

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

Bővített fokozatú Sugárvédelmi
Tanfolyam
Semmelweis Egyetem

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, Ω)	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^*Sv	Optimálás

Egyenérték dózis /lekötött dózis

		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 $H_{szem} = \sum_R W_R D_{szem,R}$	Egyenérték dózis bőr, 10x10x10 kocka 1 cm ² felületére vonatkozik 50-100mikrom mélységben ICRP 116 Annex G $H_{bőr} = \sum_R W_R D_{bőr,R}$
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, $D_{szem}(\Omega) = d_{szem}(\Omega) * \phi$	Irány szembeni elnyelt dózis bőr felületen, $D_{bőr}(\Omega) = d_{bőr}(\Omega) * \phi$
	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, $D_{szem}(\Omega) = d_{szem}(\Omega) * \phi$	Személyi elnyelt dózis helyi bőr felületen, $D_{bőr}(\Omega) = d_{bőr}(\Omega) * \phi$

Környezeti dózisegyenérték (1)

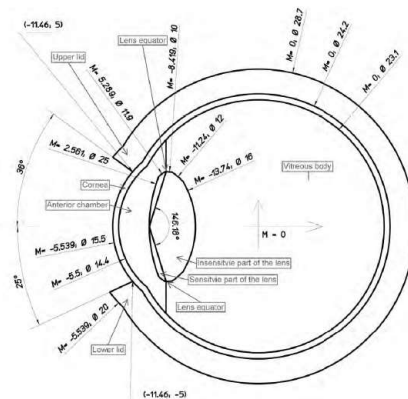
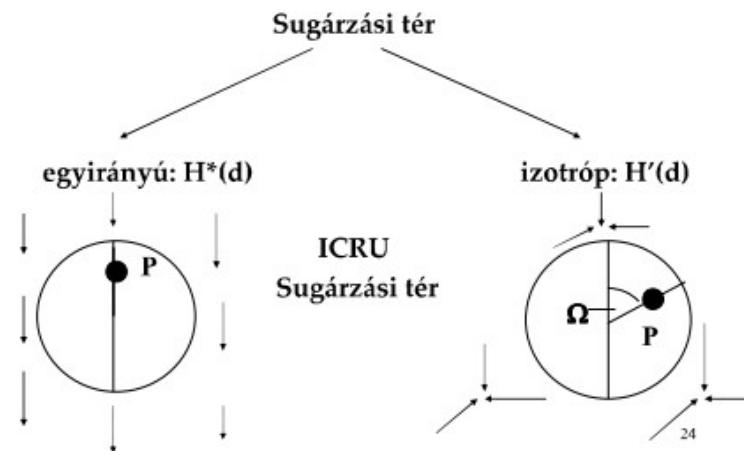


Fig. F.1. The detailed stylized eye model adapted by Behrens et al. (2009), as simulated in the Monte Carlo calculations. All dimensions are given in mm. *M* denotes the x-position of the centres of the spheres and *Ø* denotes the corresponding diameters.



Dózis adatok felhasználása

Biztonságos üzemeltetéshez szükséges tervezés

Kockázat értékelések:

- Tehát teljesüljenek az ALARA elvek,
- Optimalizálva legyen a védelem
- Determinisztikus hatások ne forduljanak elő
- A sztochasztikus hatások kockázata minimális legyen,
- Érintett személyek száma alacsony legyen
- Ezekhez használhatunk: korábban mért értékeket (technikai dózis adatokat, dózis egyenértékeket) vagy számolhatunk vagy becsülhetünk (egyenérték dózisokat)
- Ezt csinálja a szakértő, tervező bevont orvostechnológus, szakmai felelős személyek, ezeket hagyja jóvá a hatóság ezeknek az EU BSS irányelve szerint kell történnie!!!

Biztonságos üzemeltetés biztosítása, esetleges üzemzavar vagy baleseti szituáció kezelése

Helyi sugárvédelmi szabályozás:

- Személyi dozimetria : Hp(10), Hp(3), Hp(0.07) Dózis egyenértékek használata
- Környezeti dózisegyenérték H*(10) használata helyszíni ellenőrzés
- Lekötött effektív dózis meghatározás MONITORING rendszer segítségével.
 - a) Rutin monitoring (pl. pajzsmirigy mérés)
 - b) Eseti ellenőrzés pl. szennyezés esetén
 - c) Baleseti szituáció kezelése

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)

2.1.6. A munkavállalók sugárvédelmi besorolásának kritériumai a sugárterhelés kockázata szerint, a munkakörök feltüntetésével

Az SVR. 30. § (1) alapján a sugárterhelésnek kitett munkavállalók a dozimetriai ellenőrzés és a sugárvédelmi monitorozás szempontjából az alábbi kategóriákba sorolandók:

a) „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,

b) „B” kategória: azok a sugárterhelésnek kitett munkavállalók, akik nem tartoznak az „A” kategóriába.

A kockázatot az elszennvedhető dózis értéke határozza meg.

2.2. A sugárveszélyes munkahelyen dolgozó munkavállalók sugárvédelemmel kapcsolatos jogai és kötelezettségei

Az Egyetem a munkavállalója jogosult:

- sugárveszélyes munkakörben dolgozni, ha az ennek megfelelő feltételekkel – elsősorban sugárvédelmi képzettséggel és orvosi alkalmassági vizsgálattal - rendelkezik,
- a saját személyi dozimetriai ellenőrzési, ill. az egyéni sugárterhelés munkahelyi méréseken alapuló becslés eredményének megtekintésére,
- a sugárveszélyes munkakörnél egyéb jogszabályokban szereplő védőeszközök és kedvezmények (rövidebb munkaidő és más kedvezmények) igénybevételére,
- A munkavállaló jogosult a kötelezettségeit vagy annak önhibáján kívüli okok miatt nem teljesülését jelenteni a SvMb -nak vagy a Svsz.-nak, a munkavédelemről szóló 1993. évi XCIII. törvény 62. § szerint. A munkavállalót nem érheti hátrány az egészséget nem veszélyeztető és biztonságos munkavégzés követelményeinek megvalósítása érdekében történő fellépéséért, illetve a munkáltató vélt mulasztása miatt jóhiszeműen tett bejelentéséért.

3. A sugárveszélyes munkahely felügyelete

3.1. Az ellenőrzött és felügyelt területek meghatározása, követelményrendszere (körülhatárolási intézkedések)

Az SVR. 26-28. § szerint az ellenőrzött terület követelményrendszere:

- ahol a tevékenységből adódóan az évi egyéni sugárterhelés meghaladhatja az 1 mSv effektív dózist, a szemlencse esetében a 15 mSv egyenértékdózist, a bőr és a végtagok esetében egyenértékdózis-korlátok 10%-át,
- Felügyelt terület követelmény rendszere:
 - ahol a tevékenységből adódóan az évi egyéni sugárterhelés meghaladhatja a munkahelyre megállapított, lakossági sugárterhelésre vonatkozó dózismegszorítás értékét,

3.1.4. Az egyes területek sugárvédelmi felügyeletére tett intézkedések, különösen a személyi sugárterhelés ellenőrzésének módja, a munkakörülmények ellenőrzésének (sugárvédelmi ellenőrző rendszerek alkalmazásának) módja, a felületi szennyezettség megengedett értékei, a környezeti dózisegyenérték-teljesítmény megengedett értékei, a levegő aktivitástartalmának megengedett értékei, az egyéni védőeszköz-használat elrendelésének feltételei

- Személyi sugár terhelés ellenőrzés módja:
- hatósági doziméterrel vagy az egyetem által üzemeltetett TLD rendszerrel ((Hp(10),Hp(3), Hp(0,07)) vagy EPD (Hp(10)) doziméterrel.
- TLD és EPD gyakorisága a használatától függően a SvMb. rendeli el az ott dolgozókra vagy ideiglenesen tartózkodókra. (EPD-t vagy a Munkahely szerzi be, vagy kölcsön kéri a Sugárvédelmi Szolgálattól
- Egyéni védőeszköz használata (doziméter) annak a munkavállalónak, aki ionizáló sugárzás mellett dolgozik kötelező. Doziméter viselését a munkáltató rendeli el a munkavállalónak.

3.2.3.1. A sugárterhelés típusához (gamma-, neutron- és béta-sugárzás, egésztest-dózis, szemlencsedózis, végtagdózis) illeszkedő ellenőrzési módszerek felsorolása

A munkavállalók külső sugárzásból eredő effektív dózis mérését a munkáltató hatósági doziméterrel, vagy Egyetemi TLD-vel vagy EPD-vel, biztosítja. A dozimétereknek rendelkezésre kell állniuk megfelelő mennyiségben és minőségben. A hatósági doziméter viselése kötelező azoknak, akinek a munkáltató elrendeli. A Sugárvédelmi megbízott is elrendelheti a doziméter használatot. A munkavállaló köteles a számára biztosított dozimétert annak használati utasítása szerint viselni. (köpeny alatt baloldalon szív felett)

Résztest (szem és kéz) dozimetriai méréseket az egyetemi Sugárvédelmi Szolgálat által üzemeltetett TLD rendszerrel kell ellenőrizni. Az eredményeket Hp(3) (szem) és Hp(0,07) (bőr) dózis egyenértékben kell megadni. A dózis teljesítmény mérő $H^*(10)$ környezeti dózis értéket ad meg, ez az érték nem egyenértékű a személyi egyenérték dózis adatokkal! Az két mérési módszert összekeverni tilos.

A környezeti dózis teljesítmény mérés a munkakörülmények ellenőrzésére szolgál. (röntgen esetében ionkamrás dózis teljesítménymérővel) Röntgensugárzásból adódó környezeti dózisteljesítményt az adott energiatartomány mérésére alkalmas dózis teljesítménymérővel kell végezni. A mérőeszközt a használati utasításnak megfelelően kell használni. A használati utasítás beszerzéséről a Sugárvédelmi Szolgálat gondoskodik. A készüléket a Mérésügyi Hatóság által meghatározott időszakonként kell hitelesíteni és kalibrálni.

3.2.5.2. A referencia munkavállalók munkaköre, a sugárterhelésük jellege, ideje és ellenőrzési módja

Röntgen munkahely esetén: Nem alkalmazunk referencia munkavállalót. A referencia érték a munkavállaló saját korábbi dozimetriai ellenőrzési időszakra vonatkozó átlag értékei. Amennyiben nincsenek korábbi mérési adatok úgy a 3.2.5. pontban leírt más munkavállaló adatait kell figyelembe venni.

Izotópos munkahely esetén: Referencia munkavállaló az Svsz. tagja, részletes leírása az Svsz. által leírt egyedi módszerben található. (TechRec 188 alapján)

Normál működés tervezés

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)

Optimálás (ismétlés az alaptételekből)

- Sugárvédelem alapelvei egyike 2/2022 OAH rendelet
- ICRP 37(1983) (optimization principle: justification, ALARA, dose limits, Methodology: cost-benefit analysis (nettó haszon = bruttó haszon - (költségek + sug.véd költségek + 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

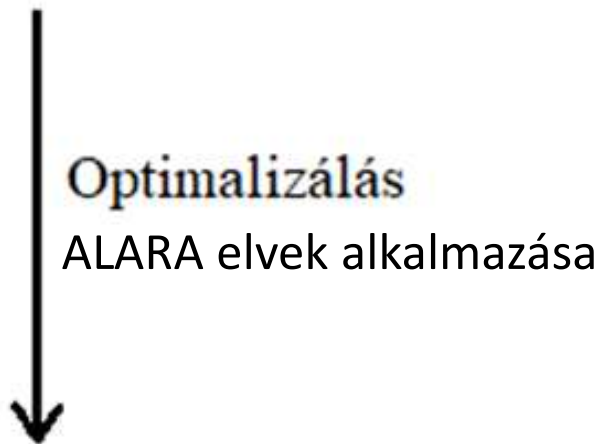
Tervezett sugárzási események

Hp(10):20mSv,
Hp(3):20mSv,
Hp(0,07):500mSv/1
cm²bőrfelületre

Dózis korlátok

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

Dózsai megszorítások



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 (Hp(10):20mSv)
- Dózis megszorítás felett van-e?
- Munkahelyi (2mSv)és hatósági (6mSv)kivizsgálási szint felett van-e?
- Sugársérülés gyanúja áll-e fent: 250mSv, vagy tünetek
- Elbocsátási szint felett van-e? $H^*(10) < 25 \text{mikroSv/h}$
- Tárolási/árnyékolási értékek: 250mSv/h tárolótól 10cm, izotóp laborban tartózkodási helyen, izotóp tárolóban 250mSv/h, átszóródási értéke 2mSv/h falon keresztül a detektor irányában, Jód terápiánál beteg átszóródási érték 50mSv/h,
- Röntgen: védett helyen $H^*(10): 40 \text{mikroSv/hét}$, fülegyelt területen $H^*(10): 6 \text{mikroSv/hét}$ (0,3mikroSv/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)]

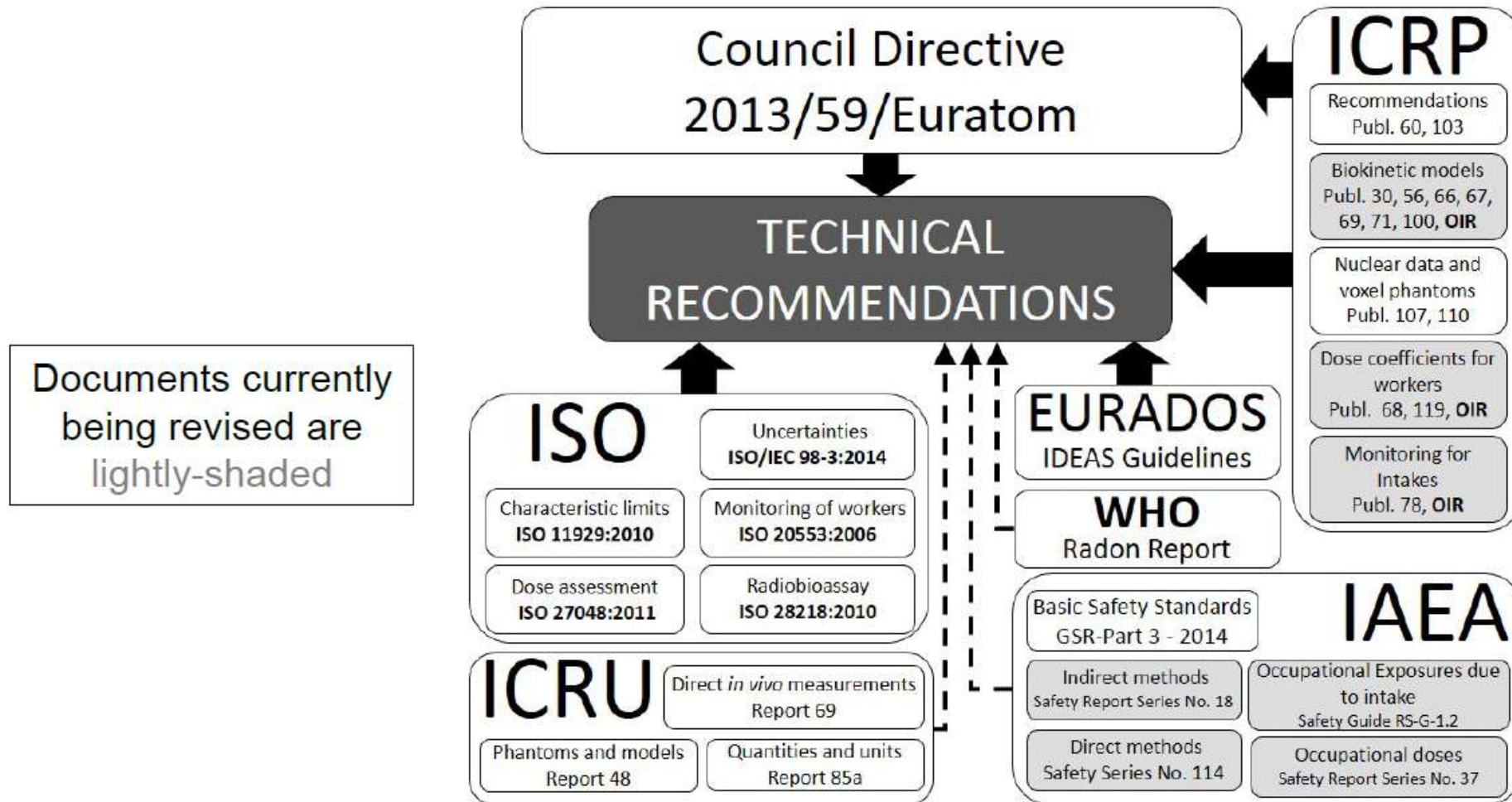
2/2022 OAH rendelet:

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.

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



Mi a belső terhelés?

Itt leköttött effektív dózisiról 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)**

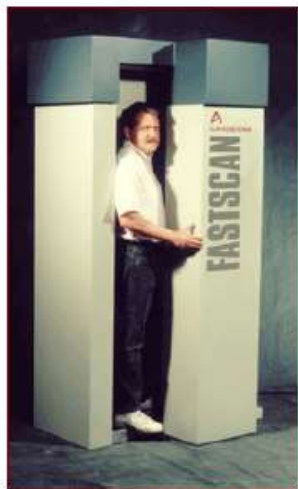
Mikor kell mikor nem kell?

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

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

- Ha meghaladhatja az $1\text{mSv}/\text{évet}$ (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	1
Normal activity	1
Complex activity	1
Simple activity	1
Handling with fume hood	0.1
Dry storage in glove box	0.01

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

Source: EC RP 188

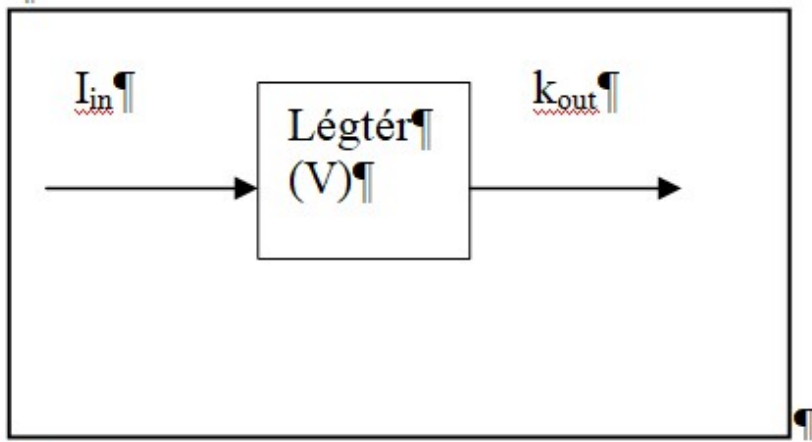
Ha nagyobb mint 1 mSv



Rutin monitoring
rendszer bevezetése



Baleset esetén **Special monitoring**



A becsléshez használt kompartment modell a következő

Az állandó befolyás intenzitása (I_{in})

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

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 ($1/\text{h}$).

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:

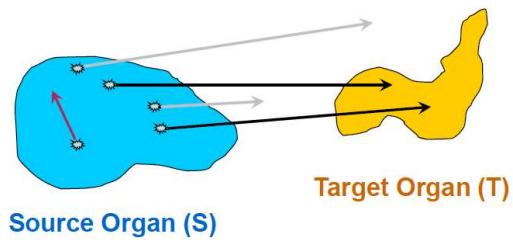
λ : r.a. radioaktív bomlási állandó ($1/\text{h}$) és

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).



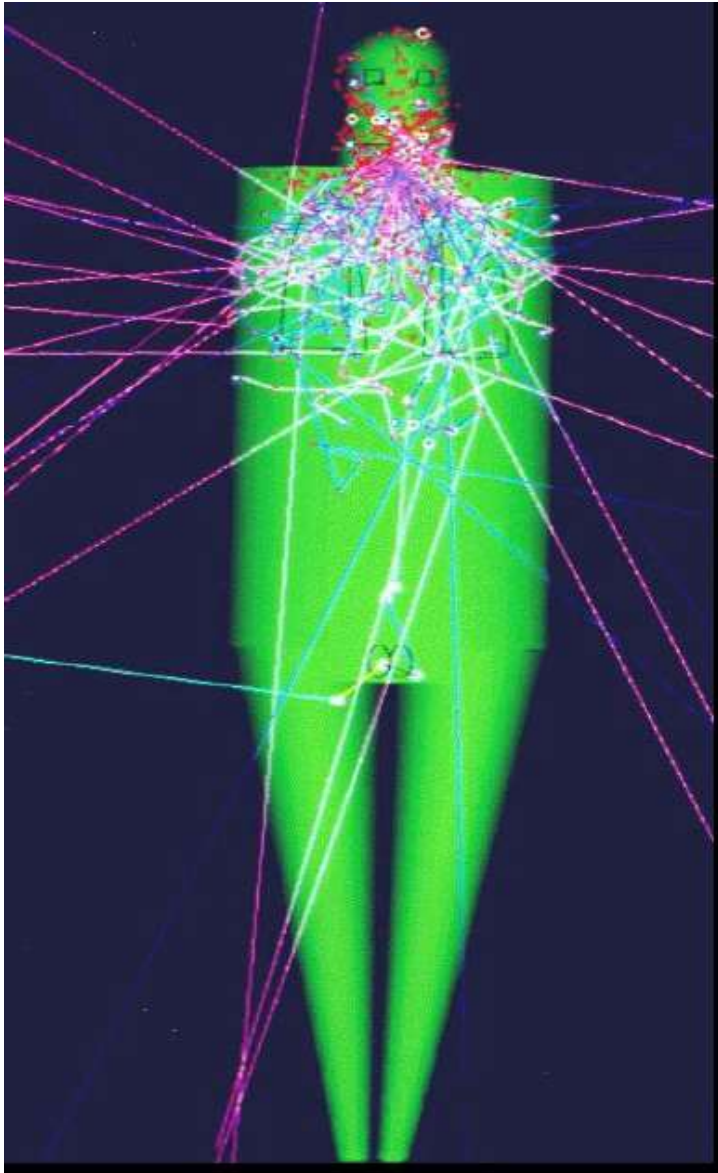
Becslés alapelve:

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.

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

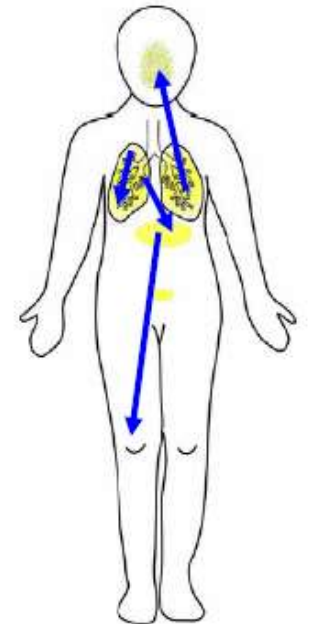
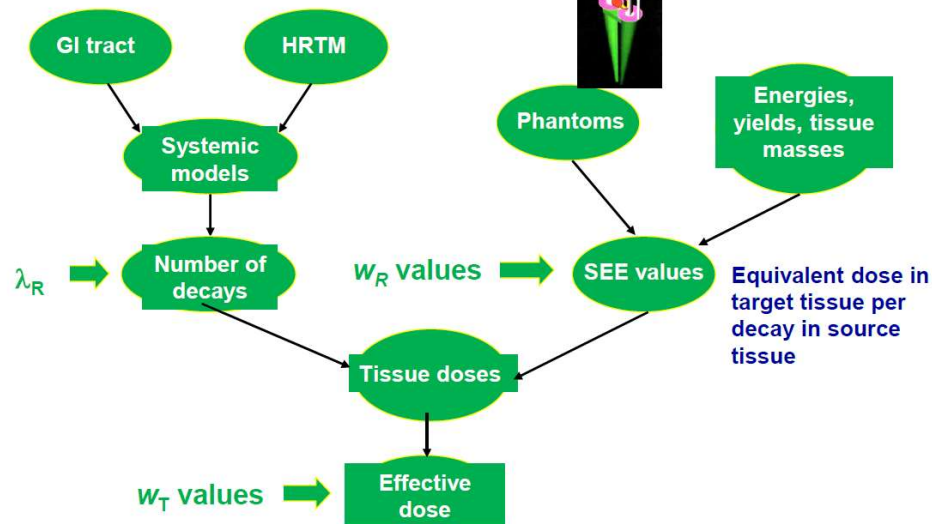
Ahol SEE (dozimetriai rész) (Specifikus effektív energia, az adott S besugárzott szövetben a T sugárzó szövetből származó elnyelt dózis szenved el)

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



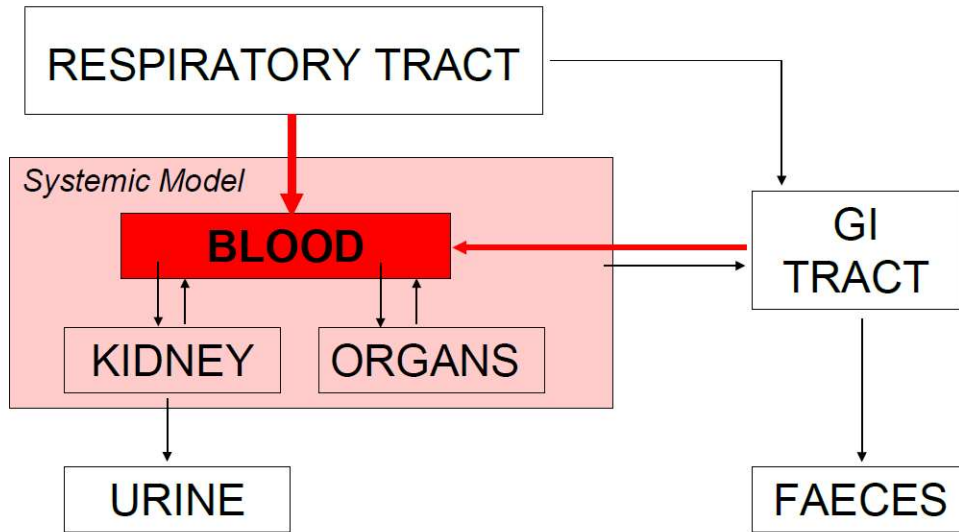
Effective dose calculation for internal exposures - A summary

EURADOS



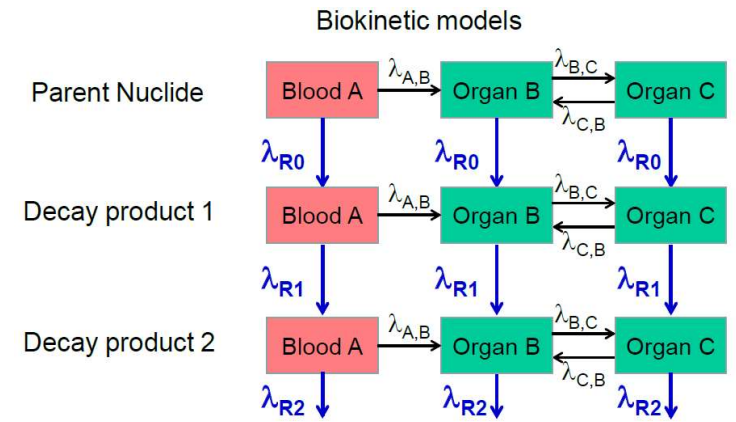
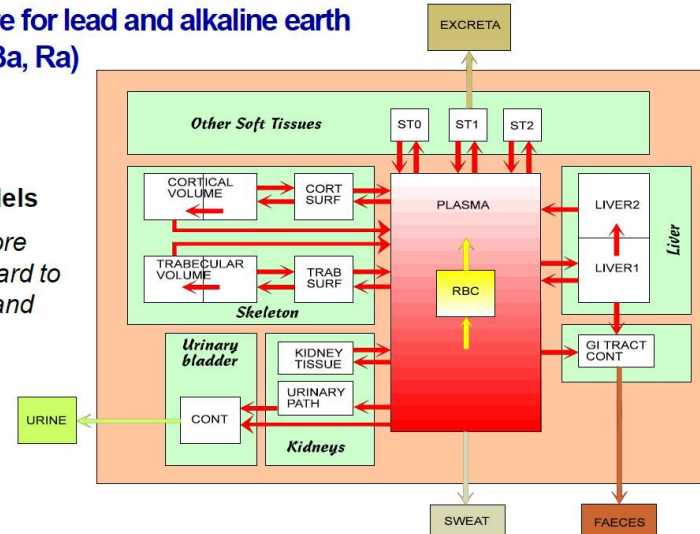
Biokinetikai modellek

ICRP kiadványok



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

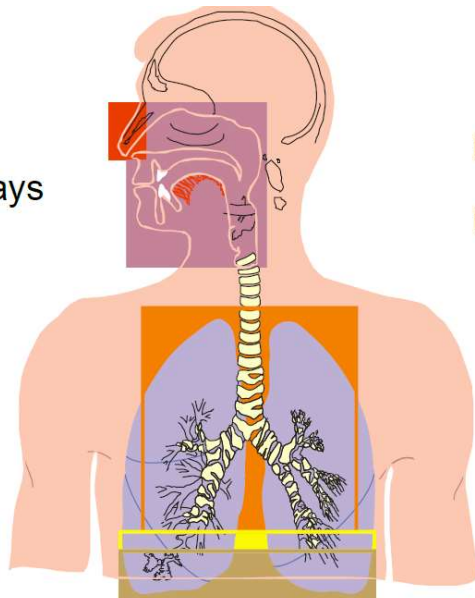
Recycling models
Physiological more realistic with regard to organ retention and excretion



Extrathoracic airways

Bronchial

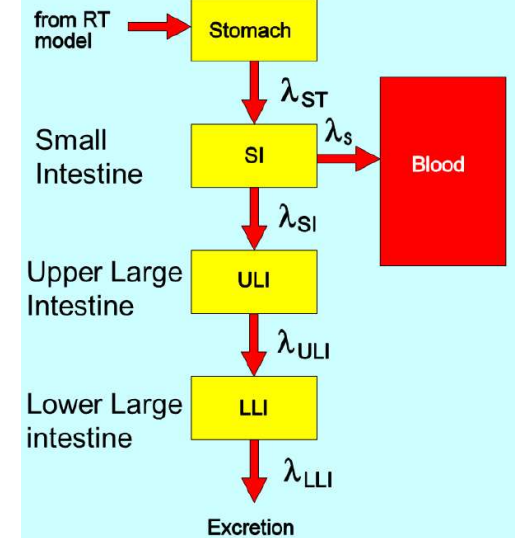
Bronchiolar
Alveolar interstitial



ET₁ airway generations
ET₂

BB 0 - 8

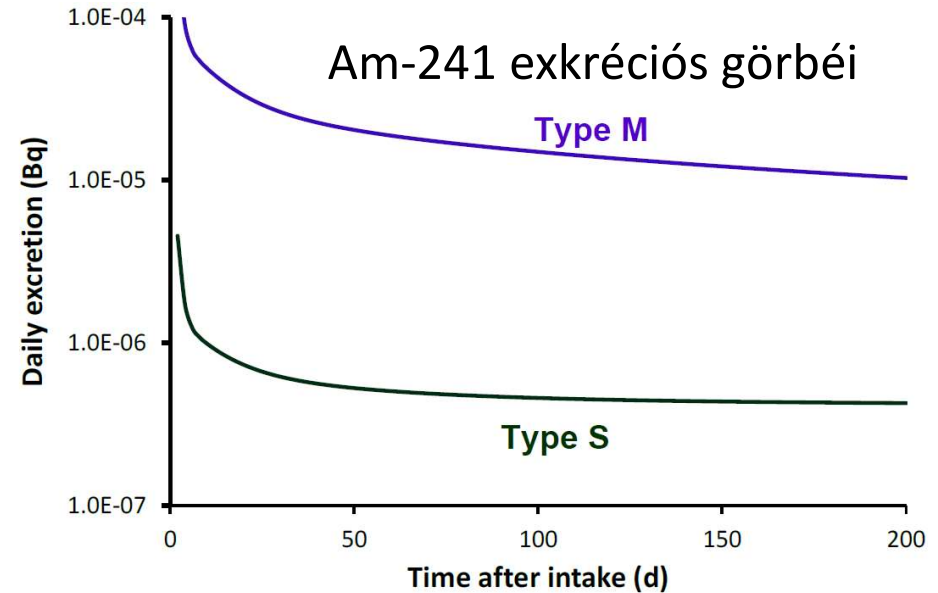
bb 9 - 15
Al



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 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



Am-241, adult member of the public
Ingestion: 1 = 0.005
Highest committed equivalent dose coefficient: Bone Surface, 5.0E-05 Sv/Bq
Remainder formulation: default

Time after intake	1 day	7 days	30 days	1 year	5 years	10 years	20 years	30 years	45 years	50 years
Adrenals	4.0E-12	1.3E-11	3.7E-11	2.1E-10	1.0E-09	2.3E-09	5.2E-09	8.5E-09	1.4E-08	1.5E-08
Bladder Wall	7.0E-12	2.4E-11	4.0E-11	2.3E-10	1.0E-09	2.3E-09	5.2E-09	8.5E-09	1.4E-08	1.5E-08
Bone Surface	2.0E-10	3.1E-09	1.4E-08	2.6E-07	1.2E-06	2.4E-06	4.6E-06	6.4E-06	9.6E-06	9.0E-06
Bronch	3.2E-12	1.2E-11	3.6E-11	2.1E-10	1.0E-09	2.3E-09	5.2E-09	8.5E-09	1.4E-08	1.5E-08
Breast	3.2E-12	1.2E-11	3.6E-11	2.1E-10	1.0E-09	2.3E-09	5.2E-09	8.5E-09	1.4E-08	1.5E-08
GI Tract	3.2E-12	1.2E-11	3.6E-11	2.1E-10	1.0E-09	2.3E-09	5.2E-09	8.5E-09	1.4E-08	1.5E-08
GI Tract (residual)	1.3E-09	1.3E-09	1.4E-09	1.4E-09	2.3E-09	3.6E-09	6.6E-09	9.8E-09	1.5E-08	1.7E-08
SI Wall	1.3E-09	1.3E-09	1.4E-09	1.4E-09	2.3E-09	3.6E-09	6.6E-09	9.8E-09	1.5E-08	1.7E-08
SI Wall (residual)	3.3E-09	3.4E-09	3.4E-09	3.6E-09	4.4E-09	5.6E-09	8.6E-09	1.2E-08	1.7E-08	1.9E-08
LI Wall	1.3E-09	2.0E-09	2.0E-09	2.0E-09	2.1E-09	2.5E-09	2.9E-09	3.4E-09	3.9E-09	3.9E-09
LI Wall (residual)	1.7E-09	5.9E-09	5.9E-09	5.9E-09	6.0E-09	6.1E-09	6.4E-09	6.7E-09	7.3E-09	7.4E-09
Colon	1.6E-09	3.7E-09	3.7E-09	3.7E-09	3.8E-09	3.9E-09	4.2E-09	4.5E-09	5.0E-09	5.2E-09
Kidneys	3.9E-11	3.2E-10	8.7E-10	5.2E-09	1.8E-08	2.6E-08	3.4E-08	3.9E-08	4.5E-08	4.4E-08
Liver	1.3E-10	1.4E-09	6.3E-09	7.1E-09	2.3E-07	3.2E-07	4.1E-07	4.7E-07	5.4E-07	5.5E-07
Muscle	5.3E-12	1.6E-11	4.9E-11	2.2E-10	1.0E-09	2.3E-09	5.2E-09	8.5E-09	1.4E-08	1.5E-08
Oral cavity	2.3E-11	1.1E-10	2.9E-10	3.5E-09	2.2E-08	4.8E-08	9.4E-08	1.3E-07	1.7E-07	1.8E-07
Pancreas	6.0E-12	1.6E-11	3.9E-11	2.2E-10	1.0E-09	2.3E-09	5.2E-09	8.5E-09	1.4E-08	1.5E-08
Red Marrow	2.4E-11	2.9E-10	1.2E-09	1.7E-08	8.5E-08	1.5E-07	2.2E-07	2.6E-07	3.0E-07	3.1E-07
Respiratory Tract	3.2E-12	1.2E-11	3.6E-11	2.1E-10	1.0E-09	2.3E-09	5.2E-09	8.5E-09	1.4E-08	1.5E-08
LT Airways	3.3E-12	1.2E-11	3.6E-11	2.1E-10	1.0E-09	2.3E-09	5.2E-09	8.5E-09	1.4E-08	1.5E-08
Lungs	3.3E-12	1.2E-11	3.6E-11	2.1E-10	1.0E-09	2.3E-09	5.2E-09	8.5E-09	1.4E-08	1.5E-08
Skin	3.3E-12	1.2E-11	3.6E-11	2.1E-10	1.0E-09	2.3E-09	5.2E-09	8.5E-09	1.4E-08	1.5E-08
Spleen	4.0E-12	1.4E-11	3.8E-11	2.2E-10	1.0E-09	2.3E-09	5.2E-09	8.5E-09	1.4E-08	1.5E-08
Testes	5.0E-12	5.3E-11	2.4E-10	3.4E-09	2.2E-08	4.8E-08	9.3E-08	1.3E-07	1.6E-07	1.7E-07
Thyroid	3.2E-12	1.2E-11	3.6E-11	2.1E-10	1.0E-09	2.3E-09	5.2E-09	8.5E-09	1.4E-08	1.5E-08
Thyroid (residual)	1.2E-11	2.9E-11	5.3E-11	2.2E-10	1.0E-09	2.3E-09	5.2E-09	8.5E-09	1.4E-08	1.5E-08
Uterus	7.9E-11	8.9E-11	1.2E-10	3.4E-10	1.2E-09	2.6E-09	5.6E-09	8.9E-09	1.4E-08	1.6E-08
Remainder	2.1E-09	4.7E-09	5.3E-09	1.3E-08	4.3E-08	7.4E-08	1.2E-07	1.5E-07	1.9E-07	2.0E-07
Effective dose	2.1E-09	4.7E-09	5.3E-09	1.3E-08	4.3E-08	7.4E-08	1.2E-07	1.5E-07	1.9E-07	2.0E-07

Electronic Annex / OIR Data Viewer

Dose per Intake Dose per Content & Reference Bioassay Functions Radon

Intake Parameters

Radionuclide: Co 60

Route of Intake: Inhalation

Material: Aerosols Type F, Cobalt nitrate, chloride, f_A=0,1

AMTD/AMAD, µm: 5

Displayed Data

Dose per Content Function

Content for the Specified Dose 1 mSv

Content per Intake (Reference Bioassay Function)

Committed Effective Dose per Predicted Content in an Organ or Excreta Sample (Dose per Content Functions z(t)), Sv/Bq

Time, days	Whole Body	Urine (24-hour sample)	Faeces (24-hour sample)	Alimentary Tract*	Lungs
0.041667	5.2E-9	-	-	1.5E-8	5.8E-8
0.083333	5.3E-9	-	-	1.4E-8	6.3E-8
0.125	5.4E-9	-	-	1.3E-8	6.8E-8
0.25	5.6E-9	-	-	1.1E-8	8.1E-8
0.375	5.8E-9	-	-	1.0E-8	9.3E-8
0.5	6.0E-9	-	-	9.5E-9	1.1E-7
0.625	6.2E-9	-	-	9.2E-9	1.2E-7
0.75	6.5E-9	-	-	9.2E-9	1.3E-7
0.875	6.8E-9	-	-	9.3E-9	1.5E-7
1	7.2E-9	1.3E-7	5.3E-8	9.6E-9	1.7E-7
1.125	7.6E-9	-	-	1.0E-8	1.9E-7
1.25	8.1E-9	-	-	1.1E-8	2.1E-7
1.375	8.7E-9	-	-	1.1E-8	2.4E-7
1.5	9.4E-9	-	-	1.2E-8	2.7E-7
1.625	1.0E-8	-	-	1.3E-8	3.0E-7
1.75	1.1E-8	-	-	1.5E-8	3.3E-7
1.875	1.2E-8	-	-	1.6E-8	3.7E-7
2	1.3E-8	3.1E-7	1.7E-8	1.6E-8	4.1E-7
2.25	1.6E-8	-	-	2.3E-8	5.0E-7
2.5	1.9E-8	-	-	2.9E-8	6.0E-7
2.75	2.3E-8	-	-	3.8E-8	7.2E-7

Committed Effective Dose per Predicted Content, Sv/Bq

Legend: Whole Body, Urine (24-hour sample), Faeces (24-hour sample), Alimentary Tract*, Lungs*, Skeleton*, Liver*

*See the Key Term help for the explanation

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, f
Massera, C. Yoder

Abstract - In recent publica
advice for physicians and o
themselves during intervent

ICRP Electronic Annex / OIR Data Viewer

Dose per Intake Dose per Content & Reference Bioassay Functions Radon

Intake Parameters

Radionuclide: Tc 99m

Route of Intake: Inhalation

Material: Aerosols Type F, Pertechnetate, Tc-DTPA, f_A=0,9

AMTD/AMAD, μm: 5

Displayed Data

Dose per Content Function

Content for the Specified Dose 1 mSv

Content per Intake (Reference Bioassay Function)

Committed Effective Dose per Predicted Content in an Organ or Excreta Sample (Dose per Content Functions z(t)), Sv/Bq

Time, days	Whole Body	Urine (24-hour sample)	Faeces (24-hour sample)	Alimentary Tract*	Lungs*	Thyroid*
0,041667	1,2E-11	-	-	6,9E-11	7,9E-10	1,6E-9
0,083333	1,4E-11	-	-	8,3E-11	9,6E-10	1,8E-9
0,125	1,6E-11	-	-	9,3E-11	1,1E-9	2,0E-9
0,25	2,3E-11	-	-	1,1E-10	1,7E-9	2,9E-9
0,375	3,5E-11	-	-	1,3E-10	2,8E-9	4,3E-9
0,5	5,2E-11	-	-	1,7E-10	4,4E-9	6,4E-9
0,625	7,6E-11	-	-	2,2E-10	7,0E-9	9,6E-9
0,75	1,1E-10	-	-	2,9E-10	1,1E-8	1,5E-8
0,875	1,6E-10	-	-	4,0E-10	1,8E-8	2,2E-8
1	2,4E-10	1,2E-9	8,1E-9	5,5E-10	2,8E-8	3,4E-8
1,125	3,5E-10	-	-	7,7E-10	4,4E-8	5,2E-8
1,25	5,2E-10	-	-	1,1E-9	6,8E-8	7,9E-8
1,375	7,6E-10	-	-	1,5E-9	1,1E-7	1,2E-7
1,5	1,1E-9	-	-	2,2E-9	1,6E-7	1,9E-7
1,625	1,6E-9	-	-	3,2E-9	2,5E-7	2,8E-7
1,75	2,4E-9	-	-	4,6E-9	3,8E-7	4,3E-7
1,875	3,5E-9	-	-	6,7E-9	5,8E-7	6,6E-7
2	5,2E-9	4,8E-8	2,5E-8	9,9E-9	8,7E-7	1,0E-6
2,25	1,1E-8	-	-	2,2E-8	1,9E-6	2,3E-6

Legend for Graph:

- Whole Body
- Urine (24-hour sample)
- Faeces (24-hour sample)
- Alimentary Tract*
- Lungs*
- Thyroid*
- Skeleton*
- Liver*

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:

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

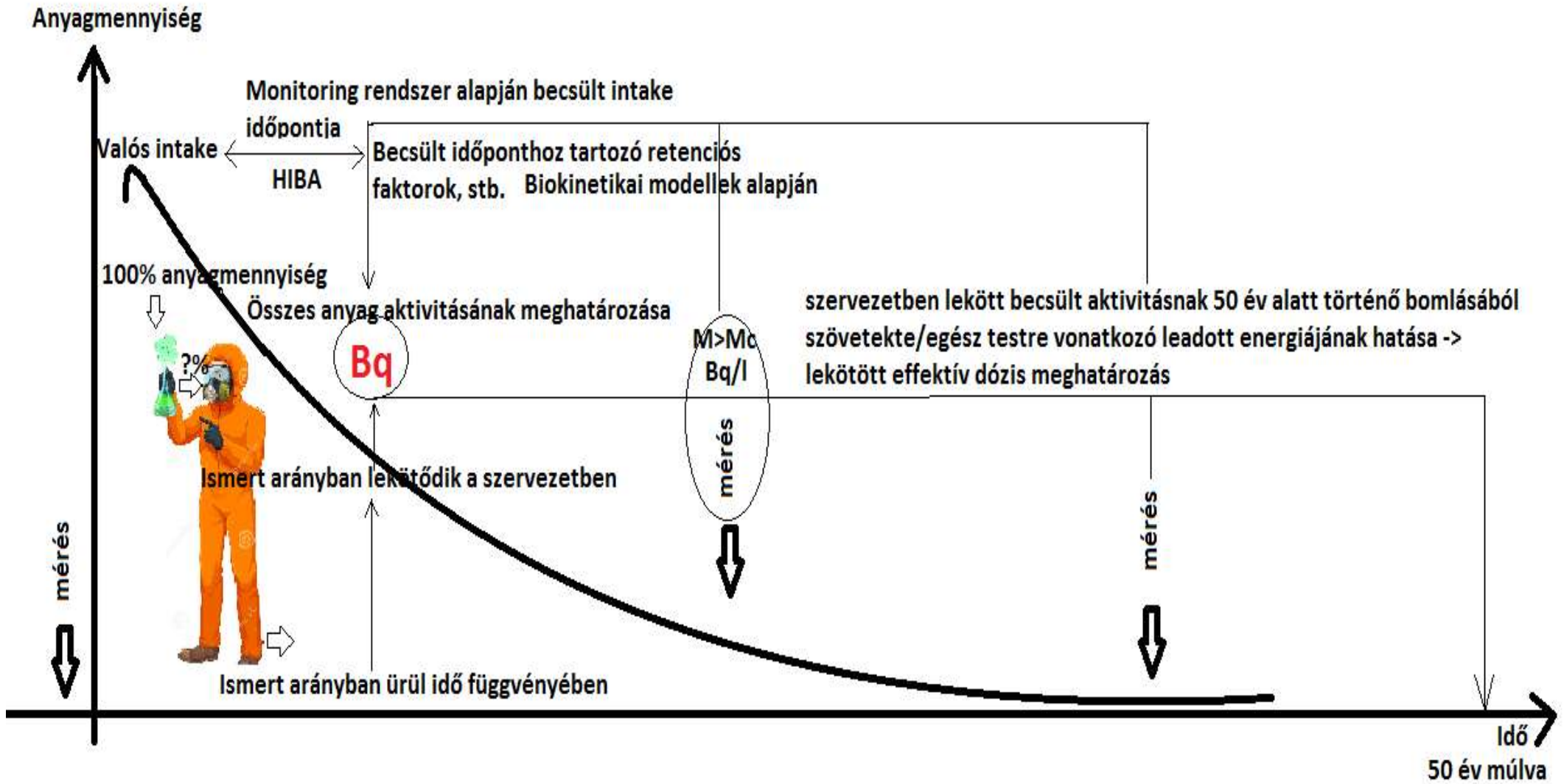
$$E(50) = I \cdot e(50) = 2000\text{Bq} \cdot 2,7 \cdot 10^{-5} \text{ Sv/Bq} = 54\text{mSv}$$

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. 0,1 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	LungCounting	γ -ray spectrometry of ²²⁸ Ac	40 Bq	15 Bq

Belső terhelési paraméterek munkavállalóra vonatkozóan

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, G1; $e(g)=7 \cdot 10^{-7}$ 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			
	0,1	2	6	20
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

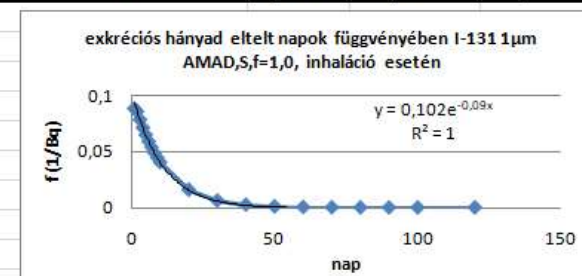
(AMAD Activity Median Aerodynamic Diameter = részecske méret, f time-dependent dissolution rate (rapid), M abszorpciós paraméter, Compounds, lung Absorption Types and f_1 values used for the calculation of inhalation dose coefficients for workers)

Pl: I-131 monitoring rendszer

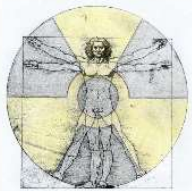
Pajzsmirigy I-131 aktivitás ellenőrzés munkautasítás			
Semmelweis Egyetem Sugárvédelmi Szolgálat			
Készítette:	Taba Gabriella		
Helyszín:	SE I. Belklinikai Klinikai Kutató- és Izotóplaboratórium (1088 Budapest, Korányi S. u. 2a)		
Mérést végezi:	SE I. Belklinikai Klinikai Kutató- és Izotóplaboratórium 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 felületi bőrfelület. A mérés mérni egy alacsony háttér háttér. A mért értéket excel táblázatba. A számok külső és a belső effektív d alapján kell kezelni. Évente együttműködő laboratórium</p> <p>A nyaki pajzsmirigy és háttérrel kell megmérni, mint a beviteli a Számoló sugárterhelésben a Cselekvési szintek esetén kell részt venni</p>			
Mérő műszer:			
Mérő műszer kalibrációját követően egyetemesen a I-131 tartalmú radioaktív anyagmintával. A			

CENSORED

I-131 Inhaláció 1µm AMAD részecske méret esetén	Mc (Bq)				eg (1µm inhal)	7,60E-0
	mSv				LLD 25Bq	
t figyelő rendszer intervalumok (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	20	0,0159
1	3,37E-01	2,52E-01	5,77E-01	3,29E-03	30	0,00624
2	2,56E-01	2,45E-01	5,05E-02	2,03E-03	40	0,00247
3	2,30E-01	2,24E-01	2,99E-03	1,33E-03	50	0,000975
4	2,10E-01	2,04E-01	3,00E-04	5,20E-04	60	0,000386
5	1,90E-01	1,86E-01	1,76E-04	2,16E-04	70	0,000153
6	1,76E-01	1,69E-01	1,91E-04	1,14E-04	80	0,0000606
7	1,60E-01	1,54E-01	2,07E-04	8,31E-05	90	0,000024
8	1,48E-01	1,40E-01	2,18E-04	7,52E-05	100	0,00000951
9	1,35E-01	1,27E-01	2,23E-04	7,42E-05	120	0,00000149
					14	0,02838

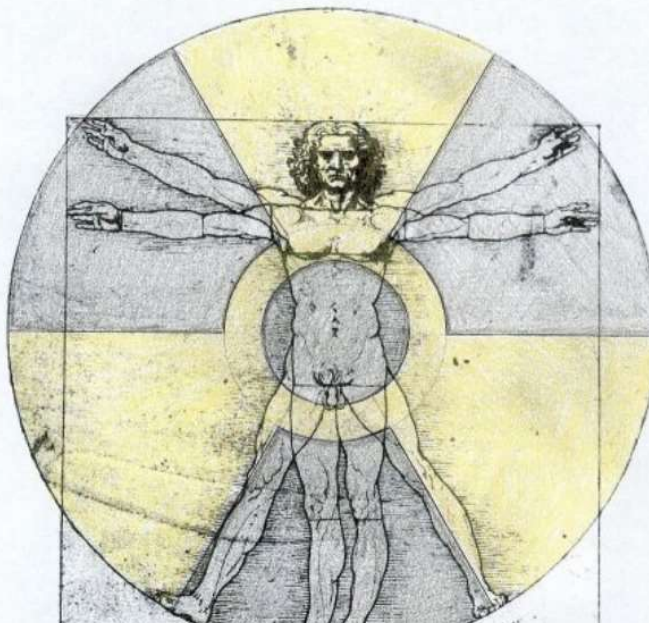


IDEA-System



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 AddOns: 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 of 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 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 form

Print result

Save to file

Exit

IMBA Pro (IDEAS training version)



Intake Scenario

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 akkreditálnak 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)