



Az ATOMKI ESS programja

Fenyvesi András

Magyar Tudományos Akadémia
Atommagkutató Intézet
Ciklotron Osztály

Az ATOMKI főbb céljai

- Debrecen és az ESS segítése a projekt megvalósításában már a legelső fázistól kezdődően
- Az ATOMKI és az ESS egymást kiegészítő lehetőségeinek és módszereinek kutatása és kiaknázása
- Saját kutatások az ESS-nél
- Részvétel ESS kollaborációkban és konzorciumokban
- Összekötő-koordináló szerep egyes felhasználók, fejlesztők, beszállítók valamint az ESS specialistái között
- Szolgáltatások nyújtása az ESS és felhasználói részére
- Magas hozzáadott értékű termékek fejlesztése és gyártása az ESS és felhasználói számára

Már az ESS projekt első fázisában is rendelkezésre álló erőforrások

- **Épület(ek), jól felszerelt irodahelyiségek**
 - pl. ESS helyszíni igazgatóság, tervező csoportok elhelyezésére
- **Informatikai infrastruktúra**
- **Mechanikai műhely és/vagy műhelykapacitás**
 - kizárólagos ESS használatú műhely kialakítása lehetséges
 - min. 3-4000 óra/év ami szükség esetén 3-4-szeresére bővíthető
- **Elektronikai műhelykapacitás**
- **Vákuumtechnikai és kriotechnikai kapacitások**
- **Fizikai szakkönyvtár**
- **Részvétel szándék szakemberek kiképzésében**

Besugárzási lehetőségek

- **Kis energiájú gyorsítók és sugárforrások**
 - ECR ionforrás
 - VdG gyorsítók (1 MV, 5 MV) + proton mikronyaláb
 - Ciklotron
 - p, d, ^3He és α -nyalábok
 - mágneses spektrográf
 - izotópszeparátor
 - neutronforrások
 - nagyintenzitású p+Be, d+Be széles spektrummal
 - d+D kvázi-monoenergiás (D_2 -gázcéltárgy)
 - Nagyintenzitású ^{60}Co gamma forrás

Laboratóriumok és módszerek

- **ISO 9001 minősítésű környezetanalitikai laboratórium**
- **Tömegspektrometriai módszerek**
 - **stabilizotópos nyomjelzés módszerekhez is**
- **Elektronspektrometriai laboratóriumok és módszerek**
- **Nukleáris analitikai laboratóriumok és módszerek**
- **„B” szintű izotóplabor**
 - **radioizotópok kezelése**
 - **radioizotópos nyomjelzéses módszerek kivitelezése**
- **Pozitron emissziós tomográf**
- **Sugárzástűrési vizsgálatok** (^{60}Co gamma, neutron)

Néhány referencia

- **Európai Részecskefizikai Kutatóközpont (CERN):**
 - Státus: beszállító és az MTA RMKI alvállalkozója is
 - Tevékenység: sugárzástűrő elektronikai-optikai eszközök fejlesztése, gyártása, sugárzástűrési tesztek a CMS, ATLAS, ALICE, NA49 kísérletek, és az RD-16, RD-37, RD-42 R&D projektek számára
- **EU FP6 DIAMOND konzorcium**
 - Státus: konzorciumi tag
 - Tevékenység: gyémántból készült detektorok paramétereinek javítása neutronokkal történő besugárzással
- **Paksi Atomerőmű Zrt. és a Radioaktív Hulladékokat Kezelő Kht.**
 - Státus: szerződéses partner
 - Tevékenység: környezetanalitikai vizsgálatok

Az ATOMKI tervezett kutatási témái az ESS-nél

- **Környezetkutatás**
- **Nukleáris asztrofizika**
- **Magfizika**
- **Neutronmódszerek alkalmazásai**
- **Neutronmódszerek kombinálása
más módszerekkel**

Környezetkutatósi témák

melyek már az első fázisban elindítandók

- Nagyenergiájú neutron-radiometriai módszerek
- Helyszínspecifikus kutatások
 - Neutrontranszport szimulációk a helyszínre vonatkozóan
 - A természetes sugárzási háttér vizsgálata
 - Referencia értékek kimérése több ponton (pl. a repülőtéren is) még a neutrontermelés megindulása előtt
 - Monitoring
 - Helyi talajok és talajvizek neutronaktivációs jellemzőinek meghatározása
 - Talajtani, hidrológiai és radioökológiai kutatások
 - Preferenciák: ^3H , ^{22}Na , ^{154}Dy , ^{163}Ho , ^{194}Hg

Nukleáris asztrofizika

Neutronokkal

- $10 \text{ keV} < kT < 100 \text{ keV}$ energiák elérhetősége esetén:

Az asztrofizikai r-folyamat reakcióinak és izotópjainak vizsgálata

Spallációs termékekkel

- Spallációs termékek előállítása és/vagy kinyerése
- Egyesek (^{22}Na , ^{26}Al , ^{44}Ti) céltárgyként való felhasználása
- A p- és az rp-folyamat reakcióinak és izotópjainak vizsgálata
- Hosszú felezési idők pontosabb mérése

Az asztrofizikai r-, p- és rp- folyamatokkal kapcsolatos fő tennivalók

- **Sok útvonal és elágazás részletei tisztázandók**
- **Radioaktív magokon végbemenő folyamatok**
 - Reakciósebességek mérése
 - Tartományok: $12 \leq A \leq 210$, $10 \text{ keV} \leq kT \leq 100 \text{ keV}$
- **Fontos korábban mért adatok pontosítása**
 - Nagyobb eseményszám kellene ésszerű mérési idők alatt a statisztikus hibák csökkentése érdekében
- **Egyes igen lassú folyamatok vizsgálata**
 - Reakciósebességek mérése ésszerű idők alatt
 - Elágazási pontok a $79 \leq A \leq 204$ tartományban

Spallációs termékek előállítása és/vagy kinyerése

- **Izotópok:** ${}^7\text{Be}$, ${}^{10}\text{Be}$, ${}^{22}\text{Na}$, ${}^{26}\text{Al}$, ${}^{41}\text{Ca}$, ${}^{44}\text{Ti}$, ${}^{53}\text{Mn}$, ${}^{59}\text{Ni}$, ${}^{60}\text{Fe}$
- **Reakciók:** ${}^{\text{nat}}\text{Cr}(p,x)$, ${}^{\text{nat}}\text{Fe}(p,x)$, ${}^{\text{nat}}\text{Cu}(p,x)$, stb.
- **ESS:** $E_{\text{proton}} = 1334 \text{ MeV}$ & $I_{\text{proton}} = 114 \text{ mA}$
 - Számottevo hozamok: beam dump-ok, kollimátorok, ablak fóliák, stb.
 - Kinyerés: ERIMAST kollaboráció (Exotic Radionuclides from Irradiated **MA**aterials for **S**cience and **T**echnology, PSI Villingen, Svájc)
Az ATOMKI nukleáris asztrofizikai csoportja is tag!
 - **Kérdés: Dedicált besugárzóhely kiépítésére is lenne-e mód?**
- **Célok:**
 - Hatáskeresztmetszetek pontosítása
 - $T_{1/2}$ idők pontosítása
(Több bomló atom \Rightarrow jobb statisztika \Rightarrow kisebb $\Delta T_{1/2}$)
 - Alapanyag radioaktív céltárgyakhoz (nukleáris asztrofizika, magfizika)

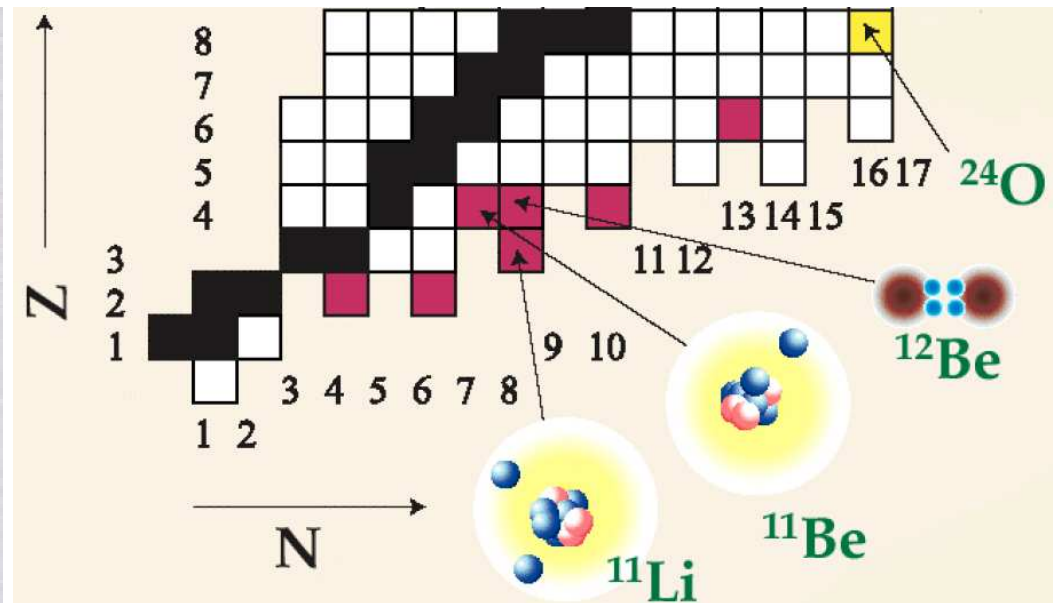
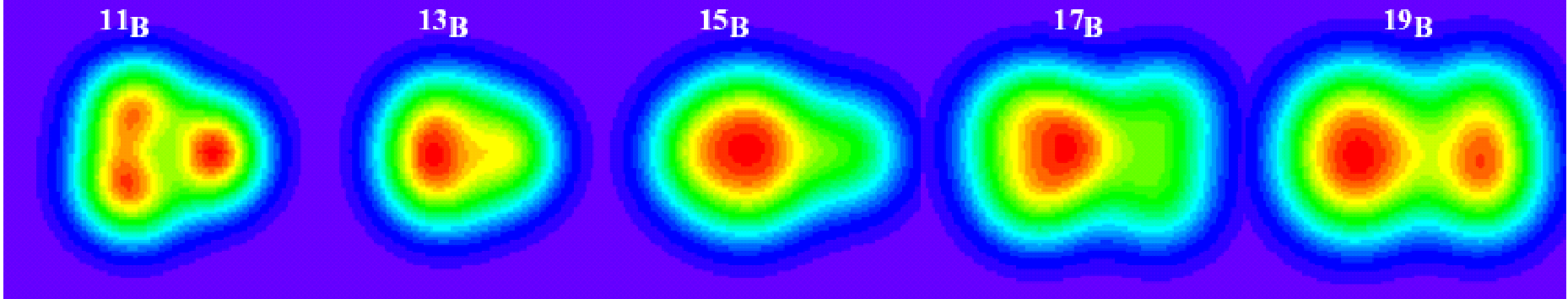
Várható eredmények

- **Új adatok magállapotokra és magreakciókra vonatkozóan**
- **Csillagfejlődési modellek javítása**
 - a nukleoszintézis részleteinek pontosabb megismerése,
 - különleges összetételű csillagok létrejöttének jobb megértése,
 - az explozív nukleoszintézis jobb megértése nóvák, szupernóvák és röntgenkitörések esetén
- **Elem- és izotópgyakoriságok pontosabb értelmezése**
- **Planetológiai kormeghatározási módszerek pontosságának javítása** (Hold-közetek, kisbolygók, meteorok, üstökösök)
- **Gammasugárzás-mérő műholdak (pl. INTEGRAL) észleléseinek értelmezése**
- **Hosszú felezési idejű galaktikus radioizotópok eredetének és gyakoriságának megértése**

Magfizikai kutatási témák

- Neutronglória (^{11}Li , ^{11}Be), neutronbőr
- Egzotikus csomósodások egyes magokban
- $2p$, $2n$, $4n$, 2α , stb. kibocsátással elbomló magok
- Héjak átrendeződése nagy neutrontöbblet esetén
- Különleges magalakok
- Neutronindukált maghasadás
- Magfizika hasadványokkal

Egzotikus csomósodások egyes magokban



^{11}Li , ^{11}Be : neutronglória (halo)

Magfizika hasadványokkal

- **Technikailag megvalósítható-e a MAFF-hoz hasonló berendezés az ESS-nél?**

MAFF: Munich Accelerator for Fission Fragments

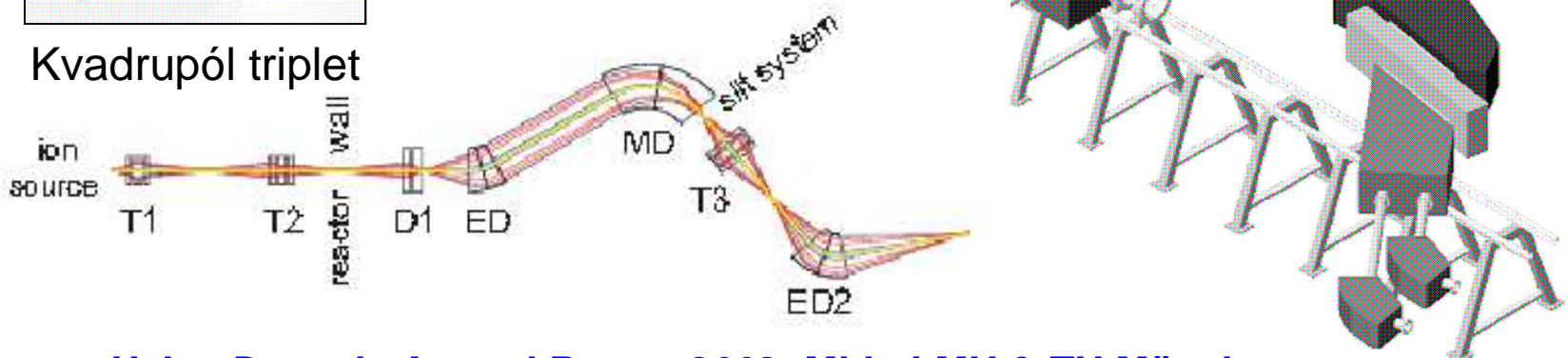
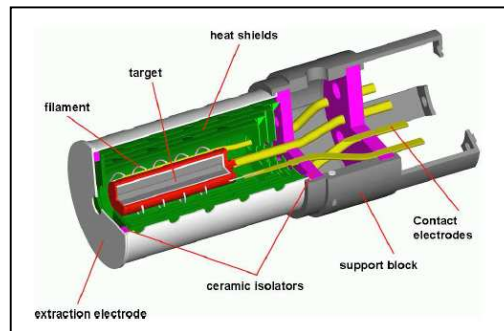
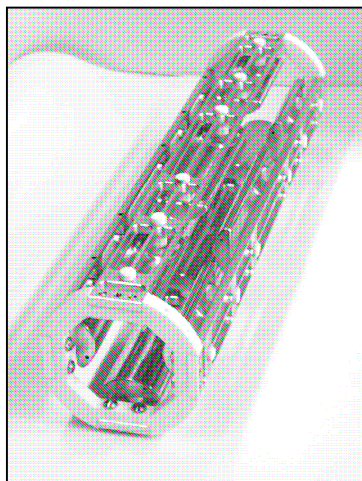
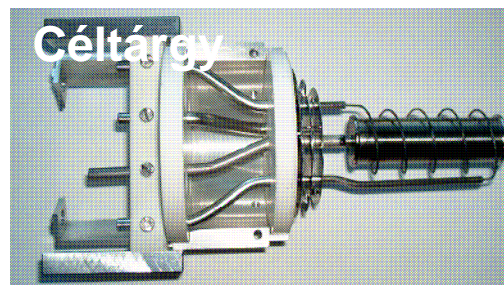
- **Ha igen, akkor lehetővé válhatna**
 - **neutronindukált maghasadás rövid felezési idejű termékeinek (hasadványok) tanulmányozása**
 - **a hasadványok gyorsítása és velük magreakciók keltése**
 - **nukleáris asztrofizikai vonatkozások is vannak**

A MAFF

A neutronfluxusok összehasonlítása

FRM-II: $\langle \Phi_n \rangle = 1.5 \cdot 10^{14} \text{ n/cm}^2/\text{s}$

ESS (LP): $\langle \Phi_n \rangle = 3.1 \cdot 10^{14} \text{ n/cm}^2/\text{s}$



Habs, D. et al., Annual Report 2002, MLL, LMU & TU München

Neutronmódszerek kombinálása más módszerekkel

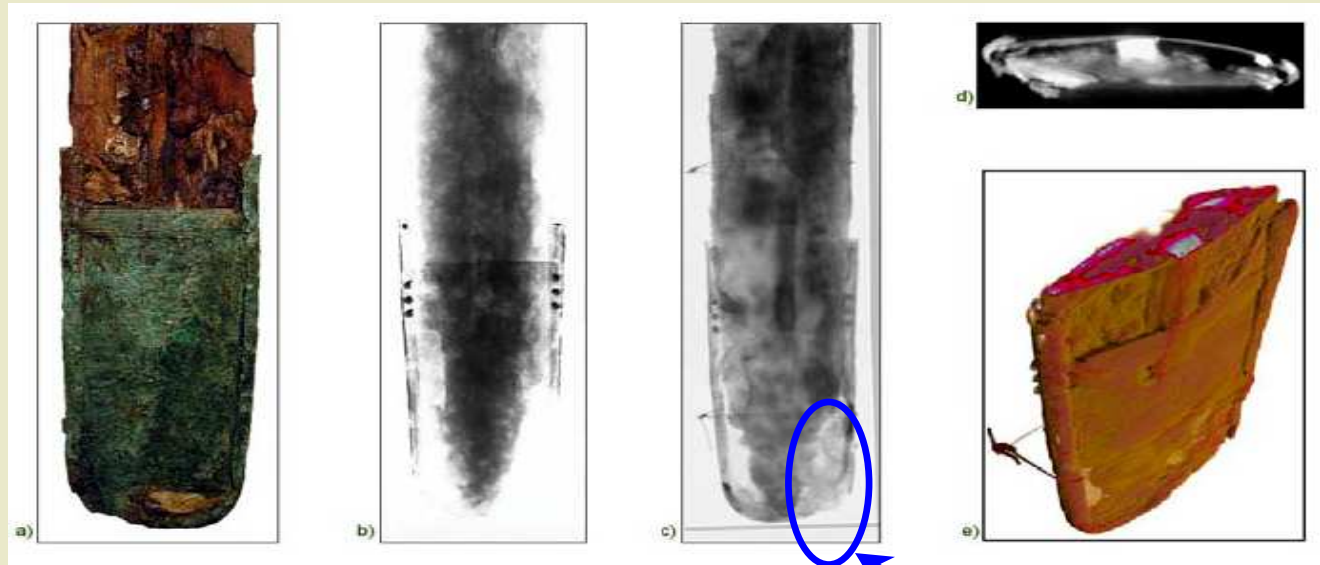
Leletek, műkincsek vizsgálata

visual

X-ray

neutron

X-ray



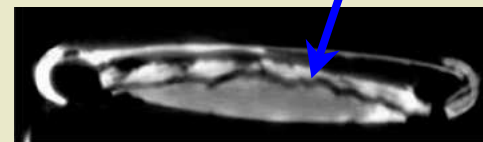
Szinergiák:

ESS: neutronmódszerek

ATOMKI: ionnyaláb-analitikai vizsgálatok

Neutronradiográfia:

fabetét maradványai
a kardhüvelyben



Radiográfia, tomográfia

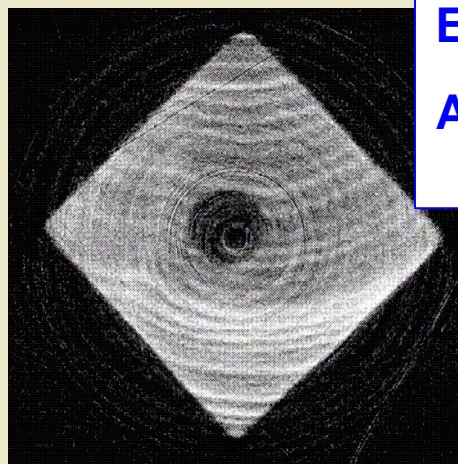
Szinergiák

ESS: neutronradiográfia

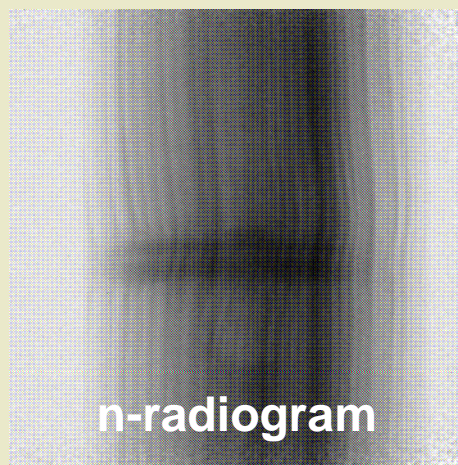
ATOMKI: PET kamera,
nyomjelzéses módszerek



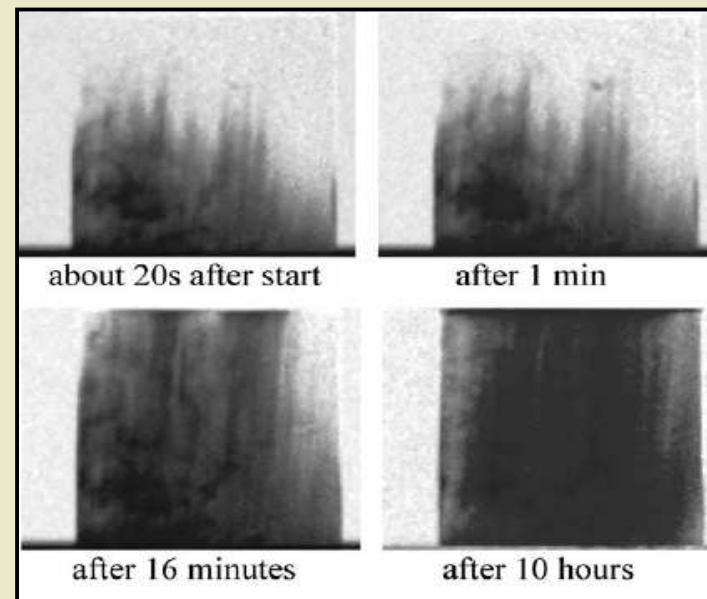
faoszlop



n-tomogram



n-radiogram

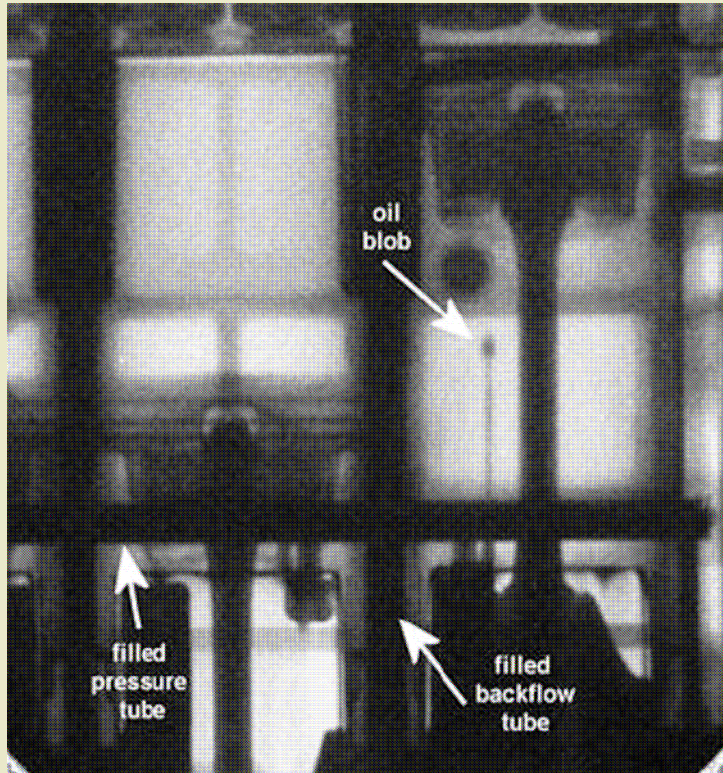


Faanyagvédő felszívódásának vizsgálata neutronradiográfiával

*Bücherl, T. and von Gostomski, Ch. L.,
FRM-II Annual Report 2006, pp. 59-61*

Lehmann, E. et al., NIM A542(2005)87-94

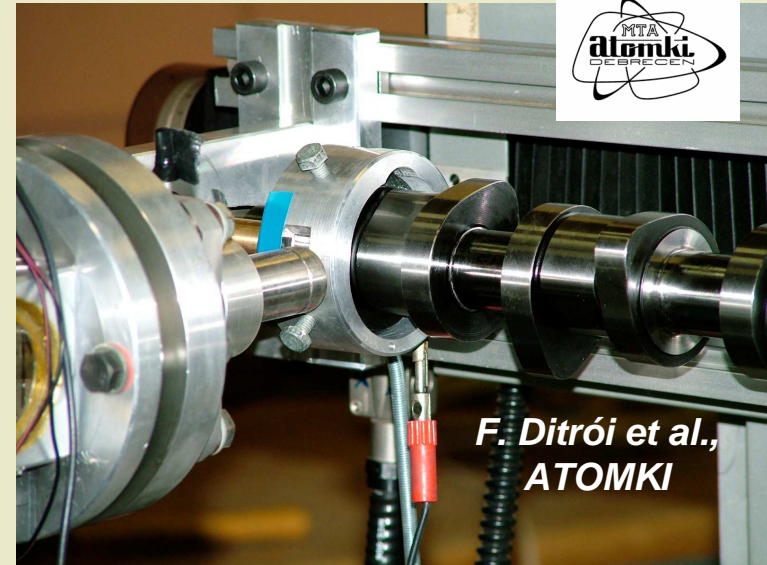
Neutronmódszerek kombinálása töltőtrészecske besugárzásos módszerekkel *járműipar, gépipar*



Stroboszkóp neutronradiográfia

Járó motor

B. Schillinger et al., FRM-II Annual Report 2005

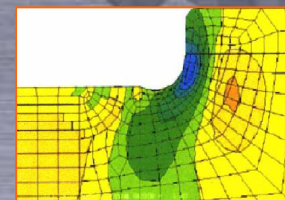


*F. Ditrói et al.,
ATOMKI*

ATOMKI: aktiváció töltőtrészecskével kopásvizsgálathoz

vezérműtengely bütykei, dugattyúgyűrűk

Neutrodiffrakciós módszer: mechanikai feszültségeloszlás



M. Rogante, Lecture at
CETS 2007, Budapest

Néhány alkalmazási lehetőség

- **Hatékonyabb, környezetkímélőbb módszerek fejlesztése**
 - védekezés tűz, víz és egyéb anyagok, kártevők ellen,
 - felületkezelési módszerek és anyagok (színezők, lakkok, festékek)
 - térfogati kezelési (telítési) módszerek és anyagok
 - őslénytani, régészeti leletek, műkincsek megerősítése és konzerválása
- **Transzgenikus fákkal és a belőlük készülő alapanyagokkal kapcsolatos problémák vizsgálata**
 - Az USA-ban intenzív kutatás folyik a nyárfákra vonatkozóan !
 - Gyorsan növény fajta: CO₂-megkötés, bioetanol, fa alapanyag, stb.
- **Új anyagok, kompozit struktúrák fejlesztése**
 - deformációk külső hatásokra (hő, víz, mechanikai terhelés, stb.)
- **Hatékonyabb, környezetkímélőbb és biztonságosabb termékek**
 - csapágyak, szelepek, motorok, turbinák, hűtők, szivattyúk, stb.
 - mechanikai feszültségnek kitett szerkezetek, tartályok

Potenciális partnerek a régióban

- Múzeumok, műkincskereskedők, műkincstulajdonosok, hatóságok
- Faipar, bútorigar, építőanyag-ipar, erdészetek
- Festékgyártók, faanyag kezelők
- Járműipar, csapágyipar, gépigar, energetikai gépigar
- Üzemanyag- és kenőanyagipar
- Műanyagipar
- Vegyipar

Konklúzió

- Az ATOMKI kész szerepet vállalni az ESS adta kutatási és alkalmazási lehetőségek kiaknázásában
 - saját programokkal
 - partnerként hazai és nemzetközi kollaborációk és konzorciumok által kezdeményezett K+F projektekből
 - beszállítóként
 - szolgáltatóként

