

8. Elméleti és gyakorlati dozimetriai ismeretek

8.1.1. Operatív dozimetriai mennyiségek

8.1.2. Hatósági személyi monitoring célja és eszközei, a TLD doziméter kiértékelésére vonatkozó előírások

8.1.3. A külső-és belső sugárterhelés személyi dozimetriájának főbb mérési módszerei

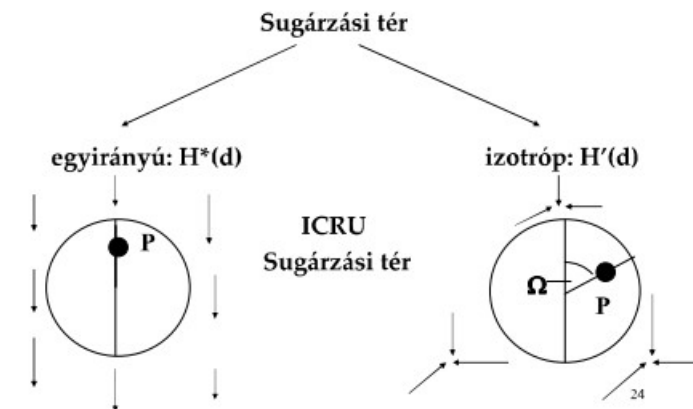
8.1.4. Egyenérték és effektív dózis használata és becslése

8.1.1. Operatív dozimetriai mennyiségek

Mennyiség	Egység	Alkalmazási terület
ALAPVETŐ FIZIKAI MENNYISÉGEK		
Levegőkerma, K_a	Gy	Referenciamennyiség, foton
Fluens, Φ	m^{-2}	Referenciamennyiség, neutron
Elnyelt dózis, D	Gy	Referenciamennyiség, elektron
OPERATÍV MENNYISÉGEK (dózisegyenérték)		
Személyi \sim , $H_p(d)$	Sv	Egyéni ellenőrzés
Környezeti \sim , $H^*(d)$	Sv	Környezet, áthatoló sugárzás
Irányfüggő \sim , $H'(d, \Omega)$	Sv	Környezet, nem áthatoló sug.
Elsődleges korlátozó és sugárvédelmi célú mennyiségek		
Szövetben elnyelt dózis, D_T	Gy	Dóziskorlátozás
Szöveti egyenérték dózis, H_T	Sv	Dóziskorlátozás
Effektív dózis, E	Sv	Dóziskorlátozás
Kollektív effektív dózis, S	$man \cdot Sv$	Optimálás

		egész test	szemlencse	bőr
szabályozás ICRP 116		Effektív dózis (E) $E = \sum_T W_T \sum_R W_R D_{T,R}$	Egyenérték dózis szem: Behrens modell, ICRP 116 annex F $H_{\text{szem}} = \sum_R W_R D_{\text{szem},R}$	Egyenérték dózis bőr, 10x10x10 kocka 1 cm ² felületére vonatkozik 50-100mikrom mélységben ICRP 116 Annex G $H_{\text{bőr}} = \sum_R W_R D_{\text{bőr},R}$
Gyakorlati (MÉRT dózisok) ICRU 95	Terület ellenőrzés	Környezeti dózis $H^* = h_{E,\max} \times \phi$, $h_{E,\max} = E_{\max}/\phi$ voxel fantomok, AP,PA, RLA,LLAT,ROT, irány függő	Stilizált szem modell Irány szembeni elnyelt dózis teljes szemlencsére elnyelt dózis, $D_{\text{szem}}(\Omega) = d_{\text{szem}}(\Omega) \times \phi$	Irány szembeni elnyelt dózis bőr felületen, $D_{\text{bőr}}(\Omega) = d_{\text{bőr}}(\Omega) \times \phi$
	Személyek ellenőrzése	Környezeti dózis $H_p = h_E \times \phi$, $h_{E,\max} = E_{\max}/\phi$ voxel fantomok, jobb bal átlag ,180 ROT	Személyi elnyelt dózis teljes szemlencsére elnyelt dózis, $D_{\text{szem}}(\Omega) = d_{\text{szem}}(\Omega) \times \phi$	Személyi elnyelt dózis helyi bőr felületen, $D_{\text{bőr}}(\Omega) = d_{\text{bőr}}(\Omega) \times \phi$

Környezeti dózisegyenérték (1)



8.1.2. Hatósági személyi monitoring célja és eszközei, a TLD doziméter kiértékelésére vonatkozó előírások

- Cél: munkavállalók dózis korlát/megszorítás ellenőrzése
- Eszköze: hatósági TLD doziméter(hiteles)
- TLD működése: passzív doziméter amely a kristály szerkezetében konzerválja az elnyelt dózist, a dózissal arányos fény jelet kifűtéssel lehet kizsedni a kristályszerkezetből.
- Előírások: típus engedély és hiteles mérés, rendeltetés szerű viselés

Szabályozás szerinti kötelezettségek

2/2022 OAH r. 30. § (1)

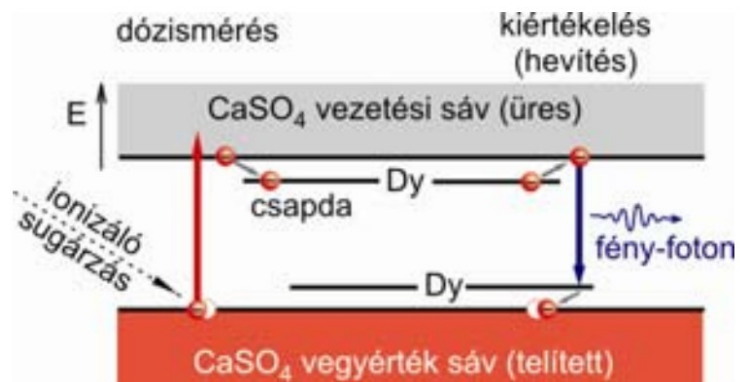
„A” kategória: azok a sugárterhelésnek kitett munkavállalók, akiknek a sugárterhelése meghaladhatja az évi 6 mSv effektív dózist, vagy a szemlencsére nézve az évi 15 mSv, vagy a bőrre vagy a végtagokra nézve az évi 150 mSv egyenértékdózist,

(3) Az „A” kategóriába sorolt munkavállalók kötelesek a röntgen- és gamma-sugárzásból származó külső sugárterhelés mérésére alkalmas, a munkáltatótól független dozimetriai szolgáltató által biztosított, hatósági személyi dózismérőt viselni.

(4) Az engedélyes további célzott személyi dozimetriai ellenőrző intézkedéseket tesz, ha az „A” kategóriába tartozó munkavállalóknak a belső sugárterhelése, a tiszta-béta bomló izotópoktól vagy neutron-sugárzásból származó külső sugárterhelése vagy a szemlencsét vagy a végtagokat érő sugárterhelése meghaladhatja a vonatkozó dóziskorlát 1/10-ét. (Hp 3>2mSv, Hp0,07>50mSv)

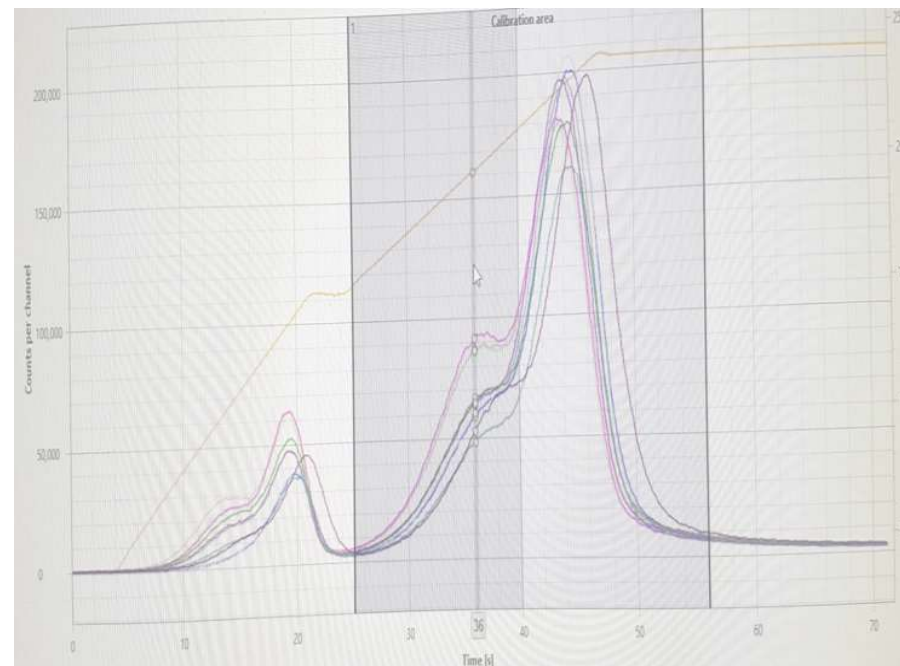
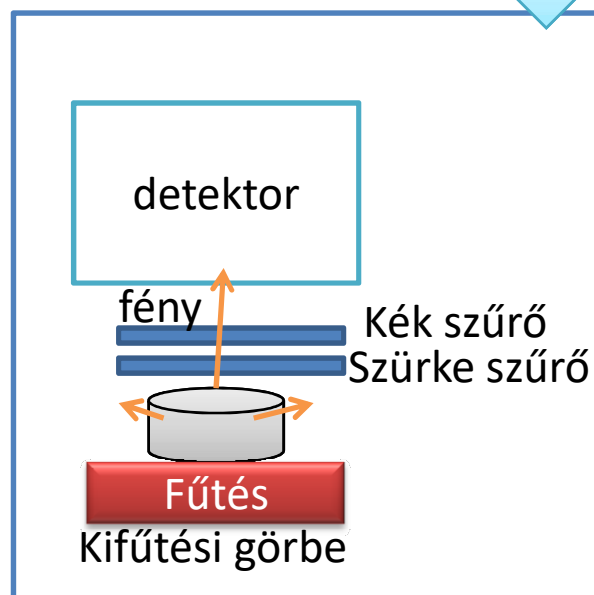
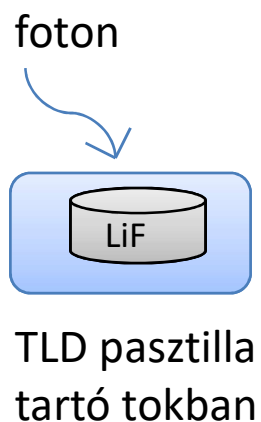
(6) Azokban a sugárveszélyes munkakörökben, ahol fennáll annak a lehetősége, hogy a munkavállalók külső sugárterhelése a hatósági személyi dózismérő egy ellenőrzési periódusára vonatkoztatva a 6 mSv effektív dózist meghaladja, a független dozimetriai szolgáltató által biztosított hatósági személyi dózismérő mellett, az engedélyes által rendelkezésre bocsátott, folyamatos működésű és kijelzésű, a helyszínen leolvasható és – a munkavégzési feltételektől függően – hang-, rezgés-, illetve fényjelzést adó, rendszeresen kalibrált vagy hitelesített elektronikus személyi dózisegyenérték-mérőt is használni kell. (PET EPD)

Termolumineszcens dozimetriai mérési módszer



- tökéletlen kristályok elnyelik és tárolják az ionizáló sugárzás energiáját
- dózis arányos a kifűtés során kibocsátott fénnel

MCP-N kifűtési görbe



- 34. § (1) A hatósági személyi dózismérő használati időtartamának alapértelmezett értéke 2 hónap. A hatósági személyi dózismérők ettől eltérő periódusú kiértékelése – a lehetséges egyéni sugárterhelésektől és az alkalmazott mérési módszertől függően – az OAH által az 55. § (1) bekezdés 1., 2. vagy 4. pontja szerint kiadott engedélyben jóváhagyott és az MSSZ-ben is meghatározott gyakorisággal és mennyiségben történhet. (mennyit az SL előír lehet 1 év is)
- (2) Az ellenőrzésre bejelentett munkavállaló munkaviszonyának vagy sugárterhelése ellenőrzésének szünetelése vagy megszűnése esetén a munkáltató köteles ennek tényét az OAH-nak bejelenteni, valamint a hatósági személyi dózismérőket a dozimetriai szolgáltatónak haladéktalanul visszaküldeni.
- (3) Munkaidőn kívül, illetve a napi sugárveszélyes tevékenység befejezésével a hatósági személyi dózismérőt olyan helyen kell tárolni, ahol a természetes háttérsugárzáson felüli járulékos (nem a foglalkozás gyakorlása közben kapott) sugárzás nem éri. A hatósági személyi dózismérő kezelése vagy viselése során nem sérülhet meg és illetéktelen nem férhet hozzá.
- (4) A testfelület alatt 10 mm mélységben elhelyezkedő lágy testszövetben elvégzett értékelés eredményeként meghatározott mennyiség a személyi dózisegyenérték [Hp(10)]. A sugárterhelés kiértékelésekor külső gamma-dózis esetén a dóziskorlátozásban szereplő effektív dózis a Hp(10) személyi dózisegyenértékkel azonosnak tekintendő.
- (5) A testfelület alatt 0,07 mm mélységben elhelyezkedő lágy testszövetben elvégzett bétadózis-mérés eredményeként meghatározott mennyiség a személyi dózisegyenérték [Hp(0,07)]. A sugárterhelés kiértékelésekor a dóziskorlátozásban szereplő bőregyenérték dózis a Hp(0,07) személyi dózisegyenértékkel azonosnak tekintendő.
- (6) A szemlencse sugárterhelésének ellenőrzésére a Hp(3) személyi dózisegyenérték használandó. A sugárterhelés kiértékelésekor a dóziskorlátozásban szereplő szemlencse egyenérték dózis a Hp(3) személyi dózisegyenértékkel azonosnak tekintendő. (miért van így benne????, mert a szem determinisztikus hatás éri nem sztohasztikus!!!Gy)
- (7) A testfelület alatt 10 mm mélységben elhelyezkedő lágy testszövetben elvégzett neutrondózis-mérés eredményeként meghatározott mennyiség a személyi dózisegyenérték [Hp(10)]. A sugárterhelés kiértékelésekor külső neutron-dózis esetén a dóziskorlátozásban szereplő effektív dózis a Hp(10) személyi dózisegyenértékkel azonosnak tekintendő.
- (8) 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.
- (9) A röntgen-, gamma-, béta-, neutron-sugárzásból adódó külső sugárterhelés és a belső sugárterhelés mérési eredményeit a központi nyilvántartás vezetése érdekében, a munkahelyre előírt rendszerességgel közölni kell az Országos Személyi Dozimetriai Nyilvántartással.
- (10) A rendkívüli helyzetben az érintett munkavállalók hatósági személyi dózismérőit haladéktalanul vissza kell küldeni kiértékelésre. Rendkívüli helyzetben történt mérések esetén a kiértékelés után az eredményt azonnal közölni kell az Országos Személyi Dozimetriai Nyilvántartással. (Mi a rendkívüli helyzet??? OAH ren.d nem definiálja SL-ben kell leírni)
- (11) A külső és belső besugárzásoktól eredő dózisokat az Országos Személyi Dozimetriai Nyilvántartás összegzi.
- (12) Az engedélyezett különleges sugárterheléseket a szabályos körülmények mellett kapott sugárterhelésektől elkülönítve kell nyilvántartani.

8.1.3.A külső-és belső sugárterhelés személyi dozimetriájának főbb mérési módszerei

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 > 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.~~ 2/2022 OAH 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.

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

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)**

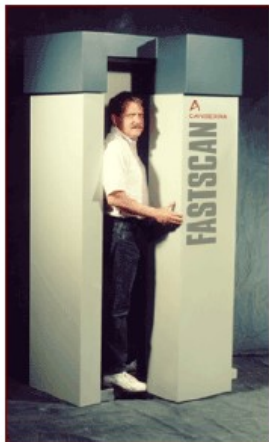
Mikor kell mikor nem kell?

- Ha egyértelműen 1mSv/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: $d_j = A_j * e(50) * f_{fs} * f_{hs} * f_{ps}$
 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	0.0001
Handled in glove box	0.00001
Dry storage	0.000001

Source: EC RP 188

Table C.2 Protection Safety Factors (taken from [ISO 2016b]
reproduced with kind permission of ISO)

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

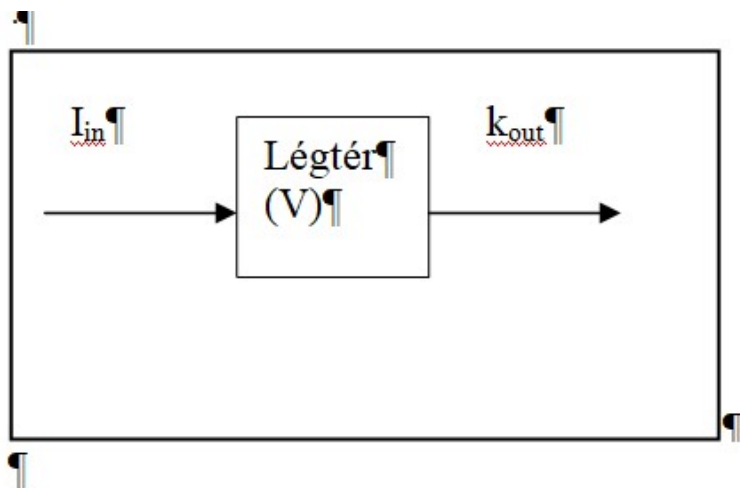
Ha nagyobb mint 1 mSv



Rutin monitoring
rendszer bevezetése



Baleset esetén **Special monitoring**



A becsléshez használt kompartment modell a következő

Az állandó befolyás intenzitása (I_{in})

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

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:

λ : r.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 : légzésteljesítmény (m^3/h),

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

Pl: az engedélyben az van hogy 43GBq Cs-137 kezelek nyílt oldatként fülkébe. (árnyékolás nélkül)

- Mennyi dózis szenvedünk el ha ekkora aktivitással dolgozunk
 $d_j = A_j \cdot e(50) \cdot f_{fs} \cdot f_{hs} \cdot f_{ps} = 43E9 \cdot 6,7E-9 \cdot 0,01 \cdot 0,1 \cdot 0,1 = 28,8mSv$ Az anyag oldatos formában való kezelése ampullában elszívó fülke alatt. H*(10) 155mikroSv/h dózis térben való tartózkodást óránként kb. 60-90mikro Sv-t Hp(10) eredményezhet ha 4 cm Pb alatt van. Tárolásra az OAH 4,3TBq engedélyt adott ki.....

Gamma Emitter Point Source Dose-Rate <--to--> Activity and Shielding Calculations (In Air)

Select Calculation
☒ Activity and Dose-Rate ☐ Shield Thickness ☒ Add Shielding

Enter or Select Isotope
Cs-137

Select Dose-Rate Units
uSv/hr

Select Activity Units
MBq

Select Distance Units
Centimeters

Select Coefficient
☒ Attenuation (mu) ☐ Energy Absorption (muen)

Select Activity Calculation
☒ Activity to Dose-Rate ☐ Dose-Rate to Activity

Enter Activity
43000 MBq

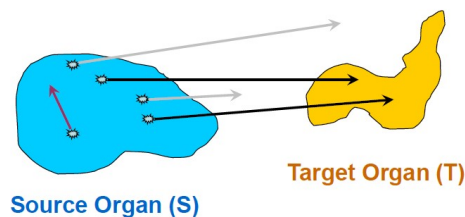
Enter Distance
50 cm

Shielding Entries
Select Shield Material
Lead
Select Thickness Units
Centimeters
Enter Shield Thickness
4 cm
☒ Use Buildup Factor (recommended)
[Click to Learn About Buildup Factors](#)

43000 MBq of Cs-137 at 50 Centimeters
155.133824418164 uSv/hr
Calculated Dose-Rate

Calculate

Mi történt????
AZ OAH hibás engedélyt adott ki, a szakértő nem ellenőrizte a hivatkozási forrást, senki nem számolta végig a szabályzatban előírt ellenőrző képletet sem az engedélyes sem az OAH!!!!!!



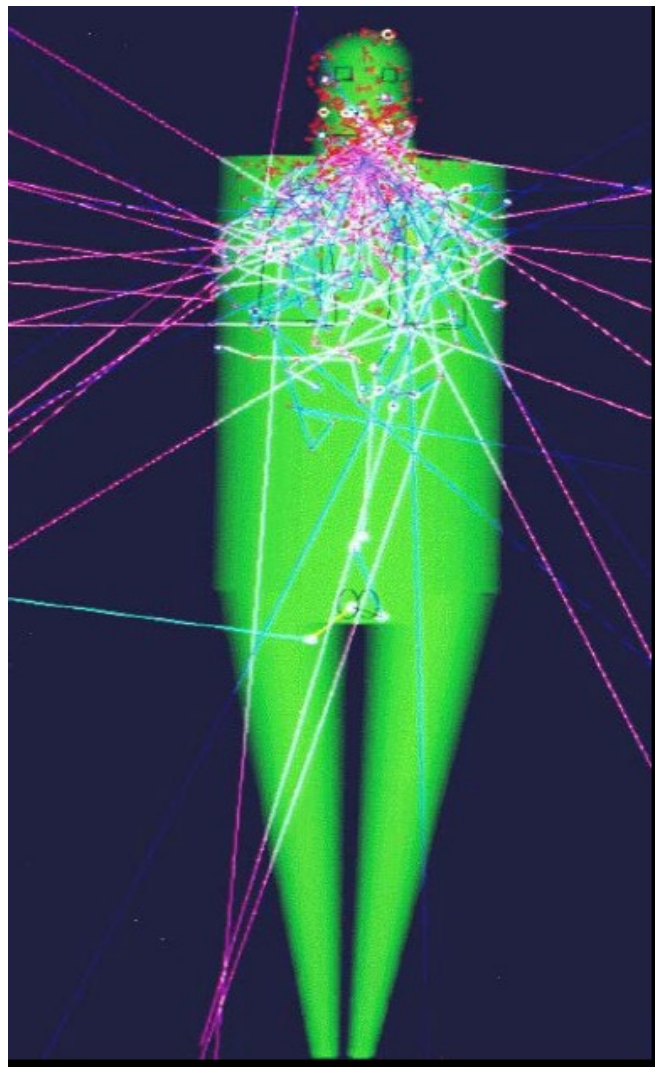
Becslés alapelve:

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.

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

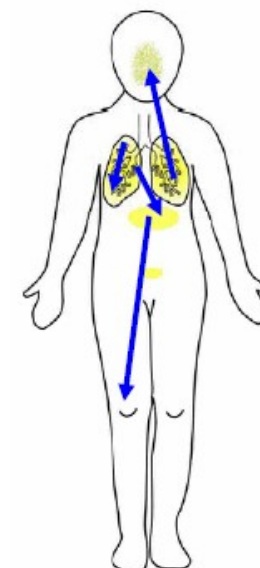
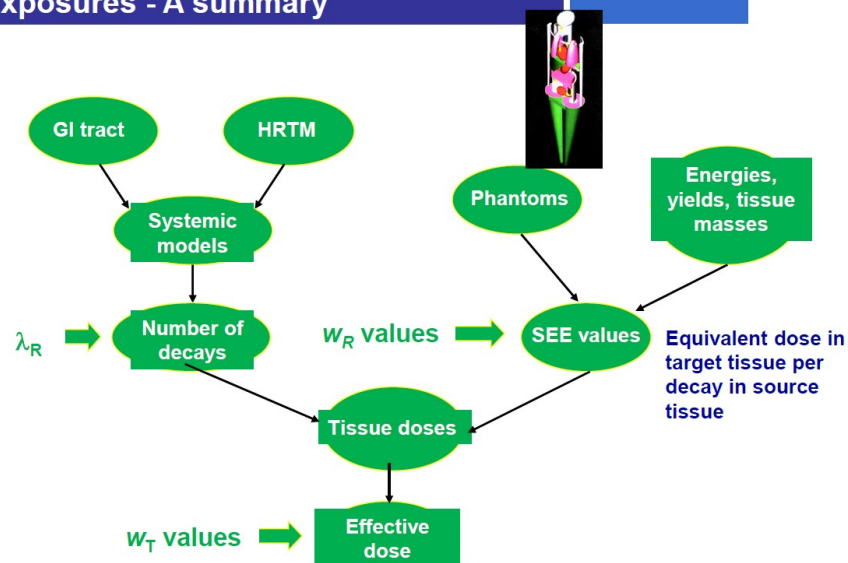
Ahol SEE (dozimetriai rész) (Specifikus effektív energia, az adott S besugárzott szövetben a T sugárzó szövetből származó elnyelt dózis szenved el)

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



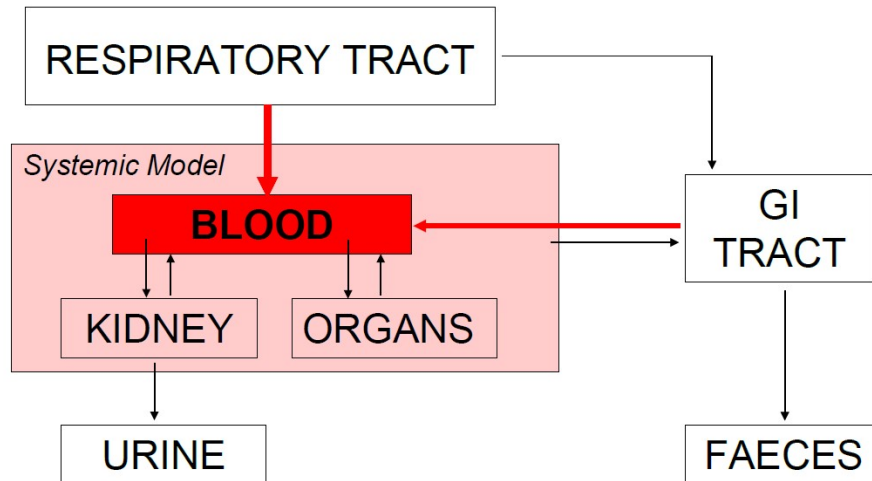
Effective dose calculation for internal exposures - A summary

EURADOS



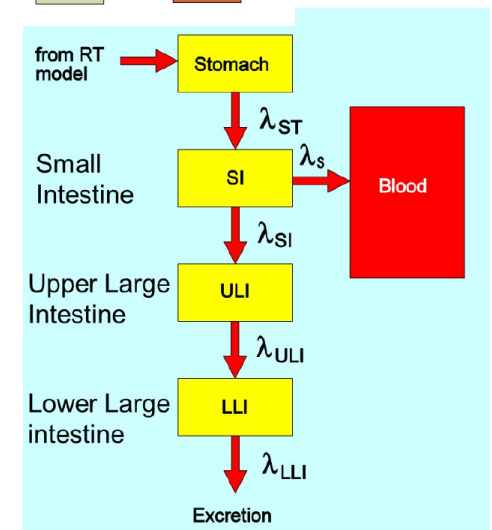
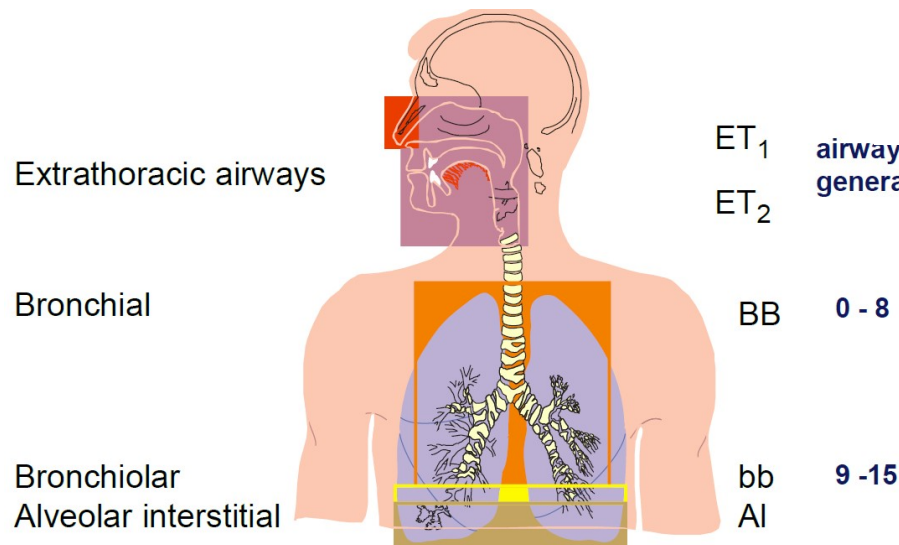
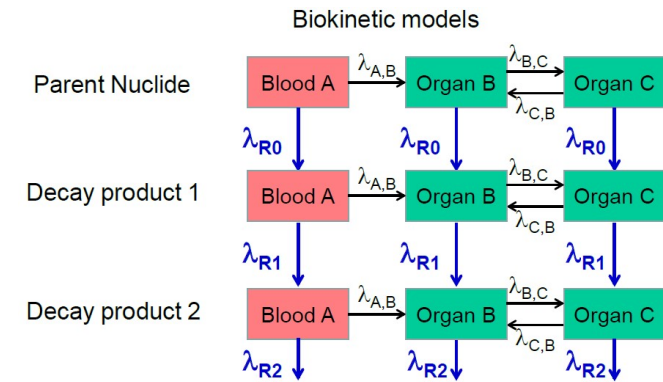
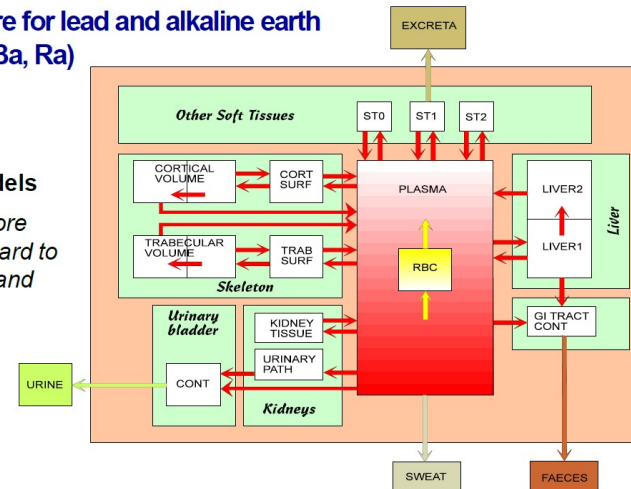
Biokinetikai modellek

ICRP kiadványok



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

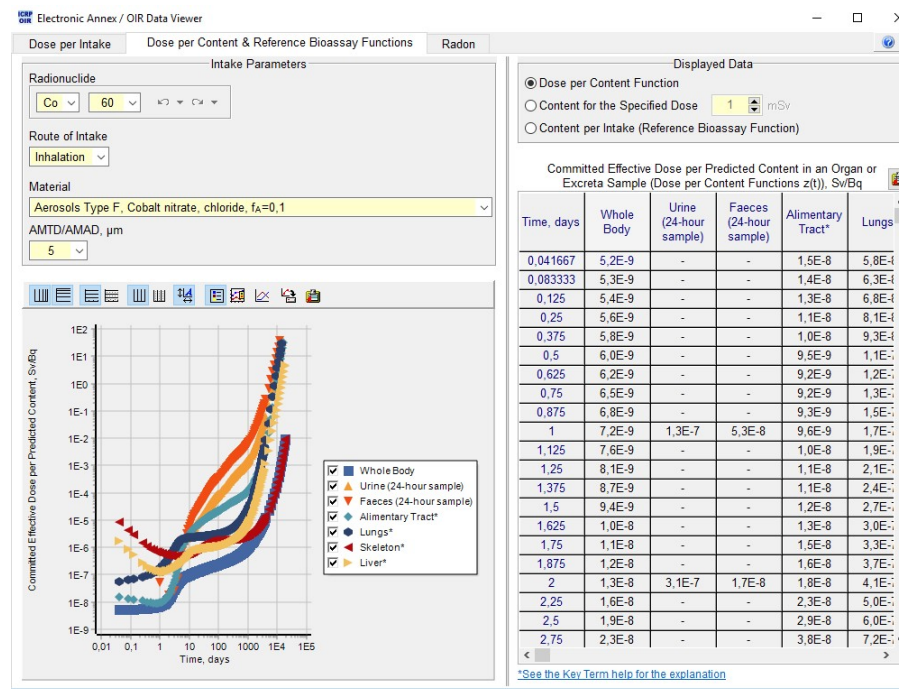
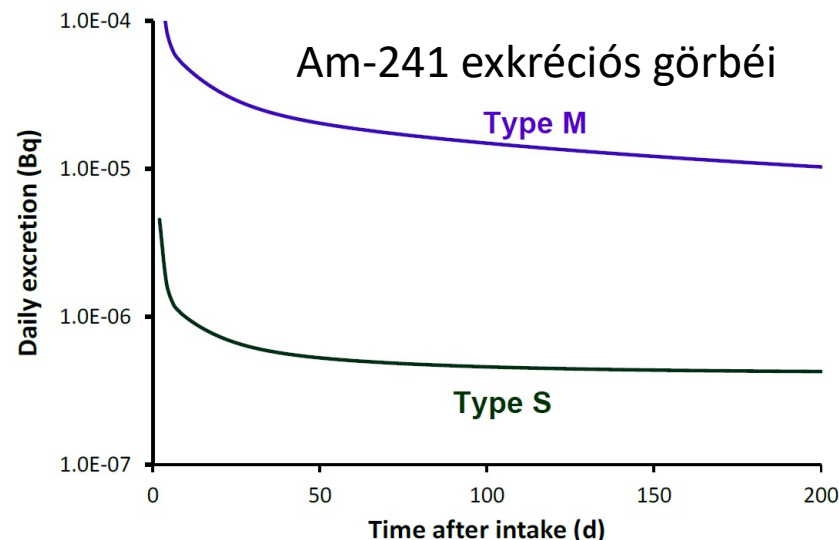
Recycling models
Physiological more realistic with regard to organ retention and excretion



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 Stav Connected

Submit Paper

Search

ICRP NEWS WORK ORGANISATION SUPPORTERS ICRPAEDIA



Recommended citation

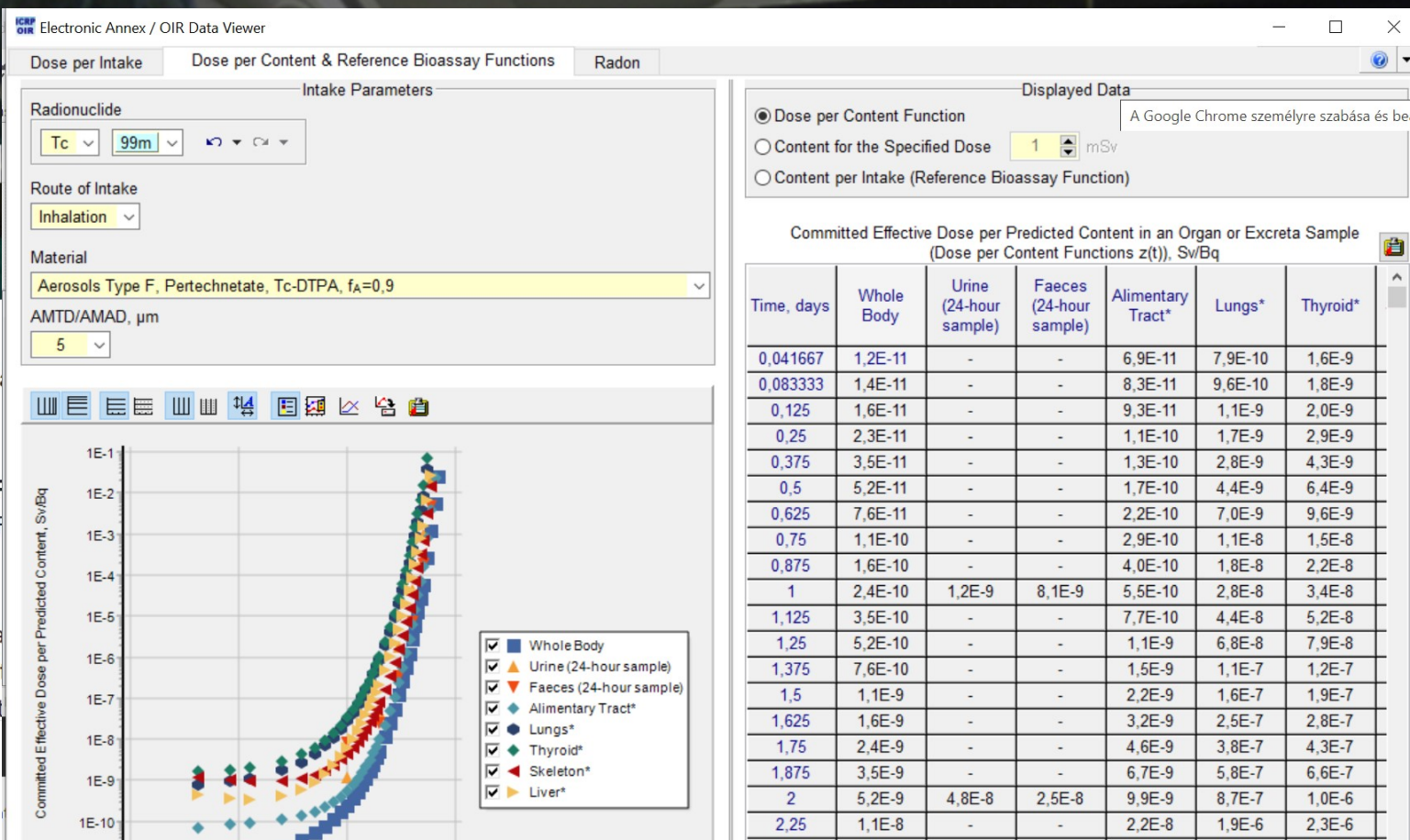
ICRP, 2018. Occupational r
ICRP 47(2).

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 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?

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

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

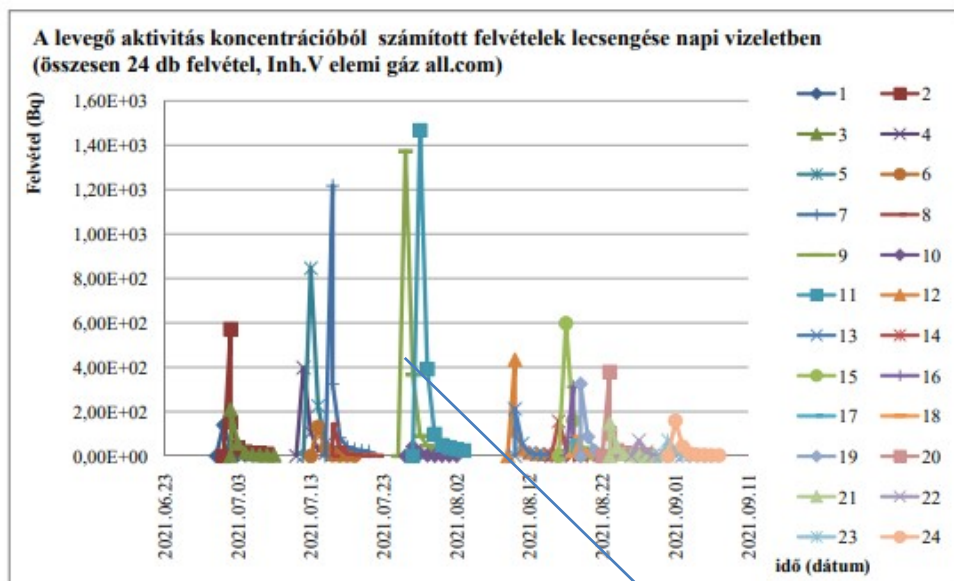
$$e(50)=2,7 \cdot 10^{-5} \text{ Sv/Bq}$$

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

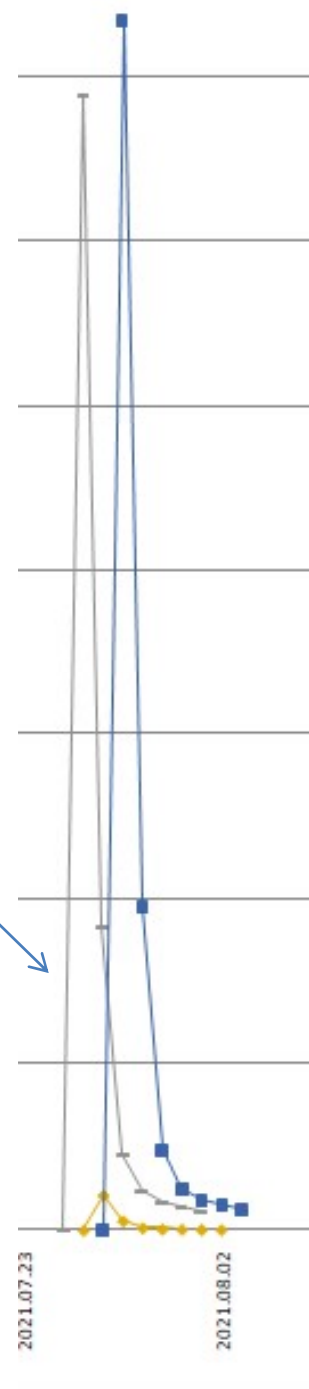
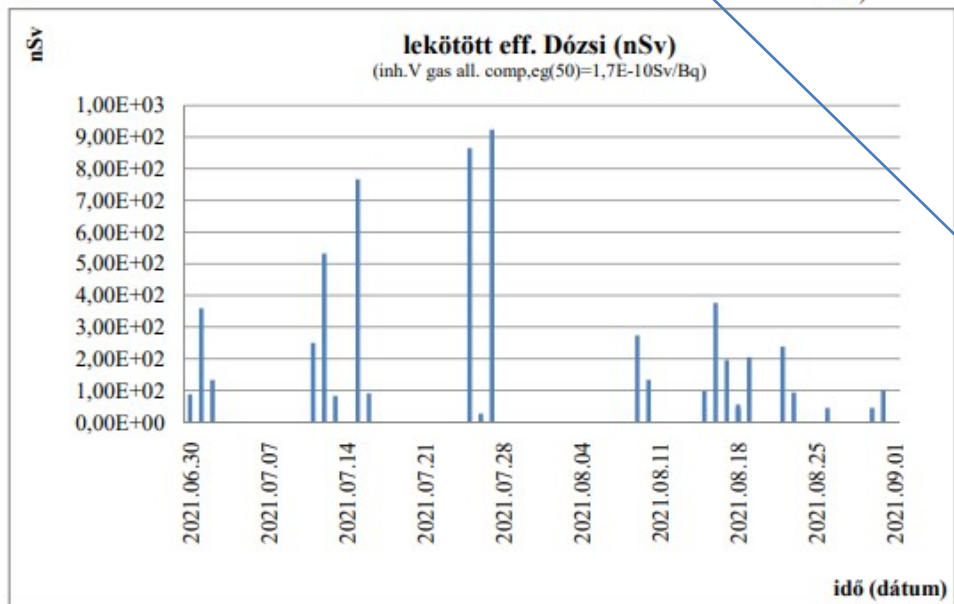
Mi okoz problémát???? Az exkréciós paraméter beszerzése!!!!

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.0,1mSv)
- 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. 2mSv
- 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)



A tartózkodási időkből származó lekötött effektív dózis a vizsgált időszakra 6,02 μSv (Vapor com) All.



Nem biztos hogy minden mintavétel új felvételből származik lehet hogy egy korábbi ürülési görbe végébe mintáztunk bele

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.

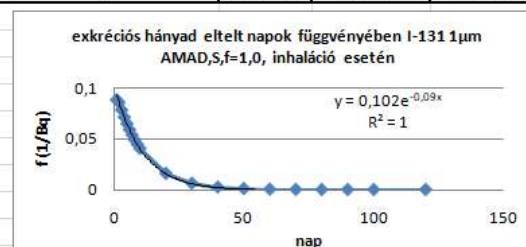
(778) Ra-228 cannot be detected directly by in vivo measurement. The lung content of Ra-228 can be inferred from a measurement of its immediate decay product, Ac-228.

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 ²²⁸ Ac	40 Bq	15 Bq

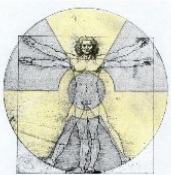
P1: I-131 monitoring rendszer

<h2 style="text-align: center;">Pajzsmirigy I-131 aktivitás ellenőrzés munkautasítás</h2> <h3 style="text-align: center;">Simmelweis Egyetem Sugárvédelmi Szolgálat</h3>			
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:	<div style="border: 2px solid red; padding: 10px; transform: rotate(-5deg); color: white; font-weight: bold; font-size: 2em;">CENSORED</div>		
<p>A munkavállaló 14 napos izoláció alatt tartózkodni kell a nyaki pajzsmirigy területén. A mérés előtt a nyaki bőrfelületet alaposan meg kell tisztítani. A mérés során a mérővel érintkezni tilos. A mérés után a mérővel érintkezett személynek el kell hagynia a mérési területet, és a mérési területen nem lehet tartózkodni. A mérési területen tartózkodó személyeknek a mérési területen tartózkodásuk alatt nem szabad megérinteni a mérési területet, és a mérési területen tartózkodásuk alatt nem szabad megérinteni a mérési területet. A mérési területen tartózkodó személyeknek a mérési területen tartózkodásuk alatt nem szabad megérinteni a mérési területet, és a mérési területen tartózkodásuk alatt nem szabad megérinteni a mérési területet.</p>			
Mérő műszer:			
Mérő műszer kalibrációját	A mérő műszer kalibrációját a Sugárvédelmi Szolgálat ellenőrzésére kell bízni.		

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
I-131 vonatkozó exkréciós hányadok lenyelés esetén					9	0,0445
Felvételtől eltelt napok száma	egész test	pajzsmirigy	vizelet	széklet	10	0,0405
1	3,37E-01	2,52E-01	5,77E-01	3,29E-03	20	0,0159
2	2,56E-01	2,45E-01	5,05E-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
exkréciós hányad eltelt napok függvényében I-131 1µm AMAD,S,f=1,0, inhaláció esetén					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

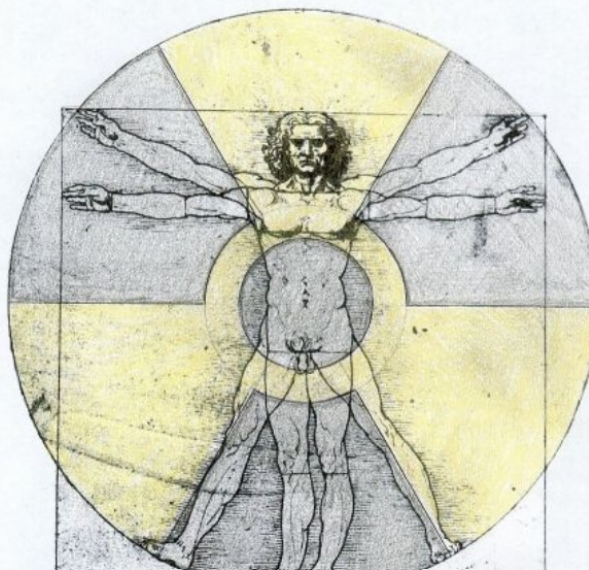
2. Planning

- 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)



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

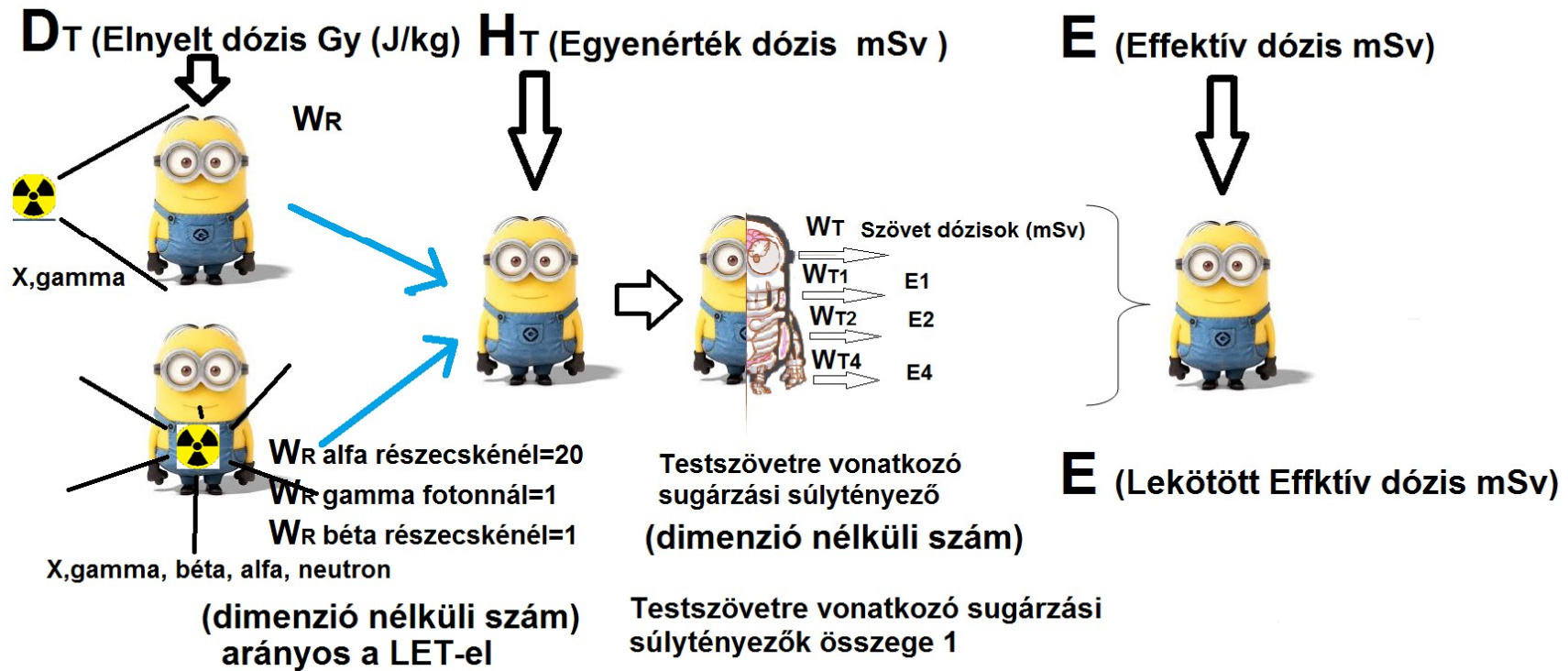
Bioassay Calculations

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 exkrétumok(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)
- Monitoring rendszer akkor kell ha 1 mSv felett van.(akkreditált laboratóriumot írnak elő)

8.1.4.Egyenérték és effektív dózis használata és becslése



2 Egyenérték dózis meghatározásra

- Valaki a következő besugárzásokat szenvedte el: 0.1Gy röntgen foton, 0.05Gy gyors neutron, 0.2Gy alfa részecske mi az egyenérték dózis?

Sugárzás típusa	D(Gy)	W_R	EqD (Sv)
Röntgen foton	0,1Gy*	1=	0,1
Gyors neutron	0,05Gy*	20=	1,0
Alfa részecske	0,2Gy*	20=	4,0
		Összesen Σ	5,1Sv

Mekkora az elnyelt dózis, egyenérték dózis, effektív dózis?

T=60 min, pl: 1 kg test, nagyon le-egyszerűsített példa

Részecske típus				bojlás/perc	E(MeV)
	bojlás/perc	E(MeV)	W_R	m=65kg	
alfa	5,70E+05	3,7	20	t=1 óra	
béta	1,20E+06	0,7	1	W_T gyomor	0,12
gamma	8,00E+04	2,8	1	MeV->J átváltás	1,60E-13

$$D_t = (((5,7E5 * 3,7 \text{ MeV}) + (1,2E6 * (0,7 \text{ MeV})) + (8E4 * (2,8 \text{ MeV}))) * 60 \text{ min} * 1,6E-13 (\text{J/kg}))/1 = 2,0 \text{ J/kg} \sim \text{Gy}$$

$$H_t = (((5,7E5 * 3,7 \text{ MeV} * 20) + (1,2E6 * 0,7 \text{ MeV} * 1) + (8E4 * 2,8 \text{ MeV} * 1)) * 60 \text{ min} * 1,6E-13 (\text{J/kg}))/1 = 4,15E-4 \text{ Sv}$$

$$E_t = 4,15E-4 * 0,12 = 4,9E-5 \text{ Sv} = 50 \mu\text{Sv}$$

Ezt a gyakorlatban nem kell kiszámolnunk! Hanem az ICRP táblázatokban lévő dózis állandóval kell beszoroznunk a testbe jutó radioaktív anyagot!

dózis használat: Biztonsági elemzések célja

- Teljesülnek-e a sugárvédelmi normák, 2/2022 OAH. 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)

- 34. § (1) A hatósági személyi dózismérő használati időtartamának alapértelmezett értéke 2 hónap. A hatósági személyi dózismérők ettől eltérő periódusú kiértékelése – a lehetséges egyéni sugárterhelésektől és az alkalmazott mérési módszertől függően – az OAH által az 55. § (1) bekezdés 1., 2. vagy 4. pontja szerint kiadott engedélyben jóváhagyott és az MSSZ-ben is meghatározott gyakorisággal és mennyiségben történhet. (mennyit az SL előír lehet 1 év is)
- (2) Az ellenőrzésre bejelentett munkavállaló munkaviszonyának vagy sugárterhelése ellenőrzésének szünetelése vagy megszűnése esetén a munkáltató köteles ennek tényét az OAH-nak bejelenteni, valamint a hatósági személyi dózismérőket a dozimetriai szolgáltatónak haladéktalanul visszaküldeni.
- (3) Munkaidőn kívül, illetve a napi sugárveszélyes tevékenység befejezésével a hatósági személyi dózismérőt olyan helyen kell tárolni, ahol a természetes háttérsugárzáson felüli járulékos (nem a foglalkozás gyakorlása közben kapott) sugárzás nem éri. A hatósági személyi dózismérő kezelése vagy viselése során nem sérülhet meg és illetéktelen nem férhet hozzá.
- (4) A testfelület alatt 10 mm mélységben elhelyezkedő lágy testszövetben elvégzett értékelés eredményeként meghatározott mennyiség a személyi dózisegyenérték [Hp(10)]. A sugárterhelés kiértékelésekor külső gamma-dózis esetén a dóziskorlátozásban szereplő effektív dózis a Hp(10) személyi dózisegyenértékkel azonosnak tekintendő.
- (5) A testfelület alatt 0,07 mm mélységben elhelyezkedő lágy testszövetben elvégzett bétadózis-mérés eredményeként meghatározott mennyiség a személyi dózisegyenérték [Hp(0,07)]. A sugárterhelés kiértékelésekor a dóziskorlátozásban szereplő bőregyenérték dózis a Hp(0,07) személyi dózisegyenértékkel azonosnak tekintendő.
- (6) A szemlencse sugárterhelésének ellenőrzésére a Hp(3) személyi dózisegyenérték használandó. A sugárterhelés kiértékelésekor a dóziskorlátozásban szereplő szemlencse egyenérték dózis a Hp(3) személyi dózisegyenértékkel azonosnak tekintendő. (miért van így benne????, mert a szem determinisztikus hatás éri nem sztohasztikus!!!Gy)
- (7) A testfelület alatt 10 mm mélységben elhelyezkedő lágy testszövetben elvégzett neutrondózis-mérés eredményeként meghatározott mennyiség a személyi dózisegyenérték [Hp(10)]. A sugárterhelés kiértékelésekor külső neutron-dózis esetén a dóziskorlátozásban szereplő effektív dózis a Hp(10) személyi dózisegyenértékkel azonosnak tekintendő.
- (8) 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.
- (9) A röntgen-, gamma-, béta-, neutron-sugárzásból adódó külső sugárterhelés és a belső sugárterhelés mérési eredményeit a központi nyilvántartás vezetése érdekében, a munkahelyre előírt rendszerességgel közölni kell az Országos Személyi Dozimetriai Nyilvántartással.
- (10) A rendkívüli helyzetben az érintett munkavállalók hatósági személyi dózismérőit haladéktalanul vissza kell küldeni kiértékelésre. Rendkívüli helyzetben történt mérések esetén a kiértékelés után az eredményt azonnal közölni kell az Országos Személyi Dozimetriai Nyilvántartással. (Mi a rendkívüli helyzet??? OAH ren.d nem definiálja SL-ben kell leírni)
- (11) A külső és belső besugárzásoktól eredő dózisokat az Országos Személyi Dozimetriai Nyilvántartás összegzi.
- (12) Az engedélyezett különleges sugárterheléseket a szabályos körülmények mellett kapott sugárterhelésektől elkülönítve kell nyilvántartani.

Meghatározás és becslés

1. Becslés ha nincsenek mérési adatok, pl: tervezésnél (SL-ben, dózis cél meghatározás)
2. Méréssel , hatósági doziméterekkel (fantomon történő kalibrációval) Isd: TLD-re vonatkozó ISO 0437 szabvány sorozat (Ne felejtssül el az irány függést!!)

MSZ 14341:2017

10. táblázat: A környezeti dózisegyenérték kiszámításához szükséges konverziós tényezők

Gerjesztőfeszültség (kV)	Átlagos energia (keV)	Konverziós tényező (Sv/Gy)	
		$f^*(10)$	$f^*(0,07)$
Erősen szűrt, keskeny spektrumú röntgensugárzás minősége (6.3.1. szakasz)			
40	33	1,18	1,25
60	48	1,59	1,48
80	65	1,73	1,60
100	83	1,71	1,60
120	100	1,64	1,55
150	118	1,58	1,50
200	161	1,46	1,39
250	205	1,39	1,34
300	248	1,35	1,31
Széles spektrumú röntgensugárzás minősége (6.3.2. szakasz)			
60	45	1,49	1,43
80	58	1,66	1,54
110	79	1,71	1,59
150	104	1,62	1,53
200	134	1,52	1,44
250	169	1,44	1,37
300	202	1,39	1,34
Nagy dózisteljesítményű röntgensugárzás minősége (6.3.3. szakasz)			
10	7,5	–	0,89
20	12,9	0,20	0,96
30	19,7	0,57	1,02
60	37,3	1,15	1,26
100	57,4	1,57	1,49
200	102	1,61	1,51
250	122	1,54	1,45
280	146	1,49	1,41
300	147	1,48	1,40
Radioaktív sugárforrások (6.4. szakasz)			
²⁴¹ Am	–	1,74	1,59
¹³⁷ Cs	–	1,20	–
⁶⁰ Co	–	1,16	–

5.3.2 Conversion coefficient from air kerma to $H^*(10)$

5.3.2.1 Mono-energetic radiations

See Table 8.

Table 8 — Conversion coefficient $h^*_{K(10)}$ from air kerma, K_a , to ambient dose equivalent $H^*(10)$ for mono-energetic and parallel photon radiation (expanded and aligned field) and the ICRU sphere

Photon energy keV	$h^*_{K(10)}$ Sv/Gy
10	0,008
15	0,26
20	0,61
30	1,10
40	1,47
50	1,67
60	1,74
80	1,72
100	1,65
150	1,49
200	1,40
300	1,31
400	1,26
500	1,23
600	1,21
800	1,19
1 000	1,17
1 500	1,15
2 000	1,14
3 000	1,13
4 000	1,12
5 000	1,11
6 000	1,11
8 000	1,11
10 000	1,10

6.4.4 Conversion coefficient from air kerma to $H_p(10)$ in the ICRU slab phantom

6.4.4.1 Mono-energetic radiation

See Table 27.

Table 27 — Conversion coefficient $h_{pK(10;E,\alpha)}$ from air kerma, K_a , to the dose equivalent $H_p(10)$ for mono-energetic and parallel photon radiation and the slab phantom

Photon energy keV	$h_{pK(10;E,\alpha)}$ in Sv/Gy for angle of incidence of									
	0°	10°	20°	30°	40°	45°	50°	60°	70°	80°
10	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
12,5	0,10	0,09	0,09	0,07	0,05	0,04	0,03	0,01	0,00	0,00
15	0,26	0,26	0,25	0,22	0,18	0,15	0,12	0,07	0,02	0,00
20	0,61	0,61	0,59	0,56	0,50	0,47	0,42	0,32	0,17	0,04
30	1,11	1,10	1,09	1,06	1,00	0,96	0,92	0,80	0,60	0,28
40	1,49	1,48	1,46	1,43	1,37	1,33	1,28	1,13	0,91	0,50
50	1,77	1,75	1,74	1,70	1,63	1,57	1,52	1,38	1,13	0,67
60	1,89	1,88	1,86	1,83	1,77	1,72	1,66	1,50	1,25	0,79
80	1,90	1,90	1,88	1,85	1,78	1,75	1,69	1,54	1,32	0,86
100	1,81	1,80	1,79	1,76	1,72	1,68	1,64	1,51	1,28	0,87
125	1,70	1,69	1,69	1,66	1,62	1,59	1,56	1,45	1,26	0,86
150	1,61	1,60	1,60	1,58	1,54	1,52	1,49	1,40	1,24	0,86
200	1,49	1,49	1,49	1,48	1,45	1,43	1,41	1,34	1,21	0,87
300	1,37	1,37	1,37	1,36	1,36	1,35	1,33	1,27	1,17	0,87
400	1,30	1,30	1,30	1,30	1,29	1,29	1,28	1,24	1,16	0,89
500	1,26	1,26	1,26	1,26	1,26	1,26	1,25	1,22	1,15	0,90
600	1,23	1,23	1,23	1,23	1,23	1,23	1,23	1,20	1,14	0,92
800	1,19	1,19	1,19	1,19	1,20	1,20	1,20	1,17	1,13	0,93
1 000	1,17	1,17	1,17	1,16	1,17	1,18	1,17	1,15	1,12	0,95
1 250	1,15	1,15	1,15	1,15	1,16	1,16	1,16	1,14	1,12	0,96
1 500	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	1,15	1,15	1,14	1,12	0,97
3 000	1,12	1,12	1,13	1,13	1,12	1,12	1,12	1,12	1,10	1,00
6 000	1,11	1,11	1,11	1,11	1,10	1,10	1,10	1,11	1,12	1,06
10 000	1,11	1,11	1,11	1,11	1,10	1,10	1,10	1,10	1,09	1,05

