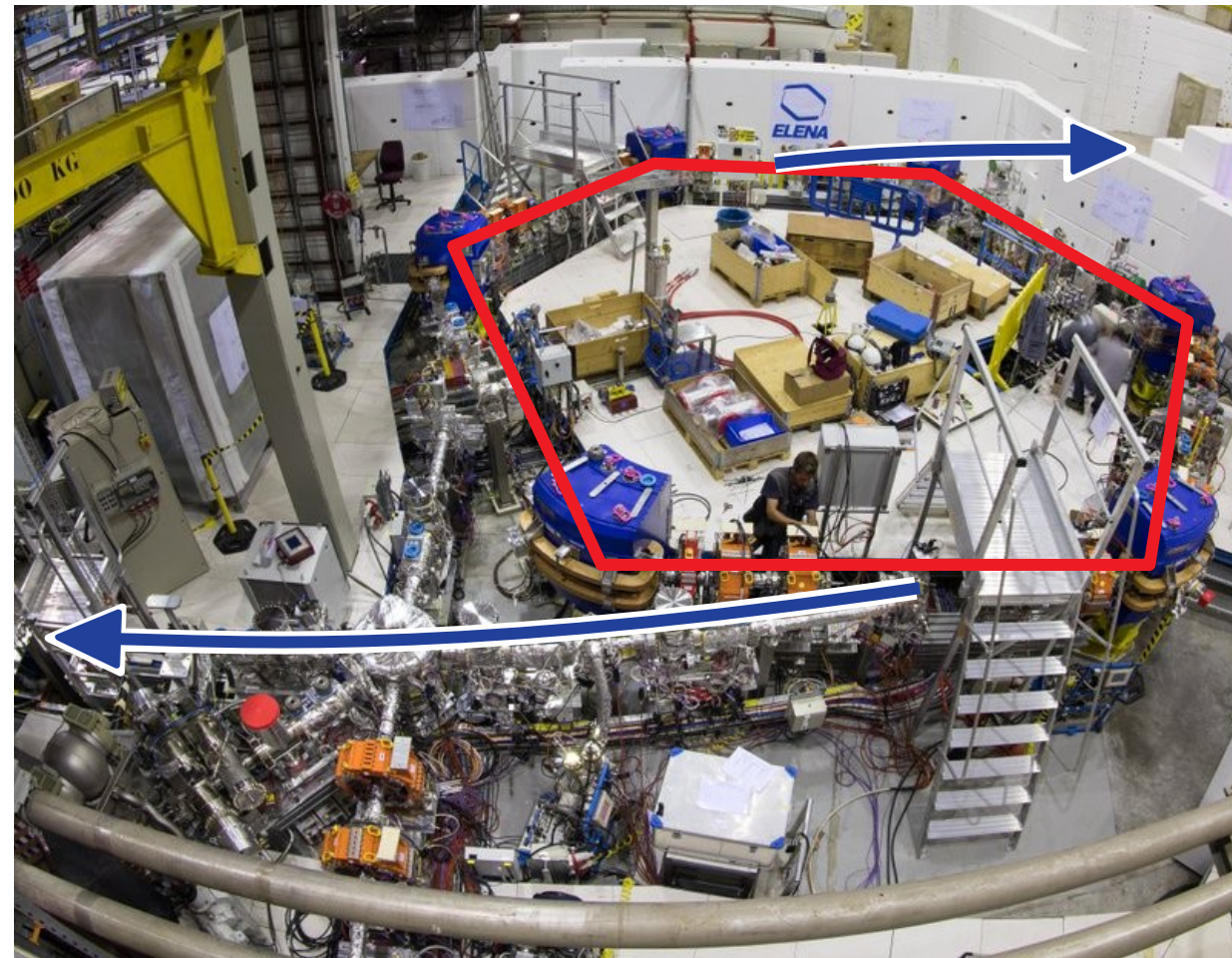
- Az ASACUSA (AD-3) kísérlet tagjaként, CERN-beli tartozkodással
- Kapcsolatrendszer
- Közös témák (FCC kicsatoló szeptum mágnes)



Barna Dániel
Wigner FK

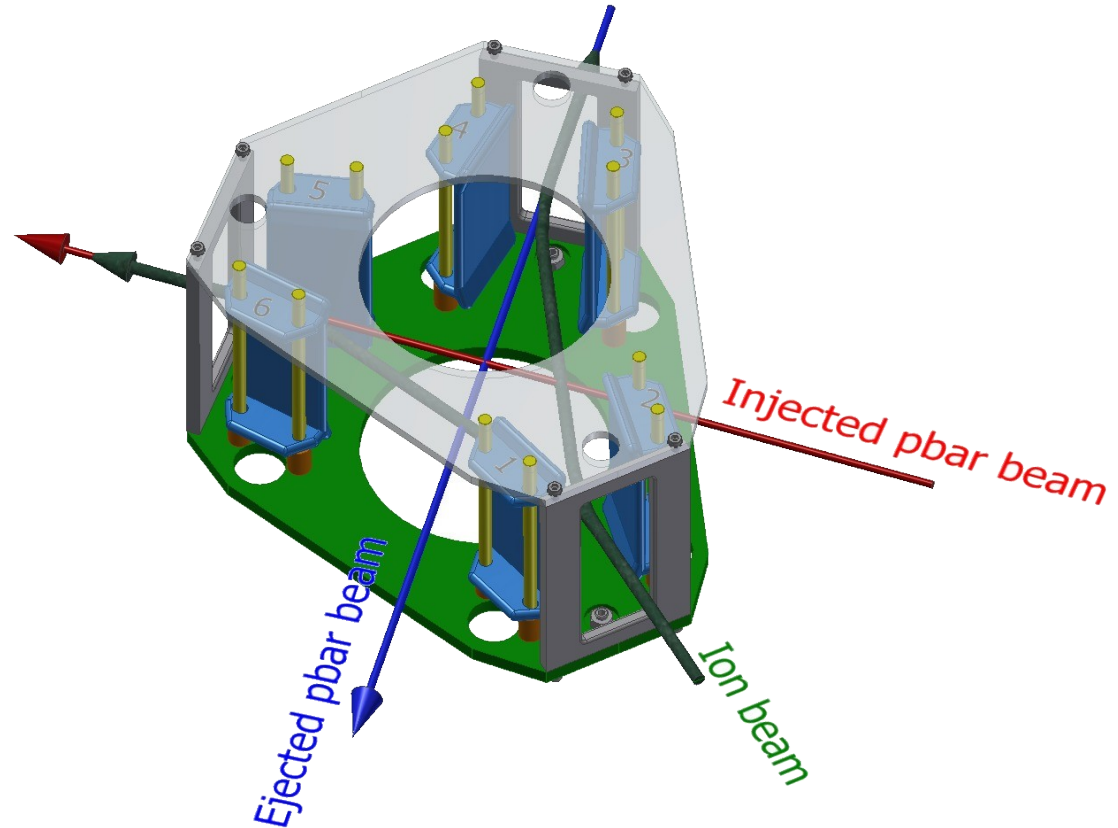
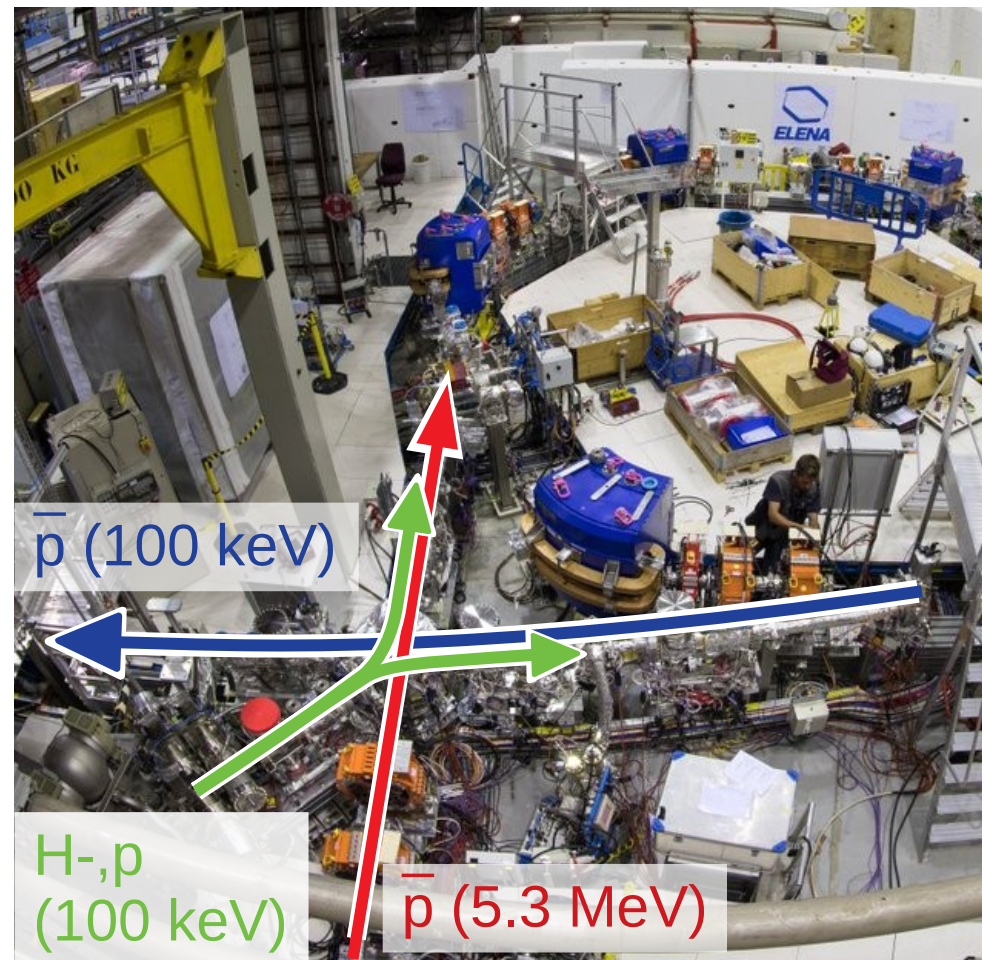
- Szimuláció, CAD tervezés
- Gyártás
- Tesztelés, beüzemelés

ELENA

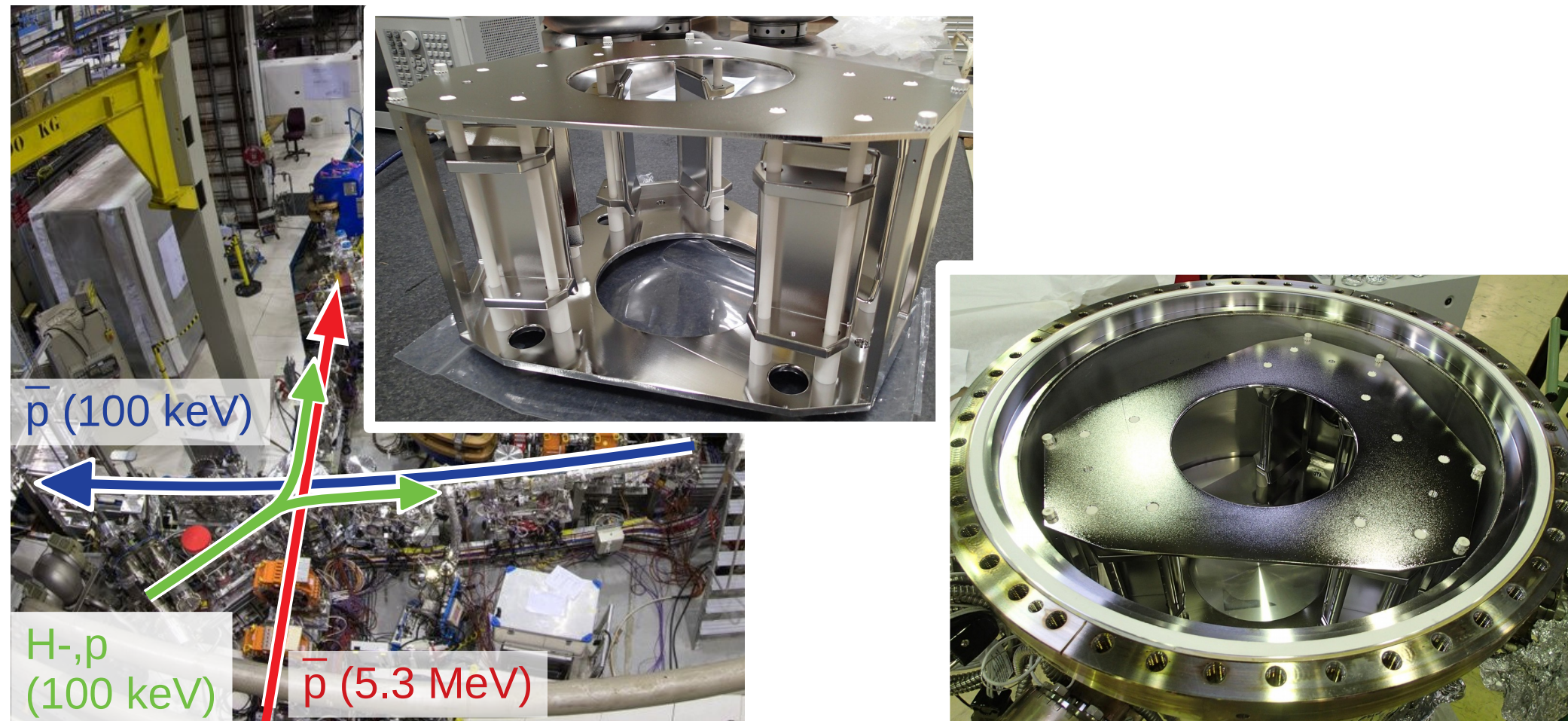


- Gyűrű: 30 m
5.3 MeV $\rightarrow$ 100 keV
- Elektrosztatikus
nyalábvezetékek: $\sim$ 100 m

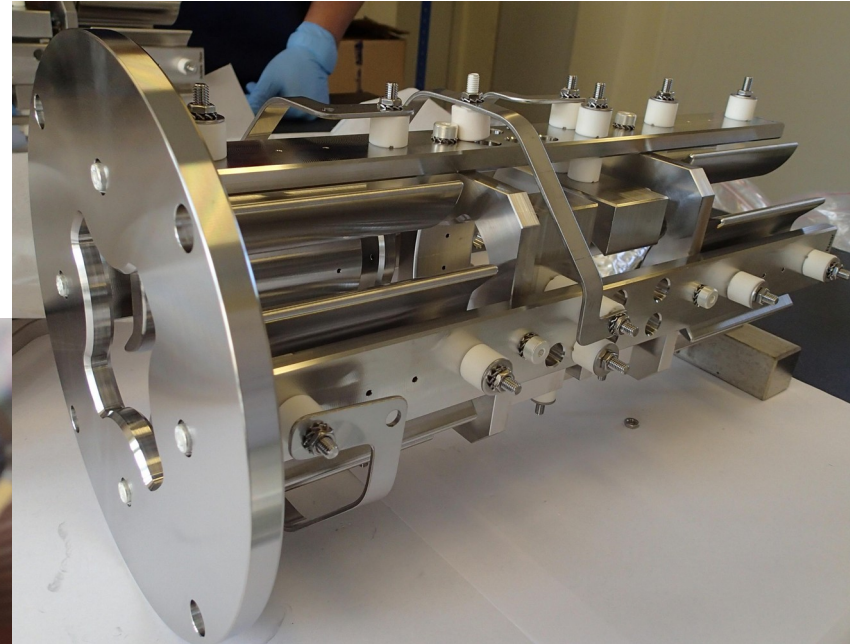
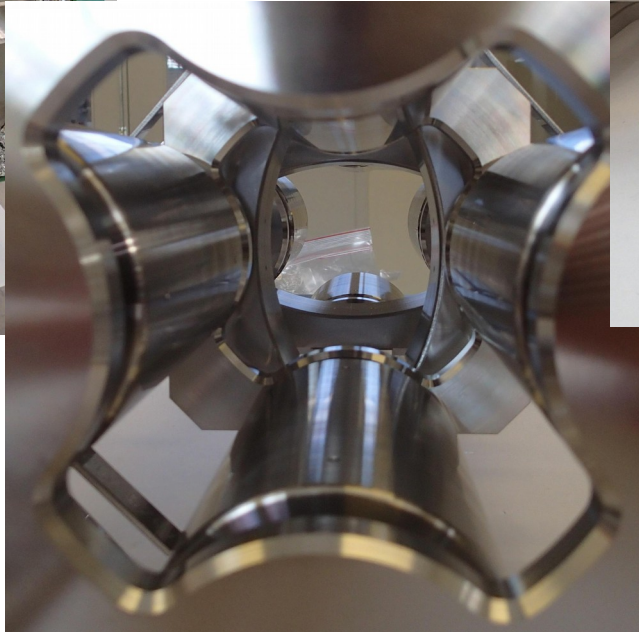
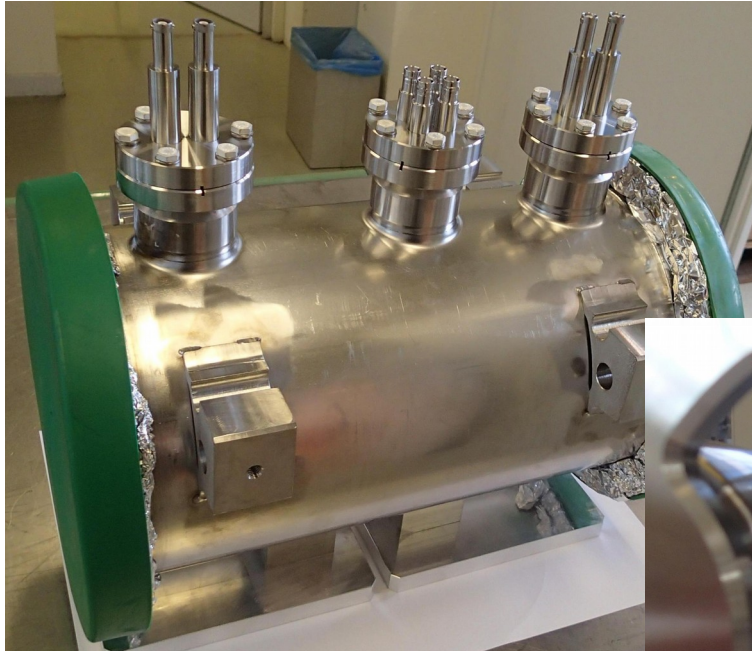
ELENA – ion switch



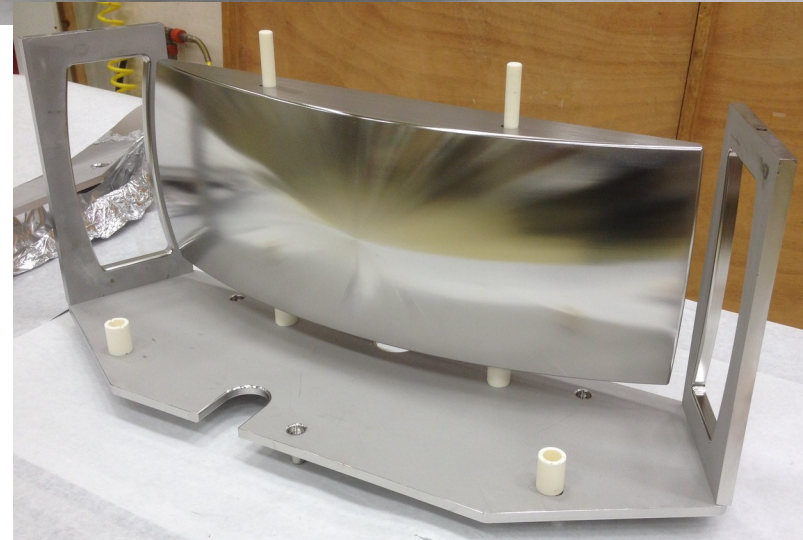
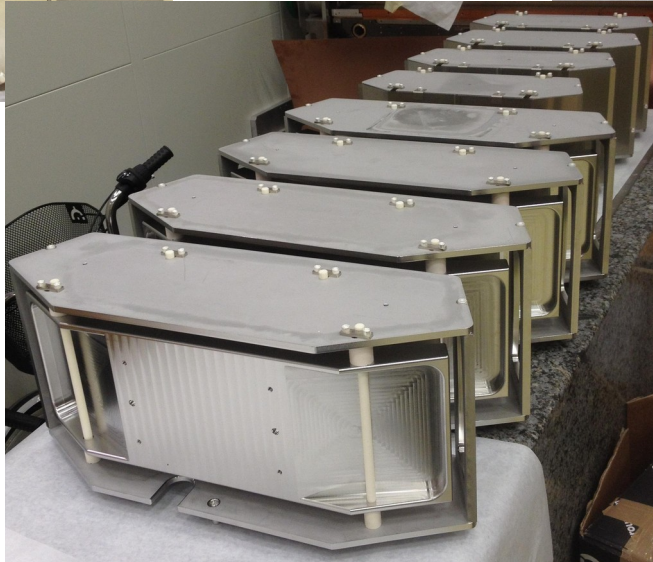
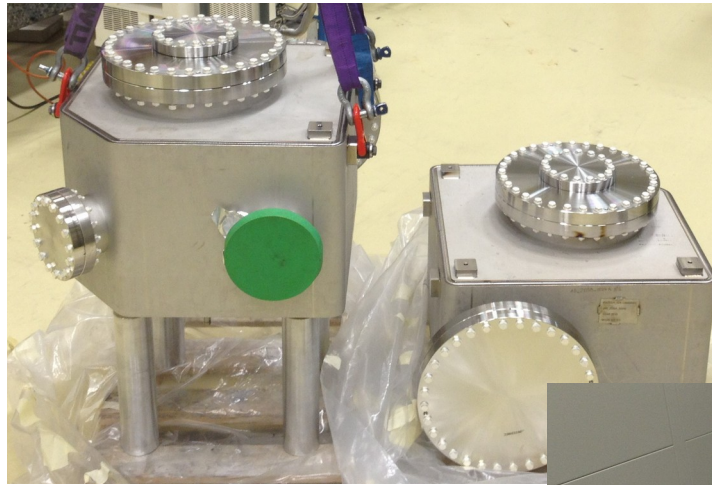
ELENA – ion switch



ELENA – quadrupól és korrektor



ELENA – elektrosztatikus deflektorok

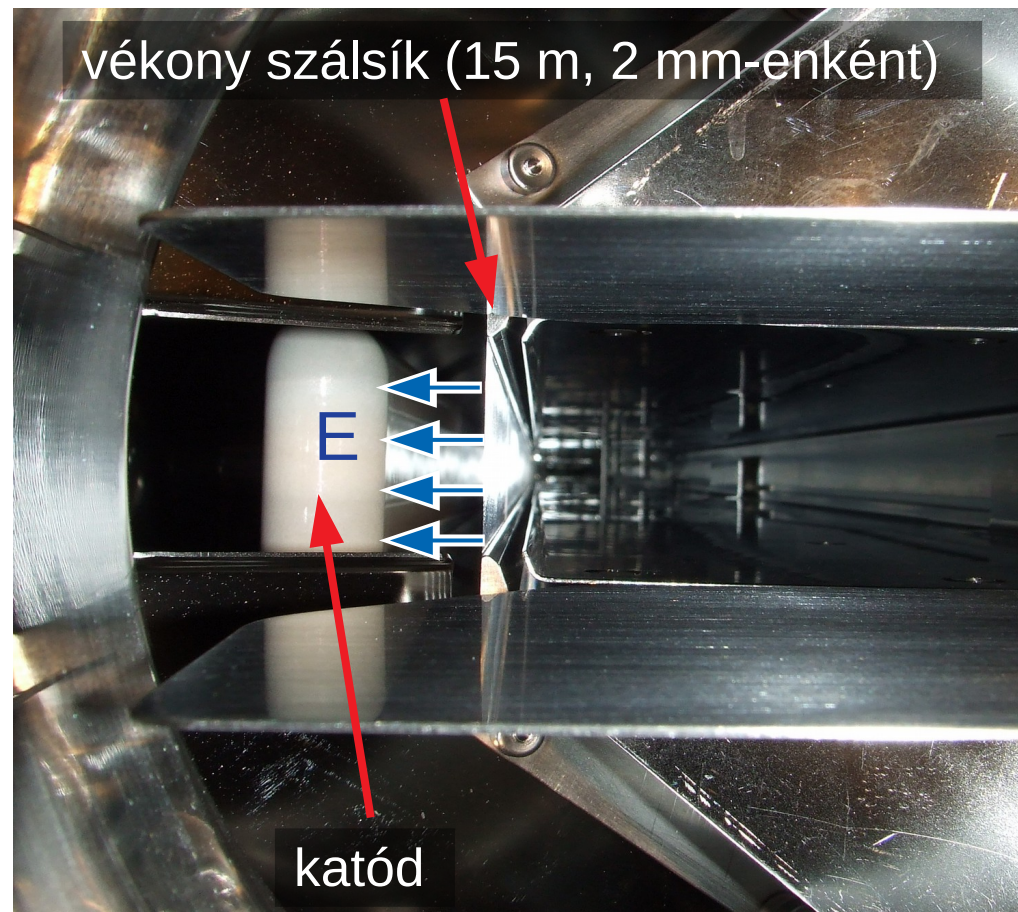


SPS nyalábkicsatolás

SPS Diffuser

SPS elektrosztatikus
kicsatoló szeptum

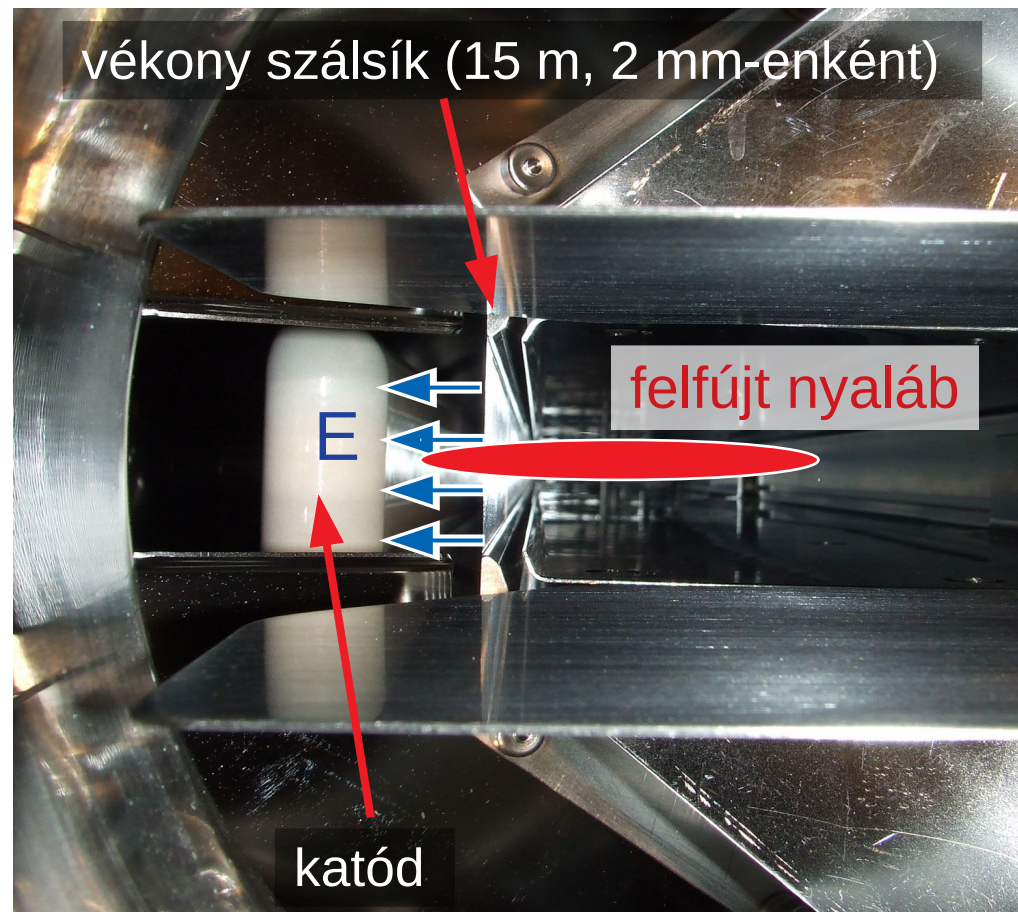
Lassú kicsatolás az álló
céltárgyas kísérletekhez



SPS Diffuser

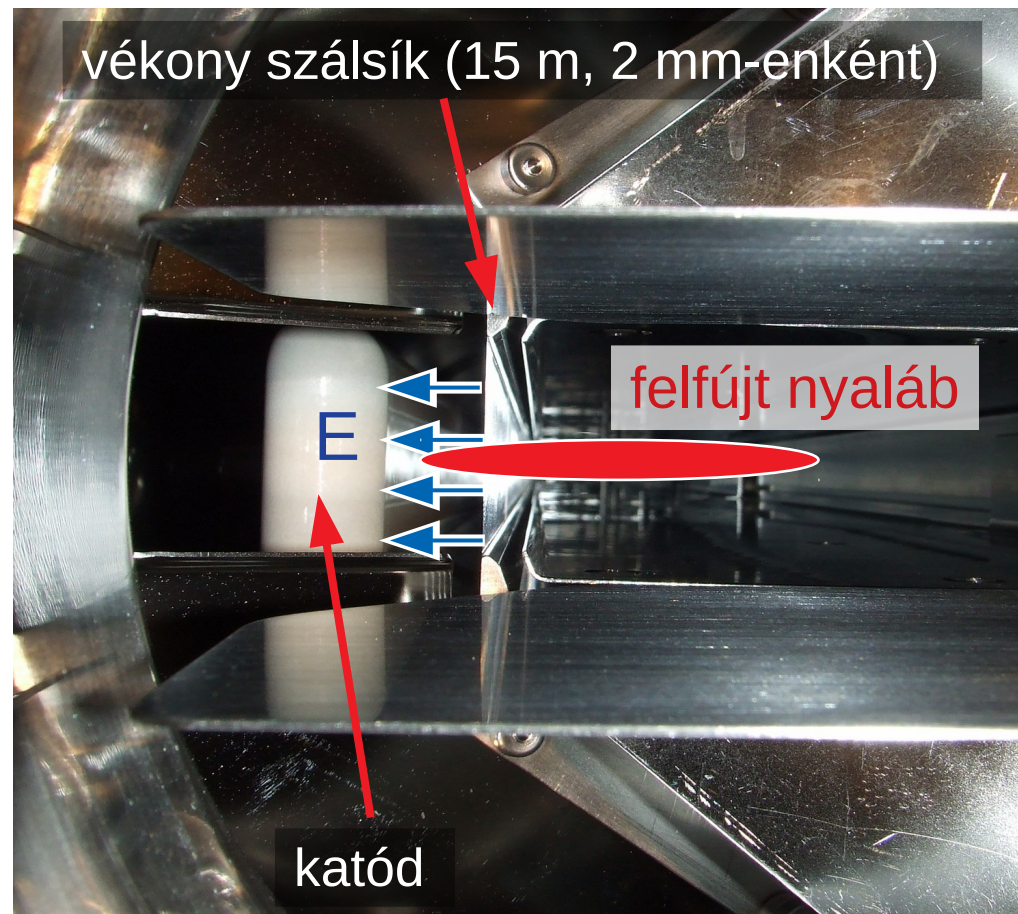
SPS elektrosztatikus
kicsatoló szeptum

Lassú kicsatolás az álló
céltárgyas kísérletekhez

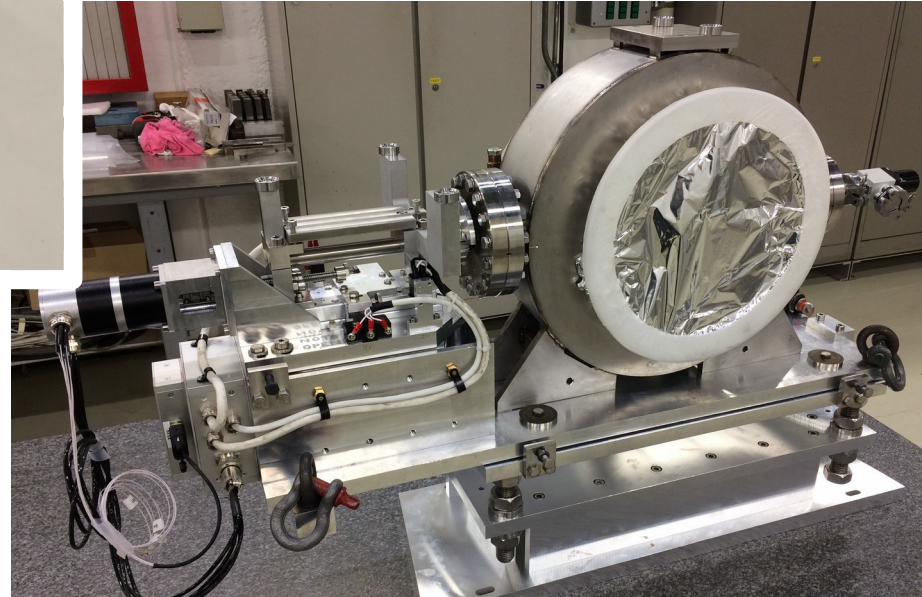
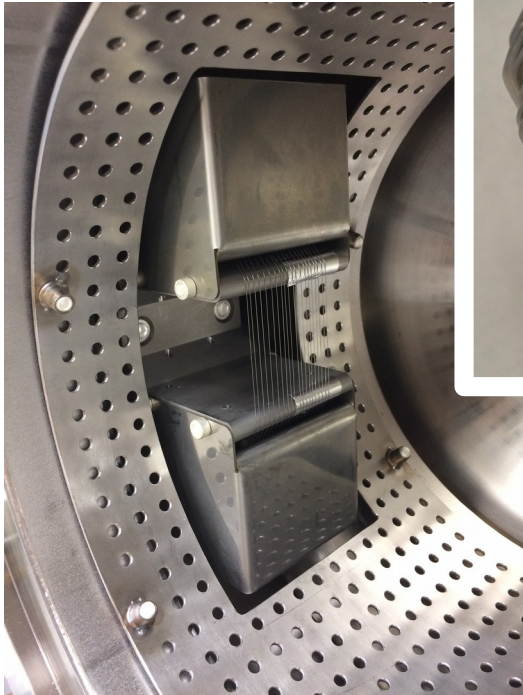
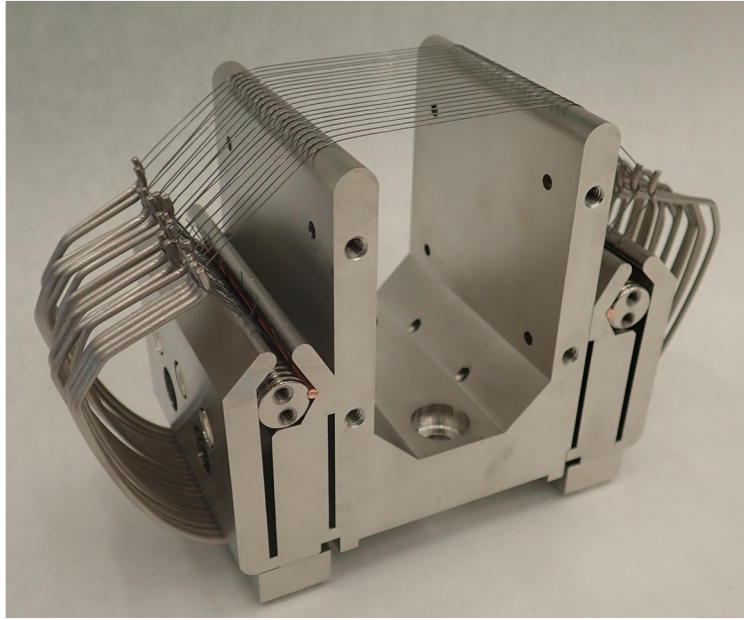


SPS Diffuser

- A nyaláb egy része a szálakat bombázza
- A környezet sugárterhelése, szálszakadás, komponensek aktiválása, karbantartás nehezítése
- Helyezzünk elé pár méterrel néhány vékony drótot, kiszórja a protonokat: DIFFUSER

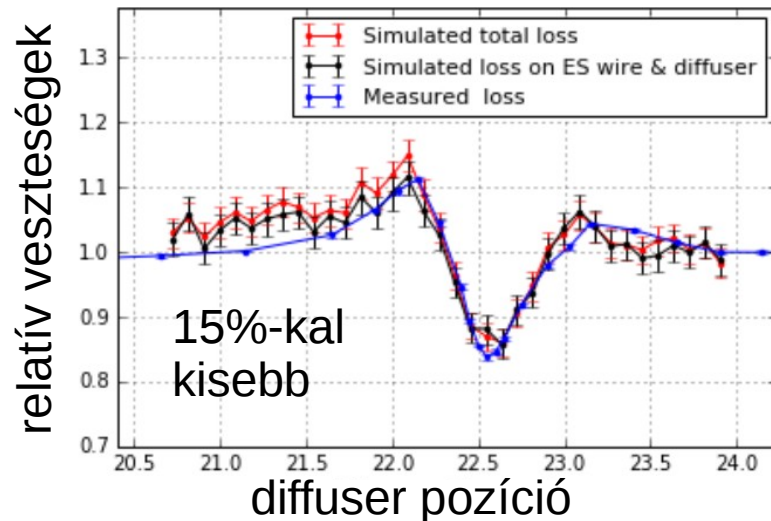


SPS Diffuser

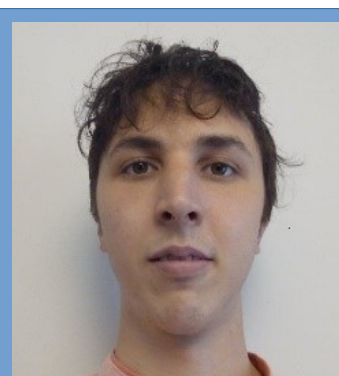


SPS Diffuser

- Tervezés, legyártás, összeszerelés, tesztelés fél év alatt
- 9 nappal az ígért határidő után szállítottuk
- Bekerült az SPS-be és az elvárások szerint működött
- “Most már tudunk annyit, hogy el mernénk vállalni ezt a projektet”



Barna Dániel



Brunner Kristóf



Simon Zsuzsa

Gimnáziumi diákprogram

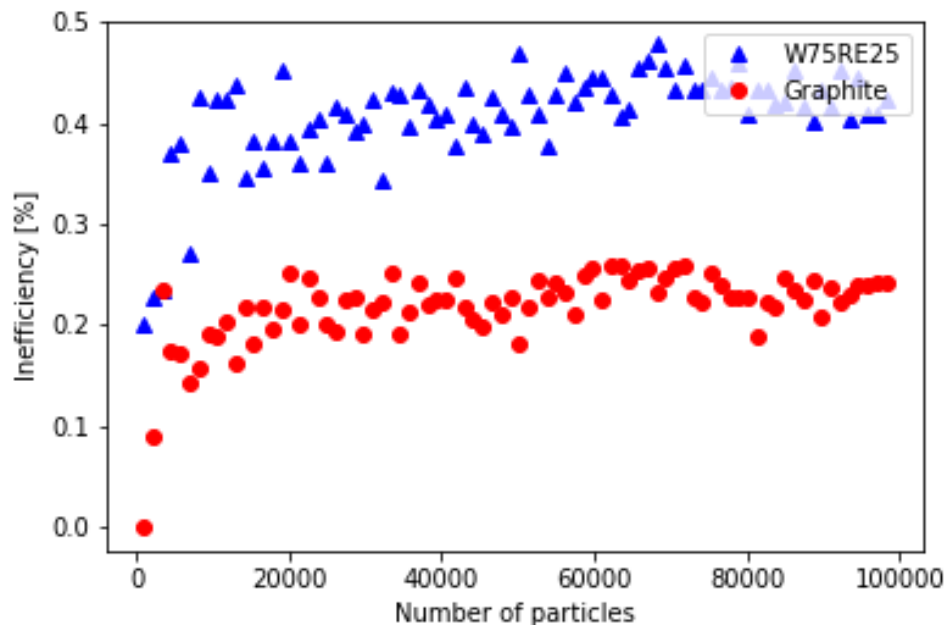
- 1 hónapos nyári tanonc program (CERN x2)
- 2017: LHC hibás kicsatoló kicker triggerek elemzése
- 2018: SPS szeptum pozicionáló algoritmus
 - Gradiens, Bayes, simplex algoritmusokkal
 - Szimulált eredményeken fejlesztve és tesztelve
 - Mérési eredményekre és online alkalmazásra tervezve
 - 3x hatékonyabb veszteségcsökkentés remélhető



Gimnáziumi diákprogram

- 1 hónapos nyári tanonc program (CERN 2018)
- SPS szeptum veszteségek szimulációja:
szálvastagság, más anyagok használata,
pozicionálás függvényében

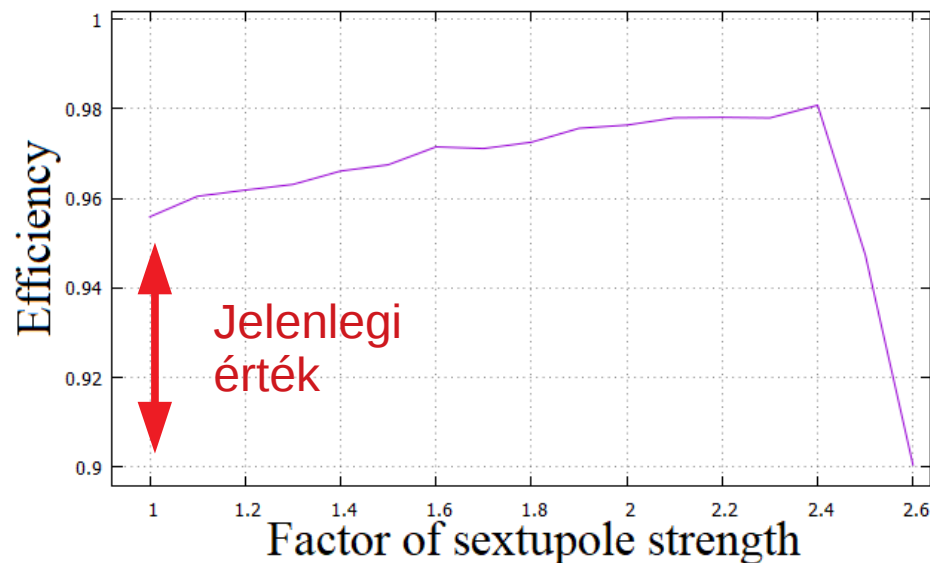
Grafit szálakkal
felére
csökkenthetők a
veszteségek



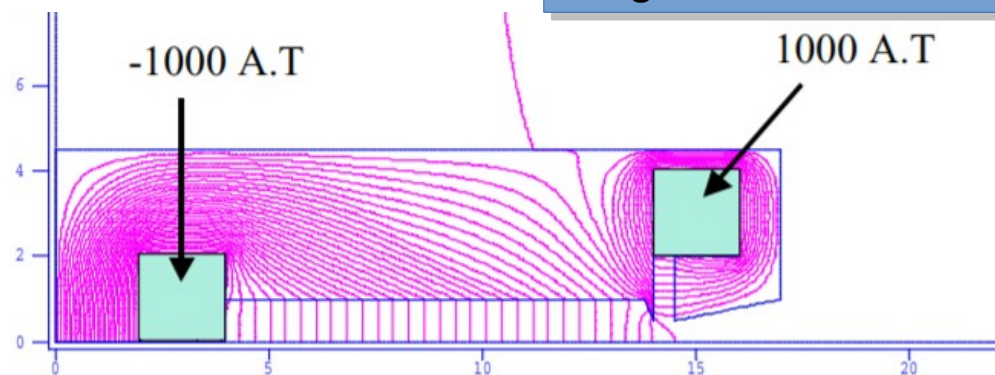
Veres Dóra Erzsébet
Fazekas Mihály
Gimnázium
→ Oxford ☹️

SPS kicsatolási hatékonyság növelése

- CERN nyári diák program (11 hét, 2017)
- SPS lassú kicsatolás hatékonyságának növelése “massless szeptum” használatával

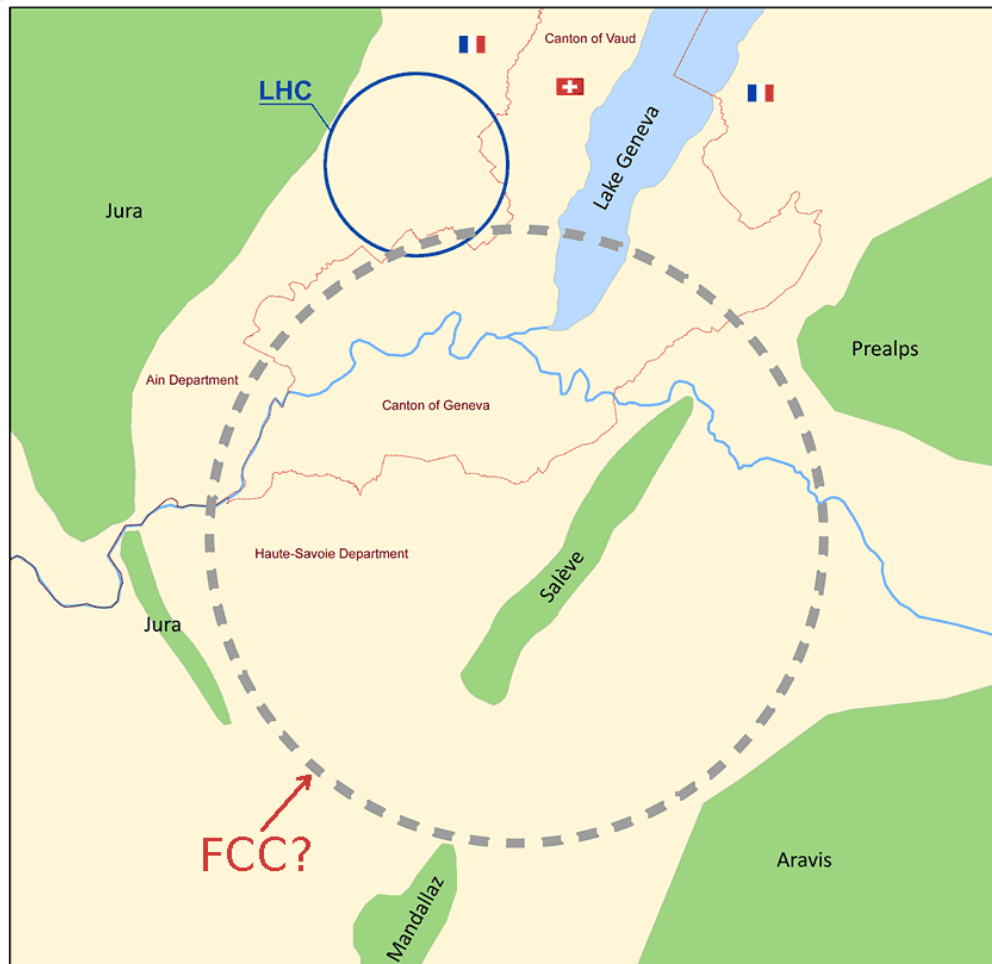


Brunner Kristóf
doktorandusz
Wigner FK & CERN



Future Circular Collider kicsatoló szeptum mágnes

FCC – Future Circular Collider



- AZ LHC bezárása után, 2035-től működne
- 50+50 TeV energia (p+p)
 - 27 km $\rightarrow$ $\sim$ 100 km
 - 8 Tesla (NbTi) $\rightarrow$ 16 Tesla (Nb₃Sn)

A nyaláb nem játék...

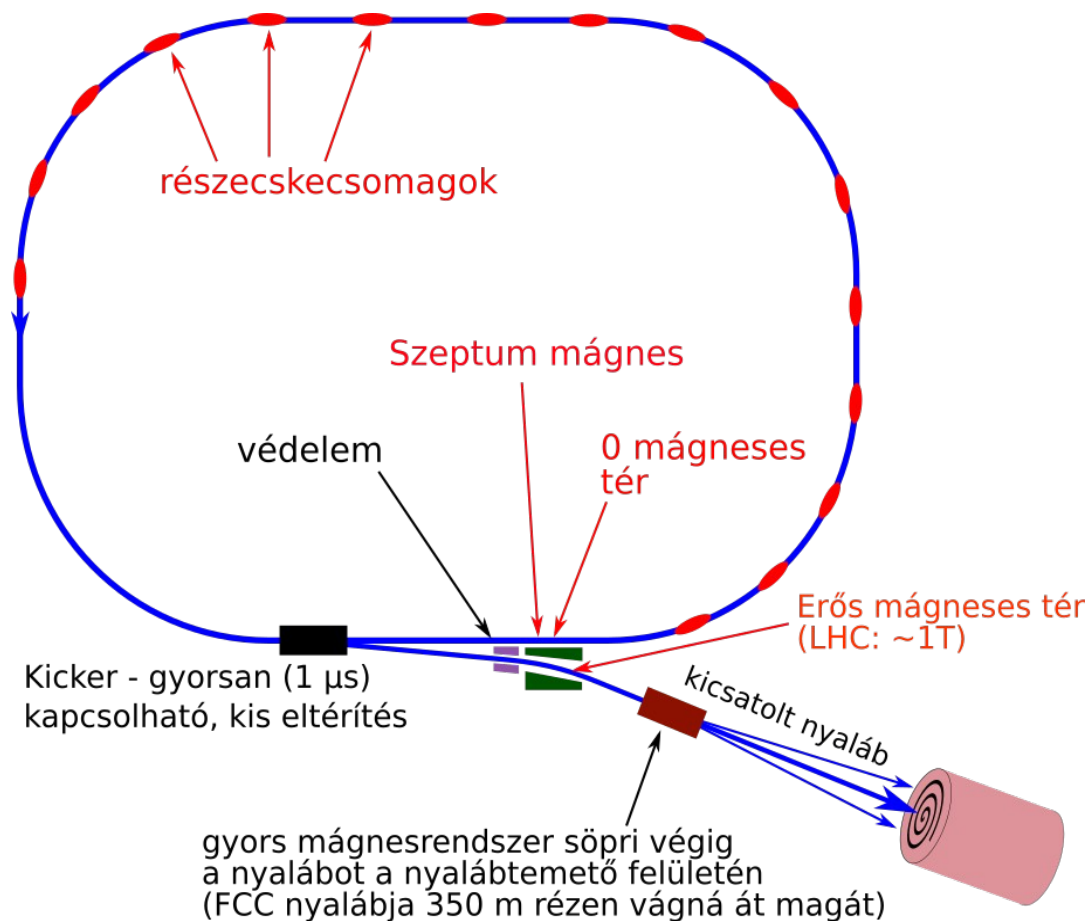


- 12 tonna rezet megolvasztana
- 300 méter rézen átfúrja magát
1 pontba becsapódva

- Nyaláb energiája: 8 GJ
(Boeing 747: 330 tonna, 800 km/h)



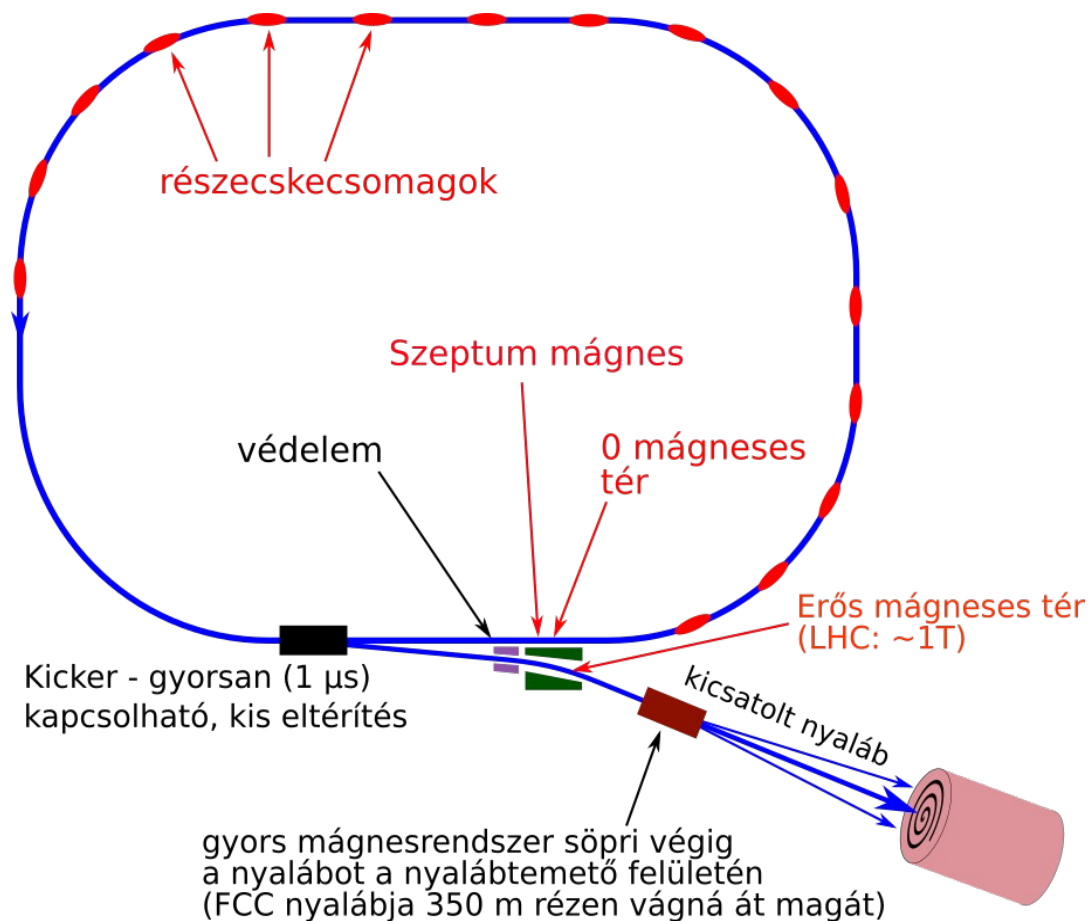
A kicsatoló/nyalábtemető rendszer



! Biztonságosan el kell tudni távolítani a nyalábot:

- az ütközési ciklus végén
- ha bármilyen hibajel érkezik bárhol

A kicsatoló/nyalábtemető rendszer

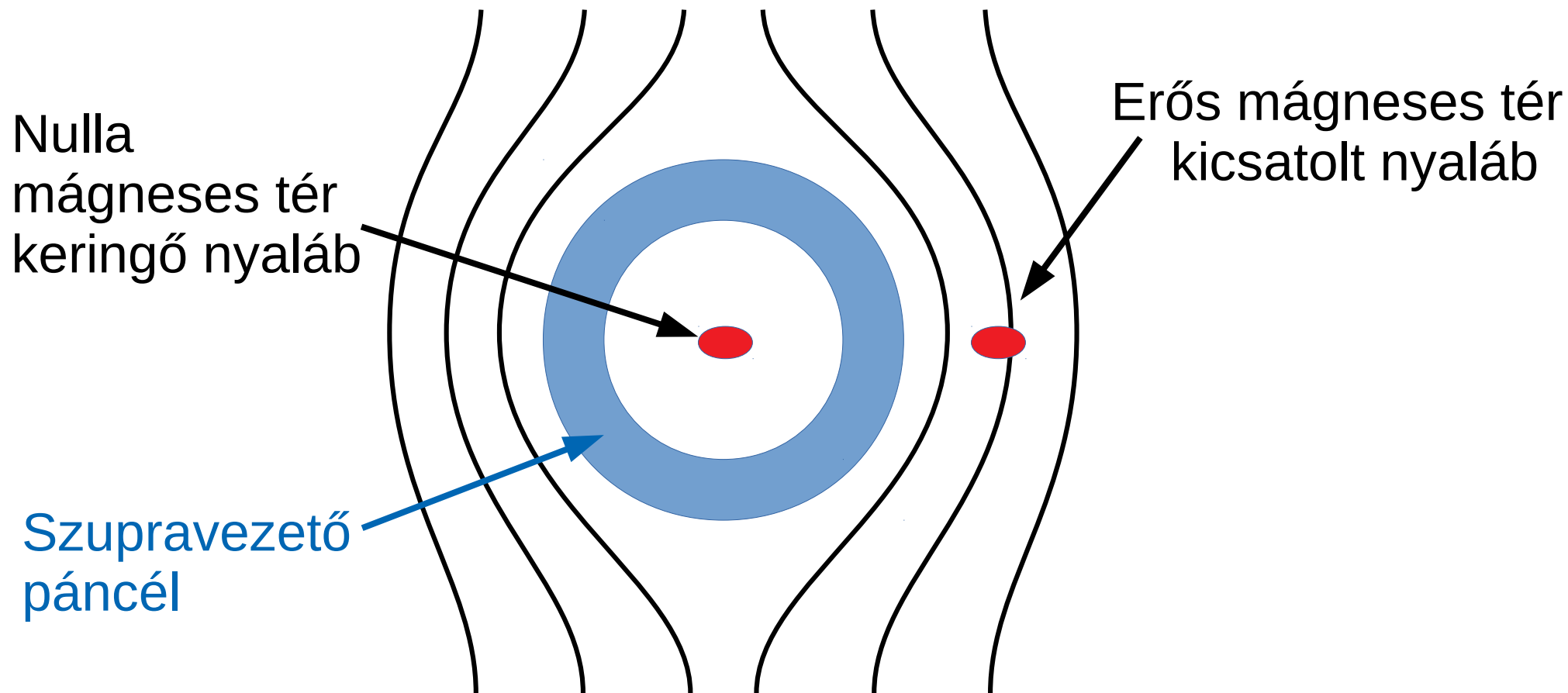


Hogyan tudunk nulla és nagyon erős mágneses teret létrehozni egymás közelében?

- Ferromágnes: $\mu_r \gg 1$ (pl vas)
"magába szippantja" a teret
(LHC Lambertson mágnesei)
- Erős diamágnes: $\mu_r \ll 1$ ami
kiszorítja a teret →
SZUPRAVEZETŐK
(örvényáramok, és NEM
Meissner effektus!)



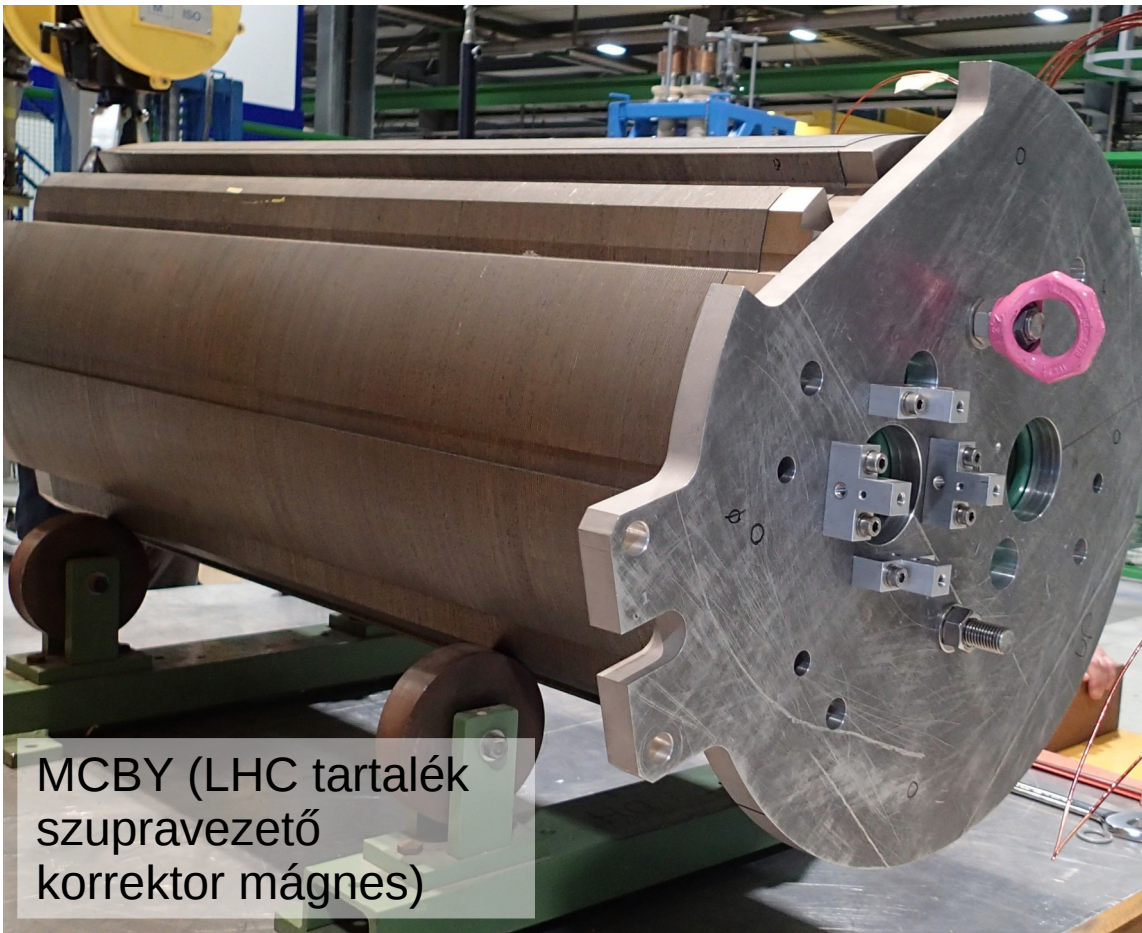
$\mu_r \ll 1$ eset: szupravezetők



Szupravezető páncél tesztek: CERN SM18

- Európai forrásból (EUCARD-2, ARIES)
- CERN szolgáltatója az infrastruktúrát
 - kriosztát
 - szupravezető mágnes és kellékei
 - diagnosztika
 - személyzet
- Wigner:
 - projektvezetés
 - tervezés
 - szimuláció
 - tesztek megépítése, elvégzése, kiértékelése, publikálása

Szupravezető páncél tesztek: CERN SM18

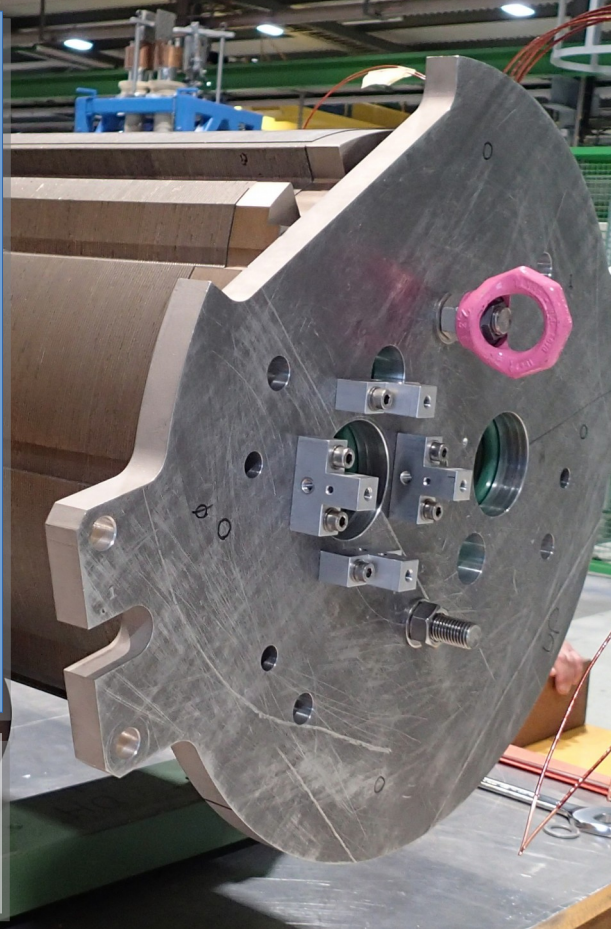


Szupravezető páncél tesztek: CERN SM18

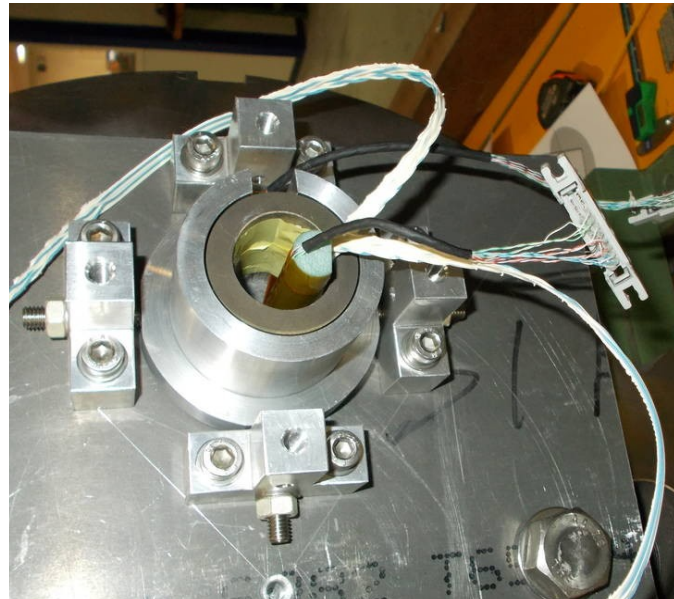
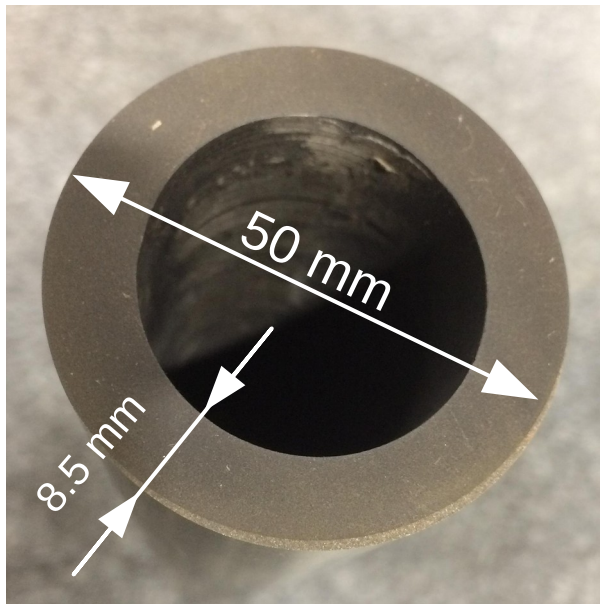
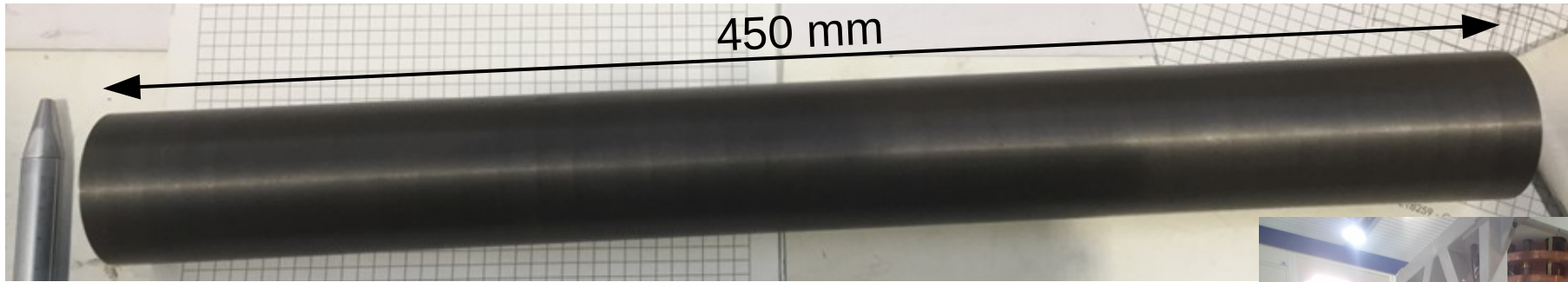


Bajkó Márta
CERN SM18 team
leader

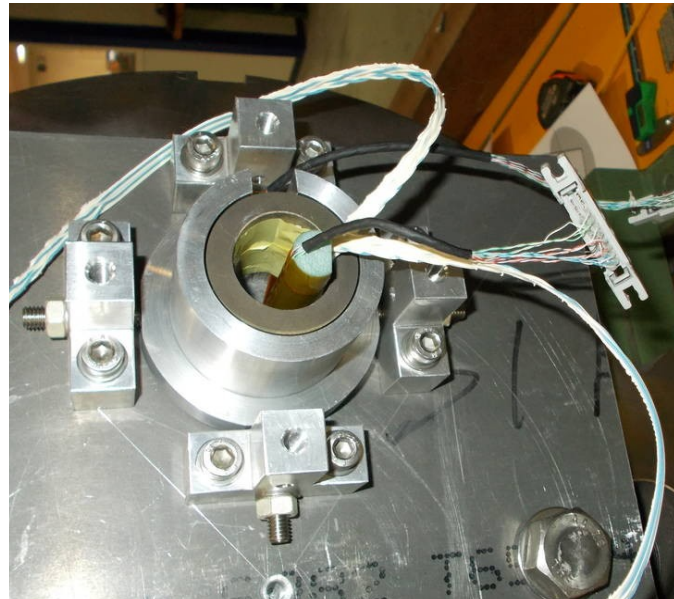
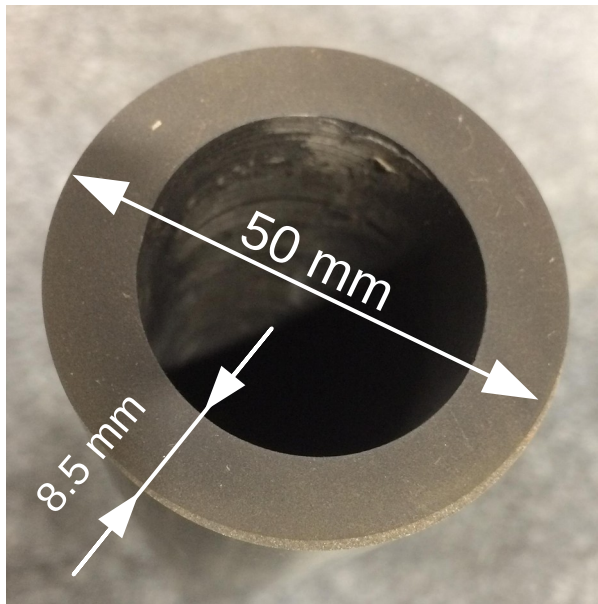
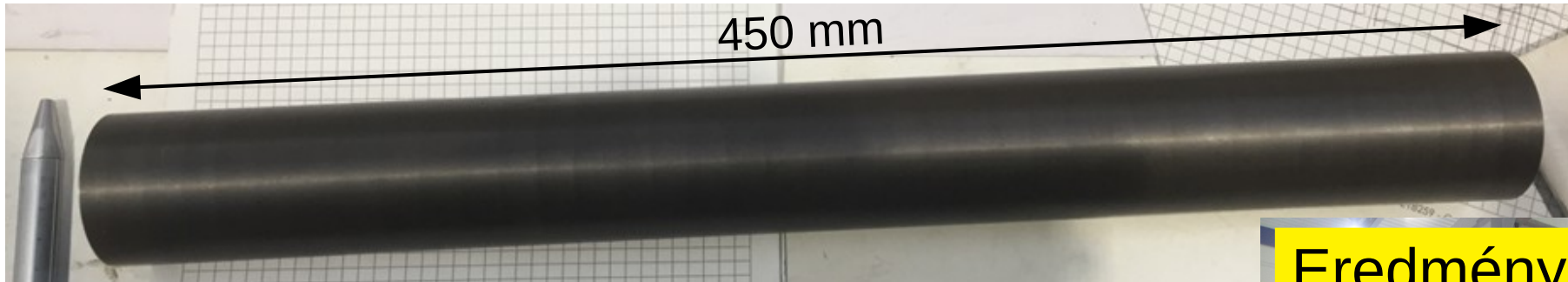
MCBY (LHC tartalék
szupravezető
korrektor mágnes)



Szupravezető páncél teszt: MgB_2



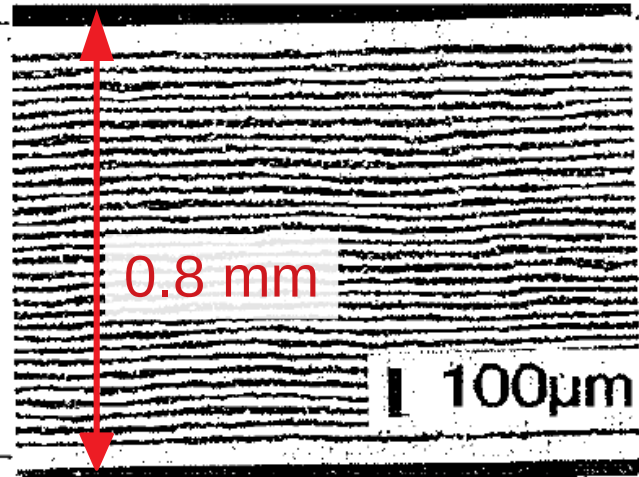
Szupravezető páncél teszt: MgB_2



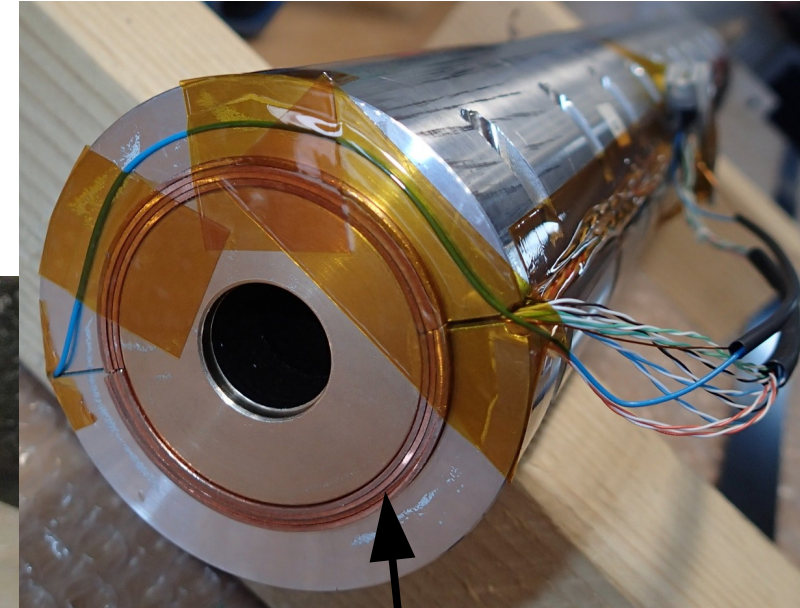
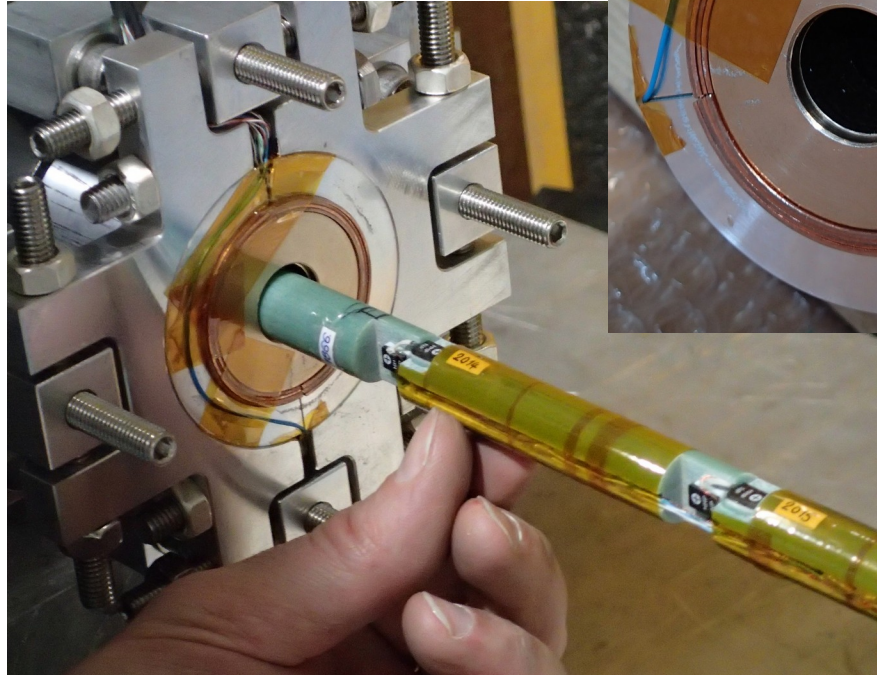
Eredmények:

- Kívül 3 Tesla tér
- Belül 0 Tesla
- Falvastagság: 8.5 mm

Szupravezető páncél tesztek: NbTi

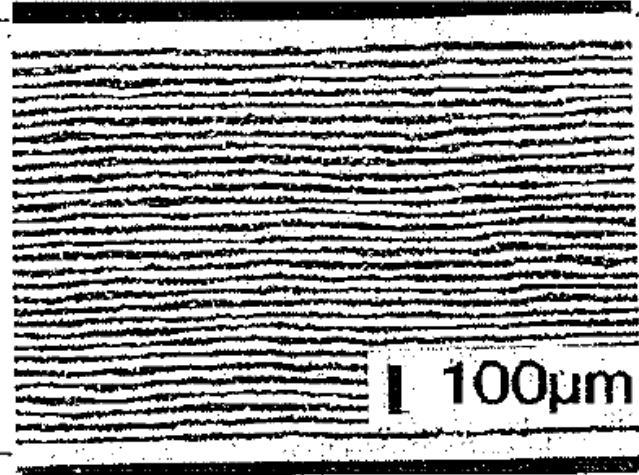


30-30 réteg
NbTi & Cu
(10 μm)

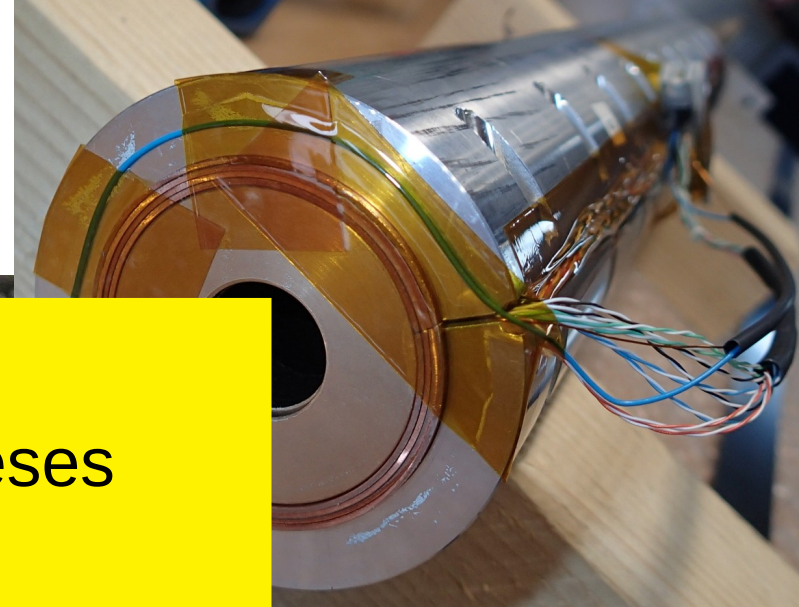


Szupravezető
páncél

Szupravezető páncél tesztek: NbTi



30-30 réteg
NbTi & Cu
(10 μm)



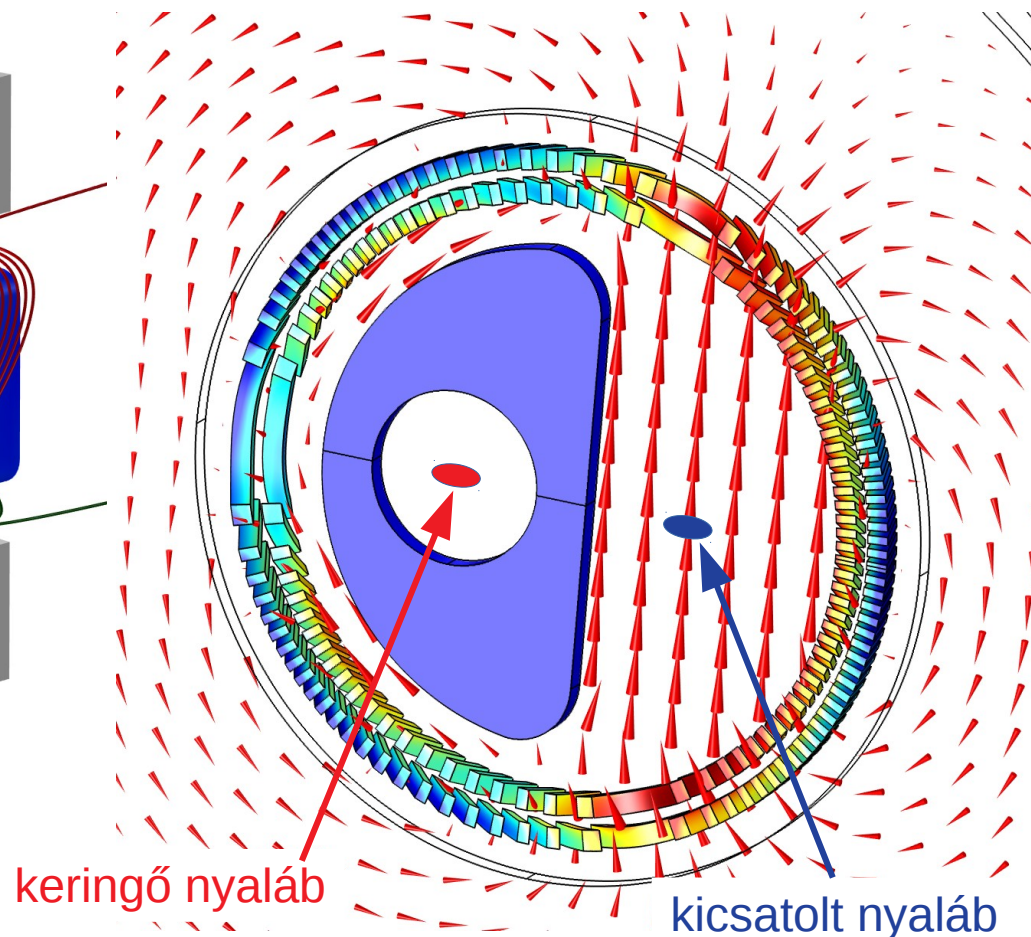
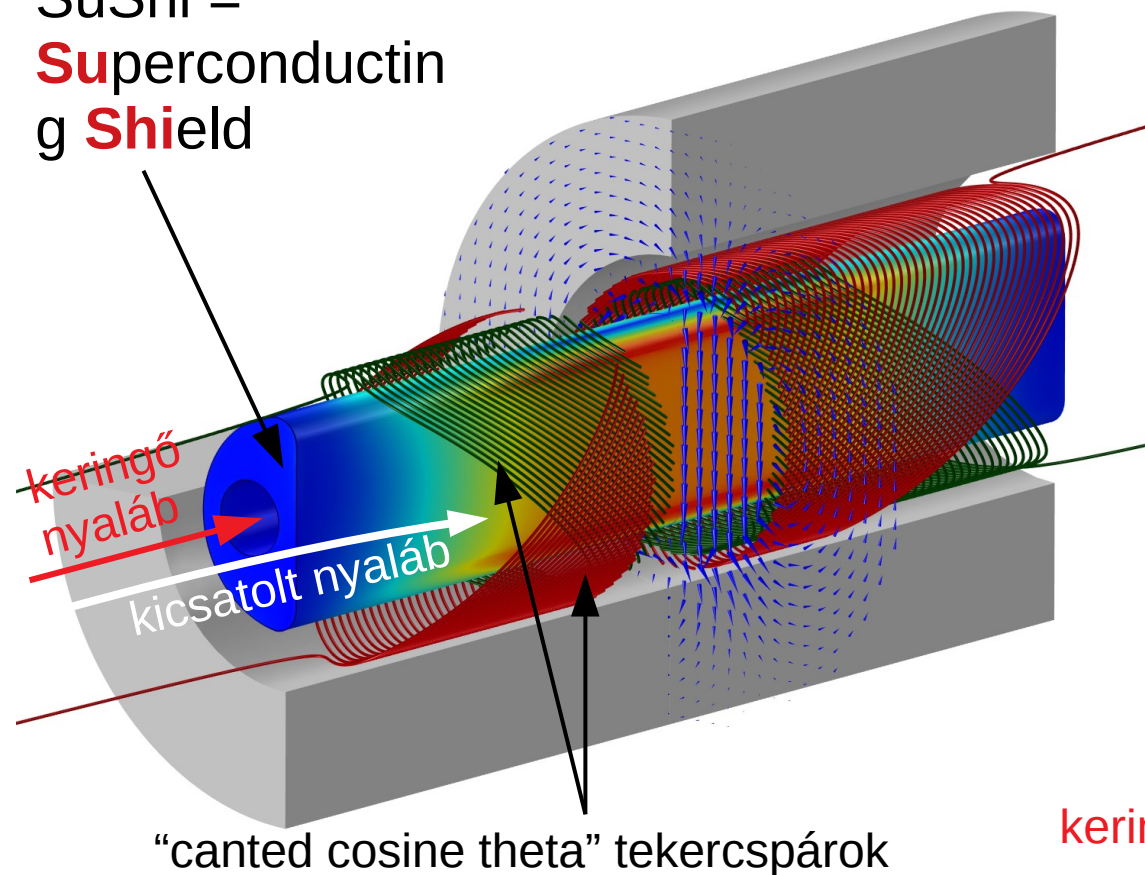
Eredmények:

- 3.1 Tesla mágneses teret leárnyékkolt
- 3.2 mm falvastagság (!)



SuShi szeptum

SuShi =
Superconductin
g **S**hield



SuShi szeptum projekt



Koncepcióterv idén készült el



3D mágneses szimuláció



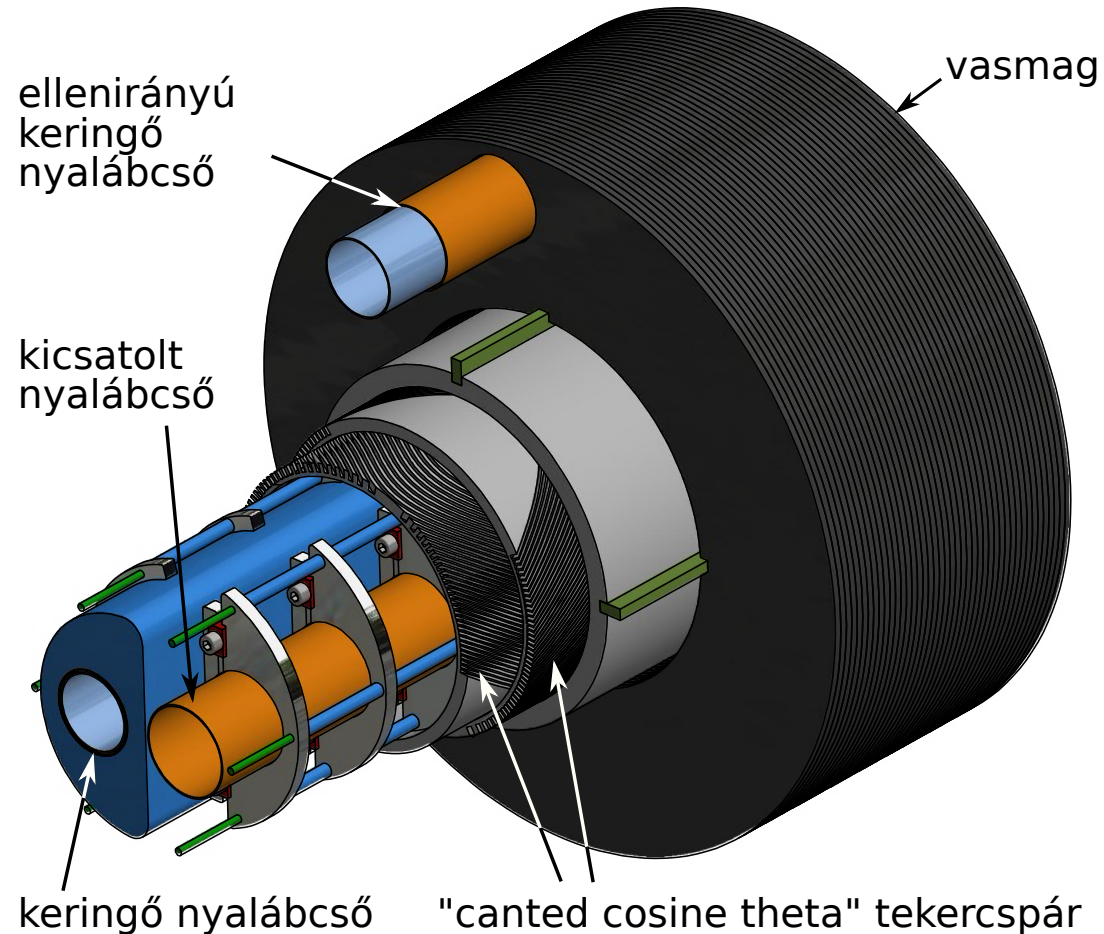
Mechanikai szimuláció



CAD tervek

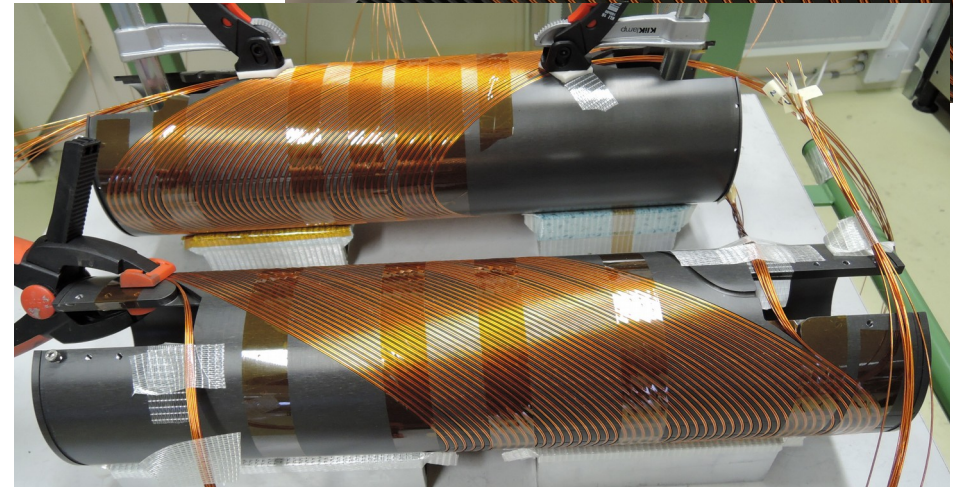
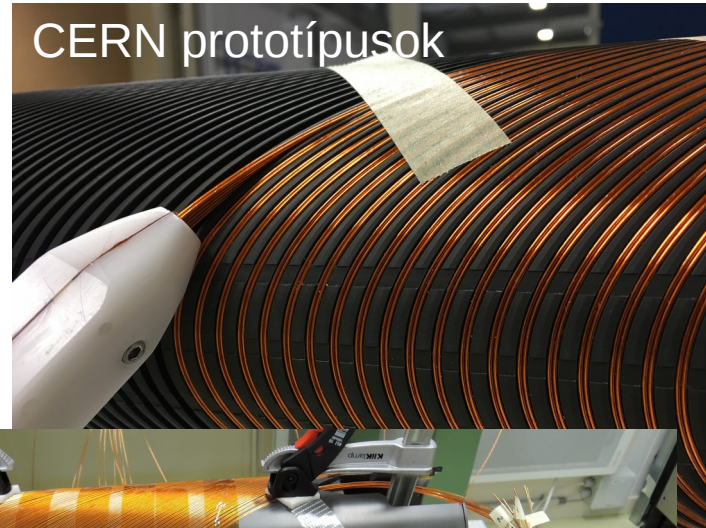


Quench védelem, szimuláció



2019-2020: szupravezető mágnes építés Magyarországon

- CERN-Wigner együttműködési megállapodás szövegezése folyamatban
- Wigner FK: munkaerő, infrastruktúra, 3D tervezés, szimuláció, mágnes építés, projekt vezetés
- CERN: költségek fedezése, tudástranszfer, konzultáció, tesztelés
- FCC Conceptual Design Report része (2018 december)
- 2020: *“most már tudunk annyit, hogy bele mernénk vágni egy ilyen projektbe”*



Forrás: <https://www.researchgate.net/project/LHC-hi-Lumi-orbit-corrector-5Tm-CCT>

FCC SuShi szeptum projekt



Novák Martin
Wigner FK (doktorandusz)

- CAD tervezés
- végeelem szimulációk
- kísérlet építés, kiértékelés



Barna Dániel
Wigner FK

- Projektvezetés, lobbizás
- CAD, szimulációk, kísérletek



Brunner Kristóf
Wigner FK – CERN

- Kísérletek

NbTi/Cu szupravezető rétegezt lemez gyártása

NbTi sokrétegű szupravezető lemez

- Nippon Ltd fejlesztette, megszüntette
- Rettentő drága, csak néhány lemez maradt
- Ettől függhet a SuShi szeptum projekt sikere...
- ... és ne engedjük már, hogy elvesszen ez a technológia, tudás

- Akira Yamamoto (asian director for ILC) – 2018 október:
workshop @ CERN (Ikuo Itoh [ex Nippon], CERN, Wigner FK,
Miskolci egyetem)
 - Miskolc bemutatkozása
 - Miskolci mérési eredmények bemutatása

Miskolci Egyetem (MAK)

- VonRoll hengermű
- Kemencék
- Diagnosztika
- Pozitív, rámenős hozzáállás



- Formálódik egy CERN-Miskolc-Wigner-Itoh együttműködés NbTi multilayer fejlesztésére
- CERN-Miskolc: Nb lemezek hengerlése, feszültségmérése (LHC crab cavity)



Dr. Palotás Árpád (dékán)



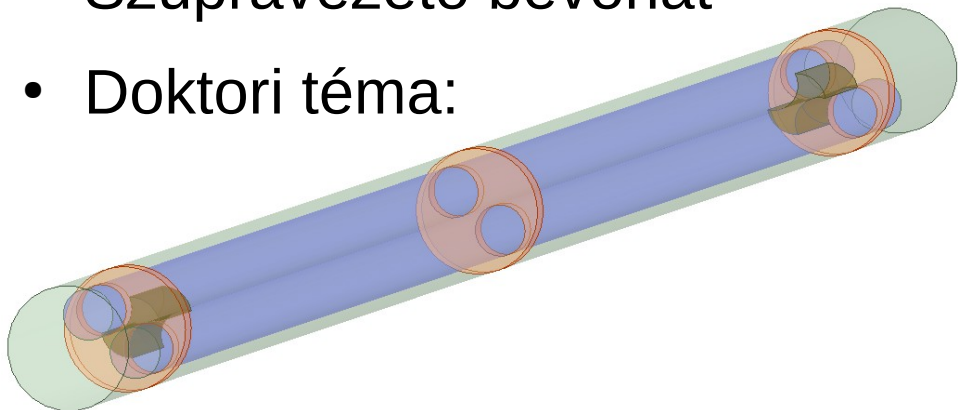
Dr. Mertinger Valéria



Dr. Szabó Gábor

FCC beam screen coating

- Nyaláb tüköráramokat kelt a nyalábvezetékben
- FCC: réz vezetőképesége alacsony hőmérsékleten sem elegendő
- Visszahatás a nyalábra: nyaláb instabilitások
- Szupravezető bevonat
- Doktori téma:



Brunner Kristóf
doktorandusz
(CERN - Wigner)

- RF mérőműszer & teszt állomás tervezése és megépítése a CERN-ben
- Felületi impedancia mérés $T=1.9-300$ K között, erős mágneses térben is
- Különböző minták tesztelése

Összefoglaló

- Világszerte nagyon komoly gyorsítófejlesztési projektek
- Nagy potenciál (ipari és akadémiai kapcsolatok, megrendelések, technológiák megszerzése)
- Magyarok számára új terület
- Néhány év alatt sikerült komoly eredményeket elérni
- Ismernek, elismernek
- Jóval több dologba kezdjük beleütni az orrunkat, mint amennyit terveztünk/reméltünk...
- ... és amennyire elegendő emberünk van.