

IZOTÓPKUTATÓ INTÉZET

1121 Budapest, Konkoly Thege Miklós út 29-33., 1525 Budapest, Pf. 77.
telefon: 1-392 2531; fax: 1-392 2533
e-mail: wojn@iki.kfki.hu; honlap: www.iki.kfki.hu

I. A kutatóhely fő feladatai 2010-ben

Az intézeti szakmai tevékenység négy fő irányában előzetesen a következő feladatok szerepeltek.

A nukleáris analitikai módszerek továbbfejlesztése és alkalmazása terén:

- A Prompt Gamma Aktivációs Analízis (PGAA), ill. az (n, γ) módszer továbbfejlesztése a hidegneutronos PGAA adatkönyvtár bővítésével, a gamma erősségfüggvény meghatározásával különböző anyagokban és a neutronbefogási hatáskeresztmetszetek meghatározási módszereinek fejlesztésével.
- A PGAA módszer alkalmazása régészeti és geológiai eredetű minták, ill. IV. generációs atomreaktorok és transzmütációs berendezések szerkezeti- és üzemanyagának vizsgálatára.
- Az alacsony hőmérsékletű in-beam Mössbauer mérőrendszer kialakításának megkezdése.

A nukleáris anyagok vizsgálata terén:

- Nukleáris biztosítéki célú vizsgálati módszerek fejlesztése dörzsminták elemzéséhez, egyedi részecskék lokalizációjának összekötése az izotópösszetétel meghatározással, neutron-koincidencia mérés kiértékelő szoftverek fejlesztése.
- Magyarországon található uránércnek nyomelem-összetételének vizsgálata eredet meghatározáshoz.
- Hideg neutronos kísérletek szaggatott üzemben urán kimutatására koincidencia berendezéssel.
- Hosszú felezési idejű radioizotópok migrációját befolyásoló redox folyamatok vizsgálata a nukleáris hulladékok perspektivikus hazai tárolóközeiben.

A sugárhatáskémia - dozimetria terén:

- Cellulóz ojtása akrilát típusú monomerekkel, az ojtott felületek kémiai módosítása új funkciós csoportok kialakítása céljából.
- Hidrogének szintézise és felhasználása etilén szabályozott adagolására.
- Aromás vegyületek és gyógyszer molekulák, ill. metabolitjaik sugárzásos lebomlásának vizsgálata híg vizes oldatokban.
- Ritkaföldfémekkel aktivált magnézium-borát minták optikai és dozimetriai tulajdonságainak vizsgálata a szerkezet és az aktivátor koncentráció függvényében.
- Elektronikai alkatrészek vizsgálata retrospektív (utólagos, baleseti, törvényszéki) dozimetriai felhasználhatóságuk szempontjából.

A katalízis – környezeti katalízis terén:

- Az arany tartalmú katalizátorok vizsgálata témakörében különböző TiO_2 (anatáz, brookit), ill. mangán-oxid hordozók hatásainak összehasonlítása, valamint ezüsttel készített ötvözet modelrendszer tanulmányozása.
- A metán száraz reformálásának témakörében szol/gél módszerrel előállított új típusú kompozit katalizátorok tesztelése.
- A környezeti katalitikus folyamatokkal kapcsolatban dinitrogén-oxid bontás és metán eliminálás optimalizálása módosított ZSM-5 zeolit katalizátorokon, hidrodieszulfurálás részfolyamatainak vizsgálata ^{35}S jelzett tiofénnel Ni, MoO_x és NiMoO_x katalizátorokon és

nagy szervesanyag tartalmú szennyvizek oxidatív katalitikus kezelése, gyógyszergyári technológiai vizek tisztítása és hasznosítása.

Az intézet munkájának számottevő része a közvetlen kutatási tevékenység végzése mellett *szakmai-tudományos háttértevékenység* ellátására is irányul hatóságok számára, a nukleáris biztosítéki tevékenység, a sugárbiztonság, a radioaktív anyagok szállítása, nyilvántartása, és az ismeretlen eredetű nukleáris anyagok azonosítása területén.

Az intézet feladatai közé tartozik továbbá a Budapesti Neutron Centrumban egy unikális mérőberendezés üzemeltetése is – itt a szakmai-technikai infrastrukturális háttérrel kell biztosítani az EU különböző országaiból érkező kutatók számára.

II. A 2010-ben elért kiemelkedő kutatási és más jellegű eredmények

a) Kiemelkedő kutatási és más jellegű eredmények

A nukleáris analitikai módszerek továbbfejlesztése és alkalmazása

Továbbfejlesztették és működtették az unikális mérési lehetőségeket nyújtó hidegneutronos prompt gamma aktivációs analízis (PGAA) és a neutron indukált prompt gamma spektroszkópia (NIPS) mérőberendezéseket. Az eszközök több EU-s keretprogramból is hozzáférhető kutatási infrastruktúrák, alkalmas témával pályázó, külső (EU-s) kutatók számára is. A módszer továbbfejlesztés során további 23 elemet standardizáltak a meglévő PGAA referencia adattár bővítéséhez. Nyalábszaggató PGAA módszerrel meghatározták 12 rövid- és közepes felezési idejű radionuklid bomlási k_0 értékeit. A kapott adatokat egy nemzetközi bizottság (ICAA) veti össze a neutronaktivációs analízisben használatosakkal.

A PGAA módszer alkalmazásával

- *magfizikai* vizsgálatokban neutronbefogási hatáskeresztmetszeteket (^{235}U , ^{54}Fe), hasadási neutronok szögeloszlását (^{235}U) és dúsított mintákon befogási gamma-sugárzás spektrumokat (^{114}Cd és $^{177-180}\text{Hf}$) határoztak meg.
- Publikálták a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség (NAÜ) által koordinált, mintegy 15 éven át tartó „Reference Input Parameter Library for Calculation of Nuclear Reactions and Nuclear Data Evaluations” c. projekt összefoglalóját, amely a nukleáris reakciósámítások alapadatait és eljárásait gyűjtötte össze.
- A Magyar Nemzeti Múzeummal, valamint külföldi felhasználókkal együttműködésben roncsolásmentes *archeometriai* mérésekkel (PGAA) meghatározták különböző anyagú pattintott és csiszolt kőeszközök, kerámiák és potenciális nyersanyagaik elemösszetételét, amiből a leletek nyersanyagának eredetét lehetett meghatározni (proveniencia vizsgálat). Sikeresen elkülönítették a Horvátország, ill. Bosznia területén talált obszidián leletek kétféle nyersanyagforrását (Kárpáti, ill. mediterrán). Üvegminták összetétele alapján középkori, barokk üveggyártó műhelyeket azonosítottak. Folytatták a Szeged melletti Gorzsa lelőhely csiszolt kőeszköz anyagának vizsgálatát eredetmeghatározás céljából. Egy esettanulmány során a Polgár-Csőszhalom lelőhelyről származó neolitikus rézgyöngyök kémiai összetételét és kristályszerkezetét vizsgálták PGAA-val, neutron-diffrakcióval és röntgen-diffrakcióval, restaurálást megelőző állapotfelmérés céljából.
- Három földrésről származó *geológiai mintákban* és kondritos meteoritokban ásványok (pl. szerpentin, gyémánt) és kőzetek (bazalt, andezit, granodiorit) fő- és nyomelem komponenseit vizsgálták. A vizsgálatok segítségével az adott minta eredetére, a

környezetében lejátszódott geológiai folyamatokra vonatkozó alapvető információkat nyertek.

- A Kárpátok vonulatát követő intruzív magmás testek közettani, geokémiai és geokronológiai tanulmányozása keretében vizsgálták az intruzív testek szerepét a neogén-kvarter mészkáliai vulkanizmus fejlődésében. A Pieniny-, Moráviai- és Torjagai-területéről származó kőzetminták nyomelemzési adatai szerint az intrúziók szubdukciós nyomokat mutatnak. A Pieniny andezit börtartalmának mérésével arra következtettek, hogy a második intruzív szakaszban benyomuló magma az első szakaszban keletkezett kőzeteket hidrotermálisan módosította, növelve azok fluid mobilis elemtartalmát, különösen a B és Pb koncentrációkat. A Moráviai andezit intrúziók magasabb B-tartalma pozitív korrelációt mutat a K_2O -tartalommal, ami a kéreg beolvasztásából eredő fluid-tartalom növekedésre utal. A Torjagai minták a Moráviaiakhoz hasonlóan kéreg eredetű fluid hatást jeleznek. A Torjagai terület intrúzióinak kora megelőzi a tőle délre elhelyezkedő vulkáni képződmények képződési korát.
- *Szerkezeti és egyéb anyagokat* vizsgáltak. Katalizátorok elemi összetételét, nyomelem tartalmát határozták meg. Az *in-situ* PGAA módszer különösen alkalmasnak bizonyult a minta felszínén, a gáztérben, illetve a tömbfázisában lévő hidrogén kimutatására, a reakció mechanizmus feltárására.
- Az EU JRC ISPRA ISPC-vel együttműködésben kis mennyiségű hasadóanyag különböző mátrixokban történő kimutatására alkalmas neutronkoincidencia berendezést alakítottak ki, amelyet a NIPS mérőhely neutronnyalábjára telepítettek. A kísérletekben a rutin módszerhez képest – amely Am-Li neutronforrást használ – mintegy 6-7 nagyságrenddel jobb kimutatási határt értek el ($1 \mu\text{g } ^{235}\text{U}$). Konstans és pulzáló nyalábot használva, ill. por és folyadék kalibrációs mintasorozattal határozták meg a berendezés teljesítőképességét. Megmutatták, hogy a jel nagysága nem függ jelentősen a mátrixtól, illetve a minta méretétől.
- Folytatták az alacsony hőmérsékletű in-beam Mössbauer mérőrendszer kiépítését, 77 K-es méréseket végeztek nagyszperzitású fémes arany mintákon.

Nukleáris anyagok vizsgálata

- A digitális *neutron-koincideniás* méréseknél elkészült egy 16 és egy 32 csatornás berendezés, melyek új diagnosztikai és kutatási lehetőségeket biztosítanak. A csatornaszámoknak a beérkezési időkkal történő együttes rögzítését úgy oldották meg, hogy a feldolgozható impulzusgyakoriság alig csökkent. Az adatfeldolgozással meghatározható az egyes csatornák járuléka a detektor hatásfokához, valamint kiszámítható a gyűrű-hányados, ami fontos jellemzője a detektoroknak. Az elkészült 32 csatornás berendezést a Los Alamos-i kutatóközpontban az ottani laboratórium még kísérleti stádiumban levő berendezésével, illetve a Canberra egycsatornás készülékével hasonlították össze jó eredménnyel.
- A *dörzsminták* gyors és hatékony elemzéséhez korábban kidolgozott mintaelőkészítési és induktív csatolású plazma tömegspektrometriás analitikai módszert továbbfejlesztették az urán és plutónium mellett egyéb aktinidák, pl. neptúnium és amerícium meghatározásához. A módszert felhasználva az ICP-MS laboratórium jelenleg a NAÜ Nemzetközi Laborhálózathoz (NWL) történő hivatalos csatlakozási eljárásában vesz részt.
- Egyedi *urán-tartalmú részecskék* lokalizációjához matematikai algoritmusokat dolgoztak ki, melyekkel a részecskék helye egy mintatartón pontosan meghatározható elektronmikroszkóp alatt, majd a mintatartót megfelelő analitikai berendezésbe helyezve a

részecskék ismételten azonosíthatók. Emellett az izotóp-összetétel meghatározásához olyan lézerablációs ICP-MS analitikai eljárást fejlesztettek, amellyel már néhány mikrométer nagyságú részecske dúsítása is pontosan meghatározható. Ez a módszer lehetőséget ad arra, hogy a lefoglalt urán-tartalmú anyagok mindössze néhány apró szemcséből karakterizálhatók legyenek.

- *Lefoglalt nukleáris minták* eredetének meghatározásához U-tartalmú modelloldatokból, illetve uránércekből és egyéb urán-tartalmú anyagokból nyomelemek meghatározására alkalmas eljárást fejlesztettek ki. A módszer alkalmas arra, hogy a ritkaföldfém profilok felvétele mellett valós minták (pl. ismeretlen eredetű, lefoglalt urán-oxidok) eredet-meghatározásához alkalmazható legyen. A módszert valós mintákon, uránércek elemzésén tesztelték.
- *Nagyaktivitású nukleáris hulladékok* (kiégett atomerőművi fűtőelemek) közzettestekben történő elhelyezésével kapcsolatban azt vizsgálták, hogy az izotópmigráció folyamatát mennyire befolyásolják az alkotó ásványok és a migráló radioizotópok között lejátszódó redox folyamatok. Egy perspektivikus hazai tárolóközetben, a Bodai Aleurolit mintáiban elsősorban a szorpció/deszorpció az izotópterjedés sebességét meghatározó befolyásoló tényező, de $\text{Fe}^{2+} \leftrightarrow \text{Fe}^{3+}$ redox átalakulás is megfigyelhető az ásványokban speciális körülmények között.

Sugárhatáskémia – dozimetria

- Vízben oldott szerves szennyeződések eltávolítására *szelektív adszorbenseket* állítottak elő glicidil metakrilát ojtásával pamut-cellulózra. A sugárzással egyidőben ojtott mintáknál az ojtási hatékonyság, és az adszorpciós kapacitása is nagyobb volt, mint az előzetes besugárzás után ojtott mintáké. További adszorpciós képesség javulást értek el azzal, hogy az ojtott mintákat β -ciklodextrinnel módosították.
- Módszert dolgoztak ki az etilén gáz diffúzió sebességének meghatározására különböző gázáteresztő képességű polimer fóliákon keresztül. Az eredményeket *szabályozott etilén adagolást* megvalósító gyümölcsérlelő eszköz kialakításához használják fel, amelyet az együttműködő partnerek állítanak elő.
- Egy gyulladáscsökkentő-fájdalomcsillapító gyógyszermolekula (diclofenac) *sugárzásos lebomlását* vizsgálva híg vizes oldatokban, megállapították, hogy mind a hidratált elektron, mind a hidroxilgyök hatékonyan lebontja a vegyületet. A KOI (kémiai oxigénigény) értéke egy nagyságrenddel, a TOC (teljes szerves széntartalom) érték pedig a felére csökkent 20 kGy elnyelt dózis hatására. Impulzusradiolízis vizsgálatok eredményei alapján arra következtettek, hogy a bomlás közterméke ciklohexadienil típusú gyök.
- Fenol modellanyagot alkalmazva megállapították, hogy nagymértékben nő a *toxikus gyógyszergyári szennyvizek* sugárzásos lebontásának hatékonysága a vízben oldott oxigén koncentrációjának növelésével.
- Elkészítették és beüzemelték a *víz-, illetve szennyvíz-tisztításra* alkalmazható 20 – 50 l kapacitású *demonstrációs berendezést*. A vízanalitikai laboratórium berendezését NAÜ támogatással HPLC-MS-MS készülékkel egészítették ki. A készüléket beüzemelték és kiegészítő méréseket, termék azonosítást is végeztek.
- Az elektronikai eszközök alkatrészeinek vizsgálatára alapozott, *retrospektív dozimetriai* módszereket alkalmazó dózisbecslési eljárás kidolgozása során a téma szakirodalmának tanulmányozása alapján megállapították, hogy a minden eszközben előforduló felületszerelt ellenállások alkalmasak lehetnek a cél megvalósítására. Az ellenállások

kerámia hordozóin végzett termolumineszcencia (TL) mérések sorozatával megállapították, hogy a hordozó anyag (aluminium-oxid kerámia) egyes TL tulajdonságai (érzékenység, emissziós hullámhossz, reprodukálhatóság) kedvezőek a kitűzött cél szempontjából. Fadingjük azonban anomális, ezért a dózisbecslés pontosságának növeléséhez ezen tulajdonság további vizsgálata, illetve azokra alapítva korrekciós eljárás kidolgozása szükséges.

- Az *optikailag stimulált lumineszcencia* (OSL) mérésére alkalmas saját fejlesztésű berendezésüket tesztelték, alkalmassá tették rendszeres mérésekre.
- Elvégezték különböző előállítóktól (Szerbia, Ukrajna) származó, többféle szennyezővel *aktivált* lítium-tetraborát *doziméter anyagok* alapvető TL tulajdonságainak összehasonlító vizsgálatát. Megvizsgálták új fejlesztésű magnézium-borát alapú potenciális doziméter-anyagok alapvető lumineszcencia tulajdonságait.

Katalízis – környezeti katalízis

Aranytartalmú katalizátorok tanulmányozása során

- $\text{SiO}_2/\text{Si}(100)$ felületen kialakított FeO_x/Au inverz modellrendszereken folytatták a CO oxidációja aktivitás-szerkezet összefüggéseinek vizsgálatát. Molekula sugar epitaxiával (MBE) választottak le arany, ill. különböző összetételű kétfémes AuFe és arra különböző vastagságú Fe rétegeket az MTA SZFKI-val együttműködésben. Az arany (111) orientációjú és fémes vas jelenlétét, valamint a FeO_x amorf jellegét mutatták az XRD mérések. A katalitikus $\text{FeO}_x/\text{Au}/\text{SiO}_2/\text{Si}(100) > \text{FeO}_x/\text{SiO}_2/\text{Si}(100) > \text{Au}/\text{SiO}_2/\text{Si}(100)$ aktivitássorrend megegyezett a korábban, más módszerekkel kialakított katalizátorokon tapasztalttal. A $\text{FeO}_x/\text{Fe}_{50}\text{Au}_{50}/\text{SiO}_2/\text{Si}(100)$ aktivitása is nagyobb, mint a $\text{Fe}_{50}\text{Au}_{50}/\text{SiO}_2/\text{Si}(100)$ mintáé. Kalcinálás hatására a katalitikus aktivitás drasztikusan lecsökken, ami egy újabb redukálással ismét megnövelhető.
- Megkezdték az oxalátos lecsapással előállított és Au nanorészecskékkel módosított Au/MnO_x katalizátorok vizsgálatát CO oxidációban, PROX és $\text{NO}+\text{CO}$ reakciókban. A hosszú ideig tárolt Mn-oxalátból kalcinálással előállított MnO_x nem mutatta a friss oxalát elbontásával nyert nagy fajlagos felületű tús szerkezetet, és CO oxidációban is kisebb aktivitású volt. Arannyal módosítva (karbamidos lecsapás-precipitáció (DP) ill. szol adszorpciós módszerrel) a CO oxidációs aktivitás növekedett, PROX folyamatban nagyobb, bár így is csak 60% CO konverzió volt elérhető. A minták redukzív előkezelése gyengébb katalitikus jellemzőket eredményezett, mint az oxidatív előkezelés.
- Glükóz szelektív oxidációjában vizsgáltak két különböző méretű Au szol adszorpciójával előállított SiO_2 , TiO_2 és CeO_2 hordozós Au katalizátorokat. Ellentétes hordozó- és mérethatást tapasztaltak, mint a CO oxidációs aktivitásban. Az utóbbi folyamatban aktív TiO_2 és CeO_2 hordozók csökkentik a glükóz oxidációs aktivitást.
- Kétfémes AuAg katalizátorok vizsgálata kezdődött meg CO, NO eltávolítás, és szelektív oxidációs folyamatokban történő alkalmazásra. Különböző összetételű, 4-6 nm átmérőjű, látható-UV spektroszkópiai vizsgálat szerint kétfémes nanorészecskéket állítottak elő hidroszolokban, ezeket adszorbeálták különböző hordozókra. Szelektív glükóz oxidációban a kétfémes $\text{Au}_{80}\text{Ag}_{20}/\text{SiO}_2$ minta szinergikus aktivitásnövekedést mutat.
- Au/TiO_2 hordozós katalizátorokban vizsgálták a TiO_2 kristály módosulatának hatását a CO oxidációs aktivitásra. Kétféle módon vittek fel Au nanorészecskéket tiszta brookit, keverék anatóz-brookit (55:45) és anatóz-rutil (85:15) hordozókra; 5-6, ill. 3-5 nm átlagos átmérőjű Au nanorészecskéket adszorbeáltattak hidroszorból ill. alakítottak ki karbamidos

DP technikával. Szerkezetvizsgálatok (TEM, XRD, XPS) és katalitikus vizsgálatok alapján - figyelembe véve az Au és TiO₂ részecskeméreteket - az Au-anatáz határfelület Au-brookitét meghaladó CO oxidációs fajlagos aktivitására következtettek.

Metán száraz reformálásának tanulmányozása során

- A Ce-Zr oxid hordozós Ni katalizátoron az MgAl₂O₄ hordozóhoz képest csak kismértékű szénlerakódást tapasztaltak a katalizátorok felületén, mely a hordozóban lévő mobilis oxigénnek tulajdonítható. A széles Ni méreteloszlás és a nagyobb, szinterelődött fémrészecskék jelenléte növelte a katalizátor hosszútávú stabilitását. Megállapították, hogy a hordozó nagy Ce/Zr aránya esetén a fluorit rácsban kötött Ni szinterelődése nem jelentős, de redukálhatósága csökkent, így kisebb aktivitás érhető el. A reformálási reakcióban feltételezett részlépés, a fordított Boudouard reakció lehetőségét vizsgálták kiválasztott mintákon metánbontásából származó szénlerakódás CO₂-dal való eltávolítása során. Az összes lerakódott szén CO-dá oxidálódott a CO₂ áramban.
- Az Au-Ni rendszer reformálási reakcióban való alkalmazhatóságát vizsgálták SBA-15 szilika, MgAl₂O₄ vagy MgAl₂O₄/SBA-15 hordozós mintákon. Az Au impregnálással való felvitele a kész Ni/MgAl₂O₄-ra kis Au tartalom (kb. 0,5%) esetén nem okozott jelentős változást, míg 3% Au esetében aktivitásnövekedést tapasztaltak, mely arra utal, hogy valóban Au-Ni határfelület keletkezett. Ni/SBA-15-re DP technikával felvitt Au csökkentette az aktivitást, és nem adott teljes CO₂ konverziót még magas hőmérsékleten sem. Az Au bevitelének harmadik módja az Au(III) folyadékfázisú redukciója volt a Ni szolban közvetlenül annak keletkezése után, majd adszorpciója a hordozón, mely technika újszerűnek mondható, optimalizálása folyamatban van. A Ni-szolt az Au-szoloknál alkalmazott tannin-citrát elegyben borohidrides redukcióval állították elő, 10 nm-es monodiszperz Ni részecskéket eredményezve. E szolos módszer segítségével feltehetőleg az Au-Ni felületek szoros érintkezése (a Ni felületi dekorálása Au-val) miatt az impregnálással készült AuNi/MgAl₂O₄ mintához képest a katalitikus aktivitás megnő és a szénképződés drasztikusan lecsökken.

Környezetvédelmi katalitikus folyamatokban

- A szennyvíz oxidációs vizsgálatok keretében a reakció paraméter hatást vizsgálták kísérlettervezési program alapján. Megállapították, hogy a hőmérséklet a reakció sebességét leginkább meghatározó paraméter. Vizsgálták fenolát modelloldaton és egy valós gyógyszergyári szennyvízen a nagy energiájú sugárzással iniciált nedves oxidációt. Megállapították, hogy a reakció már szobahőmérsékleten végbemegy, ami a szokásos 150 illetve 230°C feletti hőmérséklethez képest nagyon jelentős csökkenés.
- Hidrodeszulfurálási folyamatokban meghatározták két alumínium-oxid hordozós, nikkellel promoteált, ill. nikkelt nem tartalmazó molibdén oxid (NiMo és Mo) katalizátor kénfelvételi és kén izotópcsere képességének mértékét tiofén útján végzett kénezés során 35-S-el jelzett tiofén segítségével, és összehasonlították a közel azonos (~18 torr) parciális H₂S nyomásnál mért kénfelvétel értékekkel. Megállapították, hogy tiofénből a kénfelvétel kisebb mértékű, mint a kénhidrogén esetében, és a tiofénből felvett kén kisebb arányban cserélődik, mint a H₂S cirkuláció során felvett kén. Első megközelítésben nem tapasztaltak különbséget a tiofénrel ill. H₂S-dal szulfidált katalizátorok HDS aktivitásában. 6 különböző összetételű ipari célra használt, ill. használni tervezett katalizátor-mintát vizsgáltak a Pannon Egyetemmel folytatott együttműködés, a MOL támogatásával elnyert TÁMOP (Társadalmi Mobilitás és Környezet) B4 alprogram keretében. A szulfidált minták aktivitása mind a tiofén, mind az izobutilén konverzióban felülmúlta, míg a benzol és a hexán konverzióban nem érte el a szulfidálatlan mintákét.

- Metán és N_2O reakciója tanulmányozása során folyadékfázisú ioncserével H-ZSM-5 zeolitba galliumot beépítve erősen savas alapkatalizátort állítottak elő. A H-ZSM-5, valamint Ga/H-ZSM-5 zeolitokat átmeneti fémek (Fe, Co, Ni, Mo, Ru, Pd, Ag, Ir, Pt, Au) sóival impregnálva egy- és kétfémes katalizátorokat szintetizáltak. TPR, CO adszorpció és NH_3 lépcsőzetes termo-deszorpció (STD- NH_3) módszerekkel megállapították, hogy mindegyik minta savas és redox kettős funkcióval rendelkezik a N_2O bontás és $N_2O + CH_4$ reakciókban. Az Ir vagy Ru nemesfém tartalmú zeolit minták TPR spektrumaiban, az általános több csúccsal rendelkező többi mintával ellentétben, csak egy csúcs figyelhető meg, vagyis ezek a minták egytípusú kétfunkciós savas-redox aktív centrumokkal rendelkeznek, ezeken megy végbe valószínűleg mindkét folyamat, a N_2O bontása, valamint az N_2O redukciója metánnal is.

Összefoglalva

- A felsorolt eredmények hasznosítása, az *intézeti tevékenység és a gazdasági szféra együttműködése* leginkább az újonnan kidolgozott, ill. a régebben is alkalmazott egyedi mérési módszerek, elsősorban analitikai alkalmazásában ölt testet. Ez a hasznosítás tág értelemben veendő: egyes magfizikai állandók meghatározásától és a megfelelő tudományos adatbázisokban történő rögzítésétől a paksi atomerőművi üzemzavart követően újratokozott üzemanyag-hulladék nukleárisanyag tartalmának megmérésén keresztül a különböző minták egyszerűbb elemanalíziséig, izotópösszetételének meghatározásáig terjedhet.
- A *kutatások relevanciáját* valószínűleg jól jellemzi az intézet pályázási eredményessége is (u.i. jó eséllyel a releváns pályázatok számíthatnak támogatásra). Mind hazai, mind külföldi vonatkozásban az intézet pályázati eredményessége jónak ítéltető.
- Az intézet kutatásai a nemzeti és egyetemes *kulturális örökség méltó megőrzéséhez* elsősorban a PGAA mérőberendezéssel végzett, esetenként kiállítási tárgyakra is kiterjedő archeometriai vizsgálatokkal járulnak hozzá. A proveniencia vizsgálatok alapvetően új, pl. a korabeli kereskedelmi viszonyokra vonatkozó információkkal bővítik a hazai és nemzetközi régészeti ismereteket. A roncsolásmentes állapotfelmérés a kulturális örökség megőrzésében (restaurálás, konzerválás) is fontos szerepet játszik.

b) Párbeszéd a tudomány és a társadalom között

Az intézeti tevékenység és a társadalmat foglalkoztató kérdések kapcsolatának megítélésénél jelentős szempont a kutatások tematikája. Ebben nagy súllyal szerepelnek olyan intézeti vizsgálatok, melyek a társadalom számára is fontos kérdések megoldásához járulhatnak hozzá. Ilyen vonatkozásban megemlítendő, hogy az intézet a hazai nukleáris biztosítéki tevékenység bázisintézete, egyike az Országos Atomenergia Hivatal Technikai Támogató Intézményeinek. Számos speciális szakértői tanulmány elkészítése és fejlesztési feladat megoldása mellett működteti, és karban tartja az országos izotópnnyilvántartás adatbázisát is. Elmondható, hogy az intézet által kidolgozott és alkalmazott módszerek hozzájárulnak a hazai nukleáris biztosítéki rendszer és a nukleáris törvényszéki analitika hatékonyságának folyamatos fejlesztéséhez.

Emellett az intézeti kutatási tematikában jelentős súllyal szerepelnek környezetvédelmi katalitikus, ill. a környezetet károsító anyagok lebontásával, eltávolításával kapcsolatos kutatások is. Ezek utóbbiak egyike pl. a víztisztítással kapcsolatos - a toxikus szennyeződések sugárzásos, ill. katalitikus, valamint ezek kombinációjával történő eltávolítási módszereinek kidolgozására irányul. Az intézeti eredmények jövőbeli alkalmazások alapjául szolgálhatnak.

Az intézetben folyó kutatásokat a külső érdeklődők az intézeti honlapról (www.iki.kfki.hu) is megismerhetik, ahol a kutatások ismertetése, a különböző előadói előadások, szemináriumok

programjai és jórészt az előadások diái is hozzáférhetőek a „hírek”, a „szemináriumok”, valamint a „magunkról” c. rovatokban. A Magyar Tudomány Ünnepe keretében az intézet 2010. november 12-én nyílt napot szervezett, melyen az intézet munkáját bemutató előadások hangzottak el, és az érdeklődők az intézet speciális laboratóriumait is meglátogathatták. Ugyanennek az eseménysorozatnak keretében rendezett „Anyagtudományi kutatások a Budapesti Kutatóreaktor Műszerközpontban” c. előadássorozat két előadásán ismertették intézeti kutatók újabb vizsgálataik eredményeit az MTA székházában november 16-án.

Intézeti kutatók szerepeltek a médiában is: egyik kutatójuk az m2 TV Záróra c. műsorában ismertette régészeti kutatásait.

III. A kutatóhely hazai és nemzetközi kapcsolatai 2010-ben

A beszámolási évben kötött megállapodások

Kétoldalú együttműködések:

- MTA-CNR, Istituto per lo Studio dei Materiali Nanostrutturali, CNR (Palermo) – Kétfémes katalizátorok fejlesztése a metán száraz reformálására témában.
- Osztrák-Magyar Akció Alapítvány OMAA 77öu14, „Feld- und Grenzflächeneffekte in der CO Oxidation auf Edelmetallen” témában.

Nemzetközi rendezvények

- December 6 – 10 között rendezte az intézet a NAÜ keretében 15 ország részvételével zajló CRP projekt éves értekezletét (Third Research Coordination Meeting of the Coordinate Research Project on “*Development of Novel Adsorbents and Membranes by Radiation-Induced Grafting for Selective Separation Purposes*”),
- az intézet kutatói a Nemzetközi Ásványtani Egyesületek budapesti konferenciájához kapcsolódó egynapos szatellit-kurzust tartottak aug. 28-án: „*Neutron diffraction and neutron spectroscopies*” (IMA2010 side meeting) címmel,
- a nemzetközi ERA Chemistry projekt koordinációs ülését tartották december 12 - 13-án az intézetben.

Kutatói mobilitás

Az intézettel kapcsolatos kutatói mobilitás egyik fő területe vendégkutatók fogadása. A BNC kutatócentrum keretében három különböző projekt (FP6 EFNUDAT, FP7 CHARISMA, FP7 NMI3) honlapjai folyamatosan fogadták, ill. fogadják az alkalmas pályázatokat a PGAA-NIPS berendezés használatára, ill. a részt vevő munkatársak az EU-s kutatókat. 2010-ben az EU-s CHARISMA projekt keretében 5, a NMI3 keretében 4 alkalommal 5, az EFNUDAT keretében 4 alkalommal 9 kutatót fogadtak.

NAÜ felsőfokú képzések keretében is 4 kutatót fogadtak hosszabb időre. A Koreai Demokratikus Köztársaságból 2 vendégkutató 1-1 hetet töltött az intézetben NAÜ ösztöndíjjal. Az MTA-CNR együttműködés keretében két palermói kutatót fogadtak. Szlovén kétoldalú együttműködés keretében egy vendégkutató végzett munkát az intézetben és a Kémiai Kutatóközpontban két héten keresztül. Különböző ukrán együttműködések keretében fogadtak egy-egy kutatót hosszabb időre. A TUBITAK osztályvezetője (Izmir, Törökország) töltött több hetet intézetükben NKTH együttműködés keretében.

Intézeti kutatók külföldön az EFNUDAT projekt keretében az n-ELBE berendezésen végeztek méréseket, továbbá az NMI3 projekt keretében folyó munkában pedig három alkalommal vettek részt az FRM-II (München) reaktor PGAA berendezésénél.

Egyéb együttműködések keretében négy vezető intézeti kutató NAÜ szakértőként, egyenként több hetet tevékenykedett a Koreai D.K-ban, és Braziliában. Egyezményes tanulmányút keretében egy kutató dolgozott egy hónapig az Université Libre de Bruxelles-en, nagyaktivitású MnOx katalizátorok vizsgálata közös témájában. Kétoldalú együttműködés keretében 2 kutató kettő, ill. egy hetet töltött Palermóban (Istituto per lo Studio dei Materiali Nanostrutturali, CNR), 1 kutató 1 hetet Madridban (Instituto de Catálisis y Petroleoquímica).

Nemzetközi és hazai kutatás-fejlesztési intézményi kapcsolatok

A Nemzetközi Atomenergia Ügynökséggel fennálló kapcsolat keretében szoros a szakmai együttműködés a Department of Safeguards Division of Technical Support (SGTS) részlegével, pl. az intézet több alkalommal tartott NAÜ által koordinált szakmai tanfolyamot nukleáris biztosítéki ellenőrök számára. Ugyancsak intézményi a kapcsolat digitális neutronkoincidenziás módszerek fejlesztése terén, ami része a Magyarország részéről a NAÜ számára felajánlott un. „support program”-nak. Egyúttal ugyanezen fejlesztések a Los Alamos-i kutatóközponttal kialakított együttműködés részét is képezik. Ugyancsak a NAÜ support program része az un. „LIBS” technika bevezetésével kapcsolatos kutatás-fejlesztés, ami az előző témával együtt része az Országos Atomenergia Hivatal (OAH) által támogatott tevékenységnek is. Az intézet kutatói a NAÜ központjában Bécsben február 19-én szemináriumsorozatot tartottak az intézet nukleáris biztosítéki tevékenységéről (www.iki.kfki.hu/news/iaea_2010_hu.shtml).

Az intézet munkatársai révén képviselteti magát a nemzetközi nukleáris biztosítéki szervezetekben – pl. intézményi tagja az ESARDA-nak (European Safeguards Research and Development Association) és az ITWG-nek.

Ugyancsak 2010-ben jött létre kutatás-fejlesztési együttműködés a Industrial Technology Research Institute (ITRI, Taiwan)-nal a Kémiai Technológiai Transzfer Kft. (CTTCRL) által koordinált „Design of electrocatalysts for anode of Membrane Fuel Cells”-projektben.

A hazai intézményi kapcsolatokban elsősorban az Országos Atomenergia Hivatallal kialakított – és együttműködési szerződéssel is megerősített - kapcsolat említendő. Ez az együttműködés elsősorban a hazai nukleáris biztosítéki és nukleáris törvényszéki tevékenység tudományos háttérét biztosítja az OAH számára. Az intézet munkatársai május 18-án tartották beszámoló előadásukat az Országos Atomenergia Hivatalban (http://www.oah.hu/web/v2/portal.nsf/hirek_hu/902504136F9EF771C12577270048C6C1).

Felsőoktatás - doktori képzés

Az intézet kutatói részt vesznek külföldi és hazai egyetemi képzésben is. Az osztrák-magyar együttműködés keretében két PhD hallgatót fogadtak. Közös katalitikus projektek keretében fogadtak indiai PhD diákot 7 hónapra. Kutatóink mérési lehetőség biztosításával (EFNUDAT) közvetve is hozzájárulnak külföldi diákok diplomamunka és PhD dolgozatainak elkészültéhez. Az intézet munkatársai laboratóriumi gyakorlatokat vezetnek a BME és az ELTE diákjainak, továbbá szakdolgozatok témavezetését is végezték. Külföldi diák is készített MSc szakdolgozatot „Pamut-cellulóz besugárzásos funkcionálizálása” témakörében. Az intézet hat vezető kutatója tagja egyetemek doktori iskoláinak. Öt fiatal intézeti munkatárs védte meg sikerrel intézeti kutatási témában írt PhD értekezését 2010-ben.

IV. A 2010-ben elnyert fontosabb hazai és nemzetközi pályázatok rövid bemutatása

Nemzetközi pályázatok

- EU FP 7 (BOOSTER - Biosimetric Tools for Triage to Responders),
- EU EUREKA pályázatot nyertek el, FRUITRIP elnevezéssel. A kutatás célja háztartási gyümölcsérlelő rendszerek fejlesztése. (2010-2013, 15 millió Ft),
- EU FP7 ERINDA (European Research Infrastructures for Nuclear Data Applications) Az EURATOM pályázatot nyertek ERINDA elnevezéssel. A pályázat célja mérési és adatfeldolgozási lehetőség biztosítása nukleáris adatok mérésére Uniós felhasználók számára. (2010-2013, >9 millió Ft),
- Svájci pályázat (SH 7/2/14), Fenntartható finomkémiai és gyógyszeripar: szerves anyag tartalmú folyékony hulladékok szelekciója és hasznosítása, 2010-. (École Polytechnique Fédérale de Lausanne, EPFL (Lausanne-i Műszaki Egyetem), BME, Fővárosi Csatornázási Művek, Geosan kft együttműködésével. A teljes pályázati támogatás 891 ezer CHF, ebből az intézetre jutó rész 255 ezer CHF),
- NAÜ Koordinált Kutatási Projekt-et (Co-ordinated Research Project, CRP) nyertek el „Radiation treatment of wastewater containing pharmaceutical compounds” témakörben. (2010-2013, évi 4000 Euro), egy másik CRP („Nuclear forensic methods for combatting illicit trafficking of nuclear and other radioactive materials”) hosszabbítást kapott egy újabb évre (12000 Euro).

Hazai pályázatok

- OTKA-NKTH konzorciális pályázatot nyertek el A vízkezelésben használatos új nagyhatékonyságú oxidációs eljárások címmel. (2010-2013, 29,928 millió Ft),
- NKTH elnyert pályázat a „Neutronoptikai és radiográfiai mérőrendszer anyagvizsgálati célokra” (NORMA, 16 M Ft). A pályázat megvalósítását jelentősen késlelteti, hogy semmilyen, a pályázati szerződésben rögzített támogatás nem érkezett az NKTH-tól 2010-ben,
- OTKA: Alacsony hőmérsékletű in-beam Mössbauer mérőrendszerek (2010–2014, 14 MFt).

Az intézet, mint az Országos Atomenergia Hivatal szakértői háttérintézménye több kutatási-szakértői szerződést is készített 2010-ben. Ezek közül a fontosabb jelentések témái:

- urán kimutatása aktív, pulzáló hideg neutronos gerjesztéssel,
- lefoglalt urán-oxid minták nyomelem vizsgálata ICP-MS módszerrel,
- egyedi részecskék izotóppösszetételének meghatározása,
- magyarországi uránércekben található nyomelemek meghatározása,
- nagydózisú sugárterekben alkalmazott hermetikus kábelátvezetők vizsgálata,
- a dúsítás mértékének verifikálása atomerőművi friss fűtőelemkazettákban,
- neutronkoincidenziás mérési módszerek kidolgozása.

V. A 2010-ben megjelent jelentősebb tudományos publikációk

1. Guczi L, Boskovic G, Kiss E: Bimetallic cobalt based catalysts, Catalysis Reviews: Science and Engineering, 52: 133 – 203 (2010)
2. Györffy N, Tungler A, Fodor M: Stereodifferentiation in heterogeneous catalytic hydrogenation. Kinetic resolution and asymmetric hydrogenation in the presence of (S)-proline: Catalyst-dependent processes. Journal of Catalysis, 270: 2 – 8 (2010)

3. Széles É, Varga Zs, Stefánka Zs: Sample preparation method development for analysis of safeguards swipe samples by inductively coupled plasma mass spectrometry. *Journal of Analytical Atomic Spectrometry*, 25: 1014 – 1018 (2010)
4. Wojnárovits L, Földváry Cs, Takács E: Radiation-induced grafting of cellulose for adsorption of hazardous water pollutants. A review. *Radiation Physics and Chemistry*, 79: 848 – 862 (2010)
5. Belgya T. (szerk): EFNUDAT – Slow and Resonance Neutrons. The 2nd EFNUDAT workshop on Neutron Measurements, Theory and Applications, 23-25 September 2009. ISBN: 978 963 7351 19 8, Budapest, Hungary, Institute of Isotopes, 1-174 (2010)

VI. A kutatóhely főbb mutatói 2010-ben

A kutatóhely neve: Izotópkutató Intézet

1. LÉTSZÁMADATOK

Átlaglétsszám ¹ :	92	Ebből kutató ² :	51
PhD, kandidátus:	22	MTA doktora:	8
		Rendes tag és levelező tag:	1
Az intézethez kötődő akadémikusok száma ³ :			1
35 év alatti, intézeti állományban levő fiatal kutatók száma ⁴ :			16

2. PUBLIKÁCIÓK

Az év folyamán megjelent összes (tud. és ismeretterjesztő) publikáció száma ⁵ :				107
Az év folyamán megjelent összes tudományos publikáció száma ⁶ :				107
Tanulmány, cikk ⁷ <i>hazai</i> tud. folyóiratban	magyarul:	9	idegen nyelven:	0
<i>külföldi</i> folyóiratban	magyarul:	3	idegen nyelven:	49
<i>Ebből</i> impaktfakt. publ, térkép	magyarul:	0	idegen nyelven:	40
Könyv ⁸	magyarul:	0	idegen nyelven:	0
Könyvrész, könyvfejezet ⁹	magyarul:	0	idegen nyelven:	6

3. HATÁSTÉNYEZŐS ÉS IDÉZETTSÉGI MUTATÓK

Összesített impaktfaktor ¹⁰ :	76,6	Összes független hivatkozás száma:	1250
Összes hivatkozás száma ¹¹ :	1600		

4. TUDOMÁNYOS FOKOZAT, ILL. CÍM MEGSZERZÉSE 2010-BEN

Tud. fokozat megszerzése ¹² :	PhD:	5	MTA doktora:	1
--	------	---	--------------	---

5. SZELLEMI ALKOTÁSOK VÉDELME

Nemzeti úton megadott oltalmak száma ¹³ :	0	külföldi oltalmak száma ¹⁴ :	0
--	---	---	---

6. RÉSZVÉTEL A TUDOMÁNYOS KÖZÉLETBEN

Nemzetközi rendezvényen tartott tudományos előadások száma ¹⁵ :			51
	posztterek száma:		34
Nemzetközi tud. bizottsági tagság:	4	Nemzetközi folyóirat szerk. tagság:	8
Tanácsadói tevékenységek száma ¹⁶ :	2		

7. A HAZAI FELSOÓKTATÁSBAN VÉGZETT TEVÉKENYSÉG

Rendszeres hazai felsőfokú oktatási tevékenységet végzők száma ¹⁷ :			8
Témavezetések száma: TDK munka:	0	Diplomamunka (BSc):	2
Diplomamunka (MSc):	2	PhD:	8

8. PÉNZÜGYI ADATOK

Az időszak folyamán a teljes költségvetési támogatás összege ¹⁸ :	311,46	MFt	
Fiatal kutatói álláshelyek száma ¹⁹ : 5	Teljes saját bevétel:	493,95	MFt
Saját szabadalmi és szerzői jogi bevétel:	0	MFt	
Az év folyamán művelt OTKA pályázati témák száma:		10	
A tárgyévre vonatkozó bevétel és támogatás:	20,53	MFt	
Az év folyamán művelt NKTH pályázat témáinak száma:		3	
NKFP: 0	A tárgyévre vonatkozó bevétel:	0	MFt
Egyéb: 3	A tárgyévre vonatkozó bevétel:	1,7	MFt
ÚMFT témák száma: 0	A tárgyévre vonatkozó bevétel:	0	MFt
Az év folyamán művelt egyéb hazai pályázati témák száma:		8	
A tárgyévre vonatkozó bevétel és támogatás:	25,2	MFt	
Nemzetközi pályázati forrásból művelt témák száma:		7	
EU forrásból: 7	A tárgyévre vonatkozó bevétel:	66,34	MFt
Egyéb: 0	A tárgyévre vonatkozó bevétel:	0	MFt
A tárgyévre vonatkozó vállalkozási bevétel:	150,77	MFt	

