

A sugárzás mérés eszközei Méréstechnikai módszerek, eljárások

Dr. Kári Béla

Semmelweis Egyetem ÁOK

Radiológiai Klinka, Nukleáris Medicina Központ

SUGÁRZÁS DETEKTÁLÁS - MÉRÉS

Mit is jelent az SUGÁRZÁS DETEKTOROK ??

Detektálni - megmérni - a radioaktív, gerjesztett állapotban levő atommag (nukleon) által kibocsátott elemi részecskék fizikai jellemzőit.

α^{++} , β^{-} , β^{+} , γ , nés még további elemi részecskék.

Fizikai jellemzők:

Energia

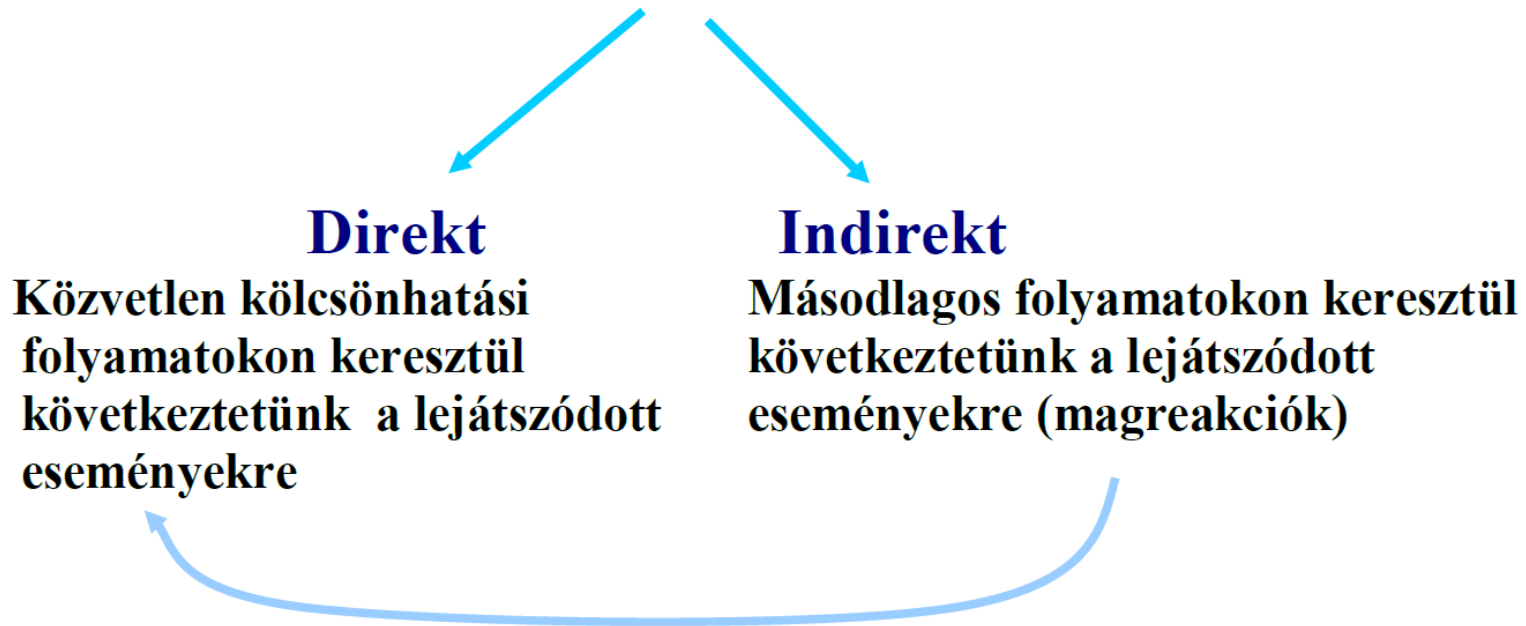
Intenzitás

Impulzus

SUGÁRZÁS DETEKTÁLÁS - MÉRÉS

Detektálás módja:

Kölcsönhatás a sugárzást hordozó elemi részecskék és a detektor anyaga között.



CÉLUNK: A sugárzás által hordozott információ **elektromos jellé** alakítása, hisz az jó kezelhető jelfeldolgozó eljárással, algoritmussal rendelkezik.

SUGÁRZÁS DETEKTOROK OSZTÁLYOZÁSA

SUGÁRZÁS DETEKTOROK

Gáztöltésű detektorok

Ionizációs Kamra

Proporcionális
számláló

G-M cső

Ionizációs kölcsönhatás

Áram érzékeny
eszköz.

Az individuális események
helyett a sugár nyalábot,
részecske fluxust méri.

Szilárdtest detektorok

Félvezető detektorok

Szcintillációs
detektorok

Individuális események meghatározása

Energia függés, intenzitás korlát

Folyadék detektorok

Szerves folyadék
szcintillátorok

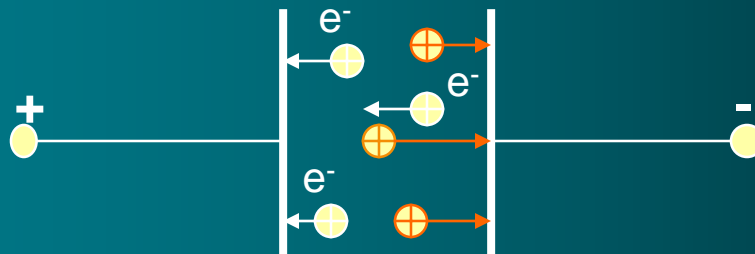
gerjesztéses kölcsönhatás

Jelátalakítási folyamatok

Gáztöltésű Detektorok

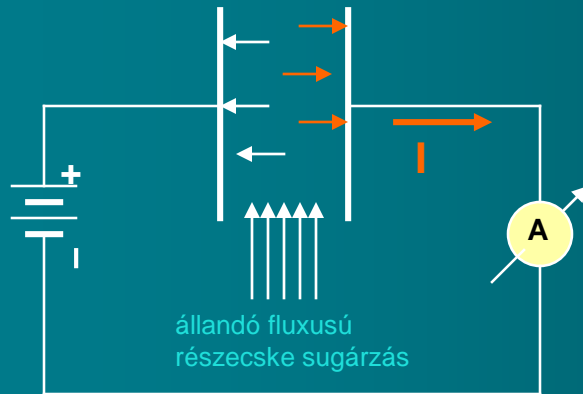
Működési alapelv:

- Gáztérben a sugárzást hordozó részecske ionizálja a gáz molekulákat, azaz a sugárzás útja mentén ion-pár halmazok keletkeznek. **A sugárzás jellemzésére az egységnyi úthossz alatt létrehozott ion-pár szám használatos.**
- A keletkezett ion-párok szétválasztása elektromos térerősség segítségével történik:

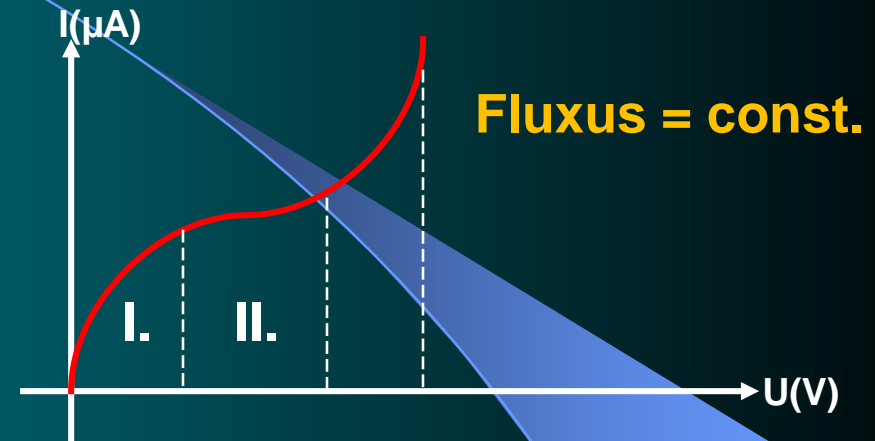


- Jelveszteség:**
- **Rekombináció** /a pozitív és negatív töltések semlegesíthetik egymást/
 - **Negatív ion képződés** / egyes gázok elfognak elektronokat, s így negatív ionokat képeznek. Nagy késéssel, de eljutnak az elektródra./

Ionizációs kamra



állandó fluxusú
részecske sugárzás



**Ionizációs kamra áram-feszültség
karakterisztikája állandó fluxus mellett**

I.) Ha a feszültség túl kicsi nagy a rekombináció valószínűsége.

II.) A II. feszültség tartományban az elektromos tér minden a sugárzás által keltett ion-párt begyűjt. **E tartományban a műszer által jelzett áram a feszültségtől független.**

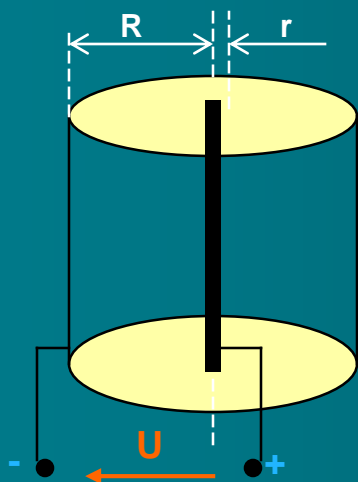
/Pl. 500 ion-pár $1.6 \cdot 10^{-16}$ Cb töltésnek felel meg, mely 1sec-re vonatkozóan $1.6 \cdot 10^{-16}$ A áramot jelent./

A kondenzátor lemezeibe zárt gázcsepscskéket ionizálja a gáztérbe kerülő sugárnyaláb. Az elektródákra kapcsolt feszültség hatására a töltött részecskéek a megfelelő elektródákra vándorolnak. **A detektor által szolgáltatott jel energiafüggő és a sugárzás intenzitásával arányos.** —> Nagy részecske fluxus , vagy részecskéedózis mérésére alkalmas integráló üzemmódban (erősen ionizáló sugárzás mint pl. α^{++} részecskéek detektálása).

- Speciális elektrónikus megoldással alkalmazható ezen detektor típus impulzus üzembe, amely részecske számmal arányos (csoportosan érkező részecskéek mint pl. a kozmikus sugarak).

Proporcionális számláló

Olyan elektromos térerősséget hozunk létre, melynek hatására a keletkezett ion-párok az elektródák felé haladva olyan energiára tesznek szert, melynek hatására maguk is képesek újabb töltéshordozók létrehozására a gáztérben → **Gázerősítés**



A gázerősítést a mellékelt diagramon látható (coax alakú, azaz hengerszimmetrikus kondenzátorral) geometriával is elősegíthetjük. A gáztérben lévő térerősség az alábbi összefüggés szerint alakul:

$$E(x) = U/x [\ln(R/r)]$$

A gáztérben kialakult gázerősítést az ún. „m” sokszorozási tényezővel jellemezzük. „m” jelentése, hogy egy töltött részecske az elektródák felé haladva újabb „m” ion-párt hoz létre, ahol $m = m(A(Z), U, \text{geom})$. A lavina kialakulásához 0.1 atm nyomású Ar gázban $1.5 \cdot 10^5$ V/cm térerősség kell.

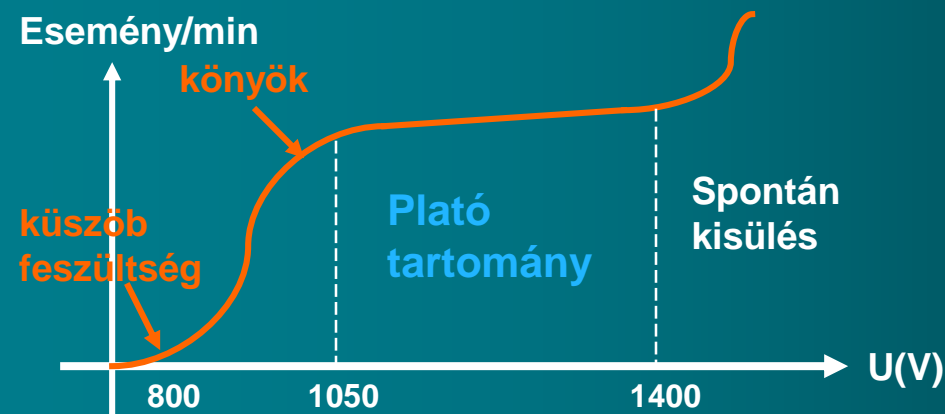
A proporcionális számláló energiafüggő és eseményszámlálásra alkalmas detektor.

Geiger Müller (GM) Számlálók

A térerősség /közvetetten a feszültség alapján/ növelésével elérünk egy olyan gázerősítés értéket, ahol az „m” tovább nem növelhető az adott geometriai kialakításban → *maximális gázerősítés*

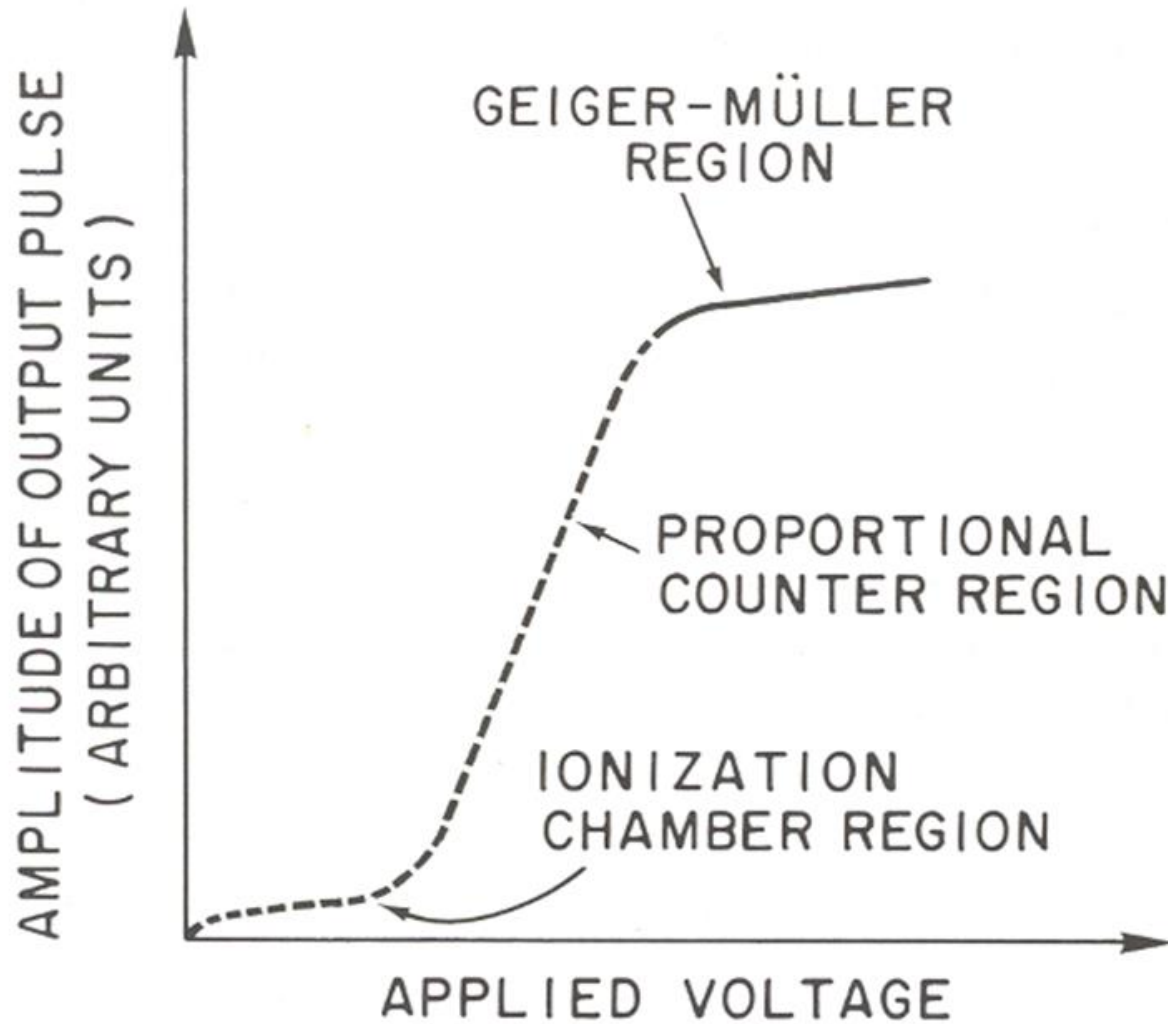
Ennek következményei:

- Olyan lavina szerű esemény zajlik le, mely bármely sugárzó részecskével való kölcsönhatás hatására **ugyanolyan választ ad a detektor részecske energiájától, ionizáció képességétől függetlenül.**
- **Csak eseményszámlálás valósul meg**, a sugárzást hordozó részecske típusa, energiája nincs hatással.



A GM csöves számlálók igen jó hatásfokkal detektálják az α^{++} és β sugarakat.
 γ sugarakra a megszólalási valószínűsége pár % nagyságrendű.

Gáztöltésű Sugárzás Detektorok Összefoglalása



Voltage response curve (pulse amplitude versus applied voltage) for a GM counter.

Gáztöltésű Detektorok

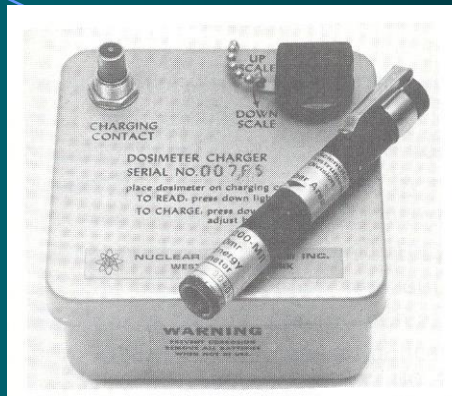


**Ionizációs Kamra
Dóziskalibrátor /Veenstra 405/
számítógépes támogatással /kalibrált/**

Gáztöltésű Detektorok



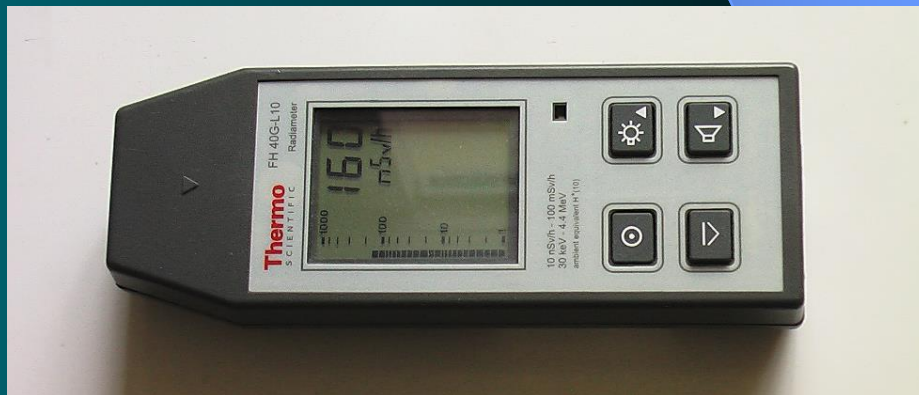
**Ionizációs kamra alapú
szennyezettség mérő**



**Személyi dosiméter
(ionizációs kamra alapú)**



**GM Detektoros felületi
szennyezettségmérő (RadEye B20)**



**Proporcionális számláló alapú dózis
teljesítmény mérő (FH 40GL E>30keV)**

Gáztöltésű Detektorok

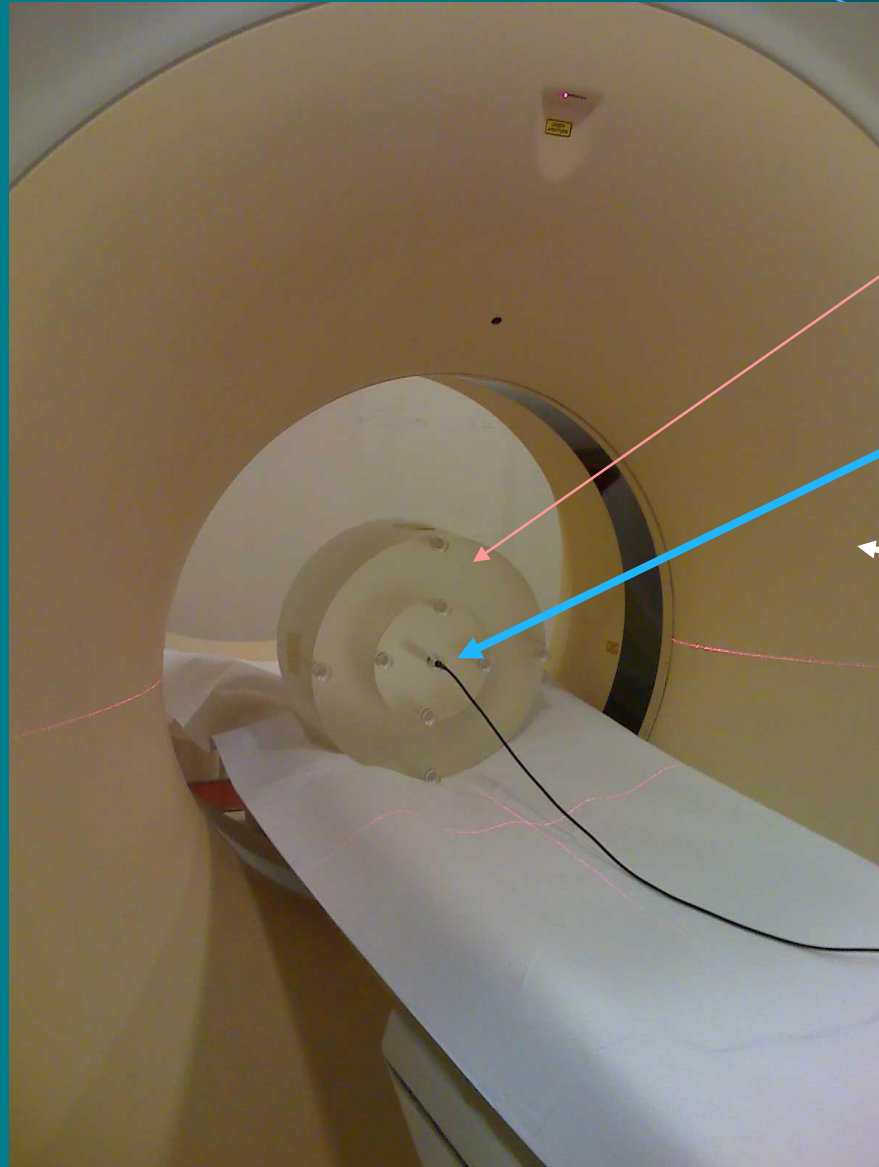


GM csöves felületi szennyezettségmérő

Victoreen közepes nyomású
ionizációs kamra alapú kalibrált
dózis és dózisteljesítmény mérő



Gáztöltésű Detektorok



Fantom (a CT-hez dedikált fantom a besugárzási térkép meghatározásához)

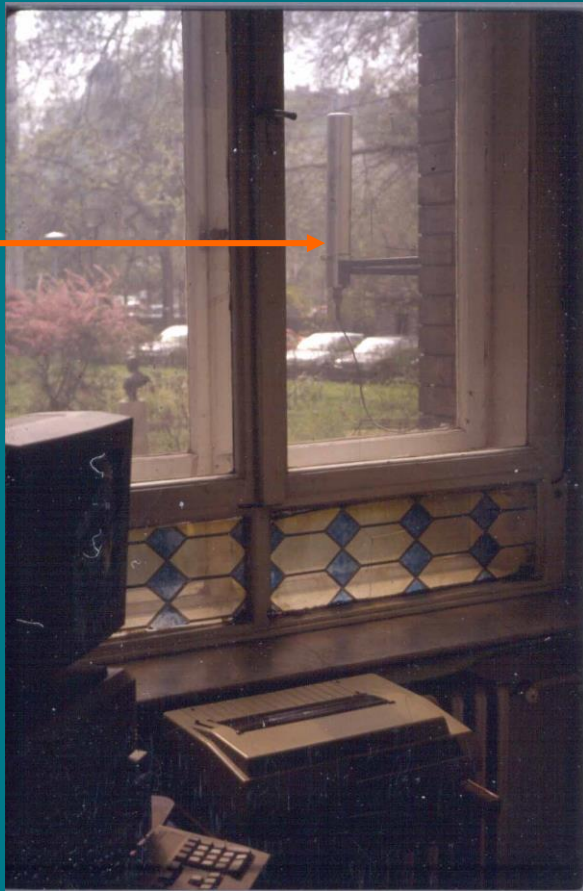
Ionizációs kamra

CT

A „CTDI” besugárzási dózis becslése a felvételi paraméterek alapján.

Kalibrációs eljárás

Gáztöltésű Detektorok



Proporcionális számláló alapú
kültéri dózis teljesítmény mérő
Bitt Technology (RS04L/WEB
Gammaszonda)

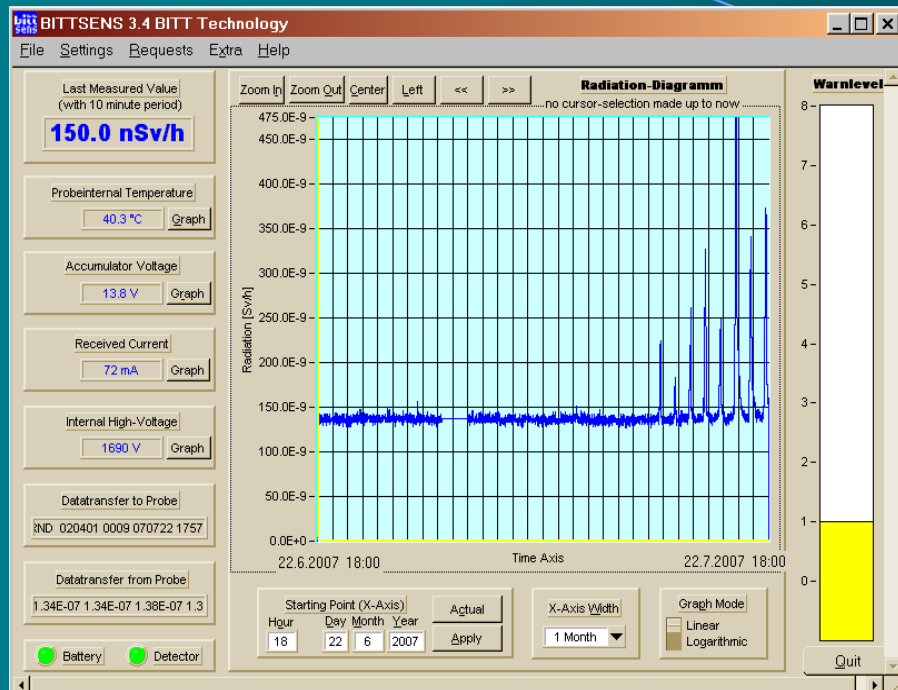


Stand-by tápellátás
és kommunikációs
csatorna illesztés

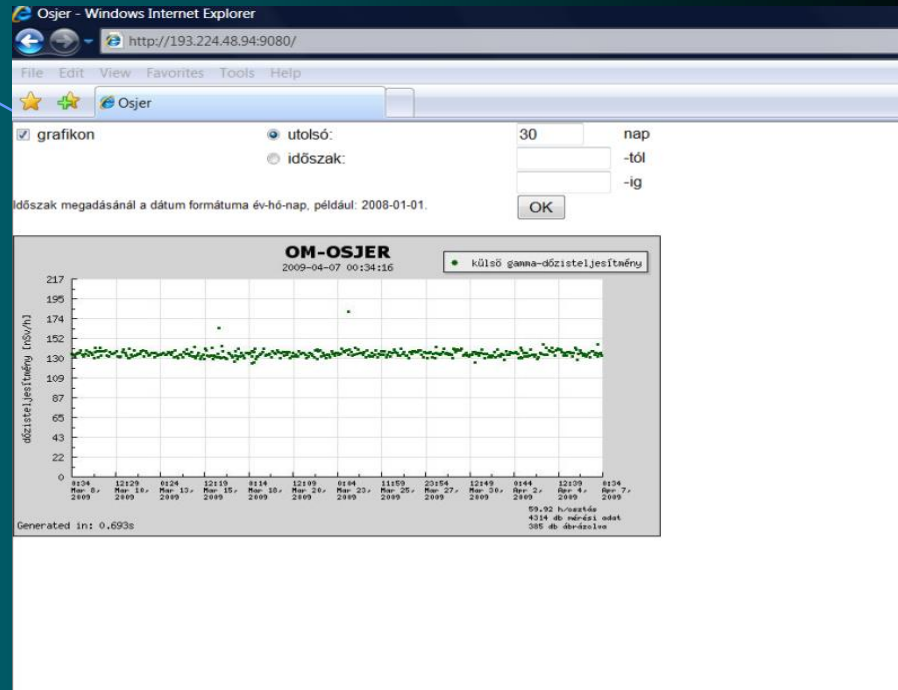


A rendszert
folyamatosan
kiszolgáló (WinXP)
számítógép

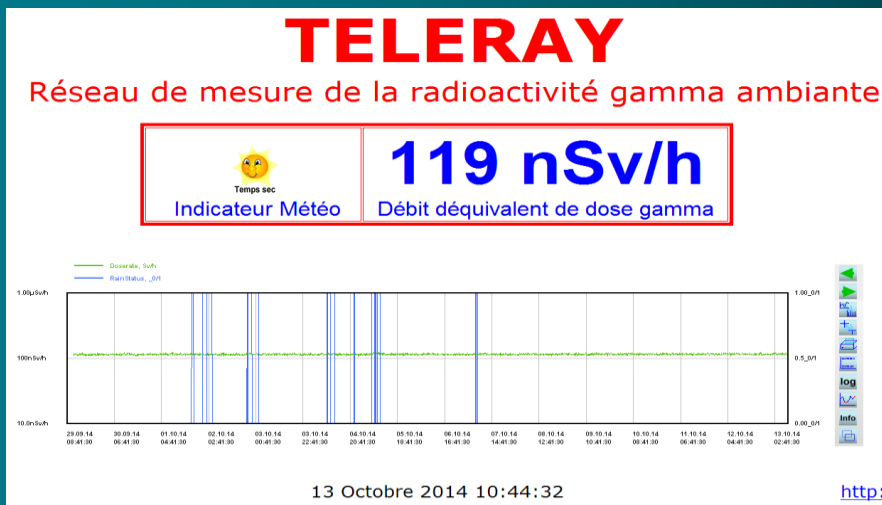
A Kültéri Egység Különböző Mérés Adatgyűjtő Rendszere



BITT Technology Windows alapú adatgyűjtő és kiértékelő rendszere



Linux alapú Internet elérhetőségű kiértékelő rendszer

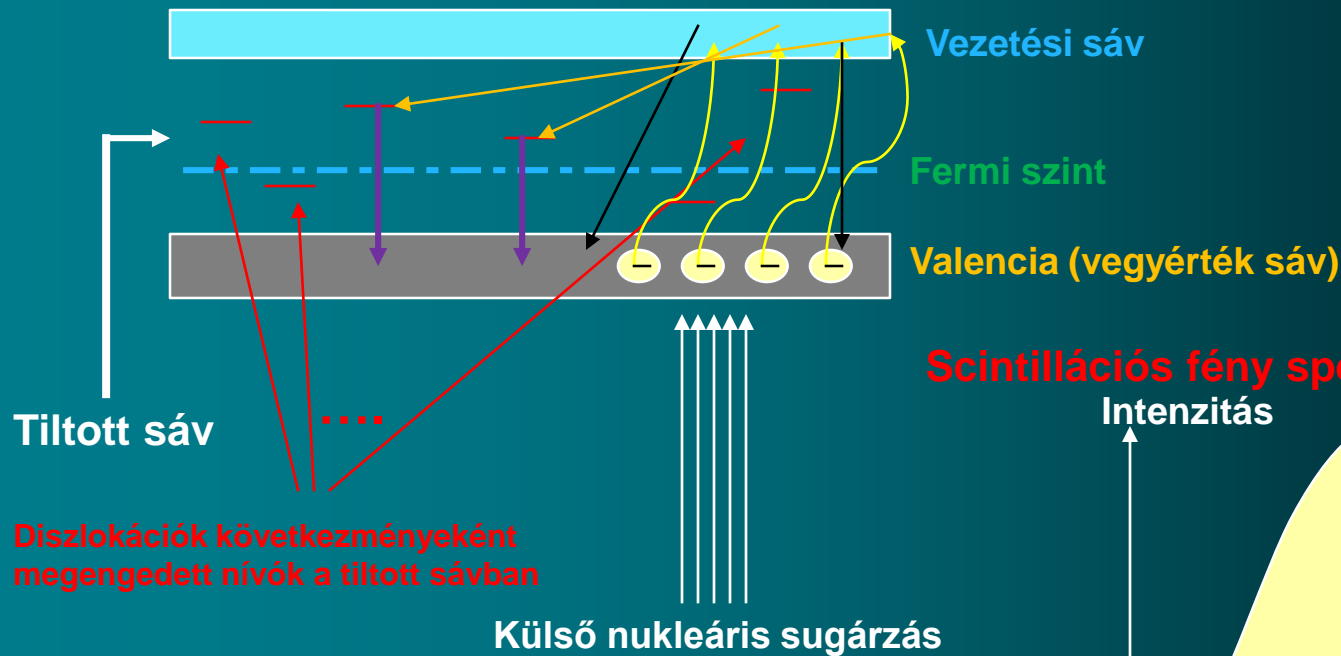


Intelligens Web04 Sonda” eredmény prezentációja. A “Web04” detektor már a kültéri egységbe tartalmaz egy Linux operációs rendszer futtatására alkalmas integrált számítógépes “chip”-t

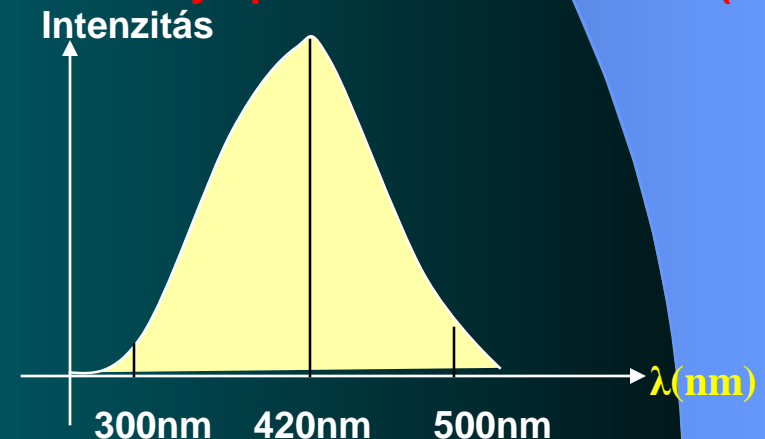
Szilárdtest Detektorok

Gerjesztés elvén működő szcintillációs detektorok:

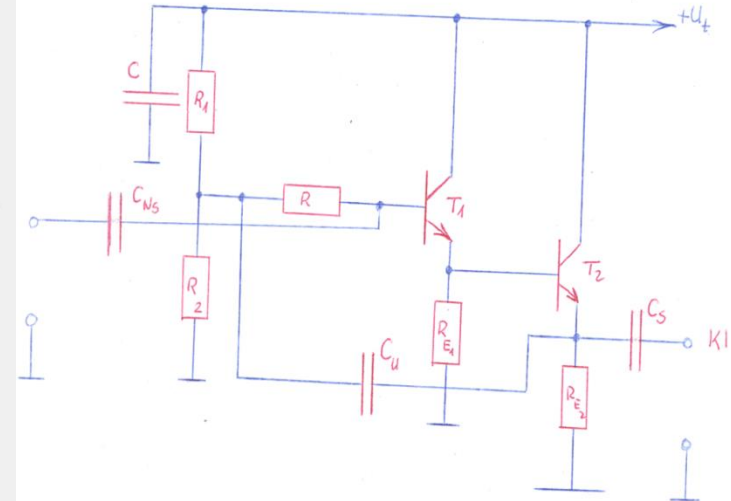
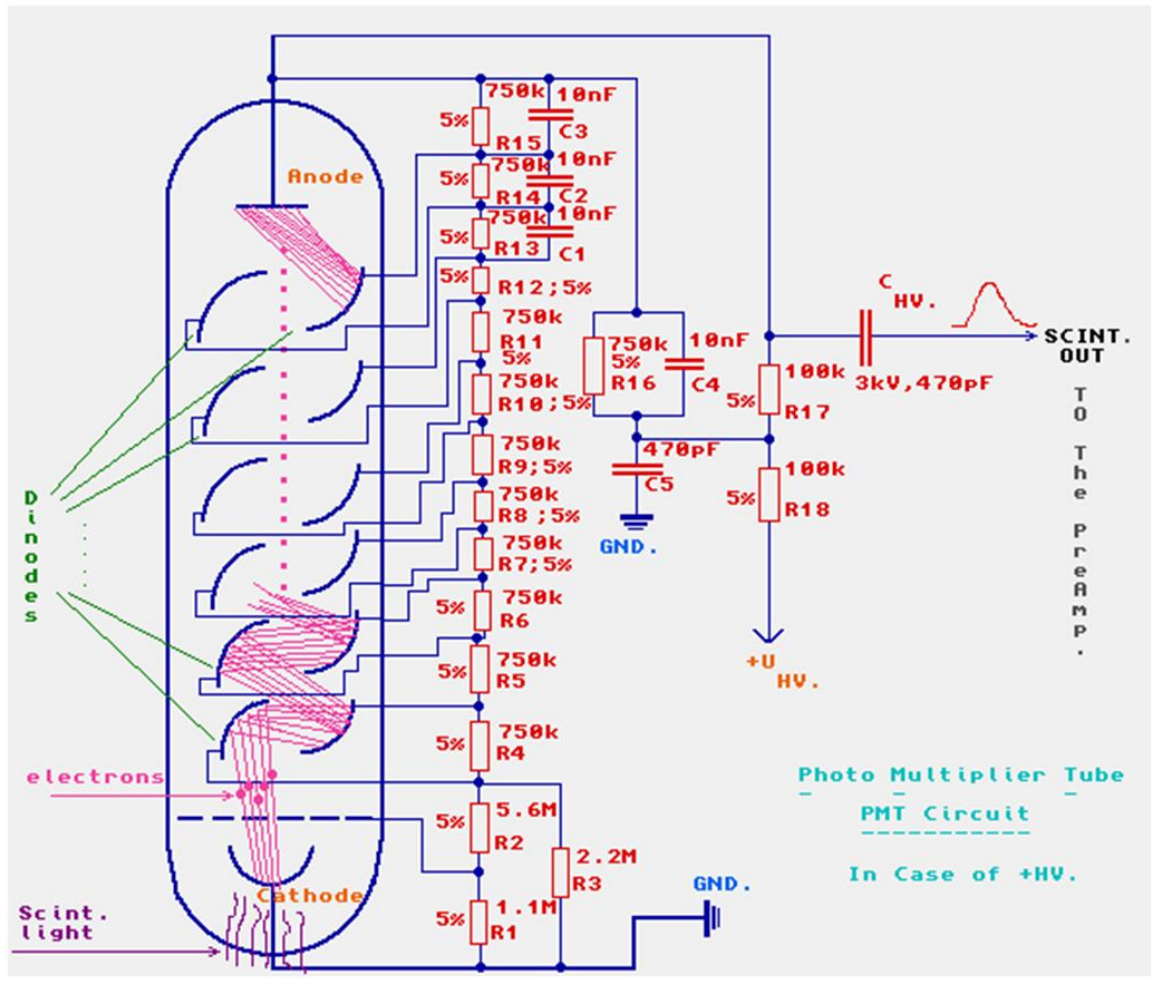
Szilárd testek sávszerkezete:



Scintillációs fény spektrális eloszlása /NaI(Tl/)



PMT – Fotoelektron sokszorozó



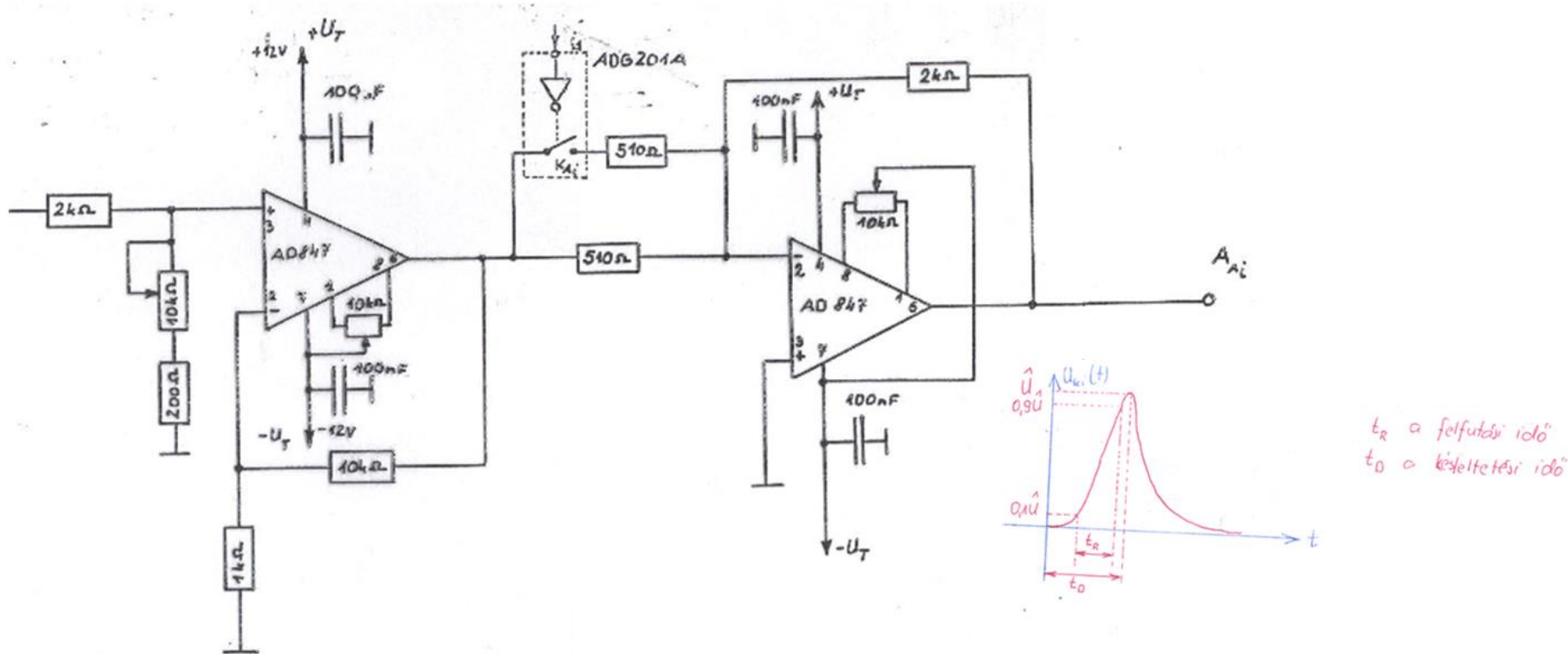
Előerősítő (töltés érzékeny)

Töltés-feszültség átalakítás

Szcintillációs fény- töltés jelátalakítás (PMT)

Jelformálás jelerősítés

Impulse Shape Amplifier for Scintillation Detector

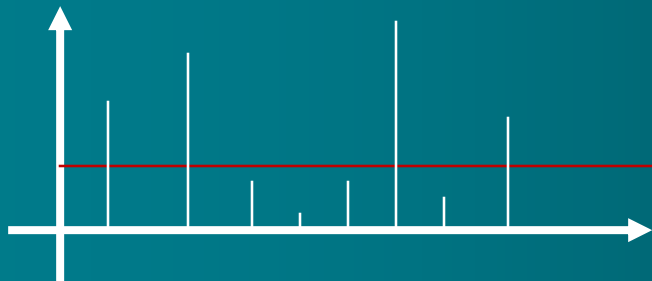


A scintillációs jel [NaI(Tl)] kristály esetén 230nsec felfutási idővel és kb. 1μsec lefutással /integrálással/ rendelkezik.

Jelek szelektálása

A scintillációs detektor **energiafüggő, amplitúdó jelet szolgáltat az egyedi eseményekről**. Így a jelek szelektálásával lehetővé válik az egyedi események sugárzó anyag függő analízise, elemzése.

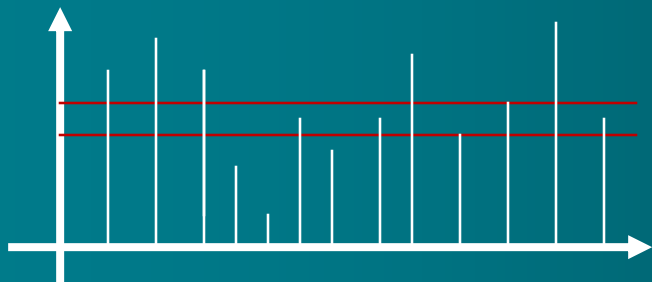
Amplitúdó (V)



Komparálási szint,
integráldiszkriminálás
t (msec)

Csak akkor van kimenet, ha a jel amplitúdója meghaladja a komparálási szintet

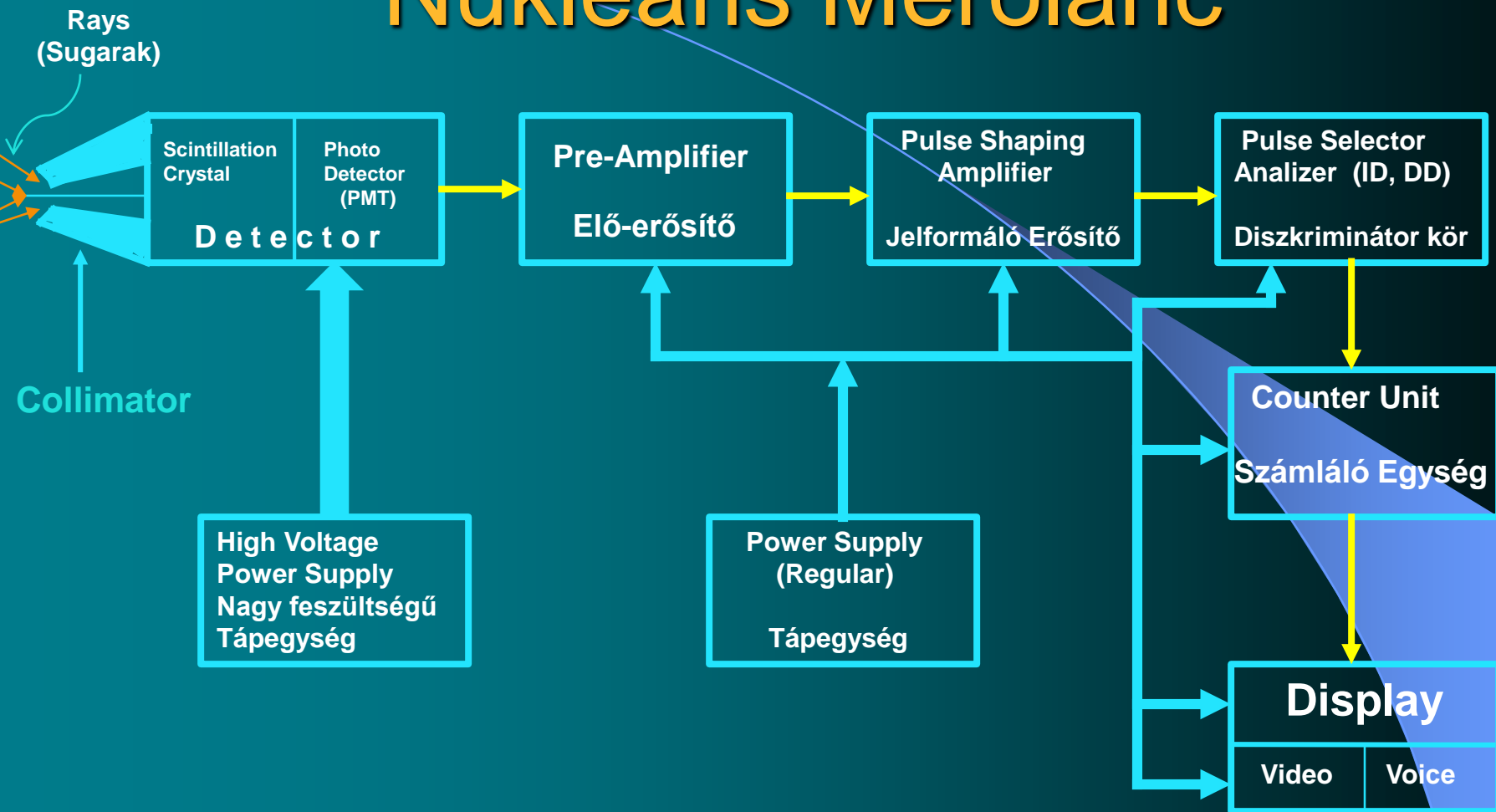
Amplitúdó (V)



DD. ún. differenciál
diszkriminálás

Kimenő válaszjelet csak akkor kapunk, ha a jel amplitúdója a komparálási szintek között van.

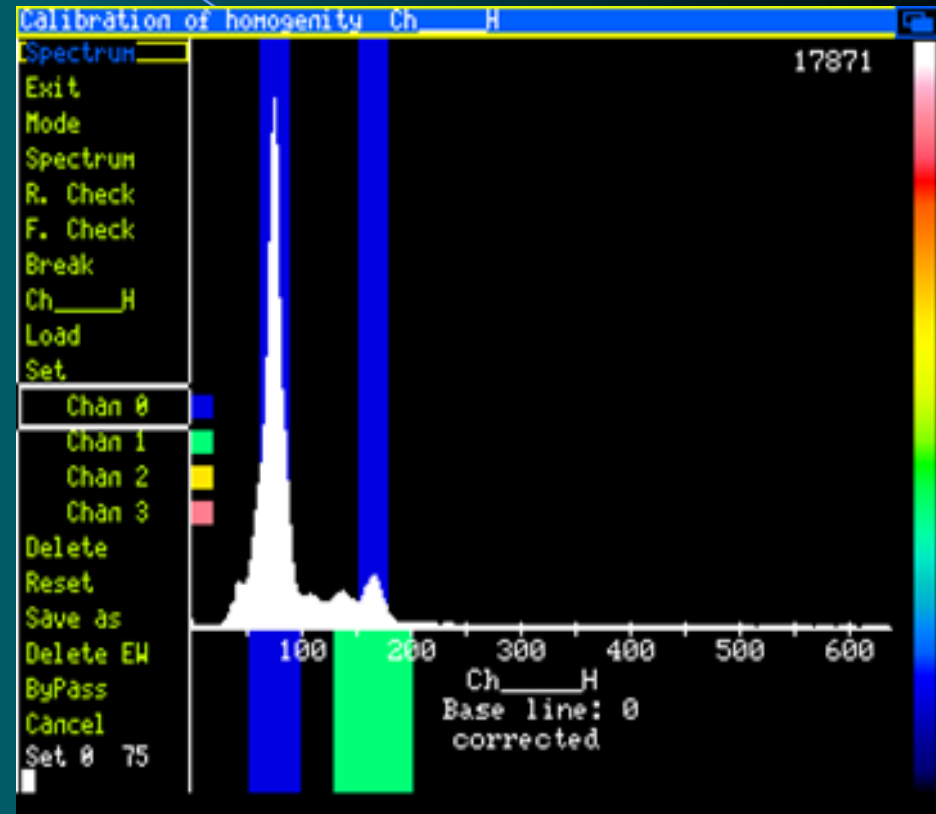
Nukleáris Mérőlánc



Szcintillációs Detektor Rendszeren Alapuló Mérőhely Összeállítások

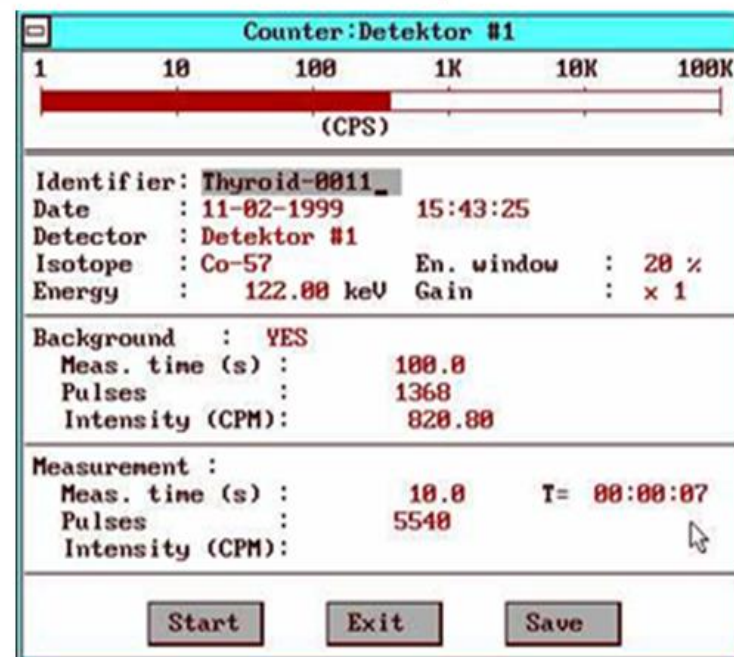
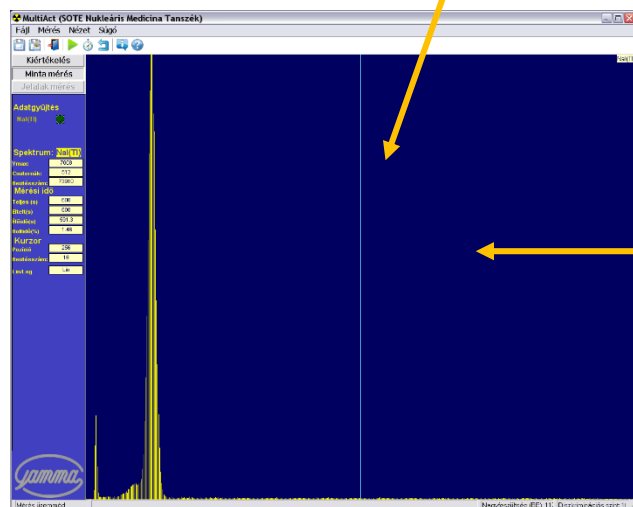
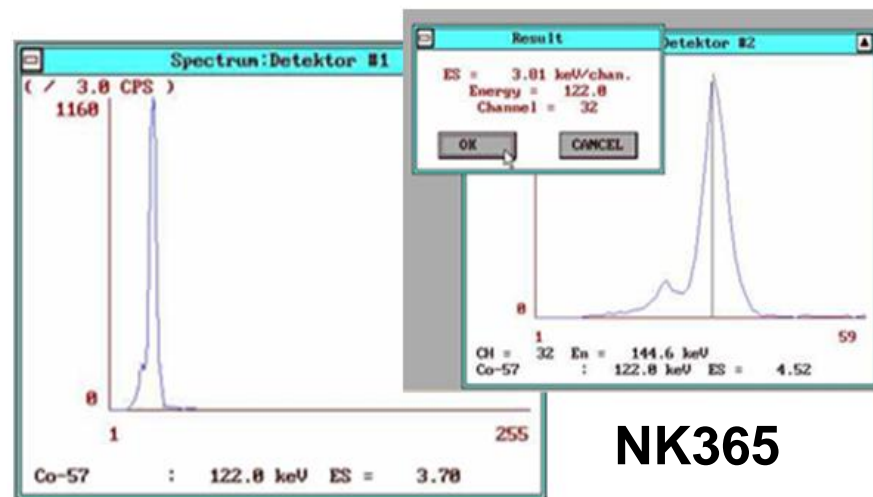
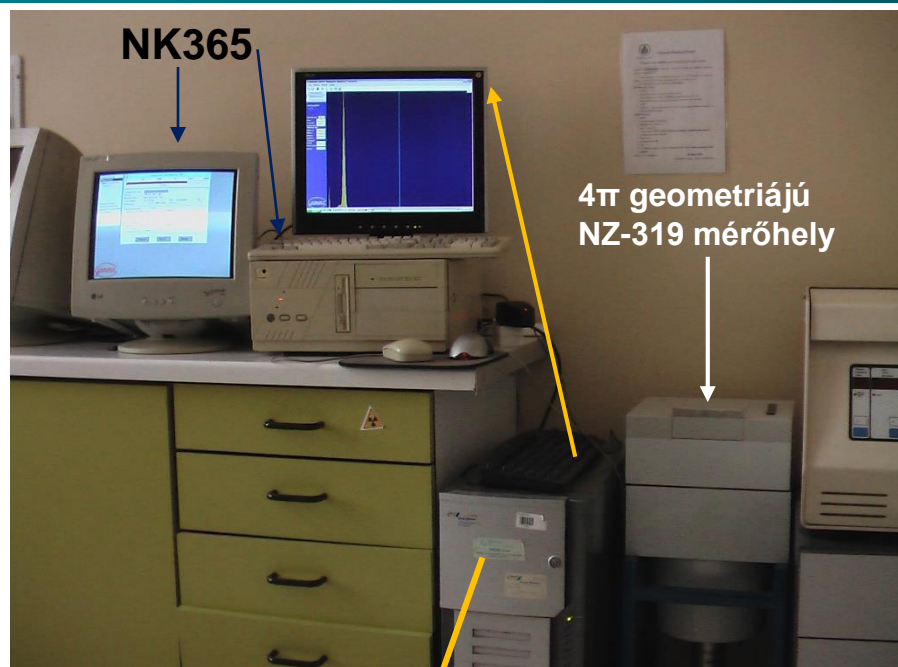


NaI(Tl) Szcintillációs mérőfejek



NaI(Tl) Szcintillációs Detektor Spektruma
[TI/201 izotóppal 72keV és 168keV]

Alacsony háttérű (4π geometriájú) spektrométer és energiaszelektív számláló /NAI(Tl) detektor β és γ sugárzásra/



**Több - NaI(Tl) - Detektoros (10) I^{125} -el ($E_\gamma < 35\text{keV}$)
Jelzett Anyagminta Koncentrációt meghatározó
Alacsony Hátterű MÉRŐhely (KIÉRTÉKELŐ Egységgel)**

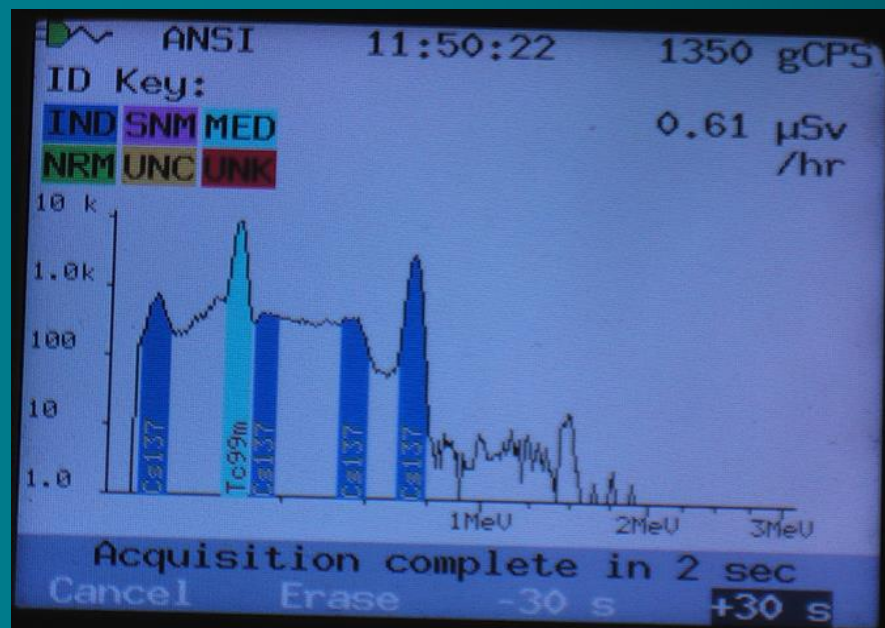


Felületi Szennyezettség Mérés és γ Sugárzó Kontaminációs Meghatározás

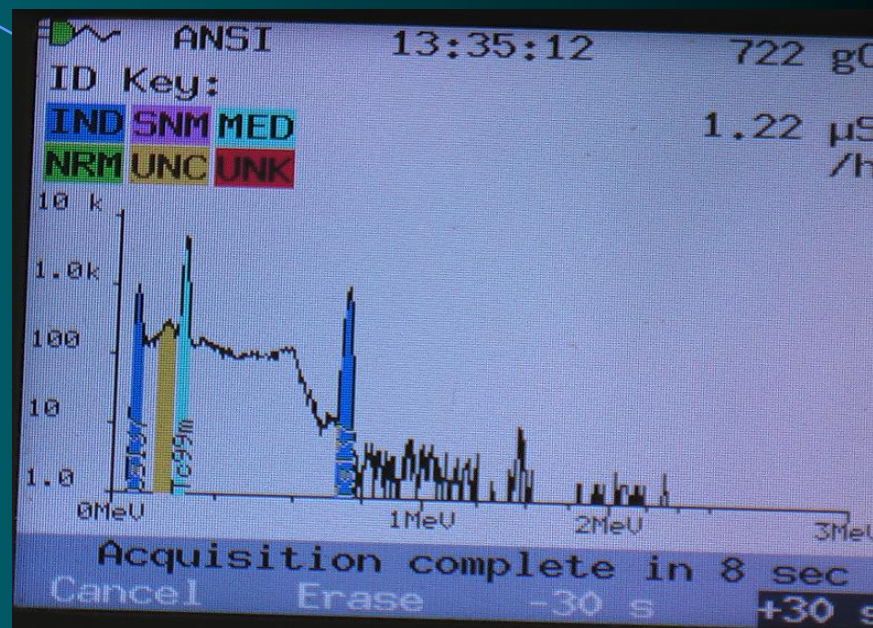


BNC-940 Szintillációs /NaI(Tl) ill. LaBr(CE)/ detektor alapú felületi szennyezettség mérő és Radioaktív Anyag Meghatározó

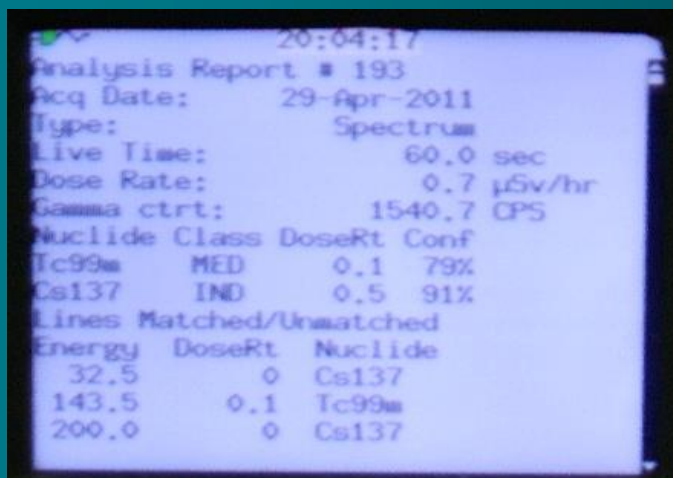
BNC-940 NaI(Tl) Hordozható Szcintillációs Dózismérő és Rádióaktív (γ sugárzó) anyagfelismerő rendszer.



NaI(Tl) Scintillation Detector

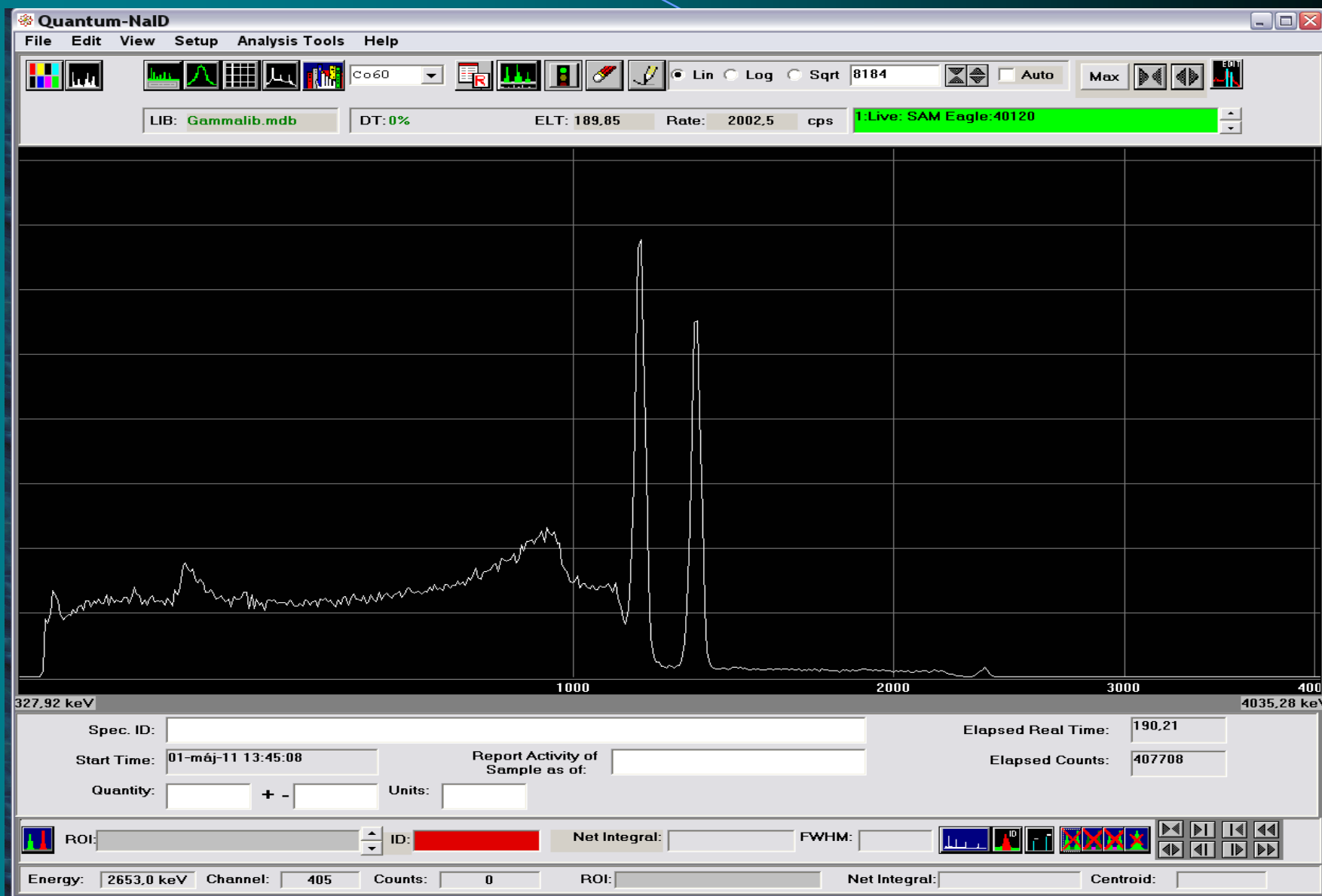


LaBr(Ce) Scintillation Detector



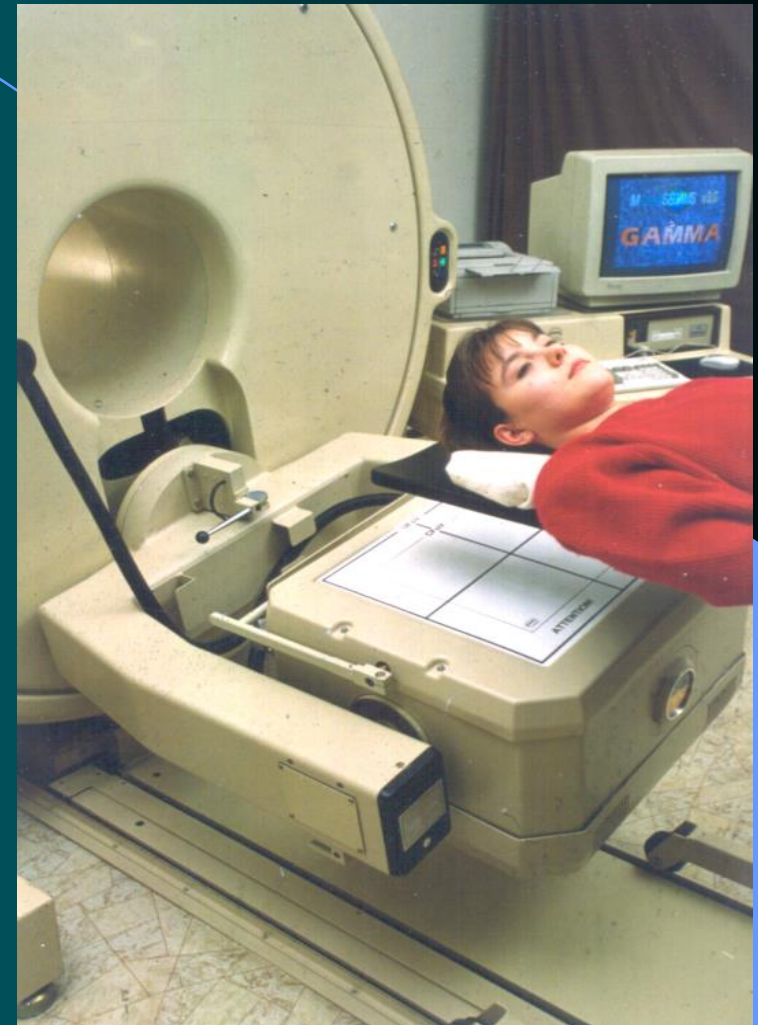
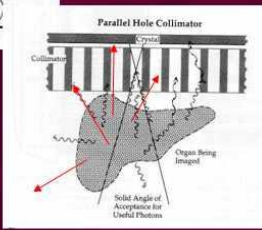
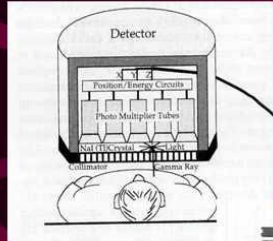
Az izotóp azonosítás eredmény lapja, dokumentuma

Radioaktív Anyag Meghatározás "Remote Control" Alapján (/Labr(Ce) Detektor/ ^{60}Co



Multi-Dimensional Scintillation [NaI(Tl)] Detector System [Geometry]

- Gamma camera - Anger system scintillation camera -

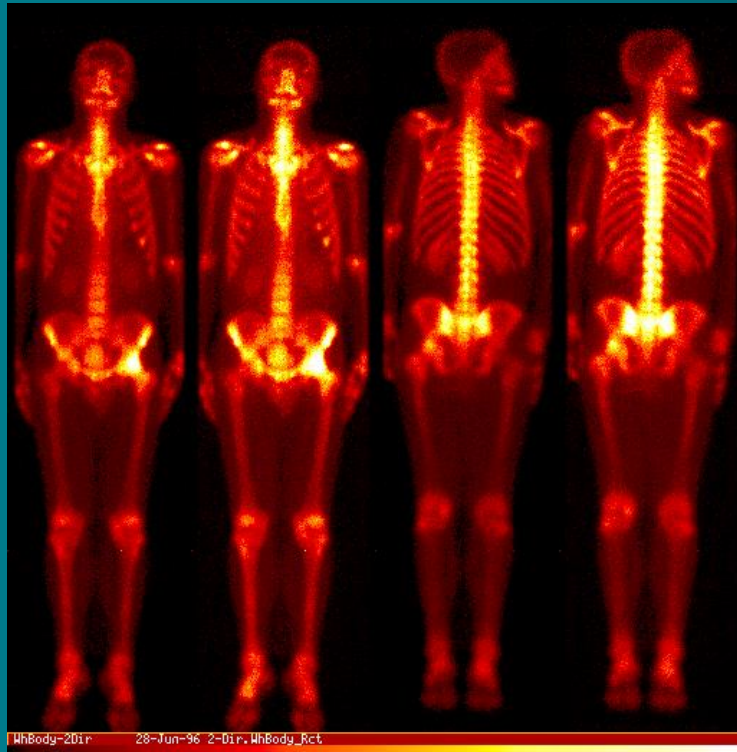


S
P
E
C
T
I
C
T

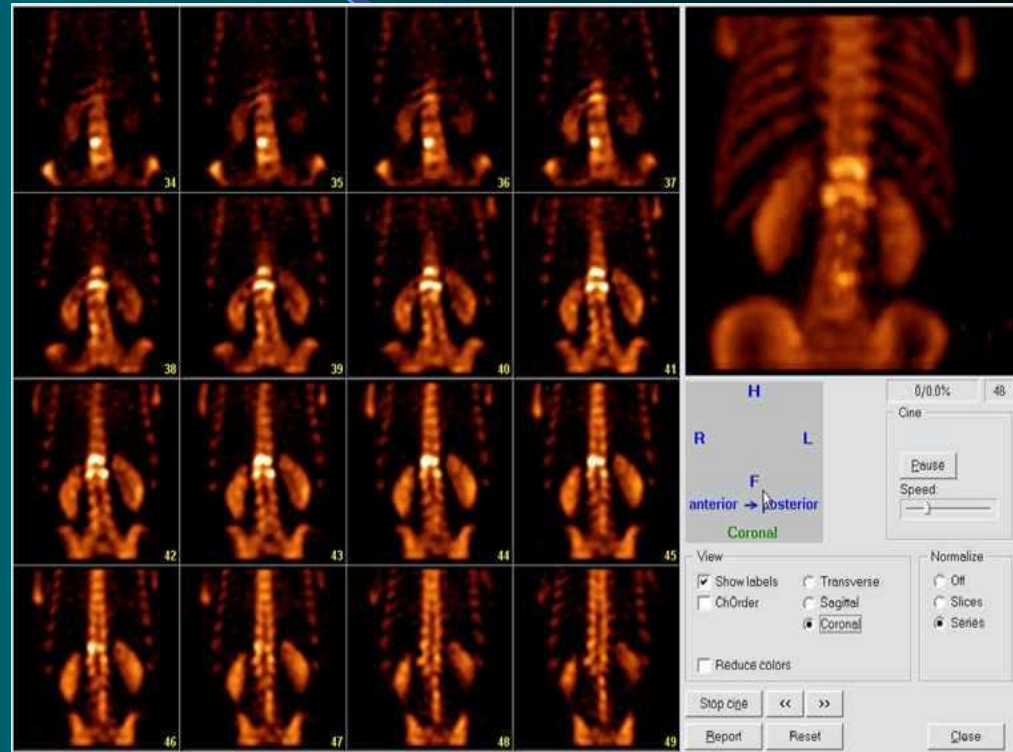
3D SPECT leképezés



A Leképezett Izotópeloszlás



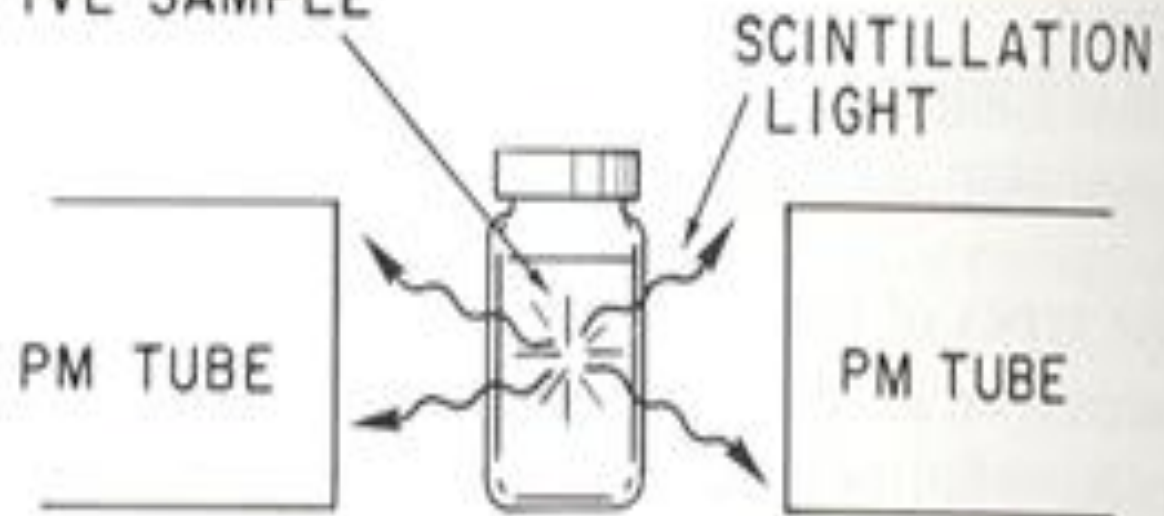
2D Planáris Egésztest
leképezés eredménye



3D SPECT leképezés prezentálása

Elvi mérési elrendezés Folyadék Szcintillátorral

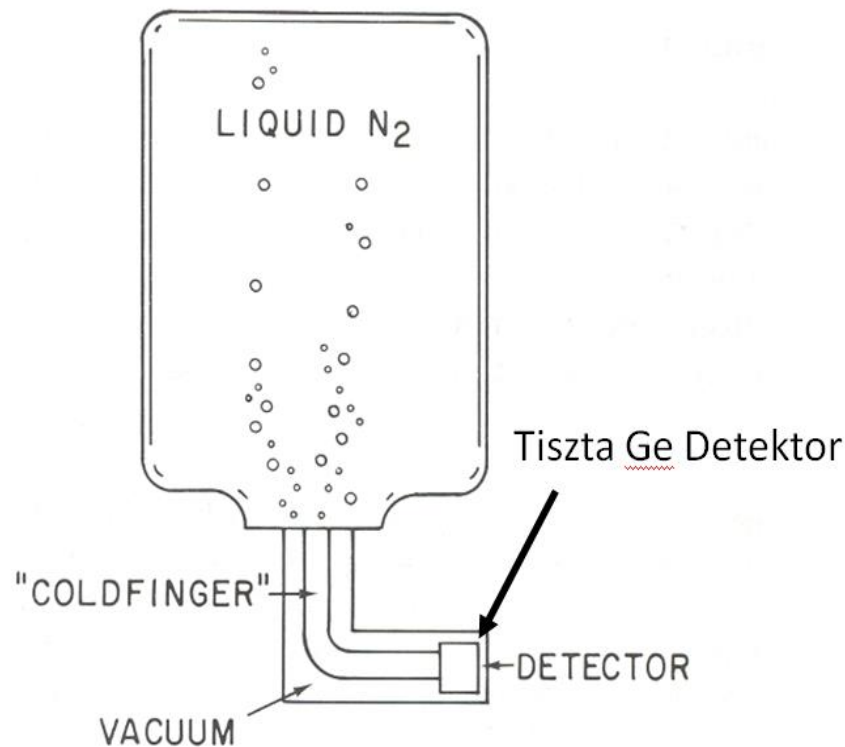
LIQUID SCINTILLATOR SOLUTION
CONTAINING DISSOLVED
RADIOACTIVE SAMPLE



A LSC (Liquid Scintillation Counter) Egy Megvalósított Formája - BeckMan 6000IC -



FÉLVEZETŐ DETEKTOROK



Pure Ge detektor a hűtési elvvel

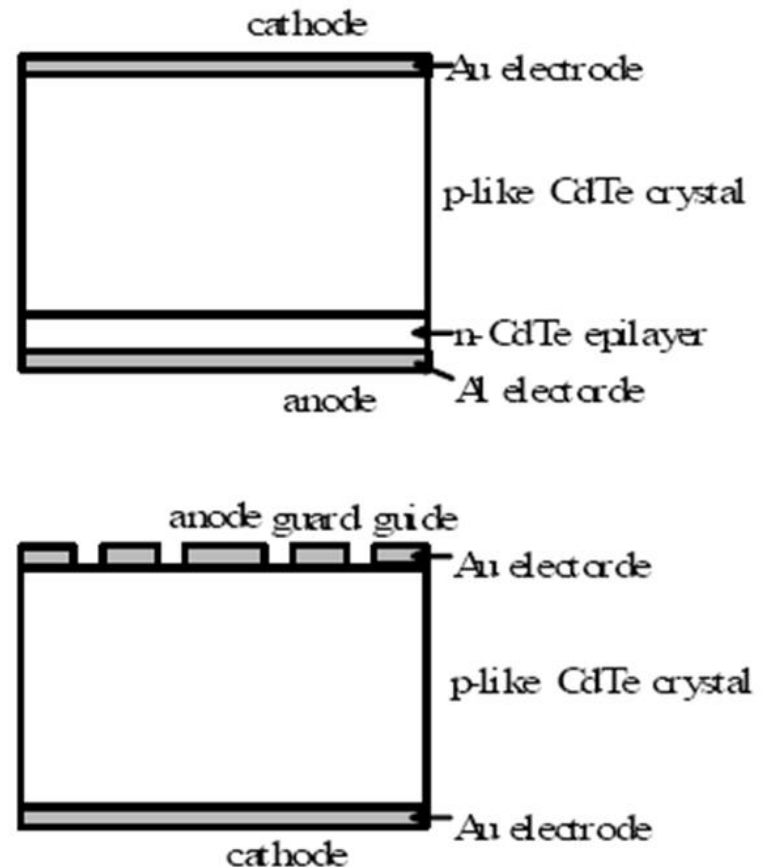


Fig. 1. Cross-sectional diagram of M- π -n diode detector (above) and multi-electrodes pixel detector (below).

Félvezető Detektor Energiafelbontása

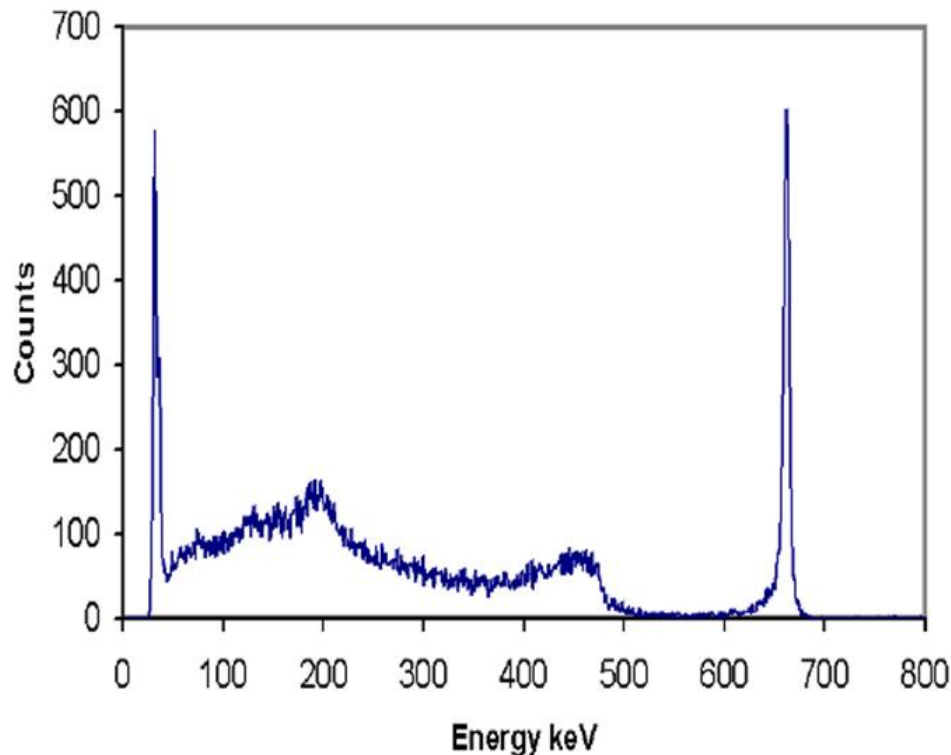


Fig. 1 – A combined ^{137}Cs spectrum of all 16 pads from a CZT segmented pad detector of dimensions $1\text{cm} \times 1\text{cm} \times 1\text{cm}$ (Ref. 1).
The FWHM is 1%

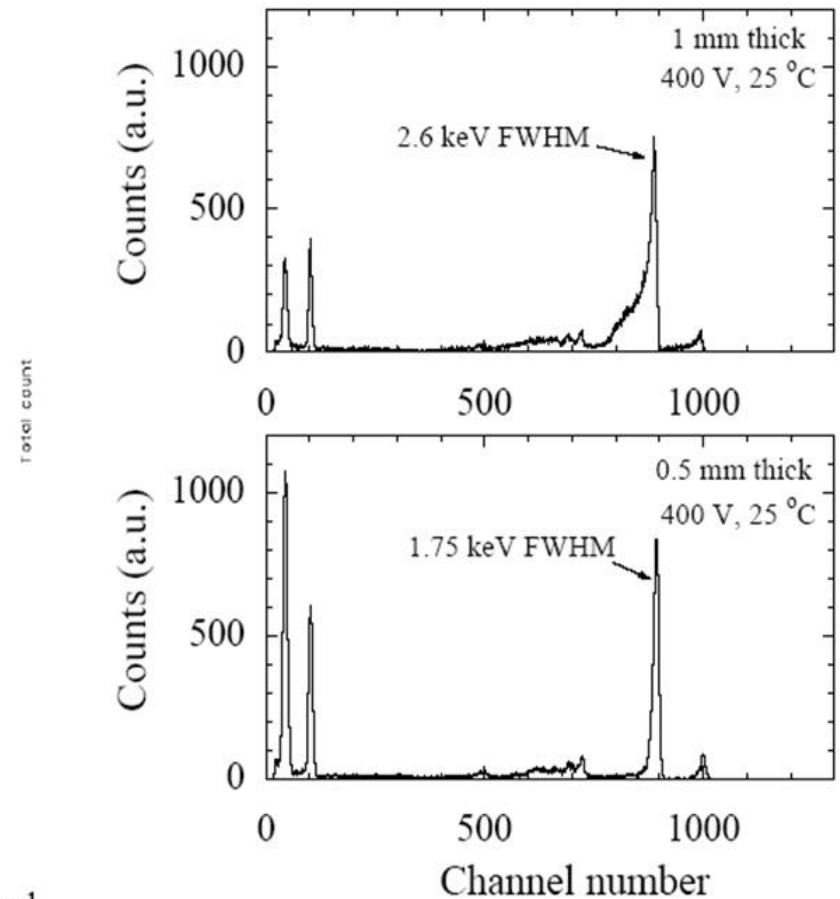


Fig. 4. ^{57}Co energy spectra obtained from M- π -n diode detector at room temperature.

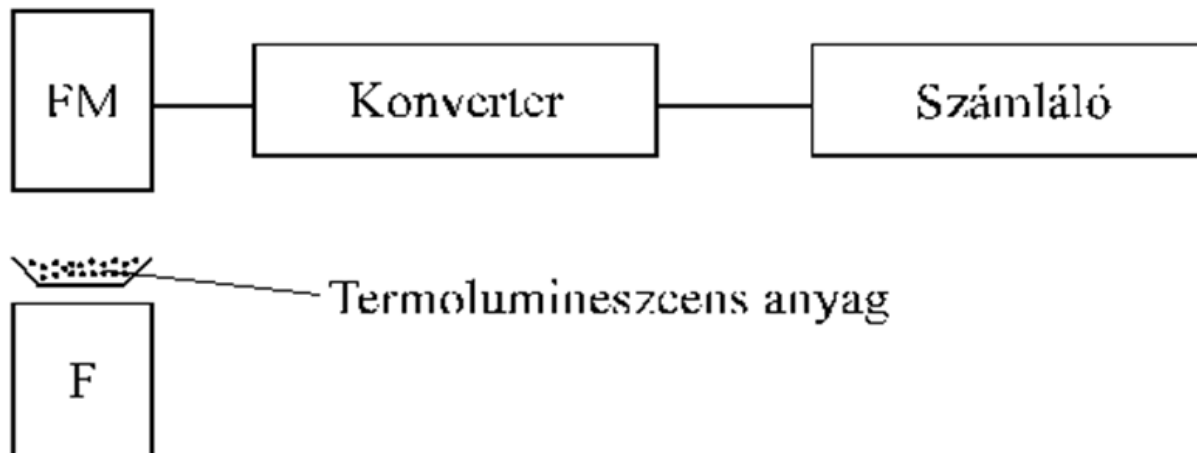
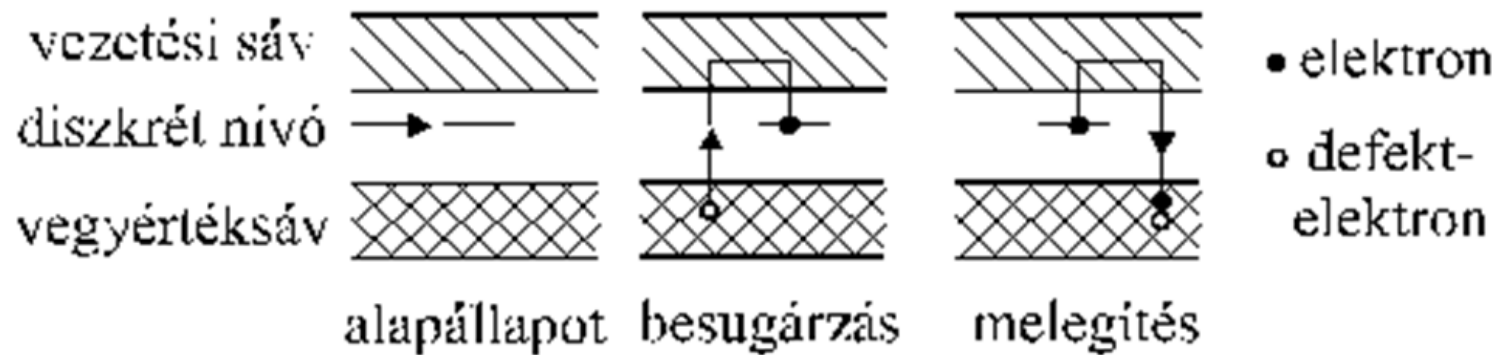
FÉLVEZETŐ DETEKTOR Alapú (Si) Személyi Dózismérő



Nagyobb besugárzási dózis
esetén fény és hangjelzés

TLD Működési elve

Thermo Lumineszcensz Detektor



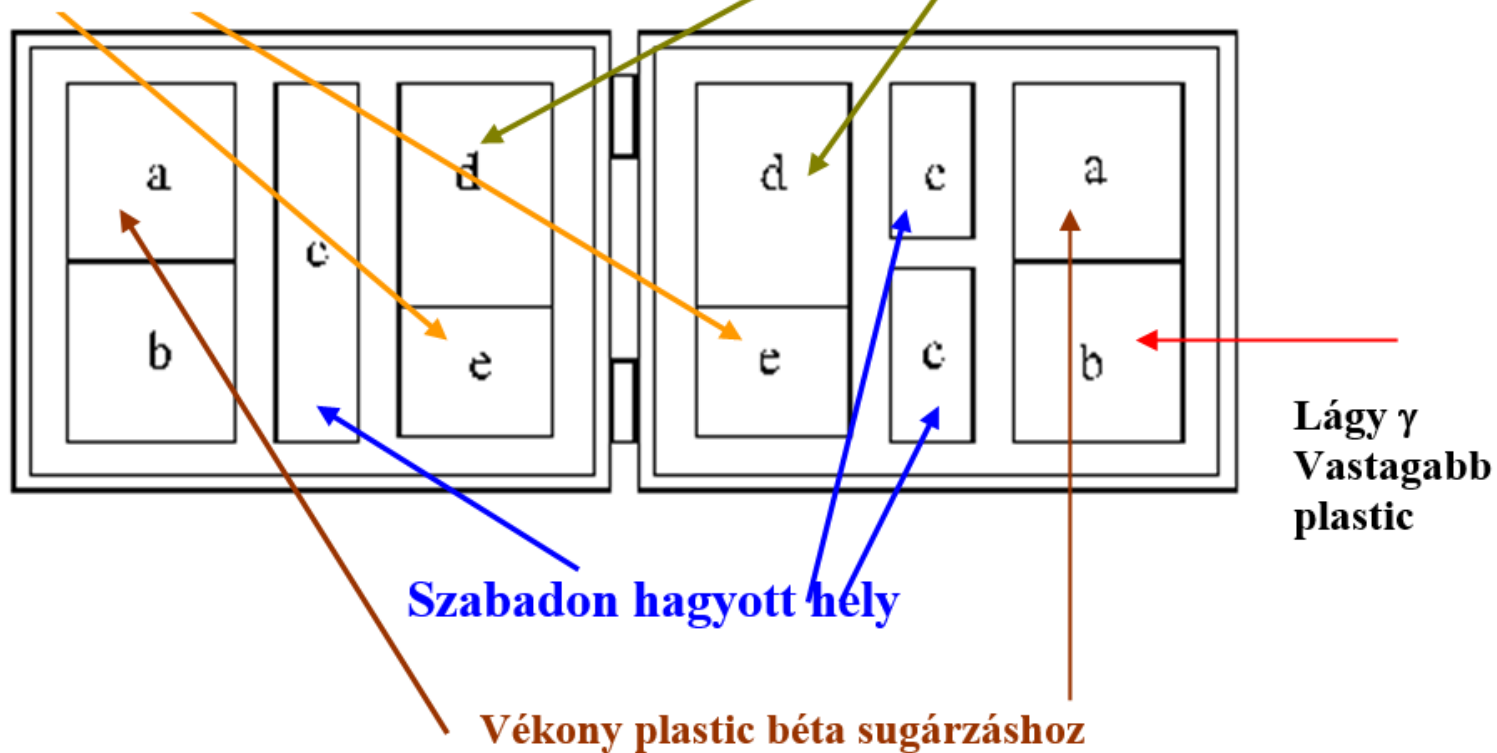
TLD-CUBE 400 Kiolvasó Rendszer Különböző Geometriájú Pasztillákra



Duraluminium γ
sugárzás érzékeléshez

Film Dozimeter

Ón, ólom nagyobb
energiájú γ sugárzáshoz









SEMMELWEIS EGYETEM
RADIOLÓGIAI és
ONKOTERÁPIÁS KLINIKA



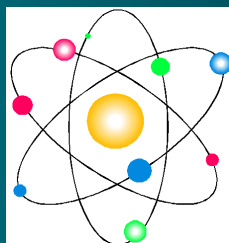
OMOSJER Labor Működése

Dr. Kári Béla

mérnök-fizikus, tudományos munkatárs

OMOSJER Labor Vezetője

SE ÁOK Radiológiai Klinika, Nukleáris Medicina Központ



OM-OSJER Mérőhálózat

OM Oktatási **M**inisztérium - jelenleg EMMI finanszírozás -

OSJER Országos **S**ugárzás **J**elző és **E**lőjelző **R**endszer

Rendszer Tagjai:

- Az ország 13 helyén folyamatosan 24 órában működő szondák szolgáltatják a sugárzási adatokat
- A mérési eredmények elektronikus továbbítása a központ felé - 2008-tól automatikusan -
- A mérési eredmények **nyilvános** elérhetősége

Az OSJER Rendszer Alapfeladatai

- Az országos sugárzási szint folyamatos **-24h-ás folyamatos mintavétel-monitorozása** a telepített kültéri doziméterek alapján. → Országos sugárszint térkép a **talaj radioaktív dózisteljesítménye** alapján
- Folyamatos nyilvános elérhetőség
- Kritikus esetben a **központ különböző szintű riasztás** elrendelése
- A helyi OMOSJER laborok sugárvédelmi felkészültségük szintentartása és folyamatos fejlesztése:
 - a.) műszerezettség tekintetében /a rendelkezésre álló műszerek megfelelő **karbantartása, kalibrálása, hitelesítése/**
 - b.) sugárvédelmi **eszközpark folyamatos fejlesztése**
 - c.) sugárvédelmi ismeretek, gyakorlati, mérési tapasztalatok és kiértékelések naprakészsége
 - d.) sugárvédelmi **oktatási, kutatási tevékenység**

A “KÖZPONT”

- **Mérésadatgyűjtő központ:**

BME Nukleáris Technikai Intézet (NTI) Oktatói Reaktor

- “LINUX” alapú kapcsolat az összes mérésadat gyűjtő helyről
- A nyilvános szolgáltatás is ezen intézetből történik.

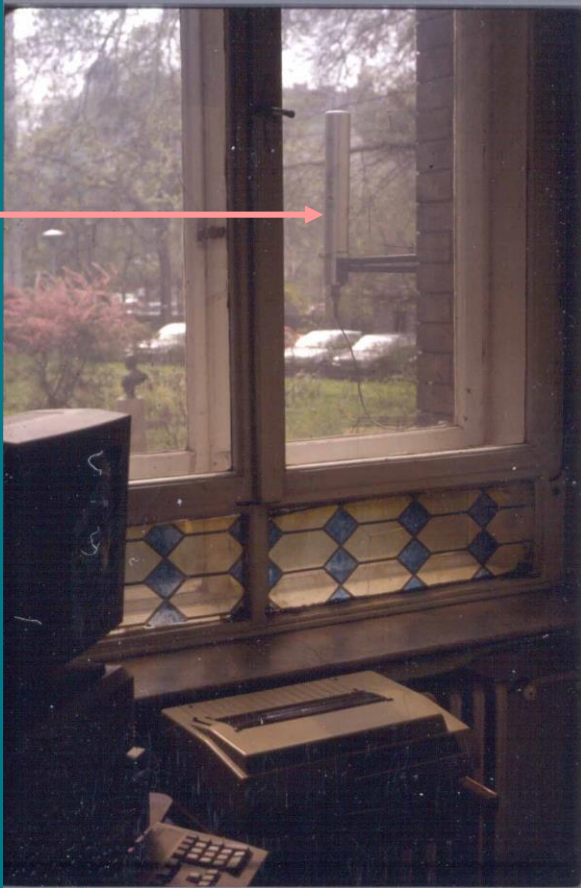
- **Logisztika:**

Országos Katasztrófa Védelmi Főig. Nukleáris Részleg

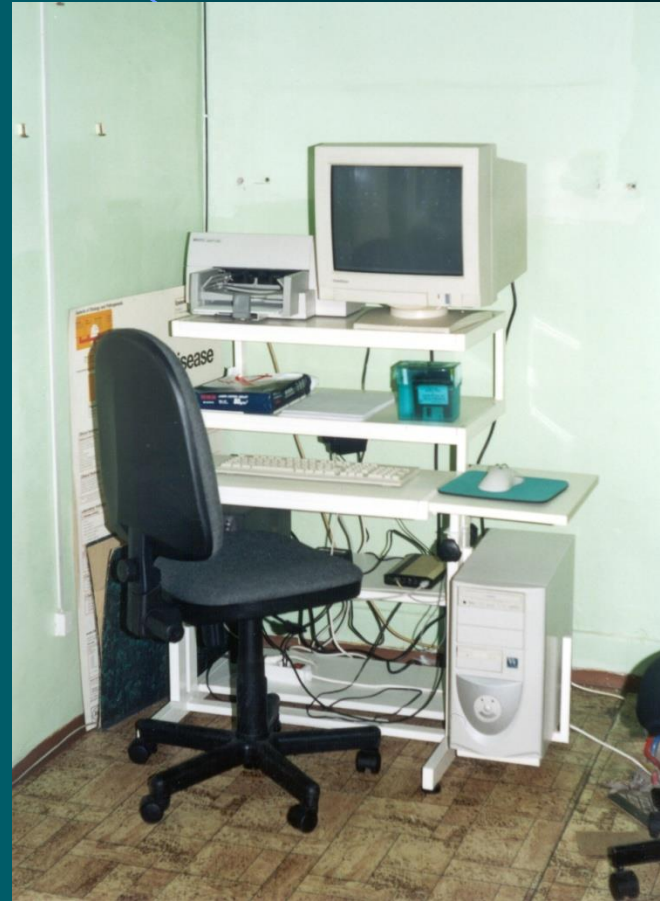
A BME NTI szolgáltatja az egyes mérőpontok adatait a katasztrófa védelem számára, akik azonnal felveszik a kapcsolatot a kritikus szintet meghaladó mérőhely, laboratórium felelős vezetőjével.

OSJER Mérőhálózat elemei

- Egy kis történelem (1999÷2007) -

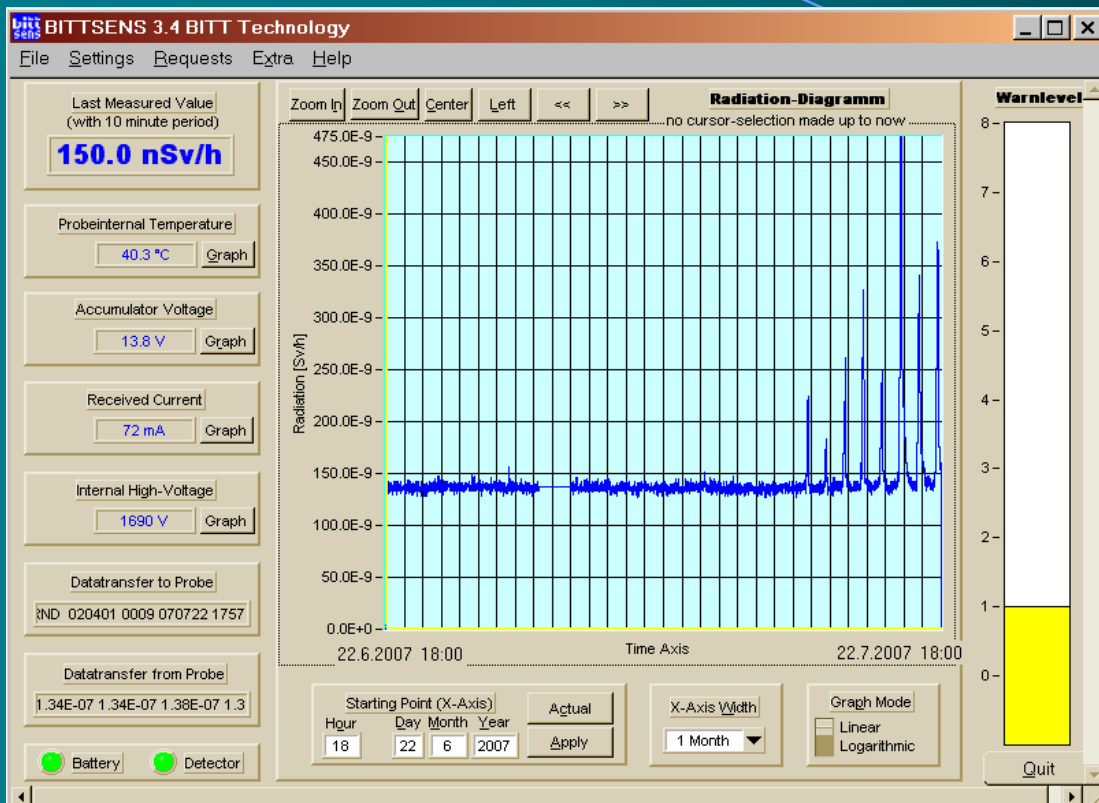


RS03 Proporciónális számláló alapú detektor,
mely felkészített a kültéri körülményekhez és a
folyamatos üzemmódra /memóriával és
„standby” tápellátással rendelkezik/



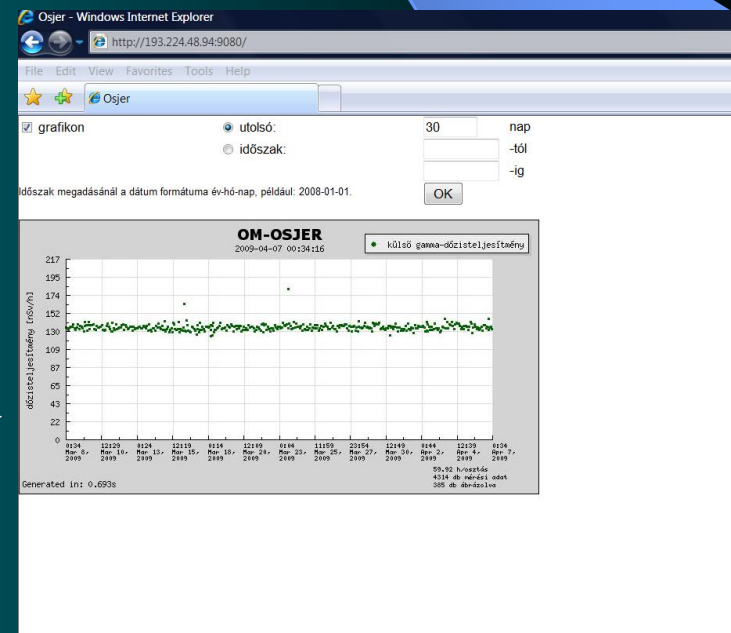
Kommunikációs felületet
biztosító (Linux & Windows)
számítógépes rendszer

Szolgáltatott Eredmények



Windows alapú felületen a Bitt cég által szolgáltatott eredmény (off-line, kézi kiértékelés és ftp protokollú adat továbbítás (1999÷2007))

A Web felületen on-line elérhető eredmények (2008÷2012 Linux rendszer alapján)



Riasztás SE RadKlin. NucMed. Labor /2010-04-27/

☒ grafikon

☐ utolsó:

☒ időszak:

30

nap

2010-04-10

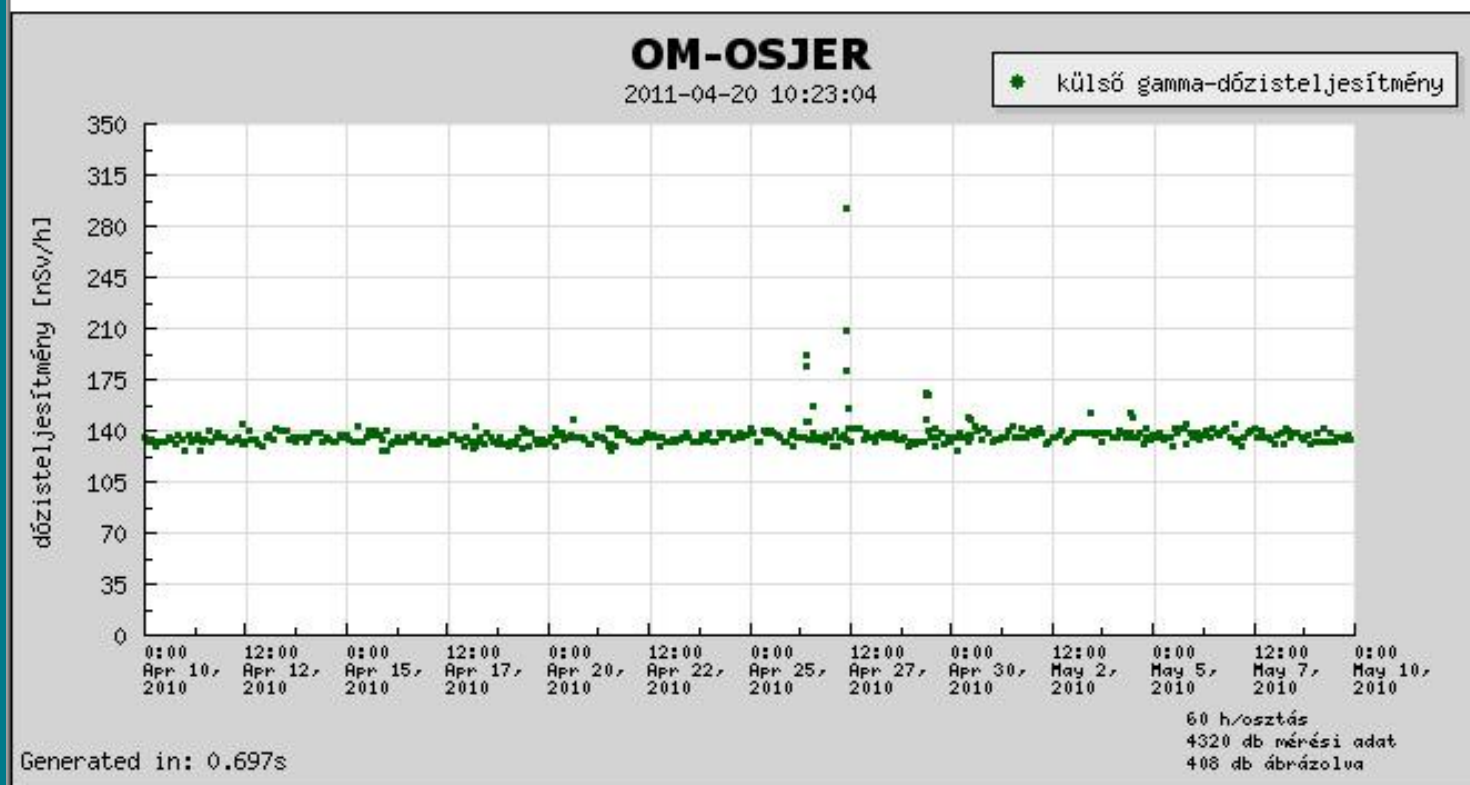
-tól

2010-05-10

-ig

OK

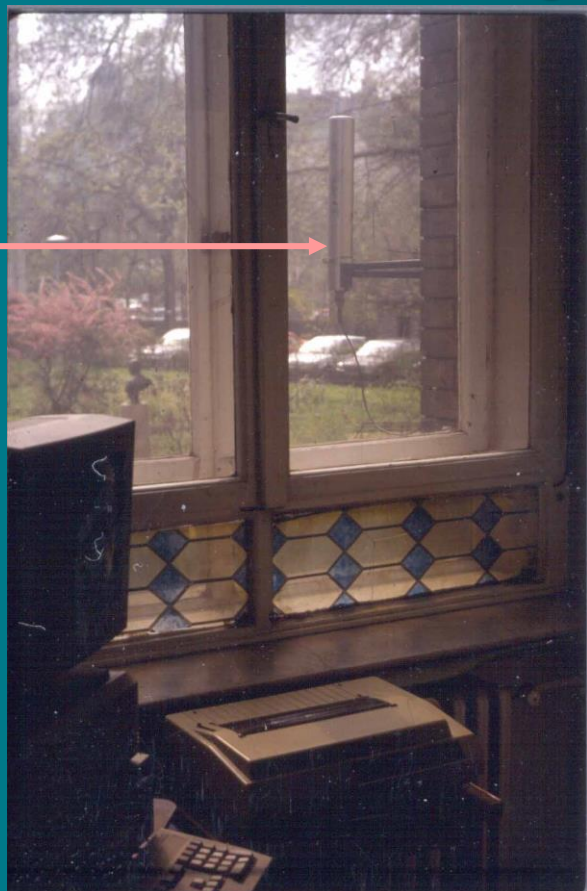
Időszak megadásánál a dátum formátuma év-hó-nap, például: 2008-01-01.



Elsőnkénti fejlesztés: RS04L/WEB

2012

Stand-by tápellátás
és kommunikációs
csatorna illesztés



A rendszert
folyamatosan
kiszolgáló (WinXP)
számítógép

„Intelligens” proporcionális számláló
alapú detektor - RS04L/WEB
Gammaszonda -, mely felkészített a
kültéri körülményekhez és a
folyamatos üzemmódra /beépített
Linux számítógépes kapcsolat és
„standby” tápellátás/

Szolgáltatott Eredmények

RS04L/WEB



Teleray

Network to measure the ambient gamma radiation



Temps sec

Weather Indicator

115 nSv/h

Ambient gamma radioactivity



01 30 15 50 00

March, 23 2016 12:46:43

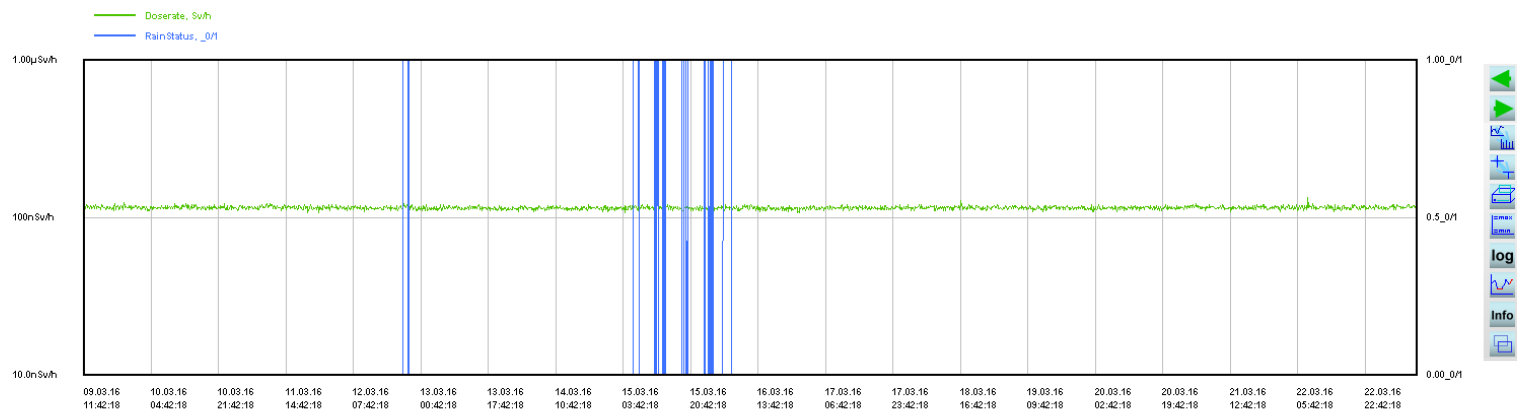
<http://environnement.irsn.fr>

Windows alapú
felületen a Bitt cég által
szolgáltatott eredmény

A Web felületen RS04L/WEB
szondáról közvetlenül elérhető
eredmények a földrajzi helytől
függetlenül: <http://193.224.48.94:9080/>

Szolgáltatott Eredmények RS04L/WEB

Réseau de mesure de la radioactivité gamma ambiante



A „belső” LAN hálózaton belül közvetlenül kapott eredmények.
<http://192.9.200.109/>. Az sftp protokollú hozzáféréssel saját off-line
adatfeldolgozás is kivitelezhető.

Az OSJER Mérőszondák elhelyezkedése



A Mérőállomások



OM-OSJER

Oktatási Minisztérium (OM) Országos Sugárzásfigyelő Jelző és Ellenőrző Rendszer (OSJER)

- [osjer](#)
- [térkép](#)
- [mérések](#)
 - [állomásonként](#)
 - [összes mai](#)
 - [összes 2 hét](#)
- [e-mail](#)
- [támogatóink](#)
- [letöltések](#)
- [meteorológiai mérések](#)
- [állomások ideiglenes leállása](#)

Budapest, BME
Budapest, BME
Budapest, Semmelweis Egyetem (SOTE)
Budapest, ELTE
Debreceni Egyetem
Gödöllő, Szent István Egyetem
Kaposvár
Pécsi Tudományegyetem
Veszprémi Egyetem
Sopron, Nyugatmagyarországi Egyetem
Szeged, Szilárdtest és Radiokémiai Tanszék
Szeged, Orvostudományi Kar
Székesfehérvár
Szombathely

☒ grafikon

☒ utolsó:

30

nap

☐ időszak:

-tól

-ig

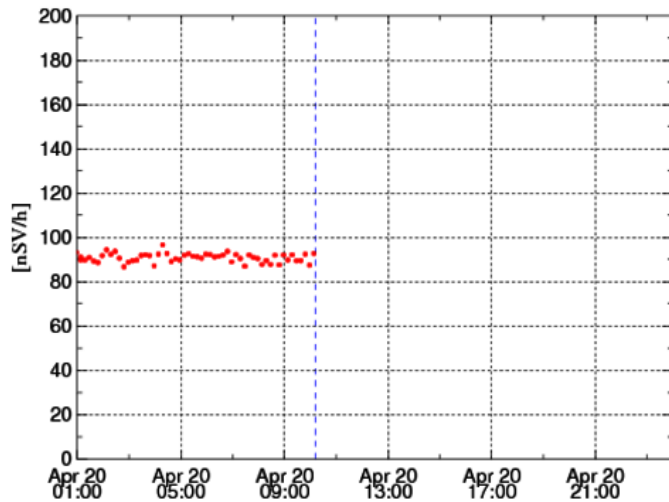
Időszak megadásánál a dátum formátuma év-hó-nap, például: 2002-12-13.

OK

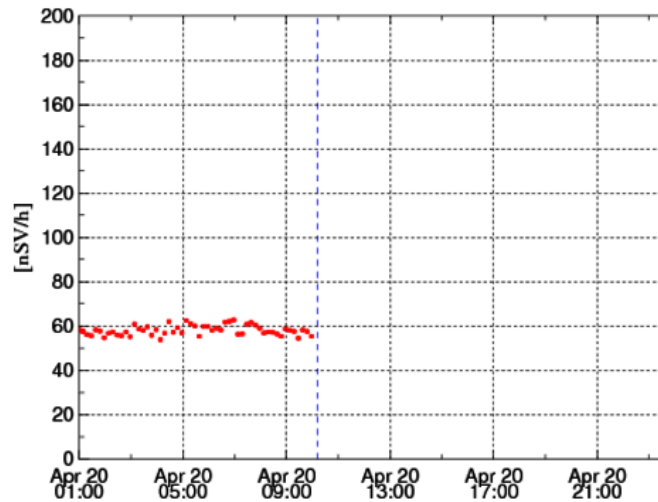
Az Összes Mai Mérések

OM-OSJER MAI DÓZISTELJESÍTMÉNY MÉRÉSEK

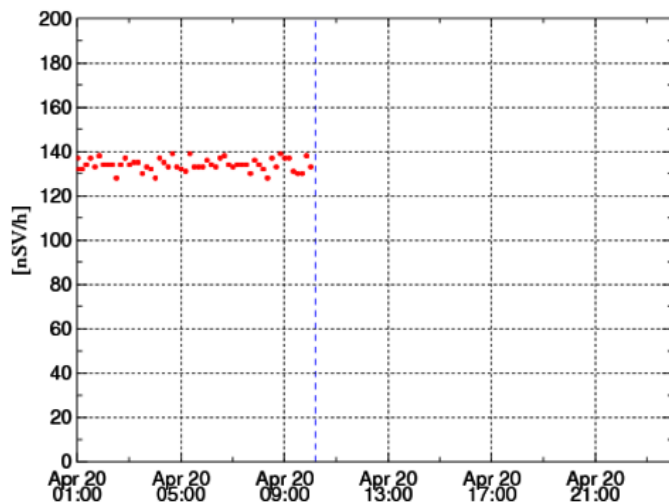
BUDAPEST-BME



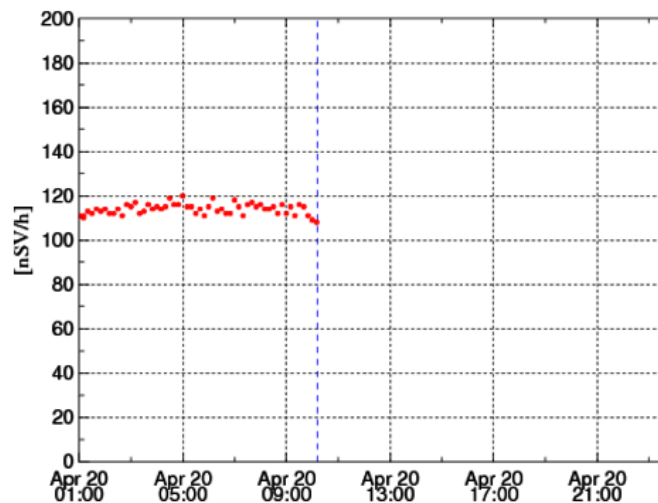
BUDAPEST-ELTE



BUDAPEST-SOTE



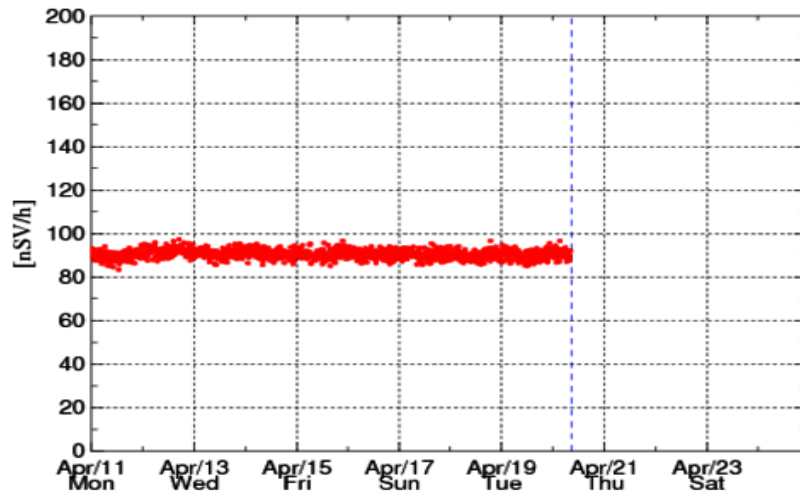
KAPOSVÁR



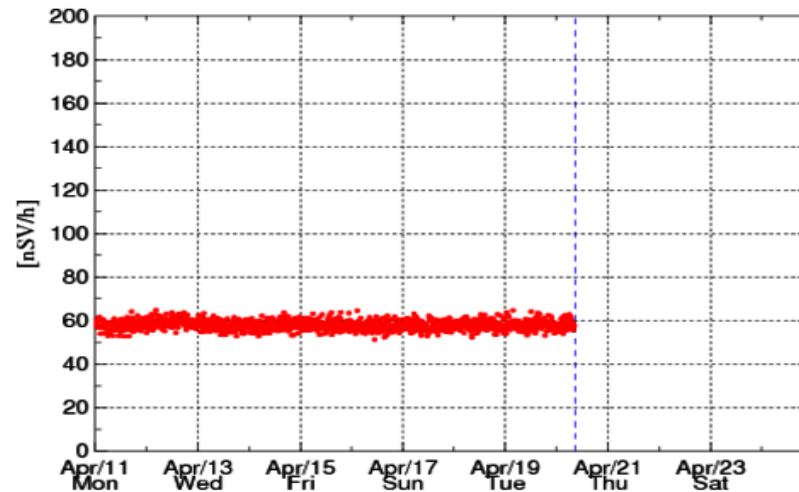
Az Összes Utolsó 2hét Mérései

OM-OSJR 2 HETI DÓZISTELJESÍTMÉNY MÉRÉSEK

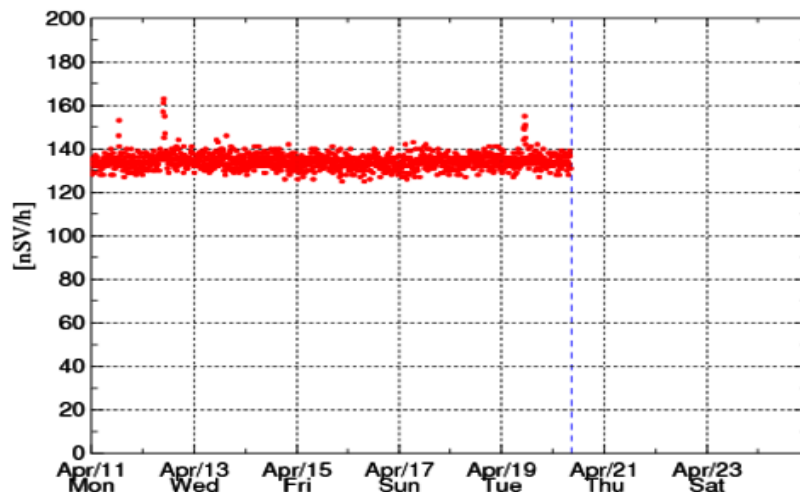
BUDAPEST-BME



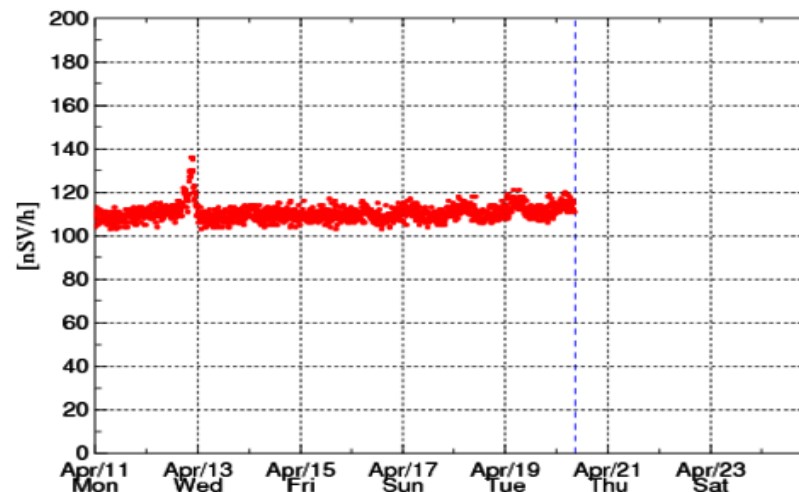
BUDAPEST-ELTE



BUDAPEST-SOTE



KAPOSVÁR



Sugárvédelmi Műszerpark Eszközbővítése

Középnomású ionizációs kamra /Victoreen 451/



Fő alkalmazási területe a röntgen sugaras laborok sugárzás viszonyainak feltérképezése.

Thermo EPD MK-2.3 Si detektor alapú operatív személyi doziméterek 15keV÷10MeV tartományban (γ , β és X-ray)



Ezen eszköz fontos szerepet játszik időszakosan a laborban dolgozó külső munkatársak (pályázatok), hallgatók (MSc. PhD.), rezidensek sugárterhelés ellenőrzésében, valamint nagy aktivitások és besugárzási dózisok alkalmazásakor.

Sugárvédelmi Műszerpark Eszközbővítése



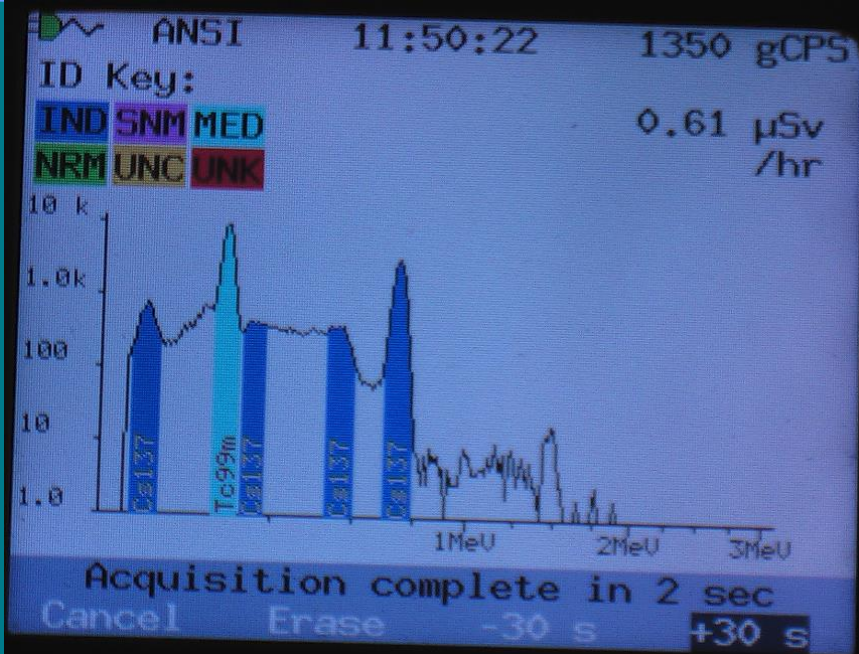
**BNC940 hordozható
izotópazonosító analízátor
NaI(Tl) és LaBr(Ce)
detektorokhoz kalibrálva (más-
más gyári kalibráció kell)**

LaBr(Ce) scintillációs detektor

**Alacsony háttérű
mérőtorony**

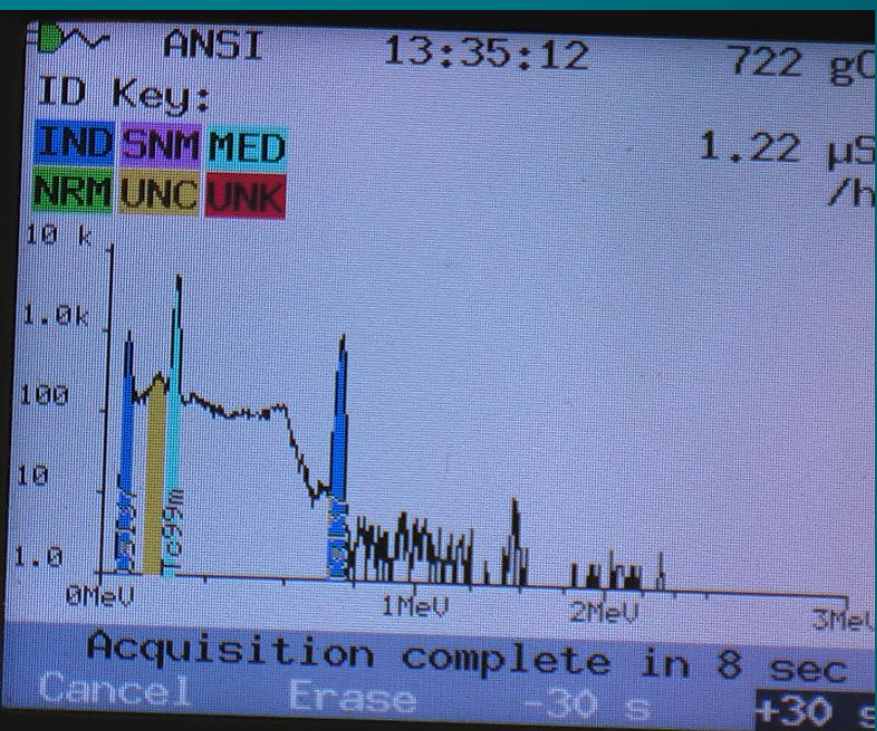
Ólomtorony NaI(Tl) detektor

- Fő alkalmazási terület:**
- Kontamináció esetén "izotóp azonosítás"
Leszerelt sugaras laborok aktivitás szint ellenőrzése.
 - Oktatás: kalibrálás, sokcsatornás
analizátorok alkalmazása, "terepi és
remote" mérési eljárások.

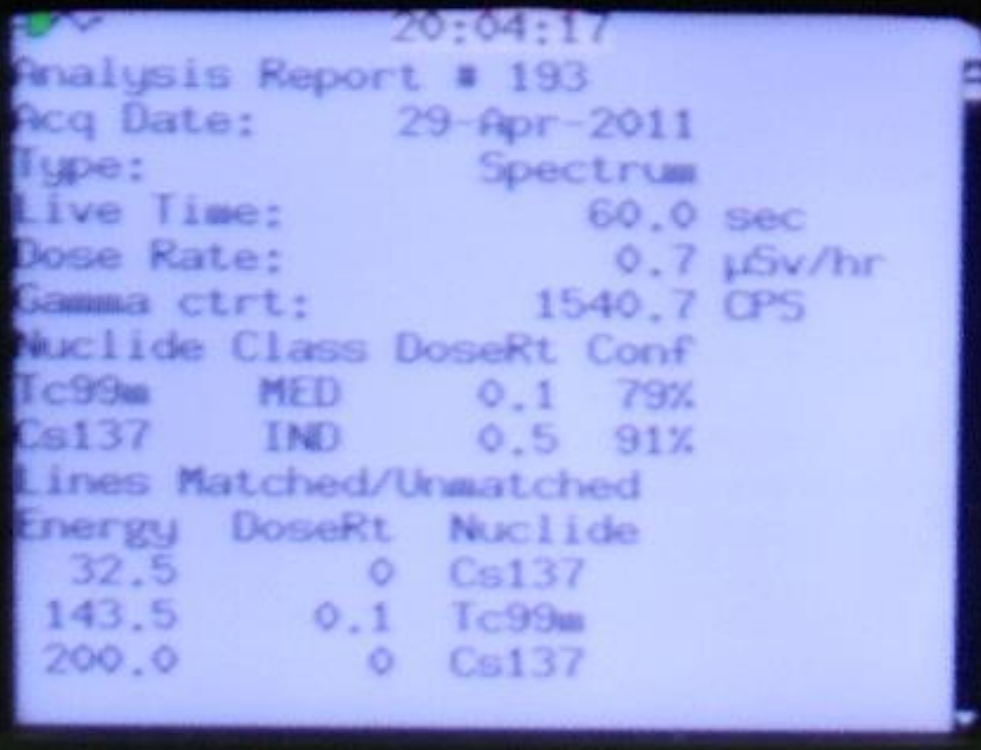


NaI(Tl)
detector

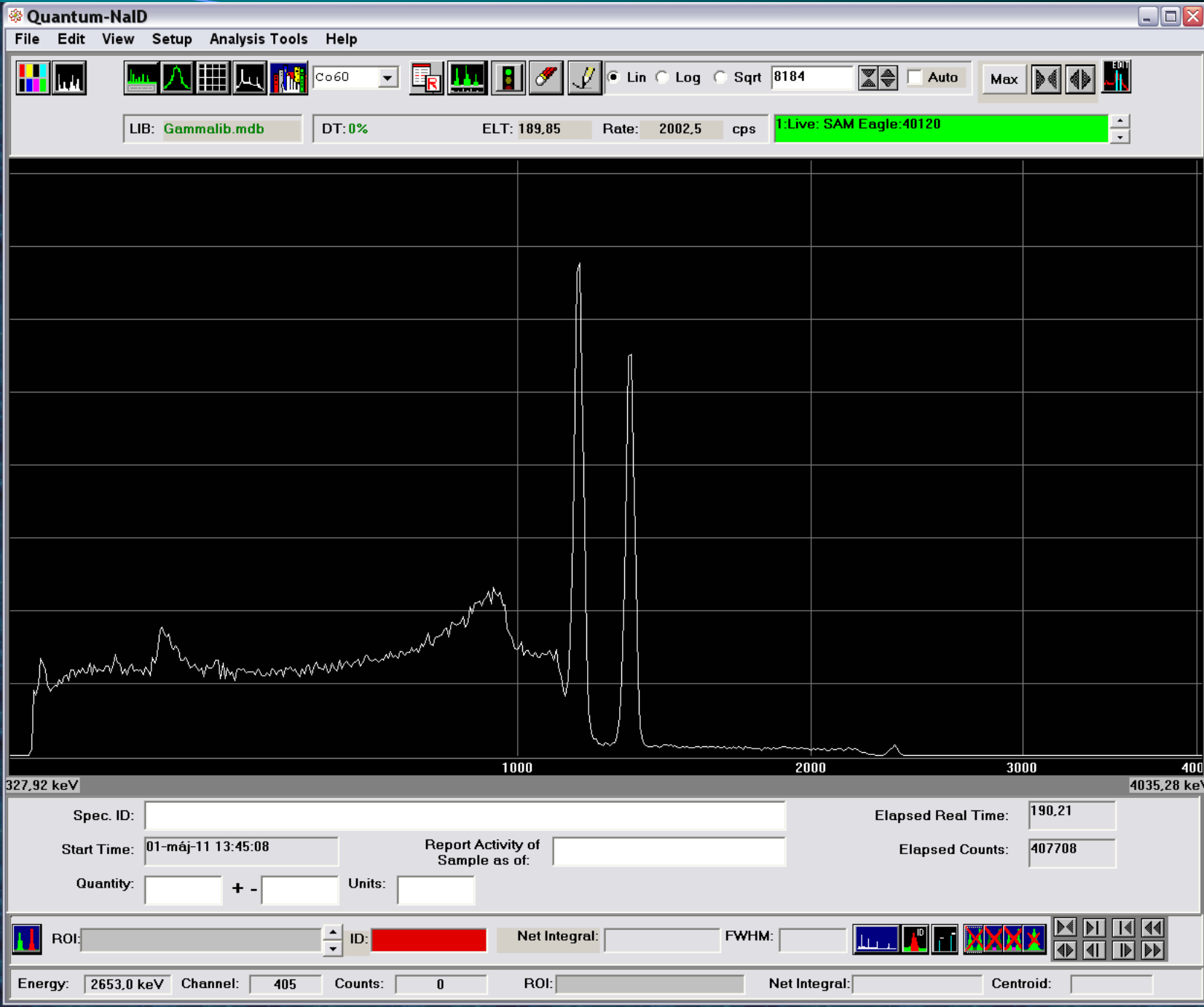
^{137}Cs és $^{99\text{m}}\text{Tc}$
Források Azonosítása



LaBr(Ce)
detector



Azonosítás eredménye a
képernyőn



R
e
m
o
t
e
C
o
n
t
r
o
l

Az eszközök mindennapi alkalmazása



A több mint 30 éves CAESA GAMMATRON / ^{137}Cs ágyu/ valamint a CGR CURIETRON afterloading terápiás berendezések leszerelésekor **a teljes sugárvédelmi eszköztárunkat** felhasználtuk a sugárszint folyamatos monitorozására (**$\sim 120\text{TBq}$ aktivitás mozgatására**).

1.) A LaBr(Ce) detektoros izotópazonosító az eltávolítás kritikus fázisaiban is csak a szórt sugárzásra jellemző spectrumot szolgáltatta.

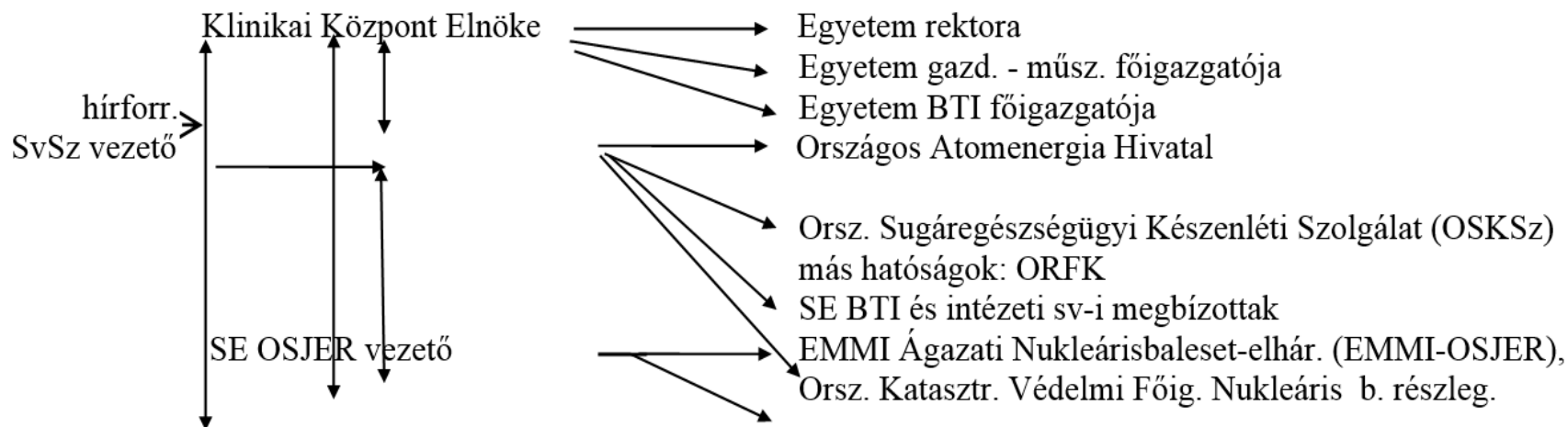
2.) A leszerelés alatt a helységben a legkritikusabb időszakban $30\text{-}40\ \mu\text{Sv/h}$ dózisteljesítmény volt mérhető, a sugárforrás Pb árnyékolás felszínén $100\text{-}150\ \mu\text{Sv/h}$

3.) A sugárforrások gépkocsira helyezésekor a 5m távolságban mért dózisteljesítmény $0.1\text{-}0.16\ \mu\text{Sv/h}$. A kiürített helységben csak háttérértéket mértünk /dörzsmintával is/

Az OMOSJER Labor Szerepe az SE Baleset Elhárítási Intézkedési Tervében - BEIT -

Információ Áramlás Riasztás Esetén

Diagram



KÜLSŐ RIASZTÁSI ELÉRHETŐSÉGEK:

Országos Sugáreg. Készenléti Szolg. +36 20-93-64-847

Országos Atomenergia Hivatal +36 20-54-75-656

Nukleáris ill. Radiológiai BEIT

- A BEIT-nek jól látható helyen kinn kell lenni a munkavállalól részére
- Rendkívüli esemény: Dóziskorlát túllépése, páciens túlexpozíció
Okozhatja: Bármilyen műszaki meghibásodás, mely rendellenes sugárterhelés gyanúját keltheti.
Haladéktalanul jelenteni kell az OAH-nak.
Sugársérülés: >250mSv effektív dózist, vagy >6Gy bőrfelületi, ill. >2Gy szemlencse dózist kapott nem terápiás céllal.

Vészhelyzeti kommunikáció:

- A munkavállalók nem adhatnak tájékoztatás a Klinika a Sugárvédelmi szolgálat és a Kommunikációs igazgatóság engedélye nélkül.
- A kommunikációs tervet a 165/2003. (X. 18.) Korm. rendelet **2.sz** számú melléklet alapján kell összeállítani.
- **Média kapcsolatok:** Egyetemi kommunikációs szabályzat alapján a Kommunikációs Igazgatóság szabályai alapján.
A média képviselőit fel kell készíteni a szakmai alapfogalmak és orvos szakmai alapfogalmakról, sugárvédelmi alapfogalmakról, dózisok hatásokról és kockázatairól.
- **Elektronikus média eszközeinek felhasználása:** weboldalra felett tájékoztató

A fejlesztési munkák koordinálói, fő irányítói



<http://omosjer.reak.bme.hu>

BME Nukleáris Technikai Intézet

- Adatbázis karbantartás,
- központi linux szerver
- Adat archiválás

Az SE Radiológiai és Onkoterápiás Klinika a kezdetektől fogva aktívan részt vett a rendszer kialakításában (több mint 16 éve dolgozik a projektben).



SEMMELWEIS EGYETEM
RADIOLÓGIAI és
ONKOTERÁPIÁS KLINIKA



Köszönet a figyelemért

