

# **A dózismérési adatok kiértékelése, belső sugárterhelés becslése Taba Gabriella**

Bővített fokozatú Sugárvédelmi  
Tanfolyam  
Semmelweis Egyetem, 2021.04.09.

# Biztonsági elemzések célja

- Teljesülnek-e a sugárvédelmi normák, 487/2015 Korm. Rendelet, szabványok előírásai, dózis korlátok, irányadó szintek, (biztonsági célok elérése)
- Módszertana: determinisztikus hatások megvalósulásának és a sztochasztikus hatások elemzése
- Káros hatások előfordulásának a valószínűségének elemzése
- Károk mértéke (modellezés, becslések vagy mérési adatok alapján)
- Befolyásoló tényezők elemzése (szenzitivitási faktorok)

# Optimálás (ismétlés az alaptételekből)

- Sugárvédelem alapelvei egyike (487/2015 (XII.30)Korm. rendelet
- ICRP 37(1983) (optimization principle: justification, ALARA, dose limits, Methodology: cost-benefit analysis (  $\text{nettó haszon} = \text{bruttó haszon} - (\text{költségek} + \text{sug.véd költségek} + \text{sug.baleset költségei})$ ))
- Optimálást segítő eszközök: mentességi szintek, vonatkoztatási és irányadó szintek, határértékek,
- Optimálás célja: személyi **dózisok nagysága**, valószínűsége, sugárzásnak kitett személyek száma a gazdasági és társadalmi tényezőket figyelembe véve a lehető legalacsonyabb legyen (ALARA elvek)

## ICRP 103 rendszer szemlélet

### Tervezett sugárzási események

Hp(10):20mSv,  
Hp(3):20mSv,  
Hp(0,07):500mSv/1  
cm<sup>2</sup>bőrfelületre

#### Dózis korlátok

Tizedelő elv alapján vagy  
egyéniileg az alkalmazó határozza  
meg, pl 2mSv

#### Dózi megszorítások

Optimalizálás

ALARA elvek alkalmazása

### baleseti és fennálló sugárzási események

250mSv,  
rendeletekben  
külön előírva

#### Vonatkoztatási szintek

Optimalizálás



# Optimálást segítő eszközök= dózis megszorítások

- Minden „A” kategóriában dolgozóra dózismegszorítást kell meghatározni.
- Ezt az engedélyes állapítja meg (vagy a sugárvédelmi szakértő javasolja) Korábban nem volt számszerűsítve a dokumentációkban az eü.-ben a dózis korlát 1/10 vették alapul.
- Kiemelt létesítmény I.-II kategóriás munkahelyek lakossági dózis megszorítást is meg kell határozni. (0,3mSv/év=6mikroSv/hét a váróban)
- Orvosi alkalmazásoknál diagnosztikai vonatkoztatási szintek vannak (21/2018 EMMI rend. Szerint)

# Dózis adatok kiértékelése

- Dózis korlát felt van-e vagy nem ( $H_p(10):20\text{mSv}$ )
- Dózis megszorítás felett van-e?
- Munkahelyi ( $2\text{mSv}$ ) és hatósági ( $6\text{mSv}$ ) kivizsgálási szint felett van-e?
- Sugársérülés gyanúja áll-e fent:  $250\text{mSv}$ , vagy tünetek
- Elbocsátási szint felett van-e?  $H^*(10) < 25\text{mikroSv/h}$
- Tárolási/árnyékolási értékek:  $250\text{mSv/h}$  tárolótól  $10\text{cm}$ , izotóp laborban tartózkodási helyen, izotóp tárolóban  $250\text{mSv/h}$ , átszóródási értéke  $2\text{mSv/h}$  falon keresztül a detektor irányában, Jód terápiánál beteg átszóródási érték  $50\text{mSv/h}$ ,
- Röntgen: védett helyen  $H^*(10):40\text{mikroSv/hét}$ , fülegyelt területen  $H^*(10):6\text{mikroSv/hét}$  ( $0,3\text{mikroSv/év}$  dózis megszorítás lakosságra)
- DSA, átvilágítás: Köpeny alatt  $H^*(10) < 18\text{mikroSv/h/mA-ként}$ , de nem szabályozott átlagos értékre vonatkozik a beavatkozás időtartalmára vonatkozva

# Belső sugárterhelés szabályozások

- Requirement from EC directive 2013/59/EURATOM (BSS)
  - “Member States shall ensure that category A workers are systematically monitored (...) that monitoring for category B workers is at least sufficient to demonstrate that such workers are correctly classified.” (§41)
    - Category A workers are likely to receive doses  $> 6\text{mSv}$
    - Category B workers are likely to receive lower doses
- Factors which determine the need for a monitoring programme [ISO 20553 (2006)]

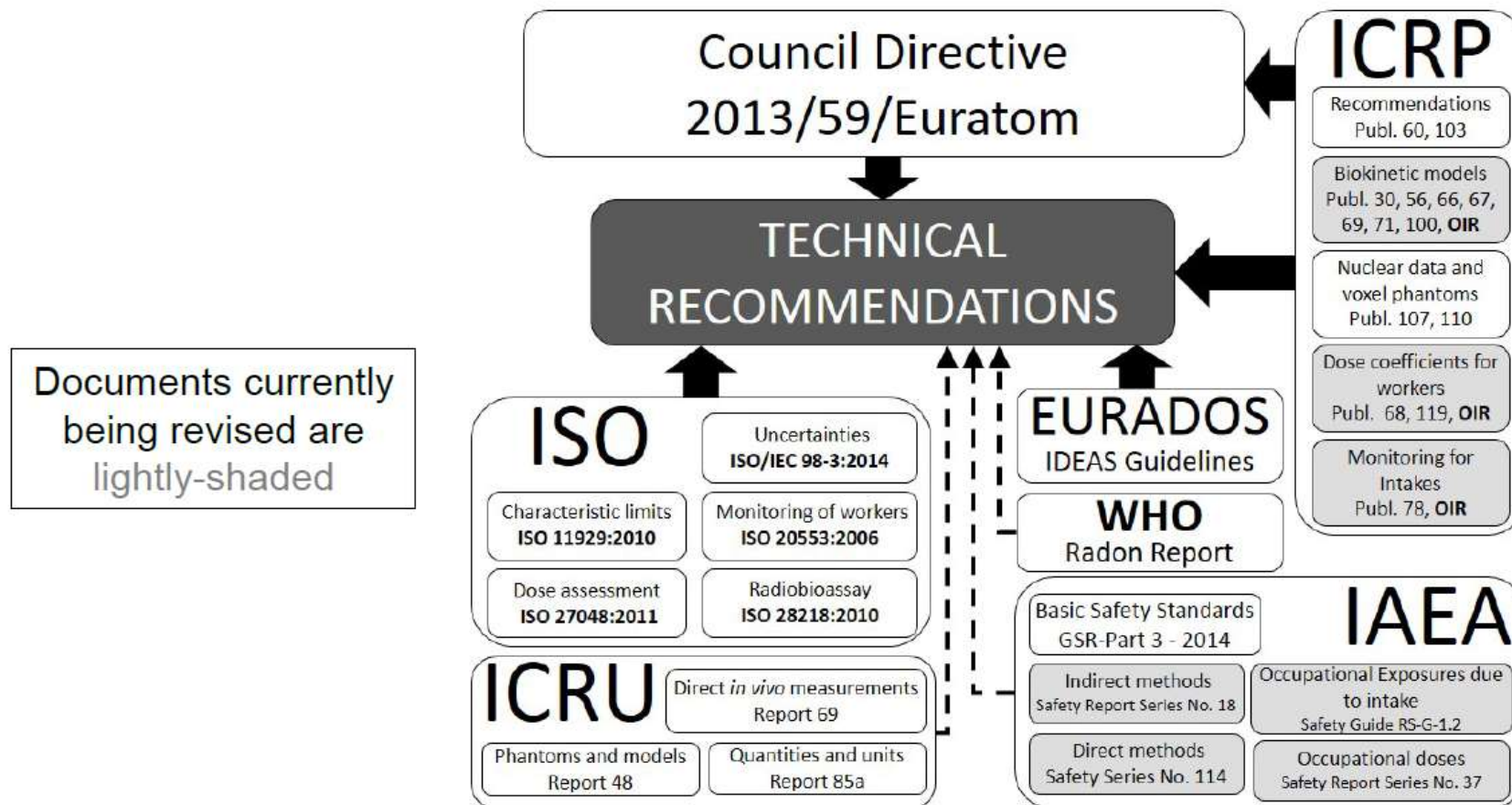
487/2015 Korm. rendelet:

A belső sugárterhelés vizsgálat eredményét lekötött effektív dózisban kell megadni. Belélegzéssel és lenyeléssel felvett valamennyi, az akkreditált mérési módszerrel kimutatható mennyiségben jelen lévő radionuklid lekötött effektív dózisát összegezni kell.

62-7:2017 sz. szabvány 5.3 fejezet Ha a lekötött effektív dózis nagyobb mint  $1\text{mSv}$  akkor monitoring rendszert kell alkalmazni.

# Ajánlások –szabályozás háttere

kb. 10 évente módosulnak a kiadványok



*OIR: ICRP's Occupational Intakes of Radionuclides (OIR) Report Series*



# **Mi a belső terhelés?**

**Itt lekötött effektív dózisról beszélünk**

**Radioaktív anyag a szervezetbe jutva adja le a  
az energiát ezzel károsítva az emberi testet.**

**Bejutási mód: belélegzés, lenyelés, seben  
keresztüli bejutás (tűszúrás), bőrön  
keresztül való felszívódás (pl.I-131 esetén  
vagy szerves C-14 vegyületek)**

**A szervezetre való hatását 50évre  
vonatkozóan kell figyelembe venni.  
(gyerekek 70 év)**

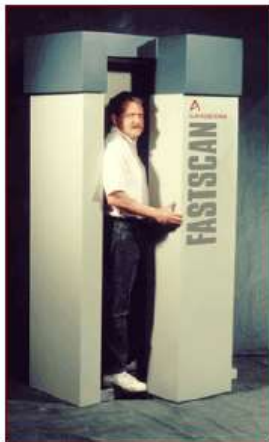
# Mikor kell mikor nem kell?

- Ha egyértelműen  $6\text{mSv/év}$  felett van!(ellenőrizni kell)

Hogy ellenőrzöm: in vivo/in vitro méréssel, levegő méréssel,

- Ha meghaladhatja az  $1\text{mSv/évet}$  (igazolni kell)

Hogy igazolom: becsléssel, méréssel, modellezéssel



# EC PR 188 ajánlás a belső terhelés becslésére vagy ISO 20553(2006)

- Felhasznált aktivitásból számítással:  $d_j = A_j * e(50) * f_{fs} * f_{hs} * f_{ps}$   
 $A_j$ : összes felhasznált aktivitás (Bq),  $e(50)$  Adott izotóp dózis állandója (Sv/Bq),  
 biztonsági faktorok:  $f_{fs}$  fizikai formára,  $f_{hs}$  munkatevékenységre,  $f_{ps}$  kialakított  
 védelmi funkciókra
- Vagy levegő minta vételből számított belső terhelés meghatározás
- Vagy kompartmen modell számítás alapján

**Table C.1** Handling Safety Factors (taken from [ISO 2016b]  
reproduced with kind permission of ISO)

Process	Handling Safety factors $f_{hs}$
Storage	1
Very low activity	0.1
Normal activity	0.01
Committed activity	0.001
Simplified operations	0.1
Handed over	0.01
Dry storage	0.001

Protection measure	Protection safety factors $f_{ps}$
Open bench operations	1
Fume hood	0.1
Glove Box	0.01

Source: EC RP 188

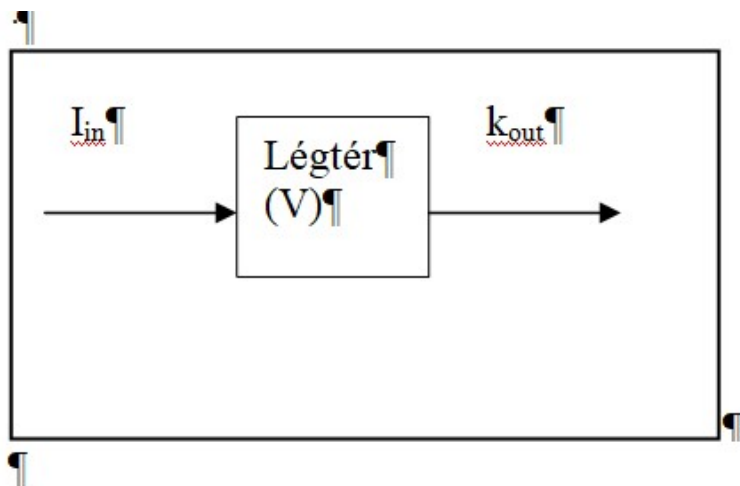
Ha nagyobb mint 1 mSv



**Rutin monitoring**  
rendszer bevezetése



Baleset esetén **Special monitoring**



# A becsléshez használt kompartment modell a következő

Az állandó befolyás intenzitása ( $I_{in}$ )

$$I_{in}(\text{GBq/h}) = A(\text{GBq/d}) \cdot L(\%) / 100 \cdot t_{exp}(\text{h/d}),$$

ahol:

$A$ : a felhasznált aktivitás egy munkanap alatt (GBq/d),

$t_{exp}$ : a helyiség levegőjébe, a légtérbe történő kibocsátás időtartama, egy nap alatt, pl. párolgás révén (h/d),

$L\%$ : légtérbe kerülő aktivitás %-a (pl. párolgás, a betegek lehelete stb., átlagos érték),

$k_{out}$ : a szellőzés mértékére, a levegőcserére jellemző időállandó (1/h).

Várható, hogy a légtérben egy közelítő egyensúlyi aktivitás-koncentráció 1-2 óra alatt beáll, melynek értéke:

$$C_{eq}(\text{GBq/m}^3) = I_{in} / (k_{out} + \lambda) \cdot V,$$

$$\longrightarrow E(\text{mSv}) = DC_{inh}(\text{mSv/GBq}) \times C_{eq}(\text{GBq/m}^3) \times Q(\text{m}^3/\text{h}) \times t_{occ}(\text{h}),$$

ahol:

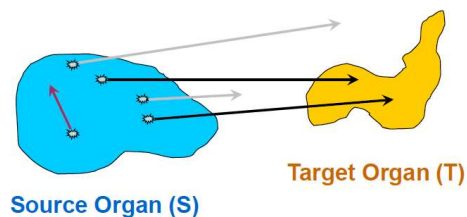
$\lambda$ : r.a. radioaktív bomlási állandó (1/h) és

$V$ : a helyiség térfogata ( $\text{m}^3$ ).

ahol  $DC_{inh}$ : a radionuklidtól függő inhalációs dózisegyüttható (mSv/GBq) (irodalom: pl. Basic Safety Standards, 1996)

$Q$ : légzésteljesítmény ( $\text{m}^3/\text{h}$ ),

$t_{occ}$ : a dolgozó tartózkodási időtartama a légtérben, 1 nap alatt (h).



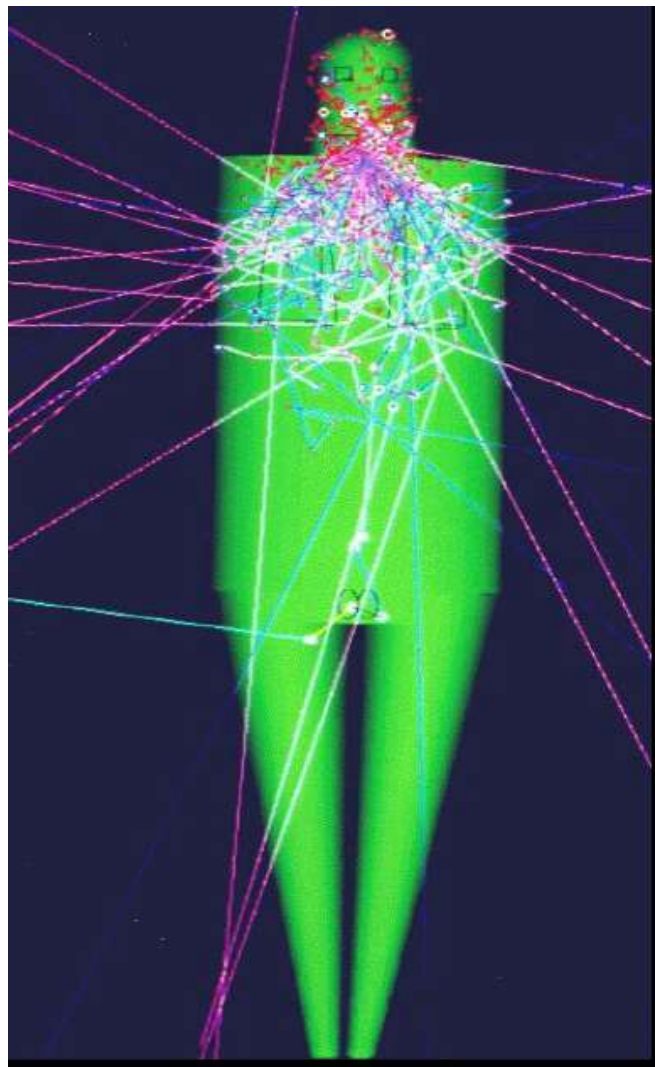
# Becslés alapelve:

A szervezetbe jutó radioaktív anyag biokinetikai mozgását és a radioaktív bomlást figyelembe véve meghatározzák a különböző szövetekbe leadott energiát és ezek összességéből számolják ki az dózis értéket.

$$H_t(50) = \sum SEE(T \leftarrow S) U_s(50)$$

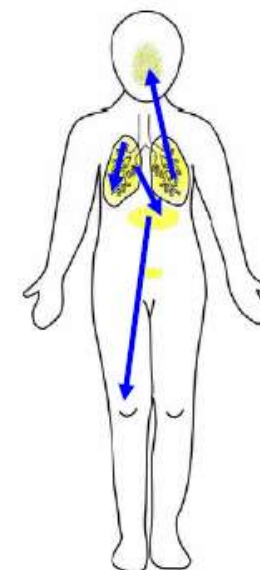
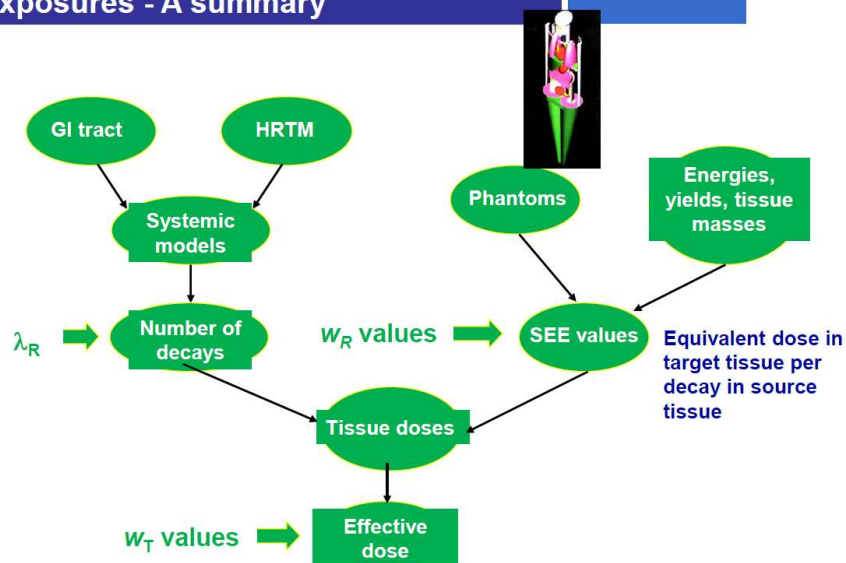
Ahol SEE (dozimetriai rész) (Specifikus effektív energia, az adott S besugárzott szövetben a T sugárzó szövetből származó elnyelt dózis szenved el)

$U_s(50)$  (biokinetikai rész) ahol az S szövet 50 év integrált idő alatt elszennyezi a beérkező részecske mennyiséget



Effective dose calculation for internal exposures - A summary

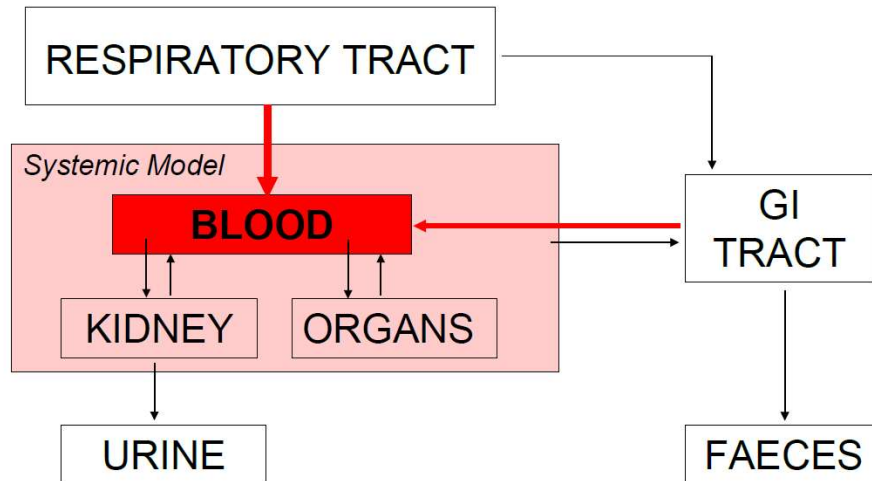
EURADOS





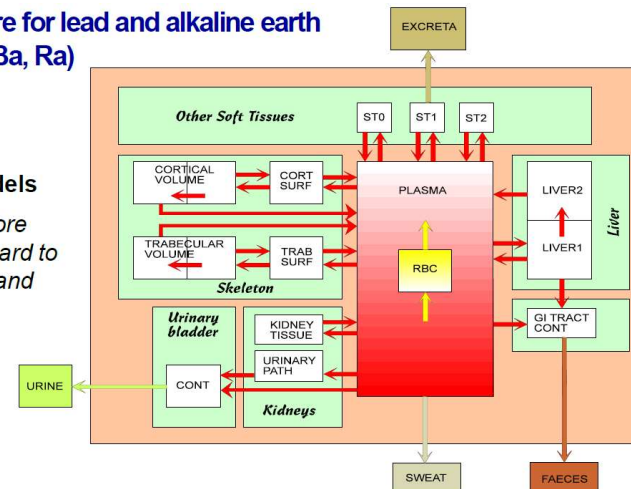
# Biokinetikai modellek

## ICRP kiadványok



Model structure for lead and alkaline earth elements (Sr, Ba, Ra)

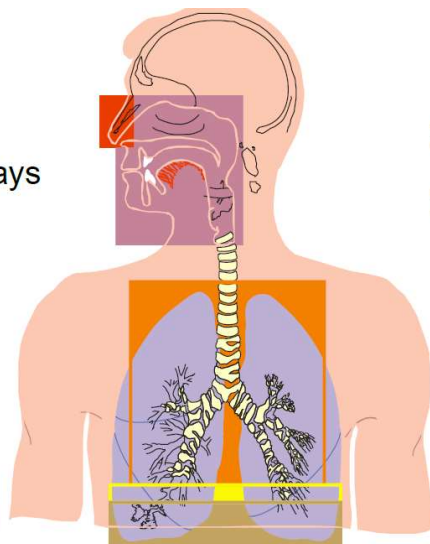
**Recycling models**  
Physiological more realistic with regard to organ retention and excretion



Extrathoracic airways

Bronchial

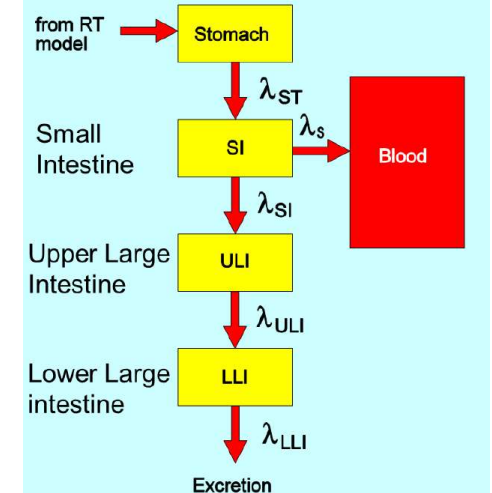
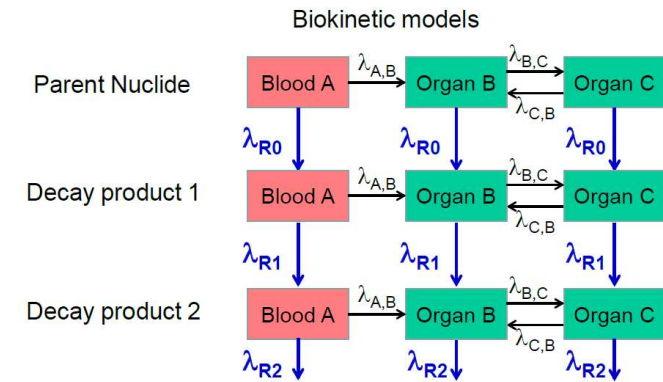
Bronchiolar  
Alveolar interstitial



ET<sub>1</sub> airway generations  
ET<sub>2</sub>

BB 0 - 8

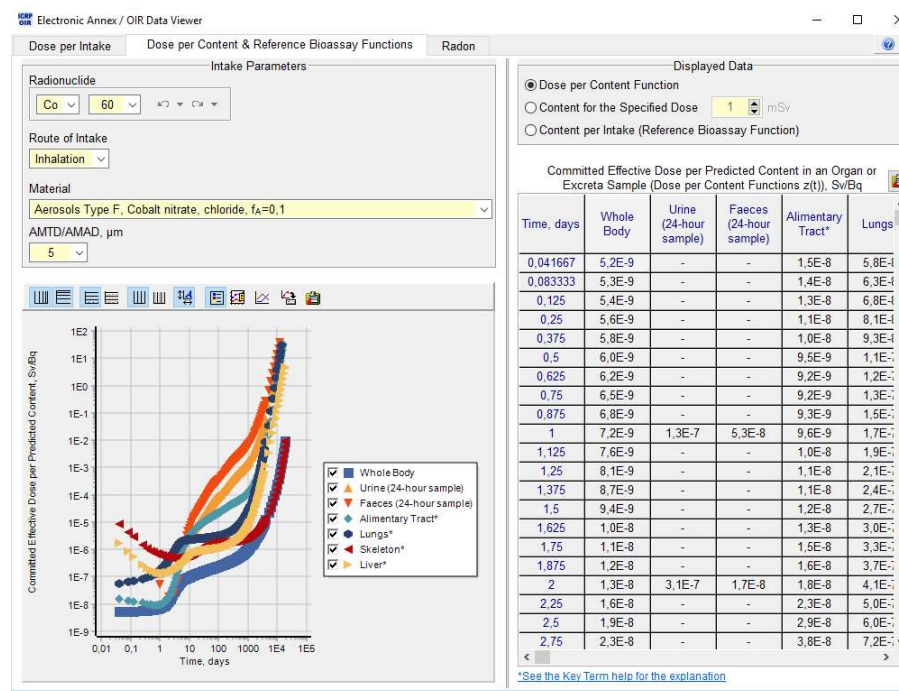
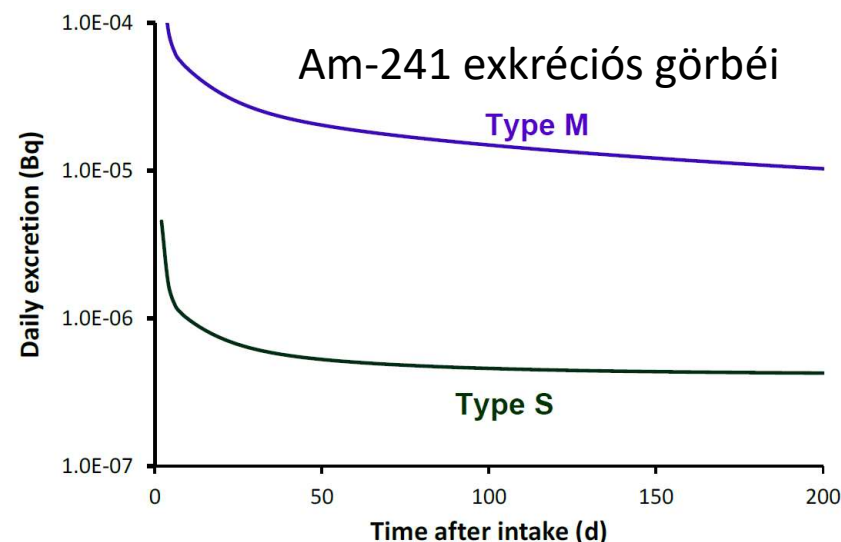
bb 9 - 15  
AI



# Nekünk nem kell modellezni!

- Dózis koefficiens tartalmazza azokat a számításokat amik figyelembe veszik az adott izotópot, kémiai formát, bejutási módot, bomlás típust!
- Csak az össze bejutó radioaktivitást kell meghatároznunk és a megfelelő dózis koefficienst kiválasztani hozzá az ICRP táblázatokból!
- A bejutó összes aktivitáshoz tudni kell az adott anyag exkréciós paraméterét.
- $I(\text{felvétel}) = M(\text{mért érték})/m(t)$

M az a  $t$  idő pillanatban mért aktivitás a testben,  $m(t)$  az a összes szervezetben lévő radioaktív anyag rész  $t$  idő eltelte után



# Annals of the ICRP



Journal Indexing & Metrics

View »

Journal Home Browse Journal Journal Info Stay Connected

Submit Paper

Search

ICRP NEWS WORK ORGANISATION SUPPORTERS ICRPAEDIA



## Recommended citation

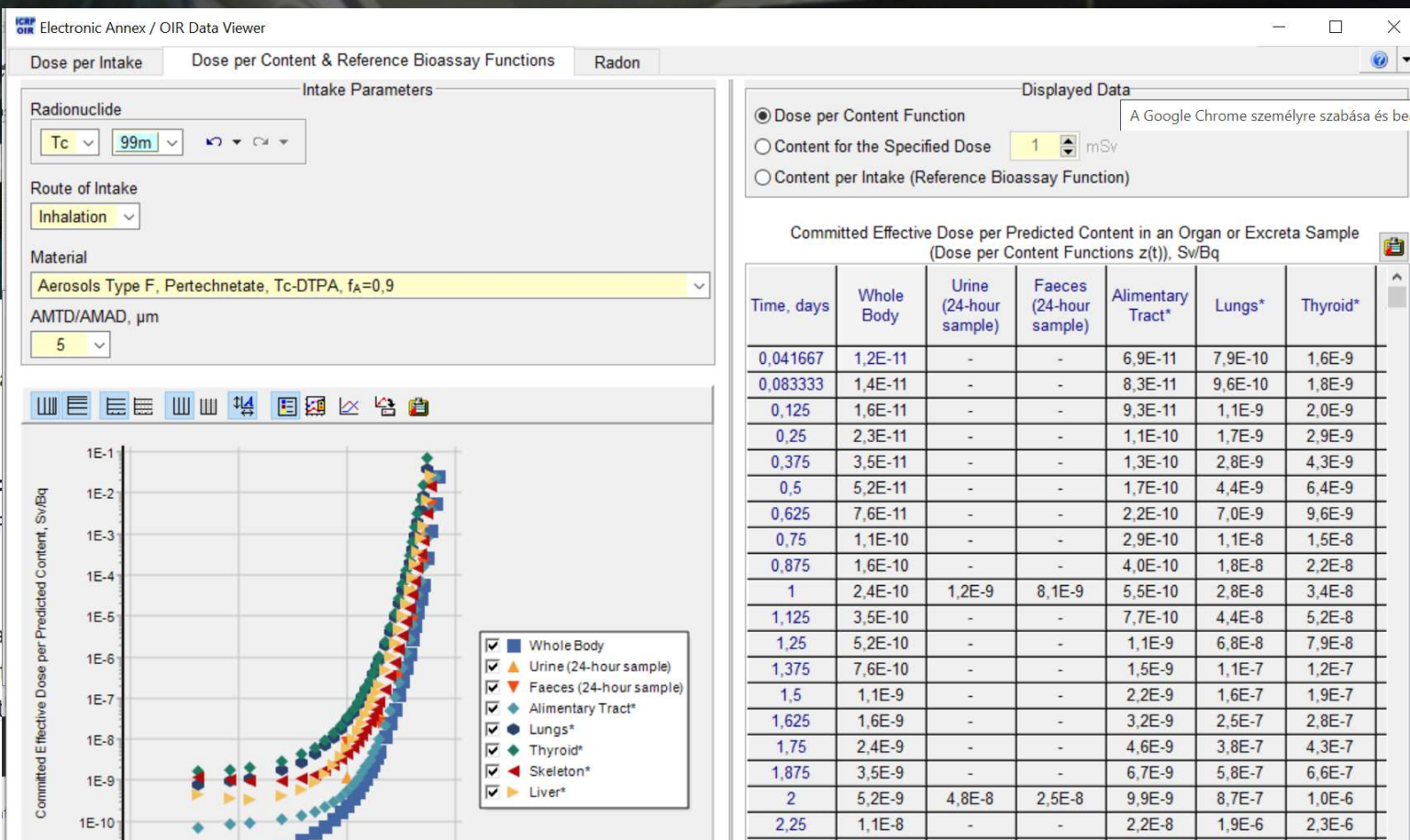
ICRP, 2018. Occupational r  
ICRP 47(2).

## Authors on behalf of ICRP

P. Ortiz Lopez, L.T. Dauer, P  
Massera, C. Yoder

## Abstract - In recent publica

advice for physicians and o  
themselves during intervent





# Kiadványok és szabványok

*Technical Recommendations  
for Monitoring Individuals for  
Occupational Intakes of  
Radionuclides*



**ISO 20553:2006.** Monitoring of workers occupationally exposed to a risk of internal contamination with radioactive material

**ISO 28218:2010.** Performance criteria for radio-bioassay

**ISO 27048:2011.** Dose assessment for the monitoring of workers for internal radiation exposure

**ISO 16638-1:2015.** Monitoring and internal dosimetry for specific materials. Part 1: Uranium

**ISO 16637:2016.** Monitoring and internal dosimetry for staff exposed to medical radionuclides as unsealed sources

C.M. Castellani, J.W. Marsh, C. Hurtgen, E. Blanchardon, P. Bérard, A. Giussani, M.A. Lopez (2013). **IDEAS Guidelines** (Version 2) for the Estimation of Committed Doses from Incorporation Monitoring Data. EURADOS Report 2013-01

Példa: egy munkavállaló Am-241 lélegzik be az anyag paramétereit (AMAD:  $5\mu\text{m}$  részecske átmérőjű, M típusú, és a belégzés után 10 nappal méri meg a munkavállaló tüdő aktivitását. A mért érték  $100\text{Bq}$ .

$t=10$  napon,  $m(t)=0,05\text{Bq/Bq}$  felvétel tehát a belélegzett aktivitás 5%-a van már csak a tüdőben,

Mi a felvétel?

$$I = M/m(t) = 100\text{Bq}/0,05 = 2000\text{Bq} = \text{felvétel}$$

A lekötött effektív dózis a munkavállalónak (ICRP 78) kiadványból kikeresett dózis koefficiens alapján:

$$e(50) = 2,7 \cdot 10^{-5} \text{ Sv/Bq}$$

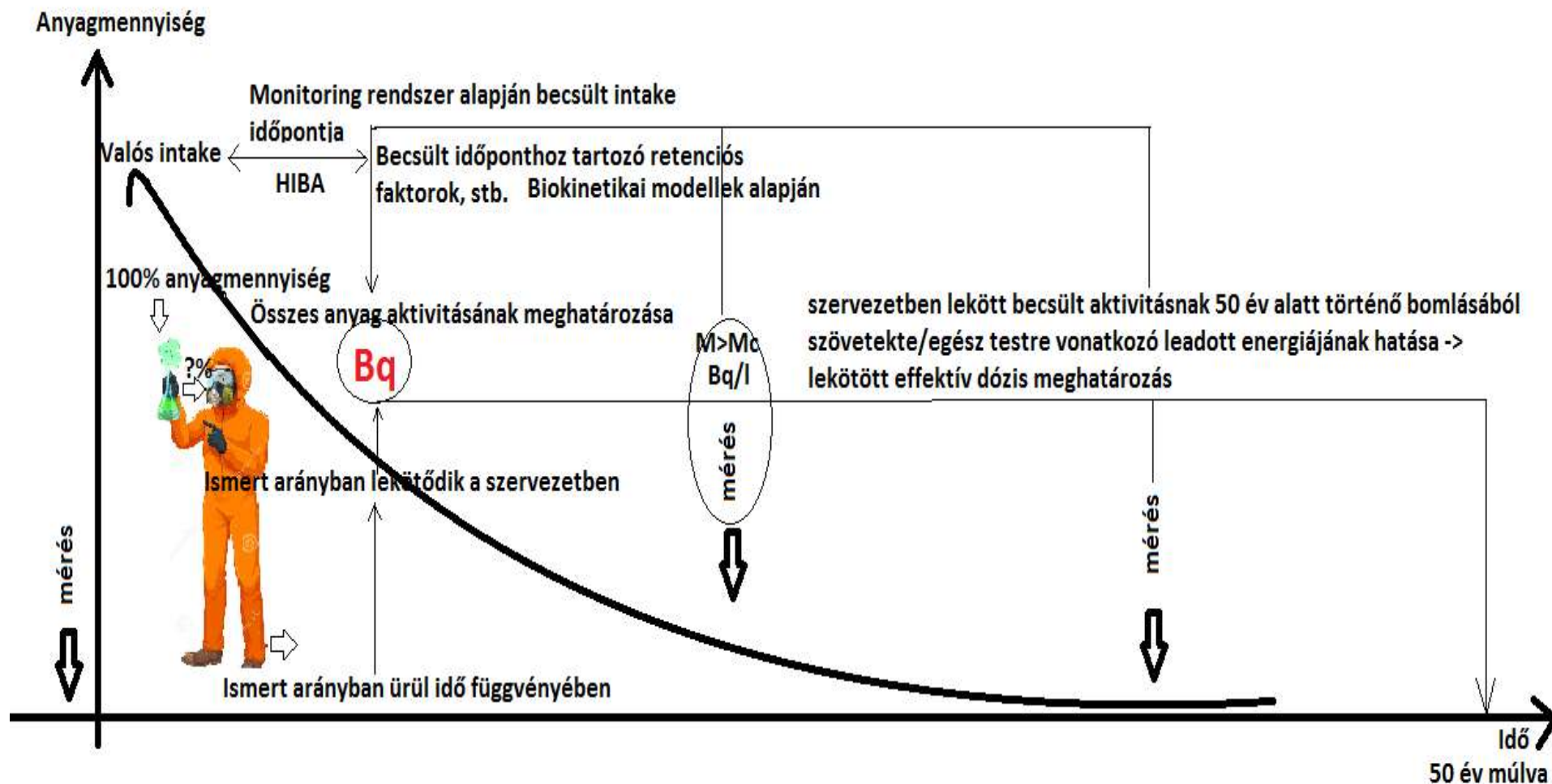
$$E(50) = I \cdot e(50) = 2000\text{Bq} \cdot 2,7 \cdot 10^{-5} \text{ Sv/Bq} = 54\text{mSv}$$

Mi okoz problémát???? Az exkréciós paraméter beszerzése!!!!

# Monitoring rendszer összeállítása

- Sugárvédelmi szakértő állítja össze!
- Mit kell tudni a monitoring rendszernek:
- A rendelkezésre álló mérési módszereknek megfelelően jeleznie kell a feljegyzési szintet. Tehát olyan időközönként kell beprogramozni a mintavételt hogy a mintázás akkor történjen amikor MÉG MÉRHETŐ az izotóp a szervezetben!  $M_c$  (critical level, pl. 0,1 mSv)
- SF, a monitoring rendszer képes legyen megkülönböztetni az új felvételt a korábbi felvételtől maradt aktivitástól ami még a testben van. (SF, Kí négyzet analízis)
- Egyértelműen jelezzon ha beavatkozási szint feletti felvétel történt pl. 2 mSv
- Legyen meghatározva feljegyzési szint
- Legyen benne protokoll a „Special Monitoringra baleseti szituáció esetén”
- Visszavezethető legyen, tehát a szakértő bocsássa rendelkezésre az összes ICRP/OIR adatbázisból felhasznált faktort és paraméterezést (AMAD, inhal, ingest, Type,  $e(50)$ ,  $m(t)$ ,  $M_c$ ,  $t$ = monitoring intervallumok stb.)
- Kövesse „Up date” a nemzetközi ajánlásokat tehát ne a 1995-s faktorokat adjam meg!!! (Ideas Guid line 2, OIR, TECHREC 188)

# Monitoring rendszer megtervezése





# Példa egy mintavételi intervallumokra

## 13.3. Individual Monitoring

<sup>226</sup>Ra

(776) <sup>226</sup>Ra intakes are generally determined through analysis of its excretion in urine. Several measurement techniques may be used: alpha spectrometry, beta counting in a proportional counter or liquid scintillation counting, after chemical separation and emanation of <sup>222</sup>Rn into a scintillation cell for measurement of photon emissions from its short-lived progeny.

Isotope	Monitoring Technique	Method of Measurement	Typical Detection Limit	Achievable detection limit
<sup>226</sup> Ra	Urine Bioassay	$\alpha$ spectrometry	10 m Bq/L	
<sup>226</sup> Ra	Urine Bioassay	Emanation	5 mBq/L	
<sup>226</sup> Ra	Urine Bioassay	Proportional counter	4 mBq/L	
<sup>226</sup> Ra	Urine Bioassay	Liquid scintillation counting	3mBq/L	
<sup>226</sup> Ra	Faeces Bioassay	Proportional Counter	16mBq/24h	

<sup>228</sup>Ra

(777) <sup>228</sup>Ra intakes may be determined through analysis of its excretion in urine, using beta counting in a proportional counter or liquid scintillation counting, after chemical separation. Bioassay monitoring using faeces samples is also possible.

(778) Ra-228 cannot be detected directly by in vivo measurement. The lung content of Ra-228 can be inferred from a measurement of its immediate decay product, Ac-228.

Isotope	Monitoring Technique	Method of Measurement	Typical Detection Limit	Achievable detection limit
<sup>228</sup> Ra	Urine Bioassay	Beta Proportional counter	1 Bq/L	0.01 Bq/L
<sup>228</sup> Ra	Urine Bioassay	Liquid scintillation counting	50mBq/L	
<sup>228</sup> Ra	Faeces Bioassay	Beta Proportional counter	0.1Bq/24h	
<sup>228</sup> Ra	Lung Counting	$\gamma$ -ray spectrometry of <sup>228</sup> Ac	40 Bq	15 Bq

# Belső terhelési paraméterek munkavállalóra vonatkozva

## Ra-223

- 5 µm AMAD inhaláció, M,  $f_1=0,2$ ;  $e(g)=6,9 \cdot 10^{-6}$  Sv/Bq
- 5 µm AMAD lenyelés, M,  $G_1$ ;  $e(g)=7 \cdot 10^{-7}$  Sv/Bq
- 20 mSv effektív dózishoz megfelelő aktivitás felvétel (intake):

3 kBq belélegezve

200 kBq lenyelve

**Bayer Response:**

Radium-223 dichloride is not volatile or easily respirable given the relatively low inhalation ALI of 0.7 µCi for radium-223 pursuant to 10 CFR Part 20.

Bayer által meghatározott ALI érték 25,9kBq

Kritikus értékek az figyelő rendszer bevezetése esetén:

Mc (Bq)					
Ra-223 T=7 napos figyelőrendszer esetén m(t=4), 5 mikron AMAD, M, f=0.2	mSv				
	mérések	0,1	2	6	20
	Belégzés esetén egésztest mérés	0,030	0,606	1,817	6,056
	Belégzés esetén vizelet analízis	0,000	0,001	0,002	0,008
	Belégzés esetén széklet analízis	0,010	0,195	0,585	1,951

## mBq mérési tartományok

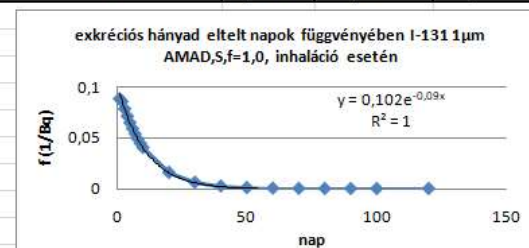
(AMAD Activity Median Aerodynamic Diameter = részecske méret,  $f$  time-dependent dissolution rate (rapid) ,  $M$  abszorpciós paraméter ,Compounds, lung Absorption Types and  $f_1$  values used for the calculation of inhalation dose coefficients for workers

# Pl: I-131 monitoring rendszer

Pajzsmirigy I-131 aktivitás ellenőrzés munkautasítás			
Simmelweis Egyetem Sugárvédelmi Szolgálat			
Készítette:	Taba Gabriella		
Helyszín:	SE I. Belklinika Klinikai Kutató- és Izotóplaboratórium (1088 Budapest, Korányi S. u. 2a)		
Mérést végezi:	SE I. Belklinika Klinikai Kutató- és Izotóplaboratórium dolgozója		
Mérés célja:	Pajzsmirigy ellenőrző mérés felületi szennyezettség mérővel		
Mért aktivitás mértékegysége:	Bq/pajzsmirigy		
izotóp	I-131		
Készülék hitelesített:	nem		
Mérőeszközök adatai:			
Készülék típus:	RadEye LB20	Azonosítója:	
Mintavétel módja:	humán minta nyaki rész jobb és baloldal bőrfelületen		
Mérés elvégzése:	<p>A munkavállaló 14 napos izotóptartózkodás utáni nyaki bőrfelületen a méréshez háttérmentes területet kell kiválasztani. A mérés előtt a mérőműszert alacsony háttérű területen kell kalibrálni. A mért értékeket azonnal be kell jegyezni az Excel táblázatba. A számításokat a számológéppel kell elvégezni. A számítások során a számológép külső és a belső effektív dózismutatók alapján kell kezelni. Évente ellenőrizni kell a mérőműszer egyetemes működését a laboratóriumban.</p> <p>A nyaki pajzsmirigy méréséhez háttérmentes területet kell kiválasztani, mint a mellékletben látható. A mérés előtt a mérőműszert alacsony háttérű területen kell kalibrálni. A mért értékeket azonnal be kell jegyezni az Excel táblázatba. A számításokat a számológéppel kell elvégezni. A számítások során a számológép külső és a belső effektív dózismutatók alapján kell kezelni. Évente ellenőrizni kell a mérőműszer egyetemes működését a laboratóriumban.</p>		
Mérő műszer:			
Mérő műszer kalibrációját	Kétféleképpen ellenőrizni kell: egyetemes működés ellenőrzés a P-131 tartalmú radioaktív anyagmintával. A		

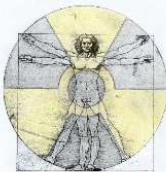
**CENSORED**

Mc (Bq)					eg (1µm inhal)	7,60E-0
I-131 Inhaláció 1µm AMAD részecske méret esetén					LLD 25Bq	
t figyelő rendszer intervallumok (nap)	0,1	2	6	20	t	f (1/Bq)
7	18	359	1078	3593	1	0,0883
14	27	542	1626	5420	2	0,0857
20	29	584	1752	5840	3	0,0783
40		459	1376	4585	4	0,0712
60		270	810	2699	5	0,0648
90		63	190	633	6	0,059
120		33	100	334	7	0,0537
					8	0,0488
					9	0,0445
I-131 vonatkozó exkréciós hányadok lenyelés esetén					10	0,0405
Felvételtől eltelt napok száma	egész test	pajzsmirigy	vizelet	széklet		
1	3,37E-01	2,52E-01	5,77E-01	3,29E-03	20	0,0159
2	2,56E-01	2,45E-01	5,03E-02	2,03E-03	30	0,00624
3	2,30E-01	2,24E-01	2,99E-03	1,33E-03	40	0,00247
4	2,10E-01	2,04E-01	3,00E-04	5,20E-04	50	0,000975
5	1,90E-01	1,86E-01	1,76E-04	2,16E-04	60	0,000386
6	1,76E-01	1,69E-01	1,91E-04	1,14E-04	70	0,000153
7	1,60E-01	1,54E-01	2,07E-04	8,31E-05	80	0,0000606
8	1,48E-01	1,40E-01	2,18E-04	7,52E-05	90	0,000024
9	1,35E-01	1,27E-01	2,23E-04	7,42E-05	100	0,00000951
					120	0,00000149
					14	0,02838





## IDEA-System



For training one recommends to go through the components of the expert system in the order indicated below. The explanations to the various functions of IDEA are given in this sequence. Additionally is recommended to call and to keep always opened as an on-line assistance the glossary of IDEA via "Help/Glossary". In the glossary you will find all information about the terms, parameters and functions of the expert system.

## 1. Data

- 1.1. Person data
- 1.2. Material data
- 1.3. Measuring data
- 1.4. Biokinetic functions
- 1.5. Dose coefficients
- 1.6. Radionuclide mixtures
- 1.7. Institutions

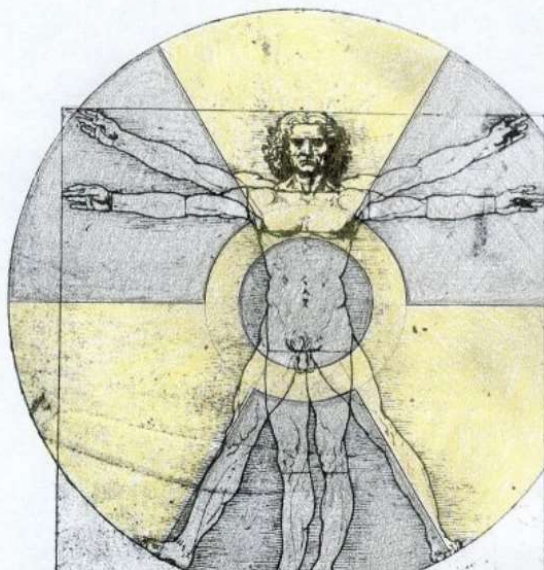
## 2. Planning

- 2.1. Requirement
- 2.2. Monitoring procedure

## 3. Evaluation

## 4. Dose balance

- 4.1. Standard
- 4.2. Embryo/Fetus



Main Screen

File Edit Parameters Calculations Tools Advanced Help



Ver 5.0 Add On: 14 No file opened

## MONDAL Ver.2.01

File Setup Tools Help

Radionuclide / Intake route and Subject

Radionuclide **H-3** 12.3 y beta(0.0057MeV)100%

- ☒ Inhalation by Workers
- ☐ Inhalation by Members of the Public
- ☐ Ingestion by Workers
- ☐ Ingestion by Members of the Public

AMAD or Age / Type or f1

AMAD **gaseous**Absorption Type **Water**

Tritiated water

Mode of Intake

- ☒ Acute
- ☐ Chronic
- ☐ Uneven Chronic

Measurement

Measurement **Urine** **Graph**

Period of intake days

Measured at **3** days after last intakeMeasured activity **100** Bq/d

Working hours

Calculation

Result

Excretion rate at measurement day **2.70E-02** Bq/d/BqActivity of intake **3.7E+03** BqEffective dose **6.7E-08** Sv

Print form

Print result

Save to file

Exit

## IMBA Pro (IDEAS training version)

Public Health  
England

## Intake Scenario

## Intake Regimes

Clear All Intake Regimes

Enter Number of Intake Regimes (1-10)

1

## IR 1

## Route

☒ Inhalation☐ Ingestion☐ Injection☐ Wound☐ Vapor

## Mode

☒ Acute☐ Chronic

Start Time (d)

0

## Units

Specify Time As

☐ Date☒ Time (d)

since

1980. 01. 01.

#

Intake

☒ Bq☐ dpm☐ pCi☐ mg

Dose

☒ Sv☐ rem☐ mSv☐ mrem

## Intake (IR 1)

0 Bq

## Indicator Nuclide

Select Radionuclide

Number of Associated Radionuclides:

Half Life: Unknown d

## Associated Radionuclides

None Selected

## Model Parameters

These Model Parameters Apply to All IRs

## Respiratory Tract

Deposition

Vapor

Wound

Bioassay

Particle Transport

Absorption

GI-Tract

Biokinetics



Close

## Calculations

Bioassay Calculations

Dose Calculations



# Belső sugár terhelés összefoglaló

- 1mSv lekötött effektív dózis (70 ill. 50 évre integrálva számoljuk) felett monitoring rendszer kötelező (szabványban van benn a labor akkreditáltnak kell lennie)
- Szervezetbe jutási módok: belékezés lenyelés, sebbe való bejutás, bőrön keresztül való felszívódás
- Mérése: nagy áthatoló képességű sugárzás esetén 60keV feletti gamma foton: egész test számlálás vagy pajzsmirigy mérése, (direkt mérés)
- Kis áthatoló képességű bomlók esetén béta, alfa sug. esetén exrétumok (vizelet, széklet, vér) vizsgálata: folyadék szcintillációs berendezéssel (indirekt mérés)
- Ahol nem lehet mérni ott levegő aktivitás koncentráció méréssel és becsléssel határozzák meg. Pl. F-18, Tc-99m, C-14 is lehet)