



Dozimetriai módszerek alkalmazása a nukleáris biztonság növelésére

Osvay Margit, Kelemen András,
Mesterházy Dávid
MTA IKI Sugárbiztonsági Osztály
Dozimetriai csoport

Dozimetriai módszerek alkalmazása a nukleáris biztonság növelésére

Sugárzás – anyag kölcsönhatás

Elnyelt dózis: elnyelt energia/tömeg

Dózismérés: dózisérték-hatás kapcsolat

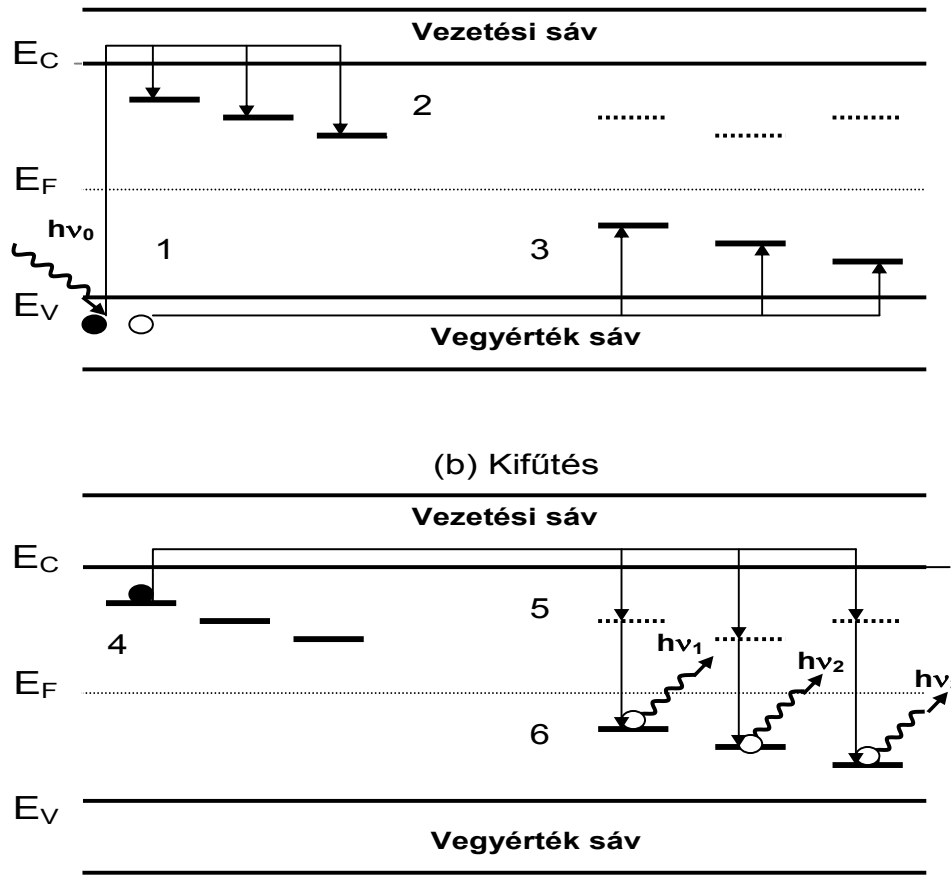
Elnyelt energia: változás mikroszinten

Sugárzás hatása:

- Sugárzással indukált optikai abszorpció
- Radio-fotolumineszcencia
- Stimulált lumineszcencia (TL, OSL)

Alkalmas dózis mérésére

Dozimetriai módszerek alkalmazása a nukleáris biztonság növelésére



2.1. ábra A termolumineszcencia sáv modellje. E_C a vezetési sáv aljának, E_V a vegyérték sáv tetejének energiája, E_F a Fermi energia. Az átmeneteket számozott nyilak jelölik. A telt kör az elektronokat, a nyitott a lyukakat jelöli.

Dozimetriai módszerek alkalmazása a nukleáris biztonság növelésére

- 1953: Az első közlemény a TL dozimetria lehetőségéről
- Ma elfogadott, széleskörűen alkalmazott: a személyi-, a klinikai-, a környezeti- és a retrospektív dozimetria területén
- Világviszonylatban is korán kezdtünk TL-lel foglalkozni
- Az IKI-ben 30 éve alkalmazzuk személyi dozimetriai ellenőrzésre
- Rutin, alkalmazás, kutatás
- Alapanyag- és módszer fejlesztés, alapjelenségek vizsgálata
- SSD: 11. Nemzetközi Szilárdtestdozimetriai Konferencia, 1995., Budapest (A dozimetriai csoport rendezésében, elnök: Uchrin György)
- SSDO: Osvay Margit
- Eurados: Osvay Margit, Kelemen András

Dozimetriai módszerek alkalmazása a nukleáris biztonság növelésére

Biztonság: safety, security

A nukleáris létesítmények biztonságos működésének elősegítése: *reaktor dozimetria, környezeti dozimetria*

A nukleáris anyagok forgalmának szigorú ellenőrzése: *retrospektív dozimetria*

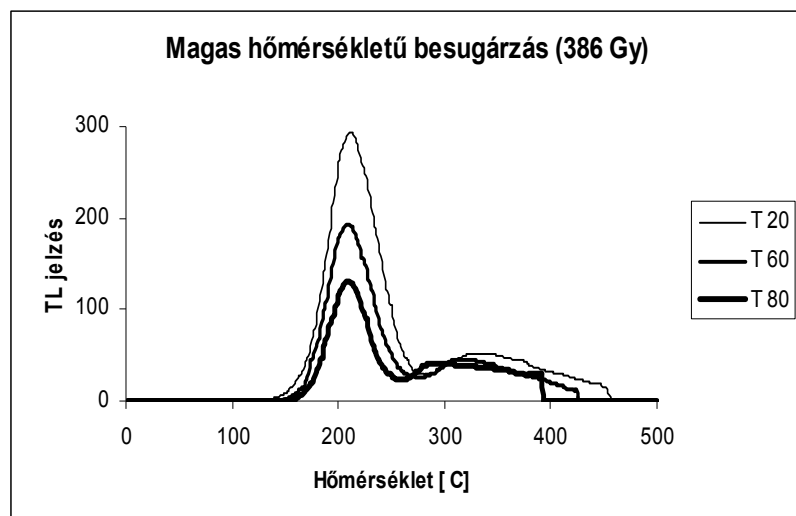
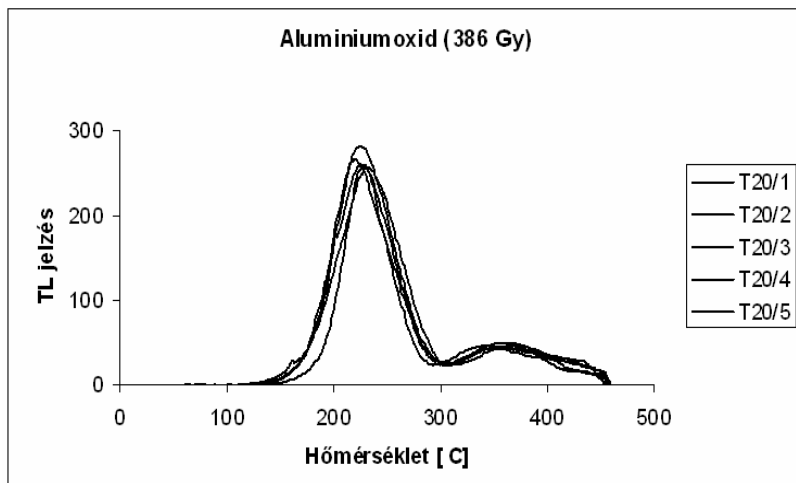
Dozimetriai módszerek alkalmazása a nukleáris biztonság növelésére

TL módszer alkalmazása a reaktordozimetriában

- Dóziseloszlás a hermetikus térben az elektromos kábelek közelében
- Nagy (0,1Gy-10 kGy) gamma dózisok mérése
- magas hőmérsékleten (50-100°C)
- Kevert neutron-gamma térben, atomreaktorban (Paks)
- Az ismert TL dózismérők többsége nem alkalmazható

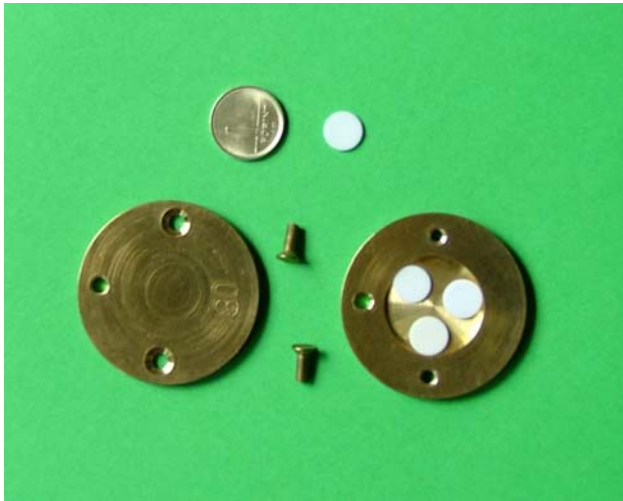


Dozimetriai módszerek alkalmazása a nukleáris biztonság növelésére



- Saját fejlesztésű 1400 °C-on előállított Al₂O₃:Mg,Y kerámia chip
- Elhanyagolható neutron érzékenység 6 MeV energiáig
- A szokásos dozimetriai csúcson mellett magas hőmérsékletű csúcs
- Kutatás a magas hőmérsékletű csúcs kiértékelésére
- Jobb reprodukálhatóság, nagyobb pontosság, mint a SIEMENS rendszere!
- Több éven keresztül zajló méréssorozat

Dozimetriai módszerek alkalmazása a nukleáris biztonság növelésére



- A sárgaréz tokok felaktiválódása módot adott a termikus neutron fluxus meghatározására
- a reaktor kevert sugártere nagyon inhomogén
- sugárdózisok a hermetikus térben pontról-pontra változnak
- a kis méretű, „viszontagságos körülmények” között is helytálló kerámia, szilárdtest TL sugárzásdetektorok kiválóan alkalmasak ennek feltérképezésére

Dozimetriai módszerek alkalmazása a nukleáris biztonság növelésére

Radioaktív és nukleáris anyagok forgalmának ellenőrzése

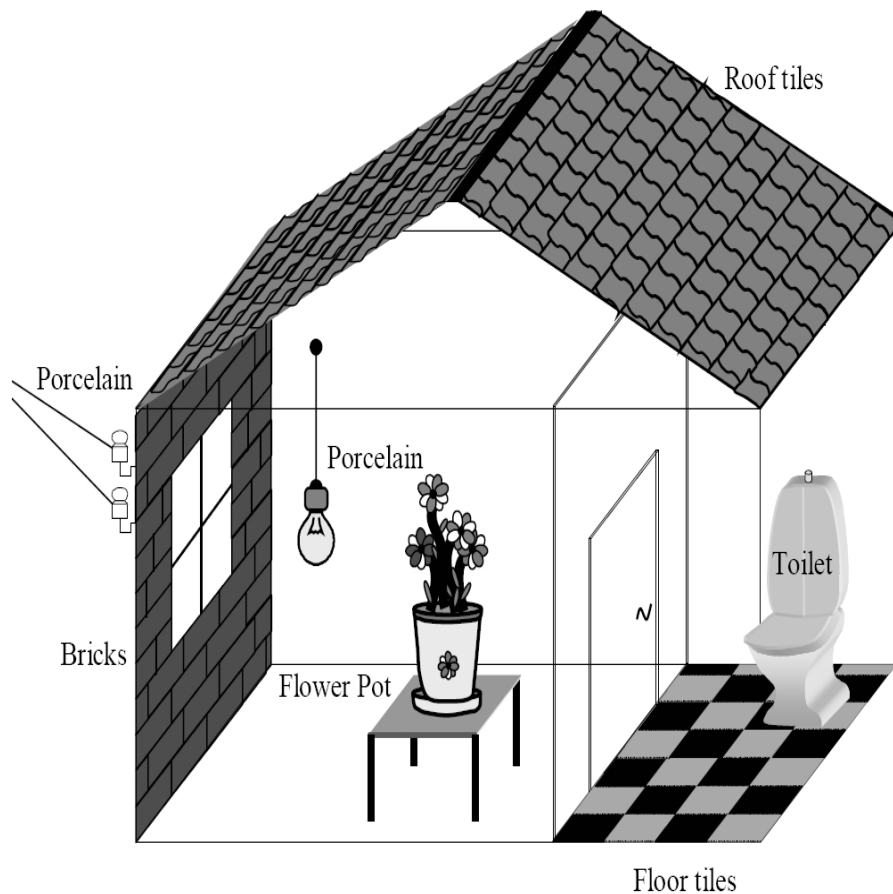
- Aggodalom: terrorista szervezetek radioaktív- vagy nukleáris hasadóanyag birtokába kerülhetnek
- Igény: időben rábukkanjunk ezekre az anyagokra, még mielőtt felhasználhatták volna őket
- A sugárzó anyag nyomot hagy maga után a környezetében
- A besugárzottság ténye kideríthető

Dozimetriai módszerek alkalmazása a nukleáris biztonság növelésére

Retrospektív dozimetria

- Utólagos dozimetria, dózis rekonstrukció
- Természetes dózis \leftrightarrow Emberi tevékenység
- Baleseti (pl. Csernobil után)
- Kormeghatározás (régészeti, geológiai)
- Eredetiség vizsgálat
- Besugárzottság vizsgálat (élelmiszer)
- Nukleáris törvényszéki módszer?

Dozimetriai módszerek alkalmazása a nukleáris biztonság növelésére



- Utólagos (retrospektív) dózis meghatározásra alkalmas, mindennapi életben használatos anyagok : szigetelő porcelán, téglák, virágcserep, tetőcserep, fajansz WC-csésze

Dozimetriai módszerek alkalmazása a nukleáris biztonság növelésére

Kvarc és földpát szemcsék

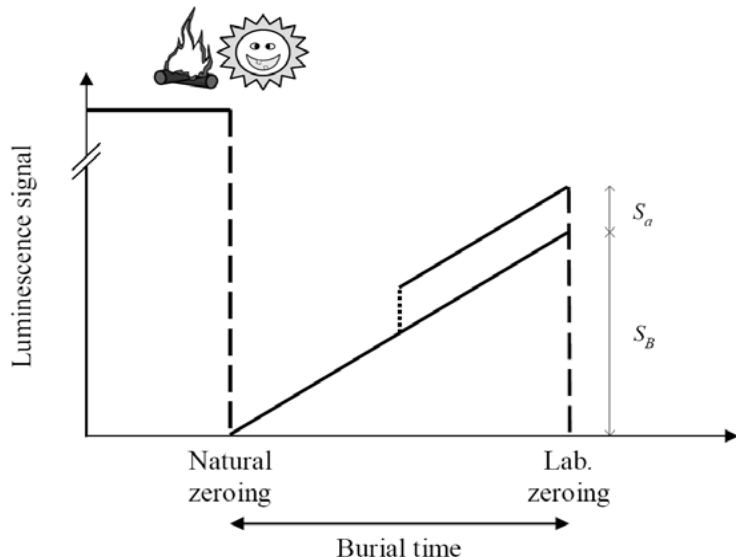
Kiégedett anyagok

- Téglá, tetőcserépcserép, virágcserep
- Csempe, járólap, kerámia
- Porcelán: váza, lámpa foglalat, el. Szigetelők
- Fajansz szaniter áru

Kiégéttetlen anyagok

- Habarcs, beton
- Homok, sóder

Dozimetriai módszerek alkalmazása a nukleáris biztonság növelésére



Retrospektív dozimetria: minták nullázása:

- *Kiégetett anyagok esetén a nullázás a készítésük során történt meg.*
- *A nem hevített anyagok esetén az utolsó nullázás akkor történt meg, amikor az anyagot utoljára érte a napfény,*

$$S = S_a + S_b, \text{ ahol}$$

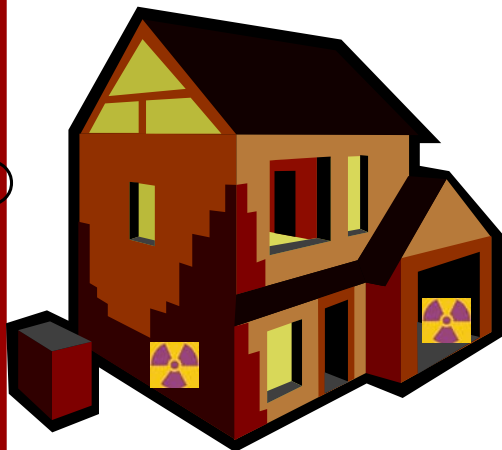
A teljes **S** lumineszcens jel két részből tevődik össze:

S_b a a természetes radioaktív forrásokból adódó effektív alfa, béta, gamma és kozmikus dóziszárulékok összege:

$$S_b = t(D_\alpha + D_\beta + D_\gamma + D_c),$$

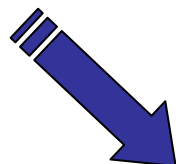
S_a a balesetből, tárolásból adódó többlet

Dozimetriai módszerek alkalmazása a nukleáris biztonság növelésére



Egy elképzelt forgatókönyv:

- A terroristák egy garázsban illegálisan radioaktív anyagot tárolnak
- Elkerülendő a lebukást, egy idő után elszállítják onnan
- A rendőrség házkutatást tart: semmit nem találnak
- TL vagy OSL technikával a tárolás nyomai kimutathatók



②



③



Dozimetriai módszerek alkalmazása a nukleáris biztonság növelésére

- Elképzelhető tárolási helyek: garázs, pince, raktárépület s.í.t.
- Itt TL/OSL emisszióra hajlamos anyagok bőven akadnak a forrás környezetében
- Tek! 1-Ci Co-60 forrást
- 10 cm-re a forrástól kb. 1 Gy/h az elnyelt dózisteljesítmény levegőben
- 10 Gy dózis a környező anyagokban aránylag hamar összejöhethet

Dozimetriai módszerek alkalmazása a nukleáris biztonság növelésére

Nehézségek, korlátok:

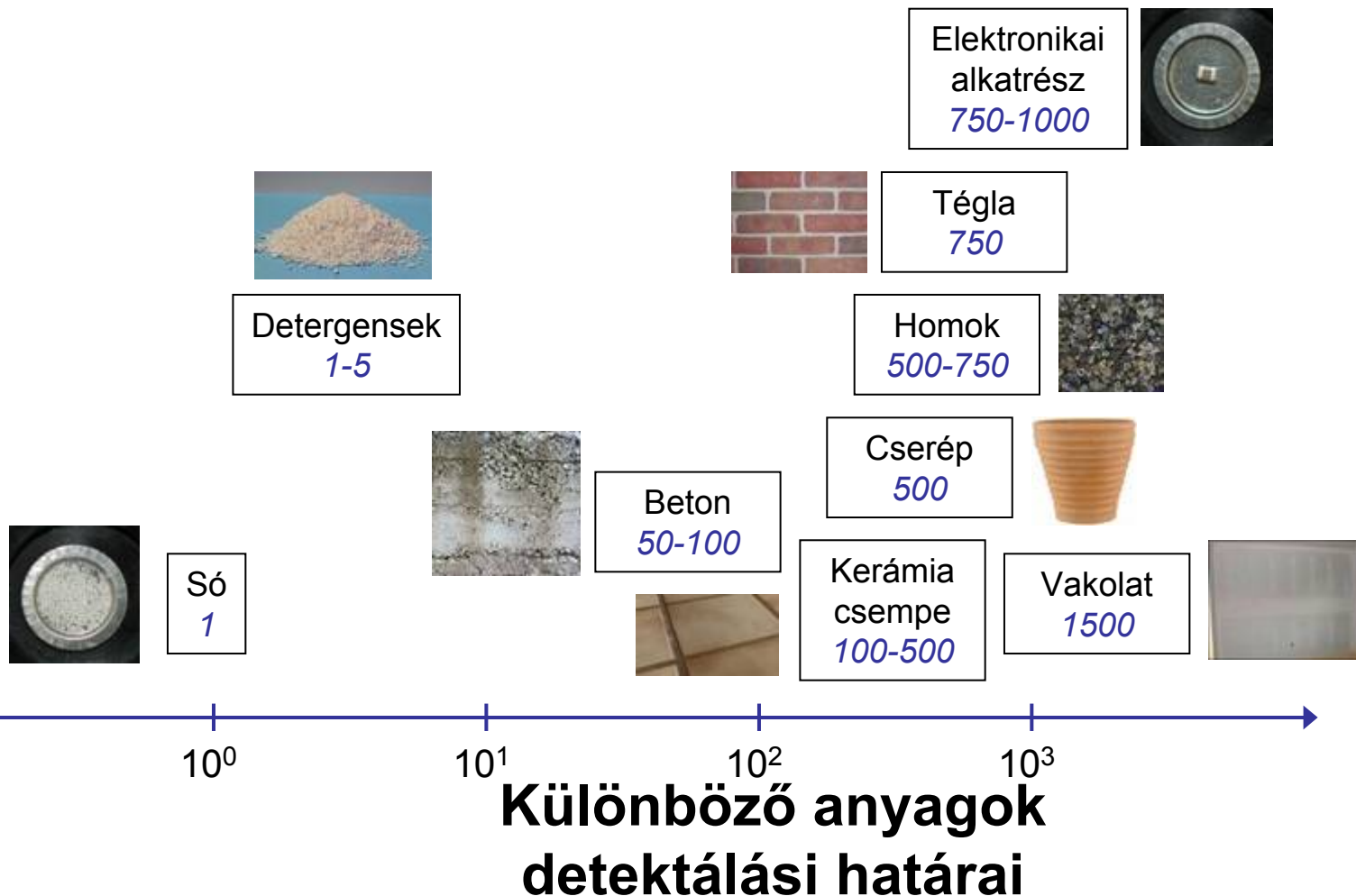
- Pontosán meg kell határozni a természetes háttérret
- A fény hatására az információ idővel törlődhet
- Nem lehet meghatározni a sugárzás fajtáját
- Nem lehet meghatározni az időbeli lefolyást
- A kimutathatósági határ anyagfüggő
- A dózis az árnyékolástól, a távolságtól és a tárolási időtől is függ

Dozimetriai módszerek alkalmazása a nukleáris biztonság növelésére

- Viszonylag bonyolult mintaelőkészítés: őrlés, szitálás, maratás, vegyszeres szeparálás
- Mintakezelés sötétben (vörös fényben)
- Akár szemcséről szemcsére változó tulajdonságok
- A felejtés (fading) „anomális”

Könnyebbség: nem dózisbecslést kell adni, „csak” a besugárzottságot kell kimutatni!

Dozimetriai módszerek alkalmazása a nukleáris biztonság növelésére

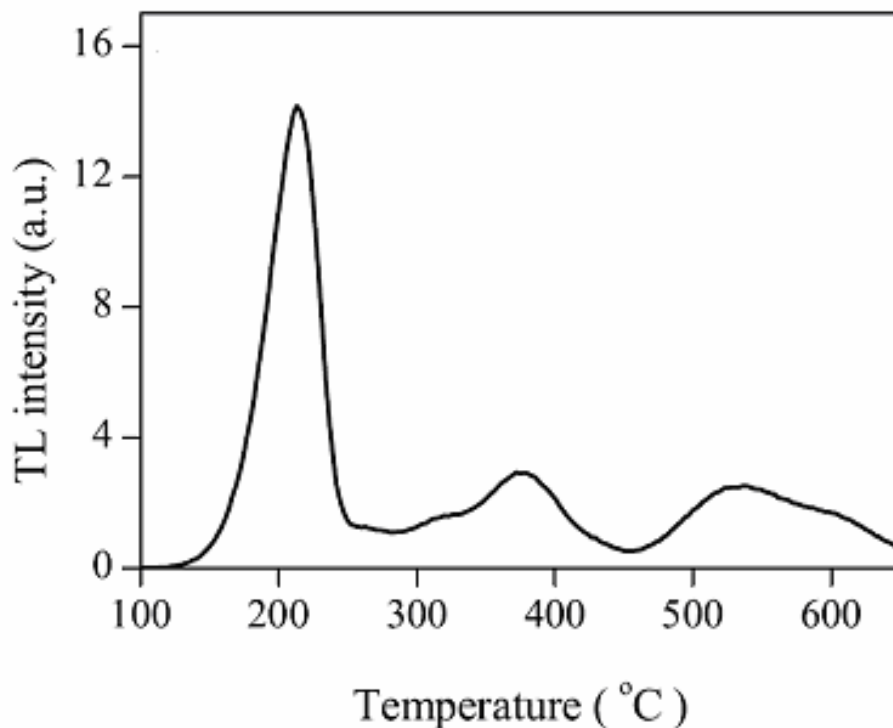


Dozimetriai módszerek alkalmazása a nukleáris biztonság növelésére

Dozimetriai kiértékelés:

PI. termolumineszcens vizsgálat: TL kiértékelő berendezésben folyamatosan emelkedő hőmérséklet, fénykibocsátás, kifizési görbe, a görbe alatti terület arányos a korábban elnyelt dózissal

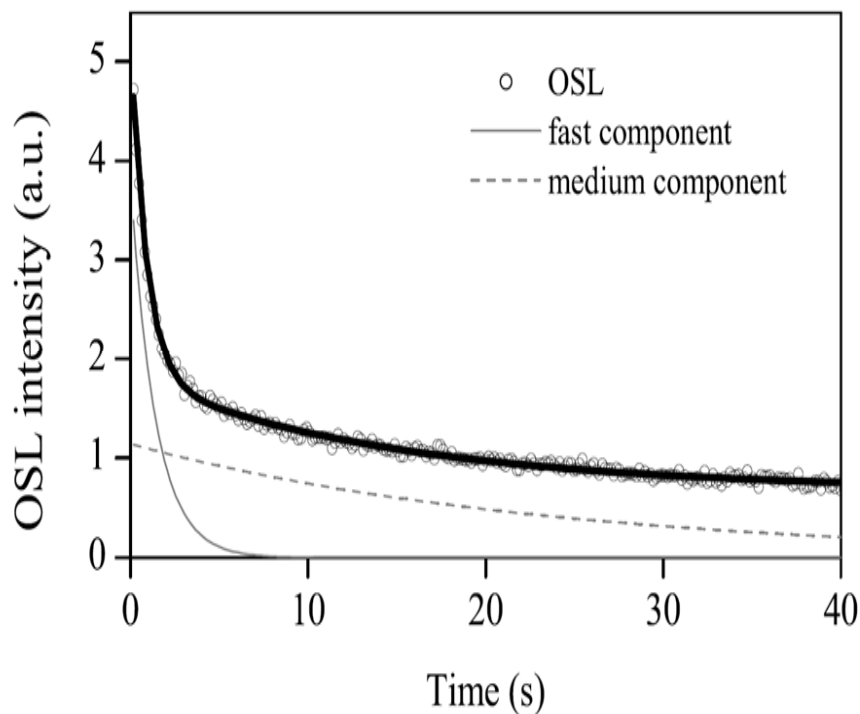
egy kvarcminta
TL kifizési görbéje



Dozimetriai módszerek alkalmazása a nukleáris biztonság növelésére

Vagy **optikailag stimulált lumineszcenciás** kiértékeléssel: az OSL berendezésben monokromatikus fénnel megvilágítva: fénykibocsátás, **OSL** bomlási görbe, a görbe alatti terület arányos a korábban elnyelt dózissal

**Kvarcminta
OSL bomlási görbéje**



Dozimetriai módszerek alkalmazása a nukleáris biztonság növelésére

Lumineszcencia dozimetria:

Környezeti anyagok →

Besugárzottság, dózistérkép

Személyes használati tárgyak →

Személyek sugárterhelése

Dozimetriai módszerek alkalmazása a nukleáris biztonság növelésére

Személyes használati tárgyak: „kütyük”

- Kvarcóra**
- Mobiltelefon**
- Pendrive**
- Laptop, netbook, Tablet PC**
- Fényképezőgép, videokamera**
- MP3/MP4 lejátszó**
- GPS készülék**

Dozimetriai módszerek alkalmazása a nukleáris biztonság növelésére

Pendrive



Mobiltelefon

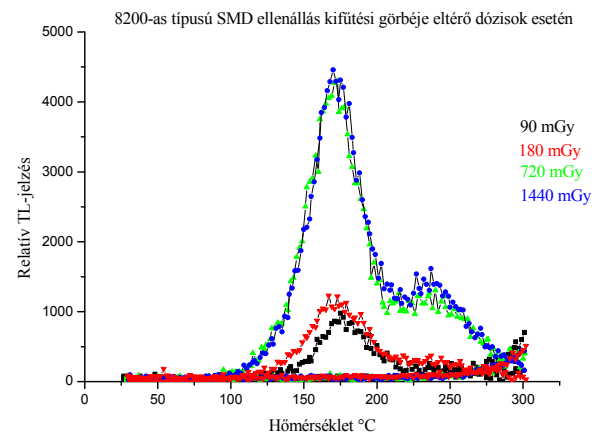
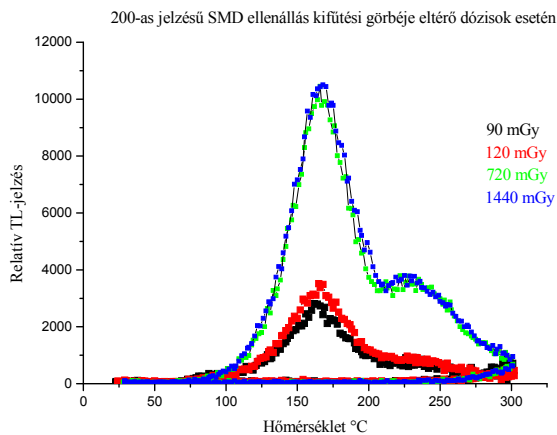


Dozimetriai módszerek alkalmazása a nukleáris biztonság növelésére



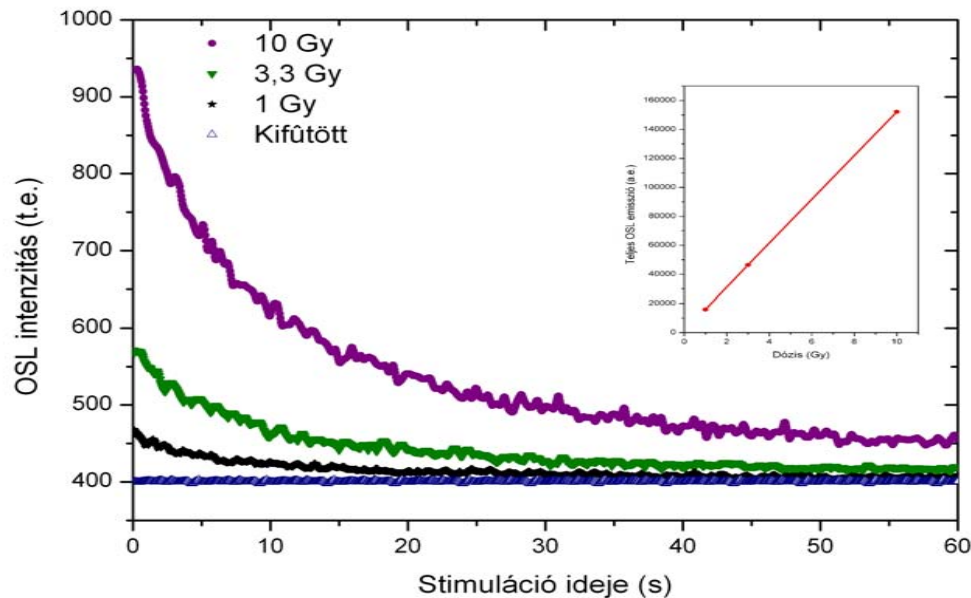
- Felületszerelt ellenállásokat minden elektronikai eszközben alkalmaznak
- Szigetelő hordozóra felvitt fém vékonyréteg
- A szigetelő anyaga döntő részben alumínium-oxid
- Az Al_2O_3 doziméter alapanyag

Dozimetriai módszerek alkalmazása a nukleáris biztonság növelésére



- Relatív alacsony dózisok (50 mGy) esetén is jól mérhető TL görbe
- A TL görbe maximuma 180 °C környékén (Al_2O_3)
- Növekvő dózis növekvő TL intenzitás
- Lineáris dózis-TL intenzitás összefüggés az 50mGy-0,8 Gy tartományban

Dozimetriai módszerek alkalmazása a nukleáris biztonság növelésére



Az 560 k Ω -os ellenállás OSL jele kék LED-es stimuláció esetén. A beszúrás az OSL hozamok dózistól való függését mutatja, ez a három mérési pont esetén szép lineáris kapcsolatot jelez.

Összegzés

- Saját fejlesztésű TL doziméter chipek alkalmazásával sikerült meghatározni a Paksi Atomerőmű hermetikus terében magas hőmérsékletű környezetben a dóziseloszlást.
- Retrospektív dozimetriai módszerek meghonosításával és továbbfejlesztésével hétköznapi anyagokat alkalmazva mód nyílt a besugárzottság kimutatására.
- Elektronikai eszközök alkatrészei szükséghelyzetben lehetővé teszik a személyi dózisbecslést.

Köszönöm a figyelmüket!