

Belső sugárterhelés becslése

Taba Gabriella

Bővített fokozatú Sugárvédelmi
Tanfolyam
Simmelweis Egyetem, 2019 április 16.

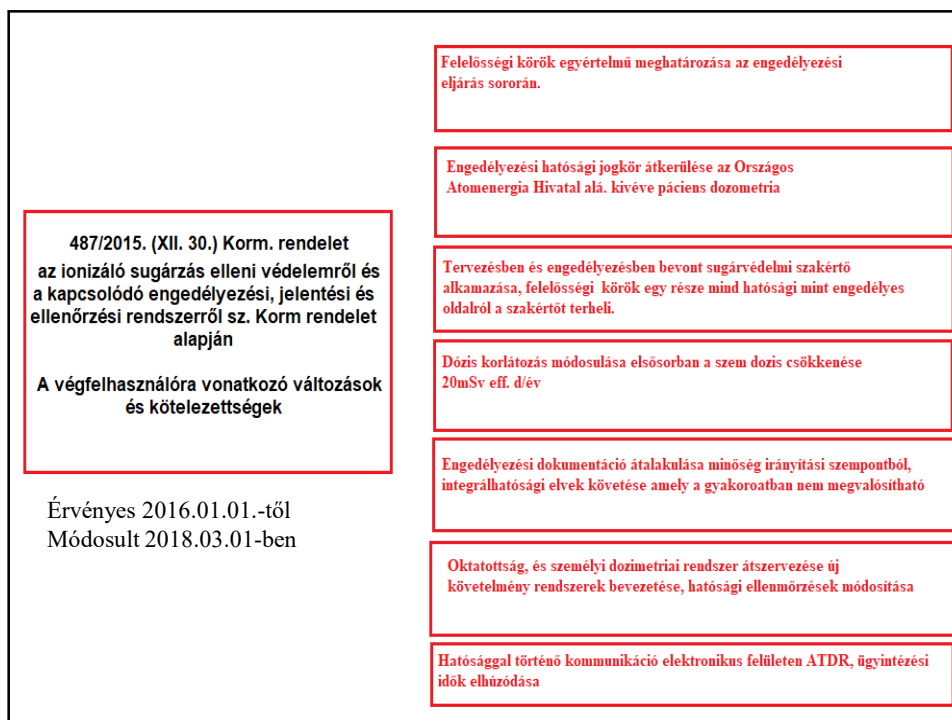
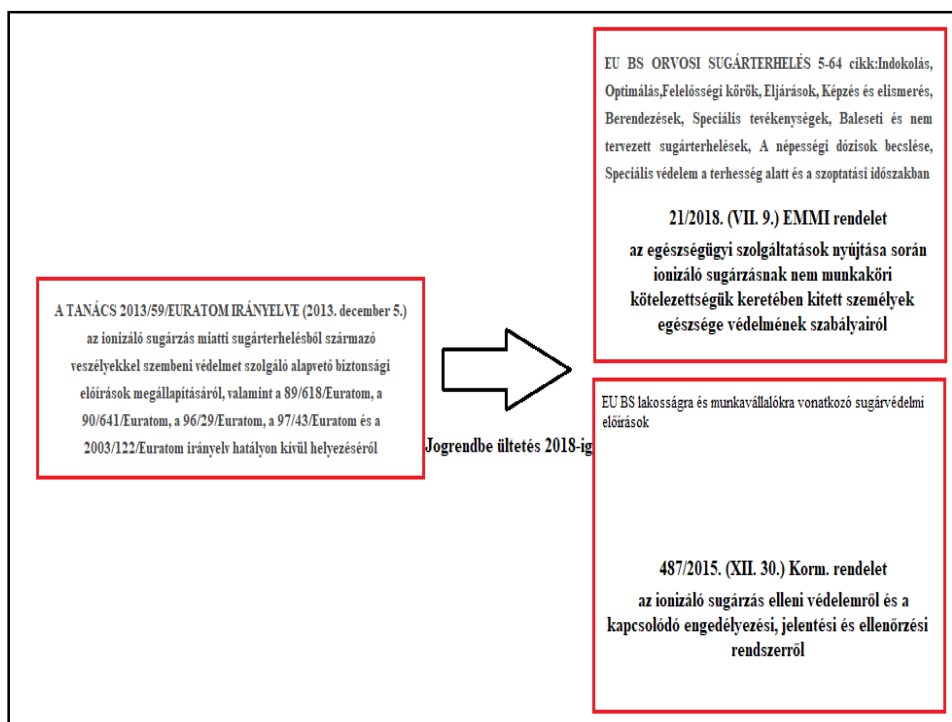
Szabályozások

- 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 > 6mSv
 - 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:

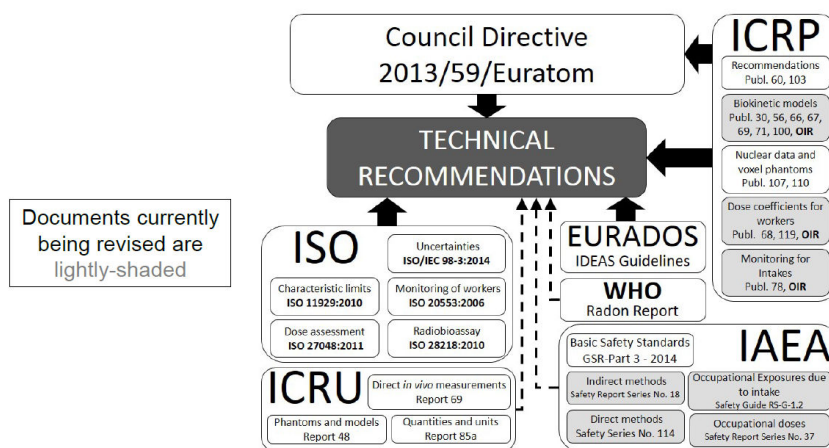
A belső sugárterhelés vizsgálat eredményét lekötött effektív dózisban kell megadni. Belélegzéssel és lenyeléssel felvett valamennyi, az akkreditált mérési módszerrel kimutatható mennyiségben jelen lévő radionuklid lekötött effektív dózisát összegezni kell.

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



Ajánlások –szabályozás háttere

kb. 10 évente módosulnak a kiadványok



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

Mikor kell mikor nem kell?

- Ha egyértelműen 6mSv/év felett van!(ellenőrizni kell)

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

- Ha meghaladhatja az 1mSv/évet (igazolni kell)

Hogy igazolom: becsléssel, méréssel, modellezéssel



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

- Felhasznált aktivitásból számítással: $d_j = A_j \cdot e(50) \cdot f_{fs} \cdot f_{hs} \cdot f_{ps}$

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	1
Normal	1
Common	1
Simplified	1
Hand	1
Dry	1
Open bench operations	1
Fume hood	0.1
Glove Box	0.01

Source: EC RP 188

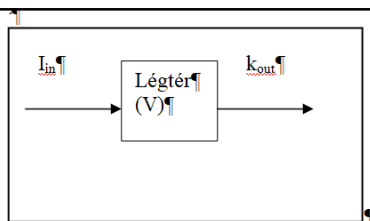
Ha nagyobb mint 1 mSv



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:

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

ahol:

λ : a radioaktív bomlási állandó (1/h) és

V : a helyiség térfogata (m^3)

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

Q : légzés teljesítmény (m^3/h)

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

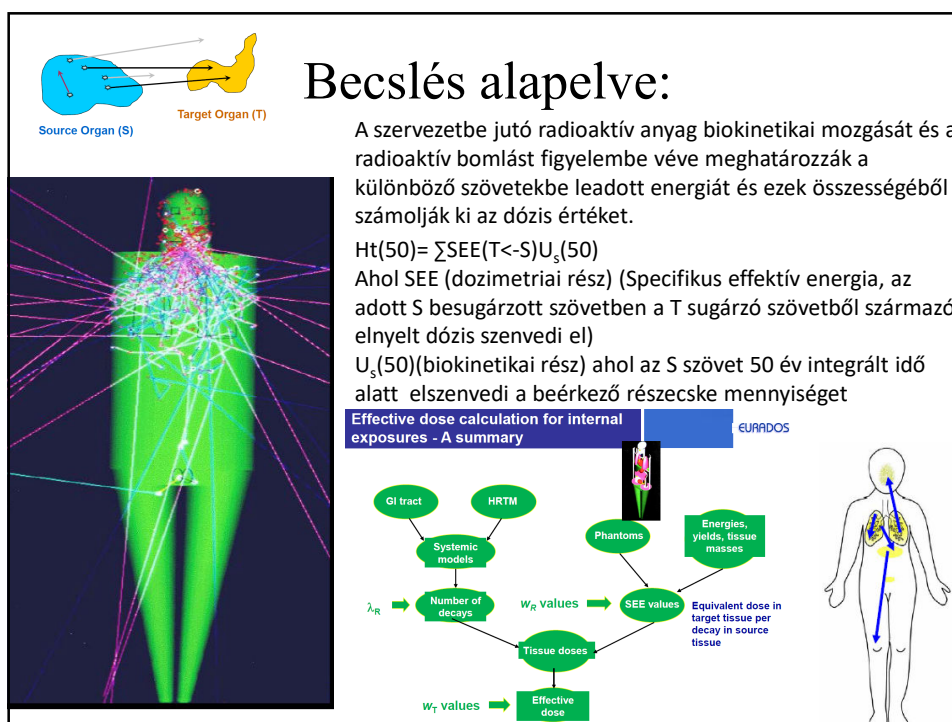
Mi a belső terhelés?

Itt lekötött effektív dózistról beszélünk

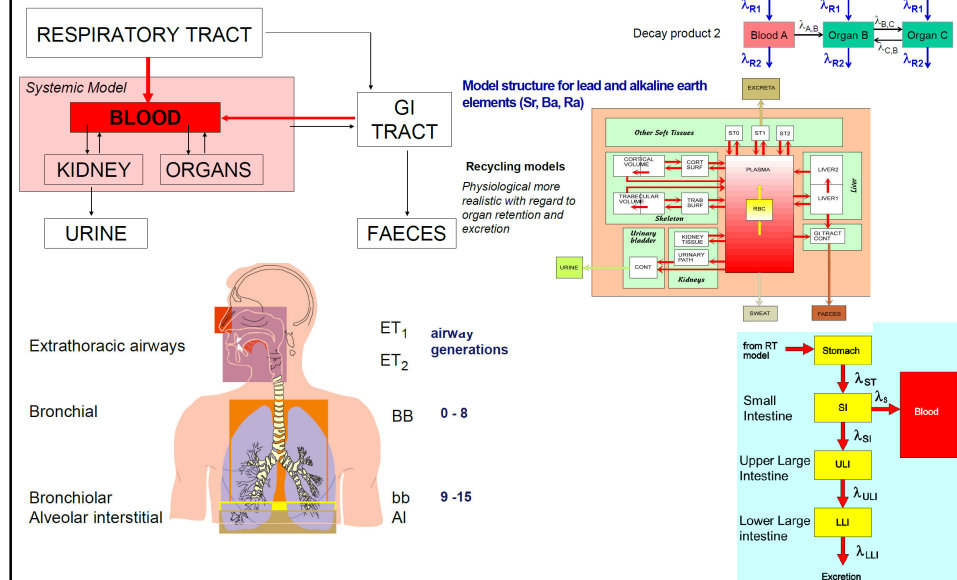
Radioaktív anyag a szervezetbe jutva adja le a az energiát ezzel károsítva az emberi testet.

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)

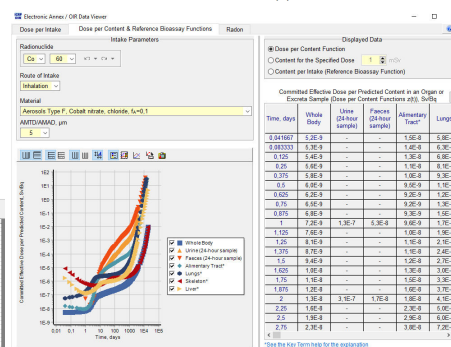
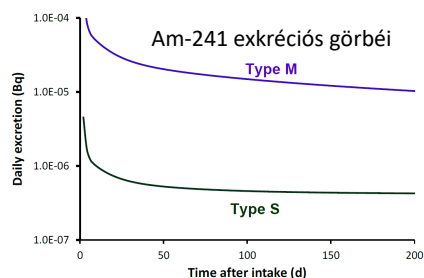


Biokinetikai modellek ICRP kiadványok



Nekünk nem kell modellezni!

- Dózis koefficiens tartalmazza azokat a számításokat amik figyelembe veszik az adott izotópot, kémiai formát, bejutási módot, bomlás típusát!
 - Csak az össze bejutó radioaktivitást kell meghatározni és a megfelelő dózis koefficiens kiválasztani hozzá az ICRP táblázatokból!
 - A bejutó összes aktivitáshoz tudni kell az adott anyag exkréciós paraméterét.
 - I (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



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 100Bq .

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

Mi a felvétel?

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

A lekötött effektív dózis a munkavállalónak (ICRP 78)

kiadványból kikeresett dózis koefficiens alapján:

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

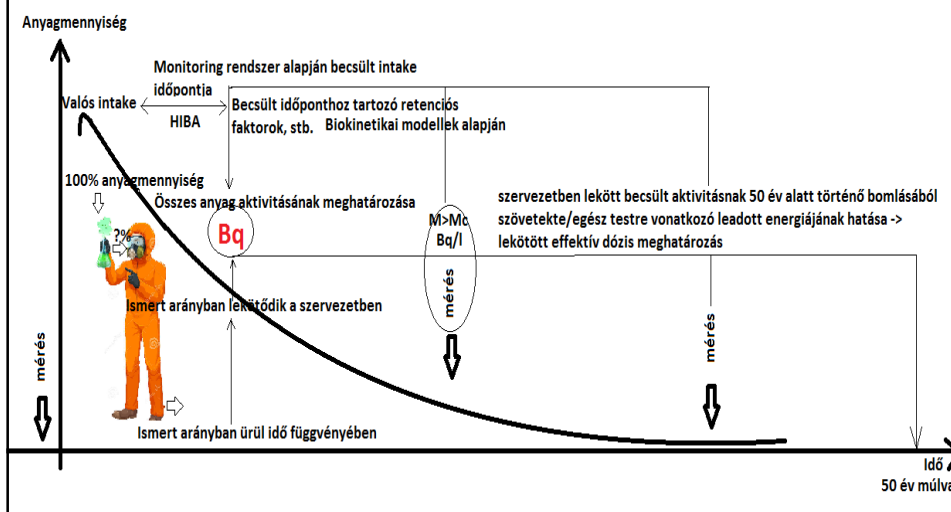
$E(50)=I \cdot e(50)=2000\text{Bq} \cdot 2,7 \cdot 10^{-5} \text{ Sv/Bq}=54\text{mSv}$

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 MÉRGETŐ 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, Khí 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

²²⁶Ra

(776) ²²⁶Ra 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 ²²²Rn 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
²²⁶ Ra	Urine Bioassay	α spectrometry	10 m Bq/L	
²²⁶ Ra	Urine Bioassay	Emanation	5 mBq/L	
²²⁶ Ra	Urine Bioassay	Proportional counter	4 mBq/L	
²²⁶ Ra	Urine Bioassay	Liquid scintillation counting	3mBq/L	
²²⁶ Ra	Faeces Bioassay	Proportional Counter	16mBq/24h	

²²⁸Ra

(777) ²²⁸Ra 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
²²⁸ Ra	Urine Bioassay	Beta Proportional counter	1 Bq/L	0.01 Bq/L
²²⁸ Ra	Urine Bioassay	Liquid scintillation counting	50mBq/L	
²²⁸ Ra	Faeces Bioassay	Beta Proportional counter	0.1Bq/24h	
²²⁸ Ra	Lung Counting	γ -ray spectrometry of ²¹² Pb	40 Bq	15 Bq

Belső terhelési paraméterek munkavállalóra vonatkozva

Ra-223

- 5 μ m AMAD inhaláció, M, f₁=0,2; e(g)=6,9*10⁻⁶ Sv/Bq
- 5 μ m AMAD lenyelés, M, G₁;e(g)=7*10⁻⁷ Sv/Bq
- 20 mSv effektív dózistnak 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 μ Ci 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

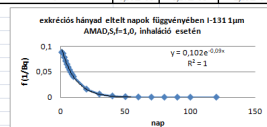
mBq mérési tartományok

(AMAD Activity Median Aerodynamic Diameter = részecske méret, f time-dependent dissolution rate (rapid), M abszorpciós paraméter, Compounds, lung Absorption Types and f₁ values used for the calculation of inhalation dose coefficients for workers)

Pl: I-131 monitoring rendszer

Pajzsármány I-131 aktivitás ellenőrzés munkautasítás Semmelweis Egyetem Sugárvédelmi Szolgálat			
Készítette:	Tóth Gabriella		
Helyszín:	SE I. Belklinikai Klinikai Kutató- és Isztólaboratórium (1088 Budapest, Kőrönyi S. u. 2a)		
Mérés végezt:	SE I. Belklinikai Klinikai Kutató- és Isztólaboratórium dolgozója		
Mérés célja:	Pajzsármány ellenőrző mérés fehéti szennyezttség mérővel		
Mért aktivitás mértékegysége:	Bq pajzsármány		
Isztóp	I-131		
Készülék hitelesített:	nem		
Méreszközök adatai:			
Készülék típus:	RadEye LB20	Azonosítója:	
Mintavétel módja:	humán minta nyaki rész jobb és baloldali bőrfelületen		
Mérés elvégzése:	<div style="border: 2px solid red; padding: 10px; transform: rotate(-5deg); display: inline-block;"> CENSORED </div>		
Munkavállaló 14 napos fehéti bőrfelület. A mérés méri egy alacsony háttérrel. A mért értékek excel táblázatba. A számolás és a beírt értékek alapján kell készíteni. Ezen együttműködő laboratórium nyaki pajzsármány mérés háttérrel kell mérni mint a Számoló feltevéseinek ellen kell részt venni			
Mérés műszer:			
Mérés műszer kalibrációja:			


	Mc (Ba)				pg (1µm nha)		7.60E-
I-131 inhaláció 1µm AMAD részecske méret esetén	mSv				LLD 25Bq		
f figyelt rendszer intervallumok (nap)	0,1	2	6	20	t	f (7Ba)	
	18	359	1078	3593	1	0,0883	
14	27	542	1636	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	
I-131 vonatkozó extrakció hányadók levezényelése					9	0,0445	
Felvételek elől napok száma	egész test	pajzsmirigy	vízrelet	azületet	10	0,0405	
1	3.37E-01	6.52E-01	9.77E-01	3.92E-01	20	0,0159	
2	2.56E-01	4.45E-01	7.30E-01	2.03E-01	30	0,00624	
3	2.30E-01	4.24E-01	7.04E-01	1.33E-01	40	0,00247	
4	2.10E-01	2.04E-01	1.00E-01	5.20E-01	50	0,000975	
5	1.90E-01	1.86E-01	1.76E-01	2.16E-01	60	0,000385	
6	1.76E-01	1.69E-01	1.91E-01	1.14E-01	70	0,000153	
7	1.60E-01	1.54E-01	2.07E-01	8.31E-01	80	0,0000606	
8	1.48E-01	1.40E-01	2.18E-01	7.52E-01	90	0,0000204	
9	1.35E-01	1.27E-01	2.23E-01	7.42E-01	100	0,00000951	
					120	0,00000149	
extrakció hányad elől napok figyelembevev I-131 1µm AMAD,5-5-1,0, inhaláció esetén					14	0,0238	



IDEA System - Expert system for internal dosimetry version M1 (20.02.2014)

File Planning Evaluation Balance Reporting Data transfer Settings Help

IDEA-System



For training one recommends to go through the components of the expert system in the order indicated below. The workstations in the second functions of IDEA are given in this sequence. Additionally it is recommended to call and to keep always opened as an interface the program of the primary data via "Info/Dictionary". In the glossary you will find all information about the terms, parameters and functions of the expert system.

- 1. Data**
 - 1.1: Personal data
 - 1.2: Material data
 - 1.3: Measuring data
 - 1.4: Biological functions
 - 1.5: Dose coefficients
 - 1.6: Radiological indices
 - 1.7: Institutions
- 2. Planning**
 - 2.1: Recruitment
 - 2.2: Monitoring procedure
- 3. Evaluation**
- 4. Dose balance**
 - 4.1: Classification
 - 4.2: Summary/Pictorial

MONDOL Ver.2.01

File Setup Tools Help

Radionuclide / Intake route and Subject

Radionuclide: H-3 12.3 y beta(0.005/MeV/100%)

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

AMAD or Age / Type or I1
 AMAD: gaseous
 Absorption Type: Water
Trifoliated water

Mode of Intake
☒ Acute
☐ Chronic
☐ Uneven Chronic


Measurement
 Measurement: Urine Graph
 Period of intake: days
 Measured at: 3 days after last intake
 Measured activity: 100 Bq/d

Working hours Calculation

Result:
 Excretion rate at measurement day: 2.70E-02 Bq/d/Bq
 Activity of intake: 3.7E+03 Bq
 Effective dose: 6.7E-08 Sv

Print Screen ☐ Print result Exit

IMBA Pro (IDEAS training version)



Initial Scenario

Time of Intake Progress Enter Number of Intake Progress (0-70) 0.00

☒ 1st ☐ 2nd ☐ 3rd ☐ 4th ☐ 5th ☐ 6th ☐ 7th

Name: Age: Sex: Time of Intake: 0

☐ Inhalation ☐ Ingestion ☐ Injection ☐ Ingestion ☐ Injection

☐ Inhalation ☐ Ingestion ☐ Injection

☐ Inhalation ☐ Ingestion ☐ Injection

Units

☒ Bq/d ☐ Bq/d ☐ Bq/d
☐ Bq/d ☐ Bq/d ☐ Bq/d
☐ Bq/d ☐ Bq/d ☐ Bq/d

☒ Bq/d ☐ Bq/d ☐ Bq/d
☐ Bq/d ☐ Bq/d ☐ Bq/d
☐ Bq/d ☐ Bq/d ☐ Bq/d

☒ Bq/d ☐ Bq/d ☐ Bq/d
☐ Bq/d ☐ Bq/d ☐ Bq/d
☐ Bq/d ☐ Bq/d ☐ Bq/d

Model Parameters

Your Health Parameters help to 44(0.0)