

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

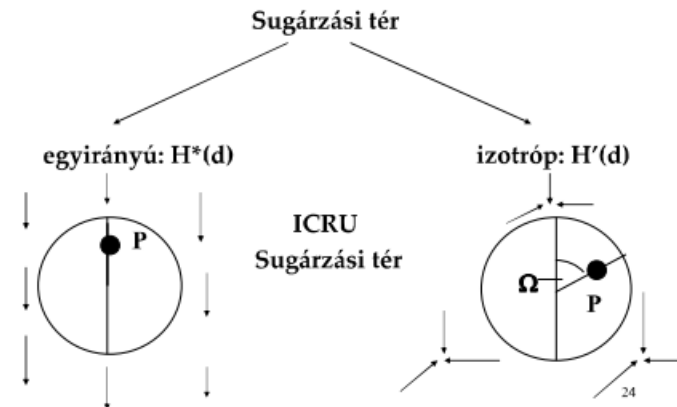
8.1.4. Egyenérték és effektív dózis használata és
becslése

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 |
| Elyelt dózis, D | Gy | Referenciamennyiség, elektron |
| OPERATÍV MENNYISÉGEK (dózisegyenérték) | | |
| Személyi \sim , $H_p(d)$ | Sv | Egyéni ellenőrzés |
| Környezeti \sim , $H^*(d)$ | Sv | Környezet, áthatoló sugárzás |
| Írányfüggő \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 $H_{szem} = \sum_R W_R D_{szem,R}$ | 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, $D_{szem}(\Omega) = d_{szem}(\Omega) \times \phi$ | Irány szembeni elnyelt dózis bőr felületen, $D_{bőr}(\Omega) = d_{bőr}(\Omega) \times \phi$ |
| | 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, $D_{szem}(\Omega) = d_{szem}(\Omega) \times \phi$ | Személyi elnyelt dózis helyi bőr felületen, $D_{bőr}(\Omega) = d_{bőr}(\Omega) \times \phi$ |

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)

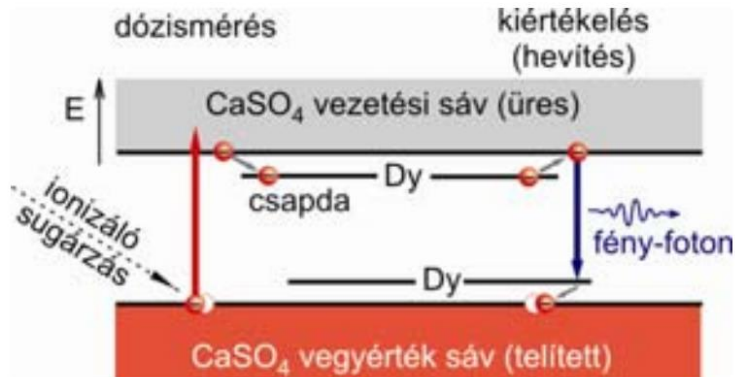
„A” kategória: azok a sugárterhelésnek kitett munkavállalók, akiknek a sugárterhelése meghaladhatja az évi 6 mSv effektív dózist, vagy a szemlencsére nézve az évi 15 mSv, vagy a bőrre vagy a végtagokra nézve az évi 150 mSv egyenértékdózist,

(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)

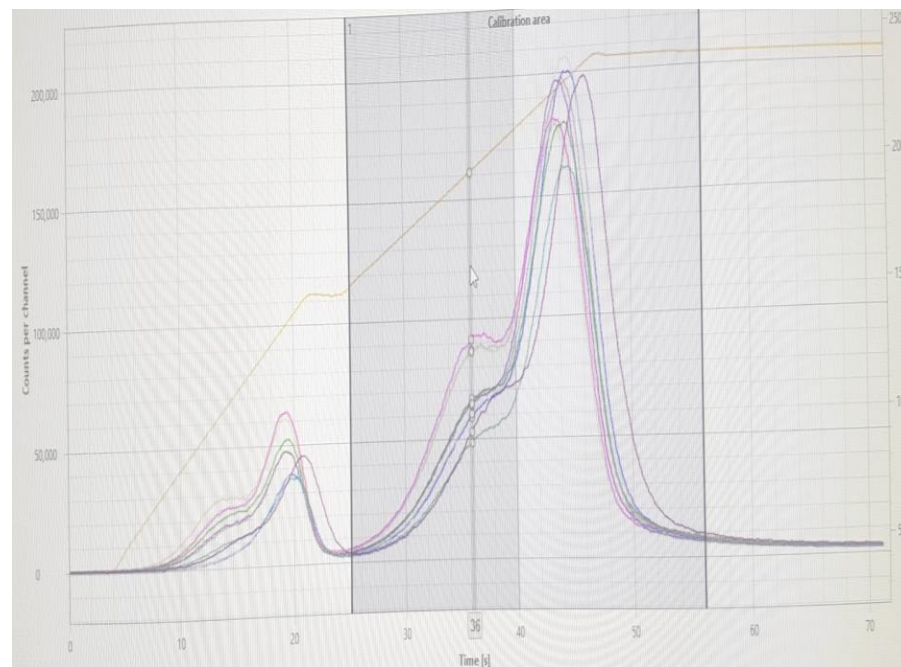
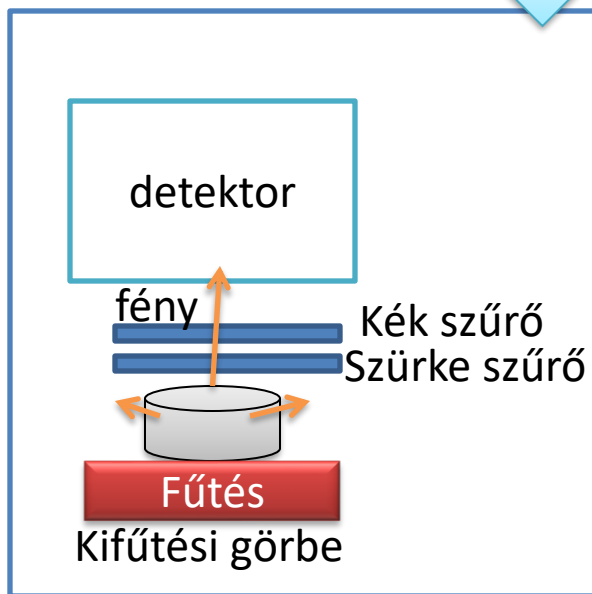
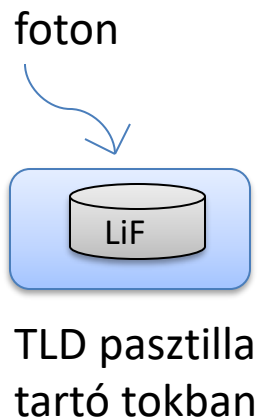
Termolumineszcens dozimetriai mérési módszer



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

MCP-N kifűtési görbe

N₂ gáz



- 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 dózist 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 $> 6\text{mSv}$
 - Category B workers are likely to receive lower doses
- Factors which determine the need for a monitoring programme [ISO 20553 (2006)]

~~487/2015 Korm.~~ 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)**

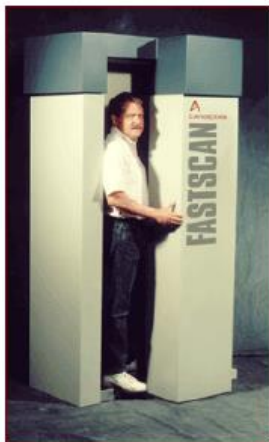
Mikor kell mikor nem kell?

- 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 | | |
| Very low activity | | |
| Normal activity | | |
| Commercial activity | | |
| Simplified operations | | |
| Handling | | |
| Dry storage | | |
| 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**

Decision Factor Approach

- We calculate for each Nuclide a decision factor d_j
- The sum of all nuclide specific decision factors d_j is the decision factor D .

Handling safety factors: f_{hs}

Protection safety factors: f_{ps}

| Process |
|---------------|
| Storage (sto) |
| Very simple |
| Normal che |
| Complex we |
| Simple dry c |
| Handling of |
| Dry and dus |



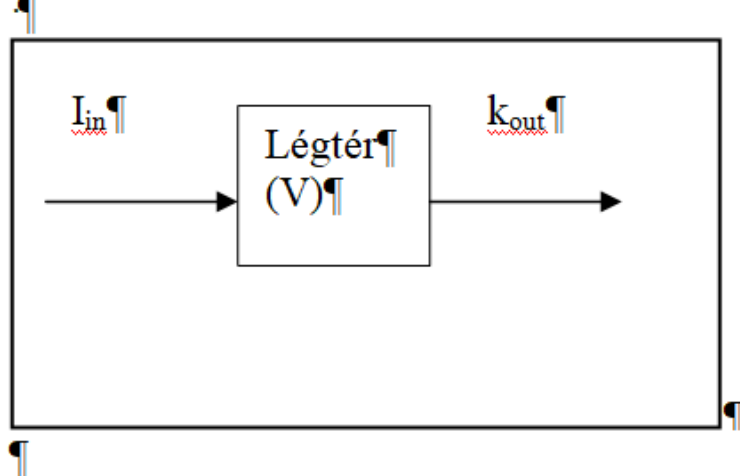
ty)

The overall decision factor D is the sum of the radionuclide specific decision factors

$$D = \sum_j d_j$$

| | | Fps | fs | Fffs | comple x chem. op | simple |
|---------------------------------|---------------------------|----------|----|------|----------------------------|--------|
| A(Bq) material | | Open | | | | |
| 2,90E+Inhalation, Aerosols Type | | | | | | |
| 11 fA=0,99, 5 µm | | | | | | |
| Inhalation, Aerosols Type | | | | | | |
| M, All unspecified forms, | | | | | | |
| fA=0,2, 5 µm | | | | | | |
| Inhalation, Aerosols Type | | | | | | |
| Elemental carbon, carbon | | | | | | |
| trioxide, fA=1E-2, 5 µm | | | | | | |
| Inhalation, Aerosols Barium | | | | | | |
| carbonate, fA=0,99, 5 µm | | | | | | |
| Inhalation, Gas or vapour | | | | | | |
| Type V, Methane | | | | | | |
| Inhalation, Gas or vapour | | | | | | |
| Type V, Carbon dioxide | | | | | | |
| Inhalation, Gas or vapour | | | | | | |
| Type V, Carbon monoxide | | | | | | |
| Inhalation, Gas or vapour | | | | | | |
| Type F, Unspecified , | | | | | | |
| fA=0,99 | | | | | | |
| Fs | | | | | | |
| Fps | Open bench operation | | | | | |
| | Fume hood | | | | | |
| | glove box | | | | | |
| Fffs | storage | | | | | |
| | simpl wet oper. | | | | | |
| | norm chem.op | | | | | |
| | complex chem.op with risk | | | | | |
| | of spills | | | | | |
| | simple dry operation | | | | | |
| | volatile comp | 1,00E+02 | | | | |
| | dry nd dust | 1,00E+02 | | | | |





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

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

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



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

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).

| Nuklid | Vegyület | Dose Coefficiente(50) | A-felh. | EL | Medi-EL | EL | EL | EL | EL | EL | EL | EL | EL | EL | Ceq | DC _{inh} Sv/G (h) | E (mSv) |
|--------|------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|---------|----------|---------|-----|-----|---------|---------|--------|----|----|----|----------|-----|----------------------------|---------|
| C-14 | Phenylethylamine | 5,80E-10 | | | | | | | | | | | | | | 3 | 0,005 |
| | Benzyl amine | 5,80E-10 | | | | | | | | | | | | | | 3 | 0,053 |
| | Ingestion, All chemical forms, fA=0,99 | 1,60E-10 | | | | | | | | | | | | | | 5 | 0,015 |
| | Inhalation, Aerosols Type F, fA=0,99, 5 µm | 1,10E-10 | | | | | | | | | | | | | | 1 | 0,010 |
| | Inhalation, Aerosols Type M, All unspecified forms, fA=0,2, 5 µm | 5,80E-10 | | | | | | | | | | | | | | 3 | 0,053 |
| | Inhalation, Aerosols Type S, Elemental carbon, carbon tritide, fA=1E-2, 5 µm | 6,70E-09 | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0,607 |
| | Inhalation, Aerosols Barium carbonate, fA=0,99, 5 µm | 1,30E-10 | | | | | | | | | | | | | | 3 | 0,001 |
| | Inhalation, Gas or vapour Type V, Methane | 5,10E-10 | | | | | | | | | | | | | | 0051 | 0,000 |
| | Inhalation, Gas or vapour Type V, Carbon dioxide | 1,30E-10 | | | | | | | | | | | | | | 3 | 0,001 |
| | Inhalation, Gas or vapour Type V, Carbon monoxide | 1,80E-10 | | | | | | | | | | | | | | 018 | 0,000 |
| | Inhalation, Gas or vapour Type F, Unspecified , fA=0,99 | 1,70E-10 | 2,9E+02 | 1,00E-02 | 10 | 600 | 600 | 4,8E-05 | 4,8E-02 | 5709 y | 80 | 8 | 8 | 1,13E-04 | 17 | 0,015 | |



0,01mSv-31mSv között valami.....És akkor jön a gyakorlat
 LE KELL MÉRNI!!!!!!!!!!!!!! Vagy kesesni valami hasonló technológiai adatot

| Figyelő rendszerre vonatkozó adatok | | | | | |
|-------------------------------------|------------------------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Izotóp | Mintavétel és vizsgálat típusa | figyelő rendszer gyakorisága (ICRP) | Kritikus érték az adott figyelő rendszer paramétereire vonatkozva ICRP ,Mc (Heff=0,1 mSv kisebb érték) | 1 mSv lekötött effektív dózishoz megfelelő érték az adott figyelő rendszerben vagy az inkorporációt követő napra vonatkozóan | Vizet vizsgálat paramétere |
| H-3 | vizet analízis, | 30 (nap) | 100 Bq/napi vizet (1,4l) | 5,0E+5 Bq/n | LSC készülék,Dull Label korrekció, t=60 min,0,5-7,5keV, ált víz s 45%, : keV) :0,5- víz s 0- ta 156 :0,5- víz, Ht: : y Ht : il LSC :ásfok |
| C-14 | vizet analízis, | fű | | | |
| P-32 | vizet analízis | | | | |
| S-35 | vizet analízis | | | | |
| Ga-67 | egész test, vizet vizsgál | in leg | | | cia személy Ht (keV) :V, 1ml/9ml LSC (cpm), Hatásfok vagy STD :cia személy Ht :al szcintillációs (140 keV-ig) :0 keV,izotóp /9ml LSC koktél, m), Hatásfok vagy STD :cia személy Ht (keV) :0keV,izotóp /9ml LSC koktél, m), Hatásfok vagy STD :cia személy Ht |
| Sr-90 | vizet vizsgálat | | | | keV,izotóp /9ml LSC koktél, m), Hatásfok vagy STD :cia személy Ht (keV) :0keV,izotóp /9ml LSC koktél, m), Hatásfok vagy STD :cia személy Ht |
| Y-90 | levegő aktivitás koncentráció mérés, vizet vizsgálat | inko | | | keV,izotóp /9ml LSC koktél, m), Hatásfok vagy STD :cia személy Ht (keV) :0keV,izotóp /9ml LSC koktél, m), Hatásfok vagy STD :cia személy Ht |



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

- Mennyi dózis szenvedünk el ha ekkora aktivitással dolgozunk
$$d_j = A_j \cdot e(50) \cdot f_{fs} \cdot f_{hs} \cdot f_{ps} = 43\text{E}9 \cdot 6,7\text{E}-9 \cdot 0,01 \cdot 0,1 \cdot 0,1 = 28,8\text{mSv}$$
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

Calculate 155.133824418164 uSv/hr

Calculated Dose-Rate

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!!!!!!

Módszertani útmutatók

Meqjelent: 2020. február 23. / Módosítás: 2024. február 27.

- **Ballay László:** *Orvosi besugárzó-helységek sugárvédelme* OSSKI Módszertani Útmutató (2015, letölthető PDF állomány)
I.sz. Függelék I.sz. Függelék (letölthető PDF állomány)
II.sz. Függelék II.sz. Függelék (letölthető PDF állomány)
- **Ballay László:** *Izotópos munkavédelmi szabályzat* OSSKI Módszertani Útmutató (2011, letölthető PDF állomány)
- **Turák Olivér, Dr. Ballay László, Dr. Turai István:** *Telepített ipari izotópos berendezések sugárvédelmi ellenőrzése* OSSKI Módszertani Útmutató (2011, letölthető PDF állomány)
- **Turai István szerk.:** *A sugársérültek ellátásának minimum követelményeiről* OSSKI Útmutató (2007, letölthető PDF állomány)
- **Porubszky Tamás szerk.:** *Állandósági vizsgálatok diagnosztikai röntgenberendezéseken* OSSKI Módszertani Útmutató (2011, letölthető PDF állomány)
- **Turai István szerk.:** *Radioaktív anyagokkal szennyeződött személyek sugármentesítése (dekontaminálása és dekontaminálás ellenőrzése)* OSSKI Módszertani Útmutató (2011, letölthető PDF állomány)
- **Belső sugárterhelés ellenőrzése.** Útmutató az ÁNTSZ Sugáregészségügyi Decentrumok részére. 2. változat. OKK-OH
- **Átvételi, állapotvizsgálati és állandóságvizsgálati útmutatók**
- **Elek Richárd, Dr. Porubszky Tamás, Váradi Csaba, Dr. Battayán István (szerzők):** *Emlőszűrés és klinikai mamográfia* OSSKI Módszertani Útmutató (2011, letölthető PDF állomány)

1. Függelék. A belső sugárterhelés ellenőrzésének indokoltsága

A belső sugarterhelés ellenőrzésének indokoltságát több tényező együttesen határozza meg, így a felhasznált aktivitás, a radionuklid és fizikai-kémiai formája, a műveletek fajtája és az alkalmazott védelem.

Az [1] ajánlás szerint egy adott radionuklidra, műveletre, illetve műveleti körülményekre vonatkozóan a következő döntési kritérium vizsgálendő:

$$d_j = \frac{A_j e(g)_{j,inh} f_{fs} f_{hs} f_{ps}}{0.001} \quad (\text{F1.1})$$

ahol A_j a j radionuklid éves felhasznált aktivitása (Bq), $e(g)_{j,inh}$ a j radionuklidra vonatkozó belélegzési dózistényező (Sv/Bq), 0,001 a „szignifikáns foglalkozási sugárterhelés” (Sv), az f tényezők jelentését ld. alább.

f_{fs} a radionuklid fizikai-kémiai formájától függő biztonsági tényező, alapértéke 0,01 (indokolt esetekben 0.001 érték választható).

f_{hs} , a műveleti biztonsági tényező, értékét ld. az F1.1. táblázatban.

f_{ps} az alkalmazott védelemre vonatkozó biztonsági tényező (F1.2. táblázat).

Az F1.1 képlet f_{fs} alapértékének figyelembe vételével a következő egyszerű formában írható:

$$d_i = 10 A_i e(g)_{i.inh} f_{hs} f_{ns} \quad (\text{F1.2})$$

amelyben d_j értéke eléri, vagy meghaladja az 1-et, akkor a belső sugárterhelés ellenőrzése kelt. Ha több radionukliddal kell számolni, akkor a

$$D = \sum_j d_j \geq 1 \quad (\text{F1.3})$$

szimulációk vizsgálatához

| H-3 | I-125 | I-131 | P-32 | S-35 |
|---------|--------|--------|--------|--------|
| 1,8E-11 | 7,3E-9 | 1,1E-8 | 2,9E-9 | 1,2E-1 |

alábbi táblázat szerint:

| | |
|----------|----------|
| | f_{hs} |
| | 0,01 |
| | 0,1 |
| | 1 |
| évesével | 10 |
| | 10 |
| | 100 |
| | 100 |

alkozó biztonsági tényező, az alábbi táblázat

0 n radionuklidokat, amelyek egyedi d_i tényezői sokkal

és a dózistényezőinek 10-szeresét a 2.1. táblázatban
armára és AMAD=5 µm részecskeméretű aeroszolra).

3.2.4. A belső sugárterhelés

Belső sugárterhelés:

A laboratóriumban a ny
sugárterhelés kialakulása r
méréssel történő ellenőrzésé

A belső sugárterhelés szükséges. Az indokoltság m

ahol A_j : a j radionuklid éves

$$e(g)_{i,inh}: a_j \text{ radionuklid}$$


Tisztelt Országos Atomenergia Hivatal!

Az információs önrendelkezési jogról és az információszabadságról szóló 2011. évi CXII. törvény (a továbbiakban: Infotv.) 28. § (1) bekezdése alapján a következő adatigénylést terjesztem elő.

Kérem, szíveskedjen elektronikus másolatban megküldeni részemre

- **A. Pántó** (T. Pántó és Dr. Tóth Péter: "Új generációs kórházak" című könyv, 2016/17-M),

EK-SVL-201

A. Pántya, T...
-2. rész”, ké...
monitorozásához
4/18-M),

EK-SVL-201

A. Pántya, T. ...
–3. rész”, ké...
...s monitorozásához
...22/19-M),

EK-SVL-202

Az Infotv. 30. szíveskedjen

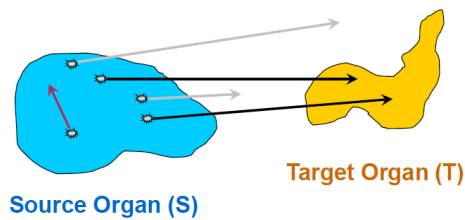
mailben meg

Mivel adatigénylést nyújtok be az adatkezelés teljesítéséért felelős személyek részére, kért módon le kell nyújtani a szükséges hivatkozott tájékoztatást elektronikus úton.

költségté-rítés számítása során figyelembe vett költségtényezőket.

Kérem, hogy abban az esetben, ha az igényelt adatoknak csak egy részét tekinti megismerhetőnek, az Infotv. 30. § (1) bekezdése alapján azokat az adatigénylés részbeni megtagadásával együtt küldje meg számomra.

Felhívom szíves figyelmét, hogy a Nemzeti Adatvédelmi és Információszabadság Hatóság NA-IH/2015/4710/2/V. számú állásfoglalásából következően a jelen adatigénylés az Infotv. 29. § (1b) bekezdése alapján nem tagadható meg, mivel tartalmazza az adatigénylő nevét és elérhetőségét. Ezen túlmenő adatok megadását az adatkezelő NAIH állásfoglalás szerint nem kérheti, továbbá nem jogosult a személyazonosság ellenőrzésére sem.



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.

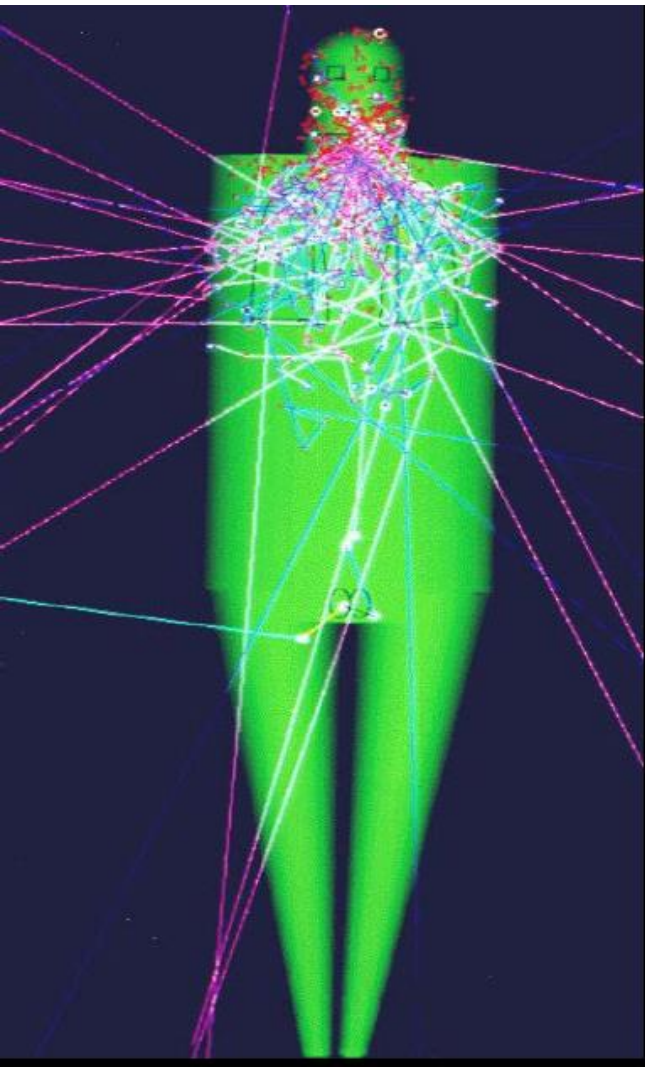
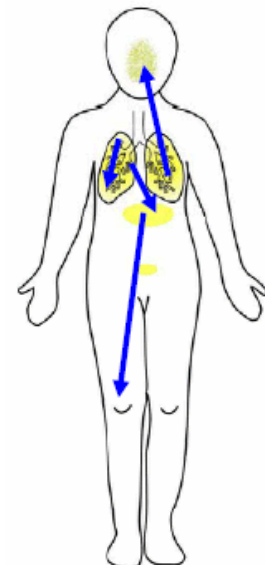
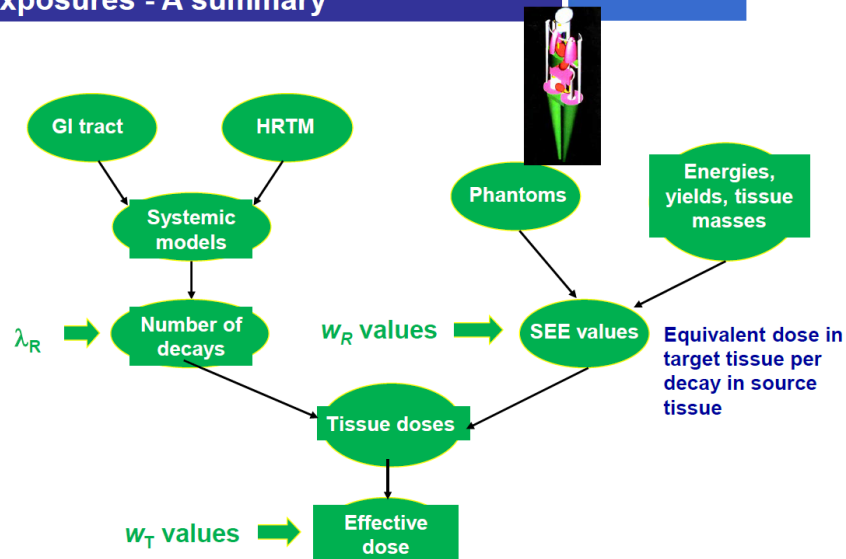
$$H_t(50) = \sum SEE(T \leftarrow S) U_s(50)$$

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 elszenvedi a beérkező részecske mennyiséget

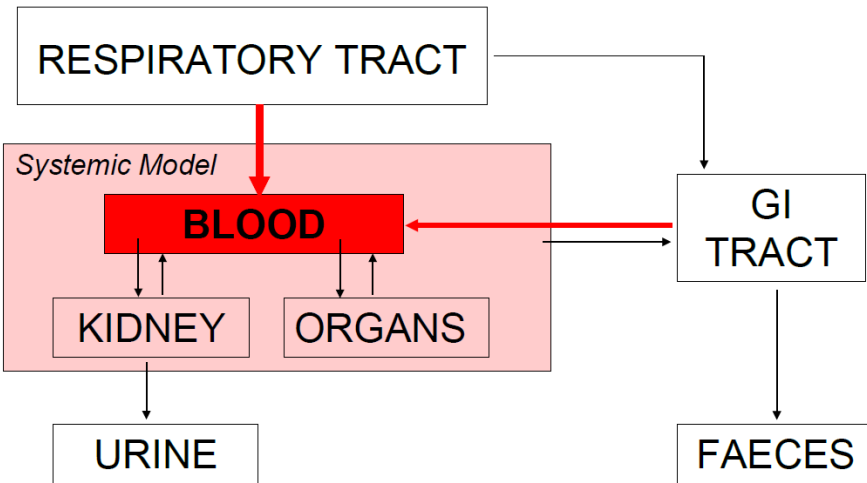
Effective dose calculation for internal exposures - A summary

EURADOS



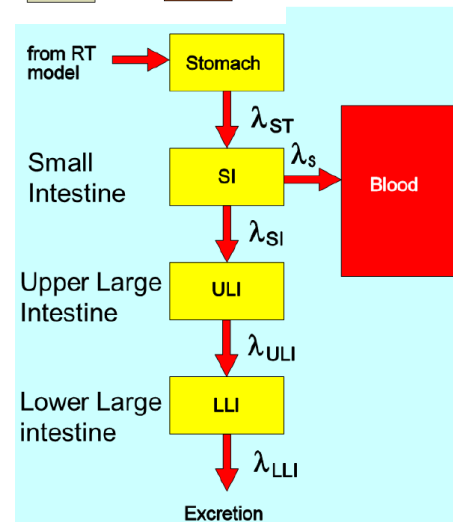
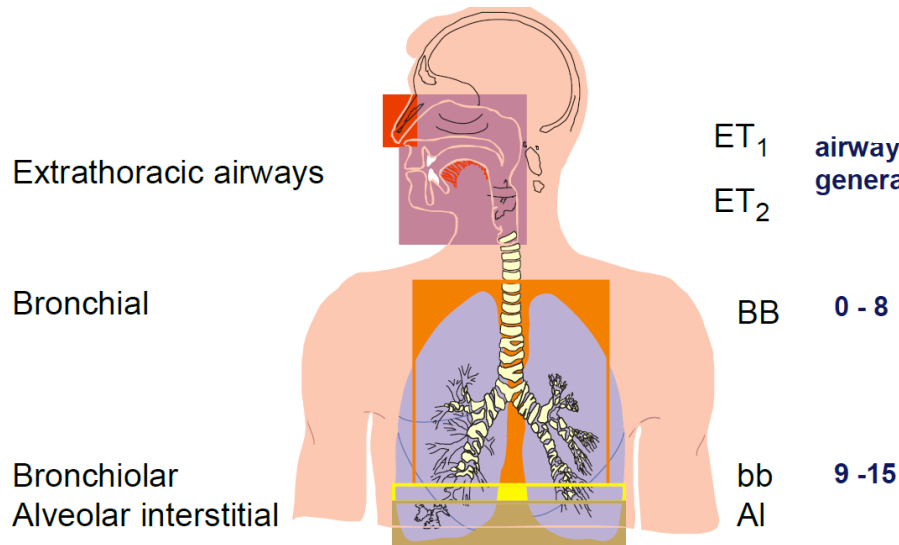
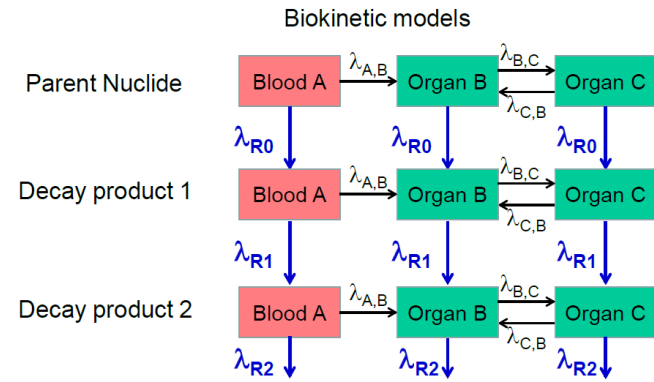
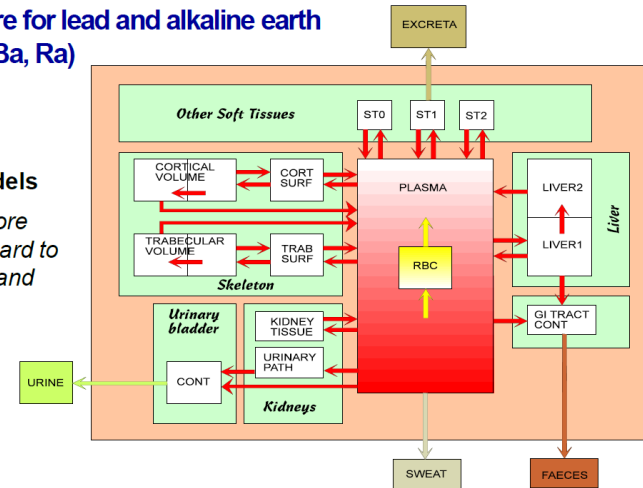
Biokinetikai modellek

ICRP kiadványok



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

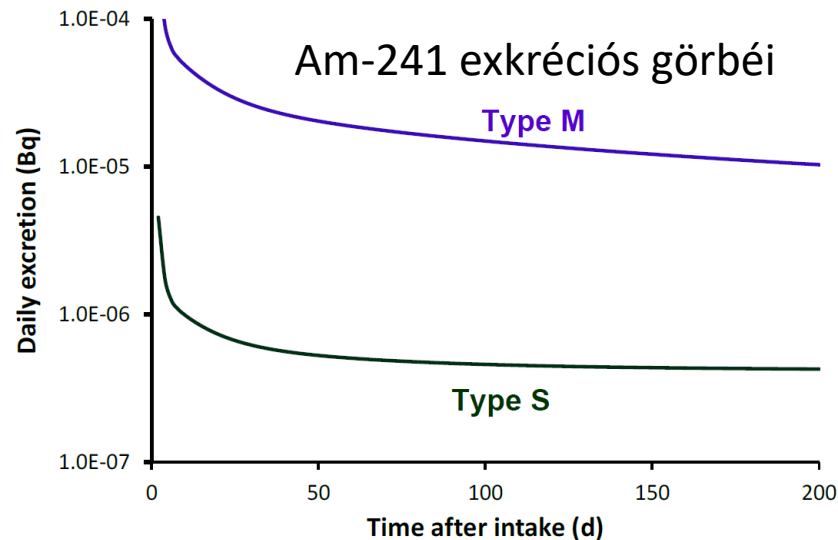
Recycling models
Physiological more realistic with regard to organ retention and excretion



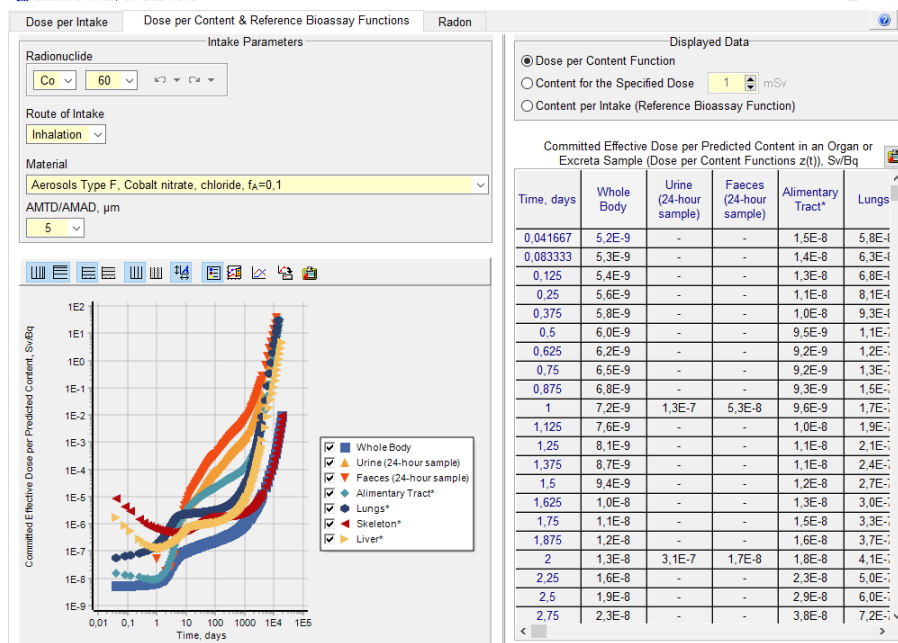
Nekünk nem kell modellezni!

- 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



Electronic Annex / OIR Data Viewer



*See the Key Term help for the explanation

Annals of the ICRP



Journal Indexing & Metrics

View »

Journal Home

Browse Journal

Journal Info

Stay Connected

Submit Paper

Search



NEWS

WORK

ORGANISATION

SUPPORTERS

ICRP AEDIA

ICRP Publication Occupational in Intervention

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

Electronic Annex / OIR Data Viewer

Dose per Intake

Dose per Content & Reference Bioassay Functions

Radon

Intake Parameters

Radionuclide

Tc

99m

Route of Intake

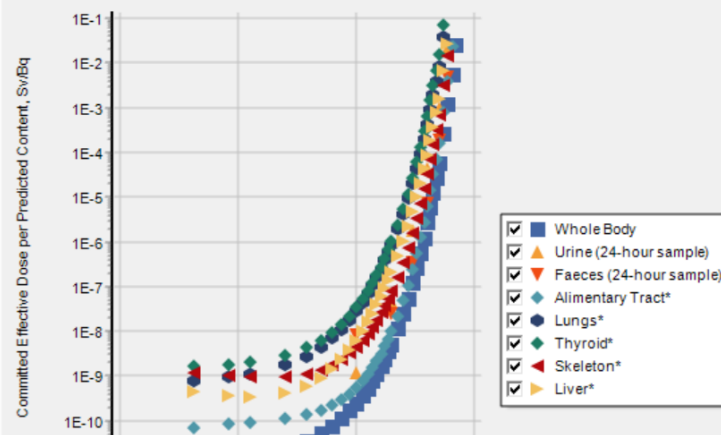
Inhalation

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 |

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:

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

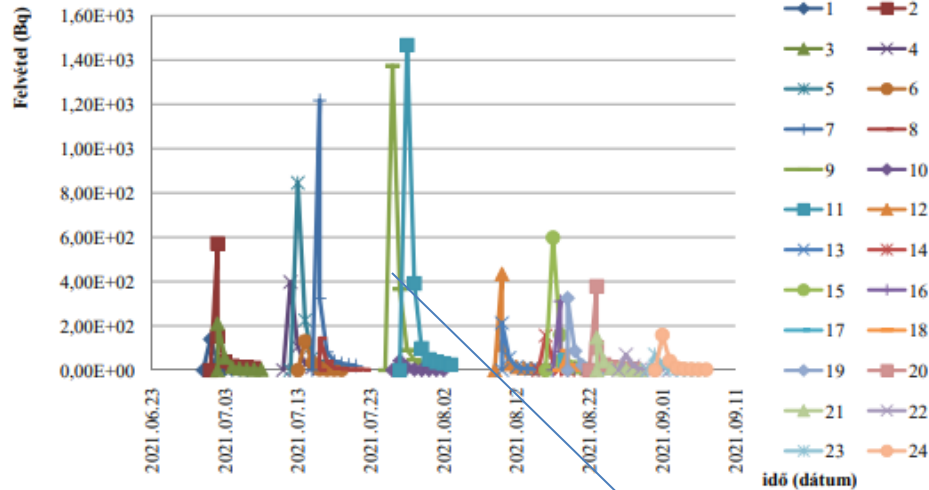
$$E(50)=I \cdot e(50)=2000\text{Bq} \cdot 2,7 \cdot 10^{-5} \text{ Sv/Bq}=54\text{mSv}$$

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

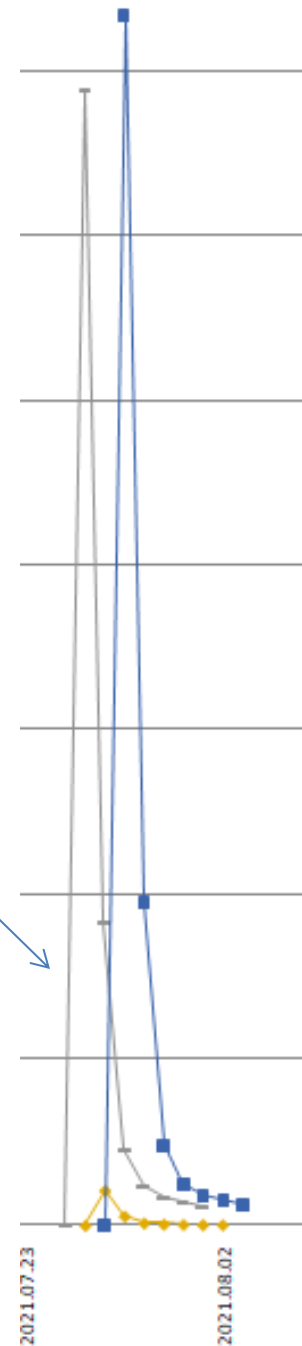
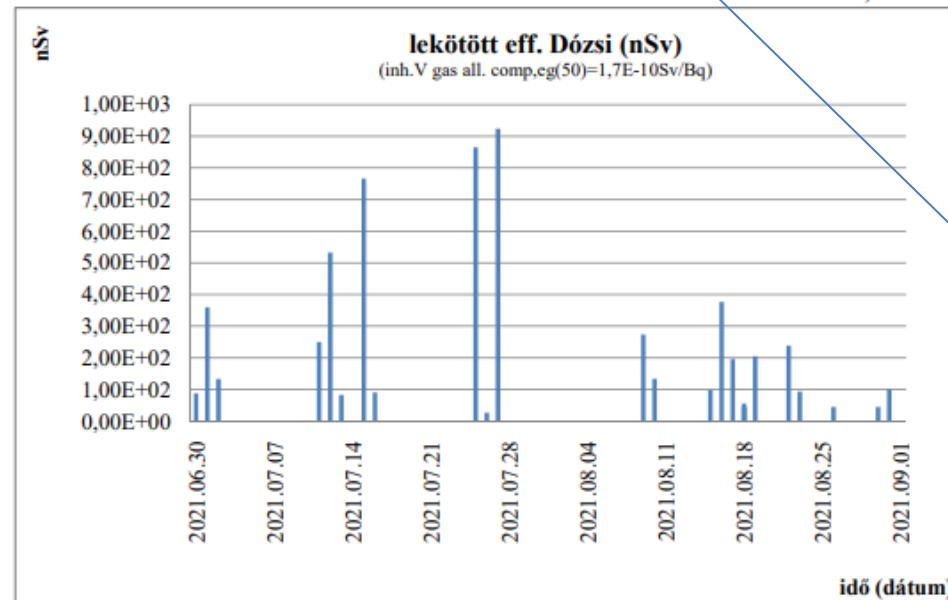
Monitoring rendszer összeállítása

- 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)

A levegő aktivitás koncentrációból számított felvételek lecsengése napi vizeletben
(összesen 24 db felvétel, Inh.V elemi gáz all.com)



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

^{226}Ra

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



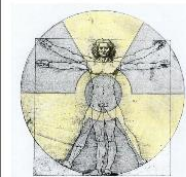
| | | | | |
|-------------------|--------------|---------------------------------------------------------------|-------|-------|
| ^{228}Ra | LungCounting | counter γ -ray spectrometry of ^{228}Ac | 40 Bq | 15 Bq |
|-------------------|--------------|---------------------------------------------------------------|-------|-------|

Pl: I-131 monitoring rendszer

| Pajzsmirigy I-131 aktivitás ellenőrzés munkautasítás Semmelweis Egyetem Sugárvédelmi Szolgálat | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| Készítette: | Taba Gabriella |
| Helyszín: | |
| Mérést végezi: | |
| Mérés célja: | |
| Mért aktivitás mértékegysége: | |
| izotóp | |
| Készülék hitelesített: | |
| Mérőeszközök adatai: | |
| Készülék típus: | |
| Mintavétel módja: | |
| Mérés elvégzése: | |
| <p>A munkavállaló 14 napos iodidhiányos étrendre kerül, majd a mérés megkezdése előtt 24 óráig tartó börfelület. A mérés során a mérőműszerrel mérni egy alacsony háttérű, majd egy magas háttérű területet. A mért értékeket az excel táblázatba. A számláló működését ellenőrizni kell külső és a belső effektív dózismérő segítségével. A mérés alapján kell kezelni. Évente ellenőrizni kell a működését egyéni és közösen működő laboratóriummal.</p> | |
| Mérő műszer: | |
| Mérő műszer kalibrációját követően: | |

[illegible]

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

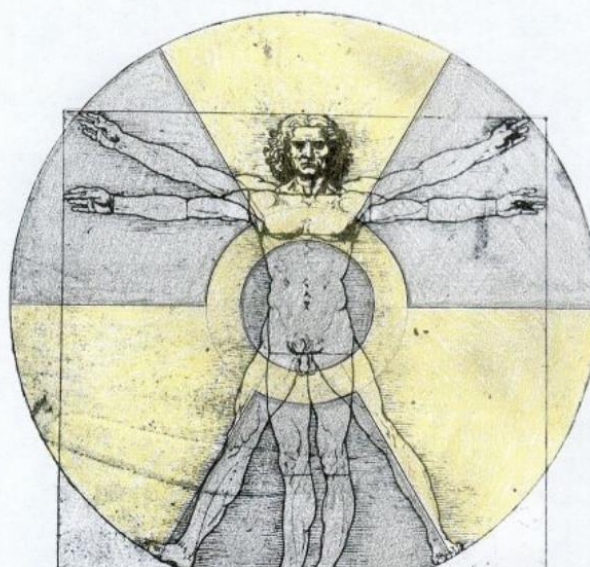
2. Planning

- 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 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)

Public Health
England

Intake Scenario

Intake Regimes

Clear All Intake Regimes Enter Number of Intake Regimes (1-10) **1**

IR 1

Route: ☒ Inhalation ☐ Ingestion ☐ Injection ☐ Wound ☐ Vapor

Mode: ☒ Acute ☐ Chronic

Start Time (d) **0**

Units

Specify Time As:

☐ Date

☒ Time (d) since

1990. 01. 01. #

#

Intake

☒ Bq ☐ dpm

☐ pCi ☐ mg

Dose

☒ Sv ☐ rem

☐ mSv ☐ mrem

Intake (IR 1)

0 Bq

Associated Radionuclides

None Selected

Indicator Nuclide

Select Radionuclide

Number of Associated Radionuclides:

Half Life: Unknown d

0

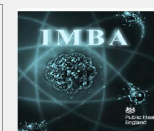
Model Parameters

These Model Parameters Apply to All IRs

Respiratory Tract

Deposition ☒ Vapor ☐ Wound ☐ Bioassay ☐

Particle Transport ☒ Absorption ☐ GI-Tract ☐ Biokinetics ☐



Close

Calculations

Bioassay Calculations

Dose Calculations

Belső sugár terhelés összefoglaló

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

77. A belső sugárterhelésből adódó lekötött dózist hogyan kell figyelembe venni a teljes dózis meghatározásához?

a. sehogyan

b. a szervezetbe kerülés évére vonatkozó külső dózissal kell összevonni

c. a bekerülés utáni 50 évre kell egyenletesen elosztani

d. az exponenciális kiürüléssel számolt módon kell 50 évre elosztani

41. Milyen jelzővel jellemezzük a szervezetbe bejutott és beépült izotópoktól származó dózisokat?

a. kollektív

b. lekötött

c. elkerülhető

d. egyenérték

78. Milyen időintervallumra kell elvégezni az egyenértékdózis integrálását a lekötött egyenértékdózis számításakor?

a. minden esetben 50 évre

b. felnőttek esetében 50 évre, csecsemőknél és gyermekeknél a 70 éves korukig hátralévő időre

c. felnőttek esetében 50, csecsemők és gyermekek esetében 70 évre

d. minden esetben a 70 éves korig hátralévő időre

8.1.3.A külső-és belső sugárterhelés személyi dozimetriájának főbb mérési módszerei (1.13 tétel analóg)

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)

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

Monitoring rendszer összeállítása

- Sugárvédelmi szakértő állítja össze!
- Mit kell tudni a monitoring rendszernek:

összefoglaló:

- 1mSv lekötött effektív dózis (70 ill. 50 évre integrálva számoljuk) felett monitoring rendszer bevezetése (akadémián)

- Szervezetbe jutási módok: belélegzés 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)

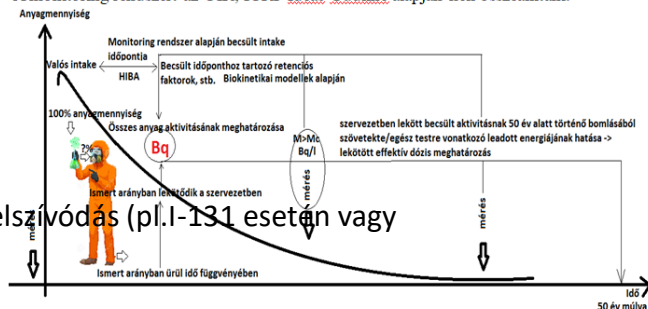
- Kis áthatoló képességű bomlók esetén béta, alfa sug. esetén exkrétumok(vizelet,széklet, vér) vizsgálata :folyadék szcintillációs berendezéssel (indirekt mérés)

- 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 1mSv felett van.(akkreditált laboratóriumot írnak elő)

A lekötött effektív dózis sematikus meghatározásának menete monitoring rendszeren belül

Ha a lekötött effektív dózis nagyobb mint 1mSv/év MONITORING rendszert kell alkalmazni a munkavállaló ellenőrzésére. (izotóp gyártás, pajzsmirigy terápia, atomerőmű) A monitoring rendszert az OIR, ICRP Ideas Guideline alapján kell összeállítani.



Belső sugárterhelés szabályozások

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

487/2015 Korm. 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.

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 kisorsolni a kristályszerkezetből.
- Előírások: típus engedély és hiteles mérés, rendeltetés szerű viselés

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)

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, 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 | $man \cdot Sv$ | Optimálás |

| szabályozás ICRP 116 | | egész test | szemlencse | bőr |
|-------------------------------------------|--------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | | Effektív dózis (E) $E = \sum_{T} w_T \cdot D_{T,R}$ | Szöveti Egyenérték dózis szem: Behatás modell, ICRP 116 $annex F H_{szem} = \sum_{T} W_T D_{T,annex R}$ | Szöveti Egyenérték dózis bőr, $10 \times 10 \times 10 \text{ cm}$ kocka 1 cm ² felületére vonatkozik 50- 100 mikrométerségben ICRP 116 $Annex G H_{bőr} = \sum_{T} W_T D_{T,bőr R}$ |
| Gyakorlati (MERT dózisok) ICRU95 | Térület ellenőrzés | Környezeti dózis $H^* = h_E \cdot \frac{E_{max}}{E_{voxel}}$ $h_E = \frac{E_{max}}{E_{voxel}}$ voxel fantomok, AAPA, RLA, LAT, ROT, irány függő | Stilizált szemmodell Irány szerinti elnyelt dózis teljes szemlencsére elnyelt dózis, D szem(Ω) = $d_{szem}(\Omega) \cdot \Phi$ | Irány szerinti elnyelt dózis bőr felületen, D bőr(Ω) = $d_{bőr}(\Omega) \cdot \Phi$ |
| | Személyek ellenőrzése | Környezeti dózis egyenérték $H_p = h_E \cdot \frac{E_{max}}{E_{voxel}}$ $h_E = \frac{E_{max}}{E_{voxel}}$ voxel fantomok, jobb bal átlag, 180 ROT | (Személyi dózis egyenérték)Személyi elnyelt dózisa teljes szemlencsére elnyelt dózis, D szem(Ω) = $d_{szem}(\Omega) \cdot \Phi$ | (Személyi dózis egyenérték)Személyi elnyelt dózisa helyi bőr felületen, D bőr(Ω) = $d_{bőr}(\Omega) \cdot \Phi$ |

Külső sugárhárterelés pontos mérésének feltétele – Bragg-Gray elv

A detektort és a mérendő anyagiál azonos tömegsűrűségű helyezésre a sugárterhelési méréskor azonos energiasűrűség érkezik – ekkor a két célzárg dózisa $\frac{D_1}{D_2} = \frac{\rho_1}{\rho_2}$ azaz a két energiasűrűség egyenlővé válik kölcsönösen.

$$\frac{D_1}{D_2} = \frac{\Phi_{e1}}{\Phi_{e2}} \cdot \left(\frac{\rho}{\rho_0} \right) = f_{gr} = 1$$

Abból azok az egyenlőségek, amelyek azonos energiadózisok, azonos tömegsűrűségű detektorok és a sugárterhelési méréskor azonos energiasűrűség érkezik – ekkor a két célzárg dózisa $\frac{D_1}{D_2} = \frac{\rho_1}{\rho_2}$ azaz a két energiasűrűség egyenlővé válik kölcsönösen.

Dózis egyenérték (MSZ 14341)

külső gamma és α , β sugárzásra vonatkozóan: $H = D \cdot Q \cdot \frac{\rho}{\rho_0}$

légyszövet adott pontjában elnyelt dózis Gy-ben a Q meg sugárási tényező teljes gamma-röntgen foton tartományban

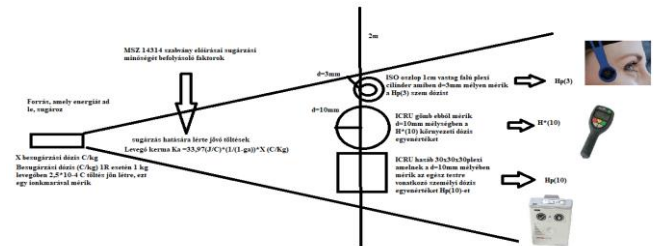
Környezeti dózisegységek (1)

Sugárási tér

egyházi: $H'(d)$

izotróp: $H'(d)$

ICRU Sugárási tér

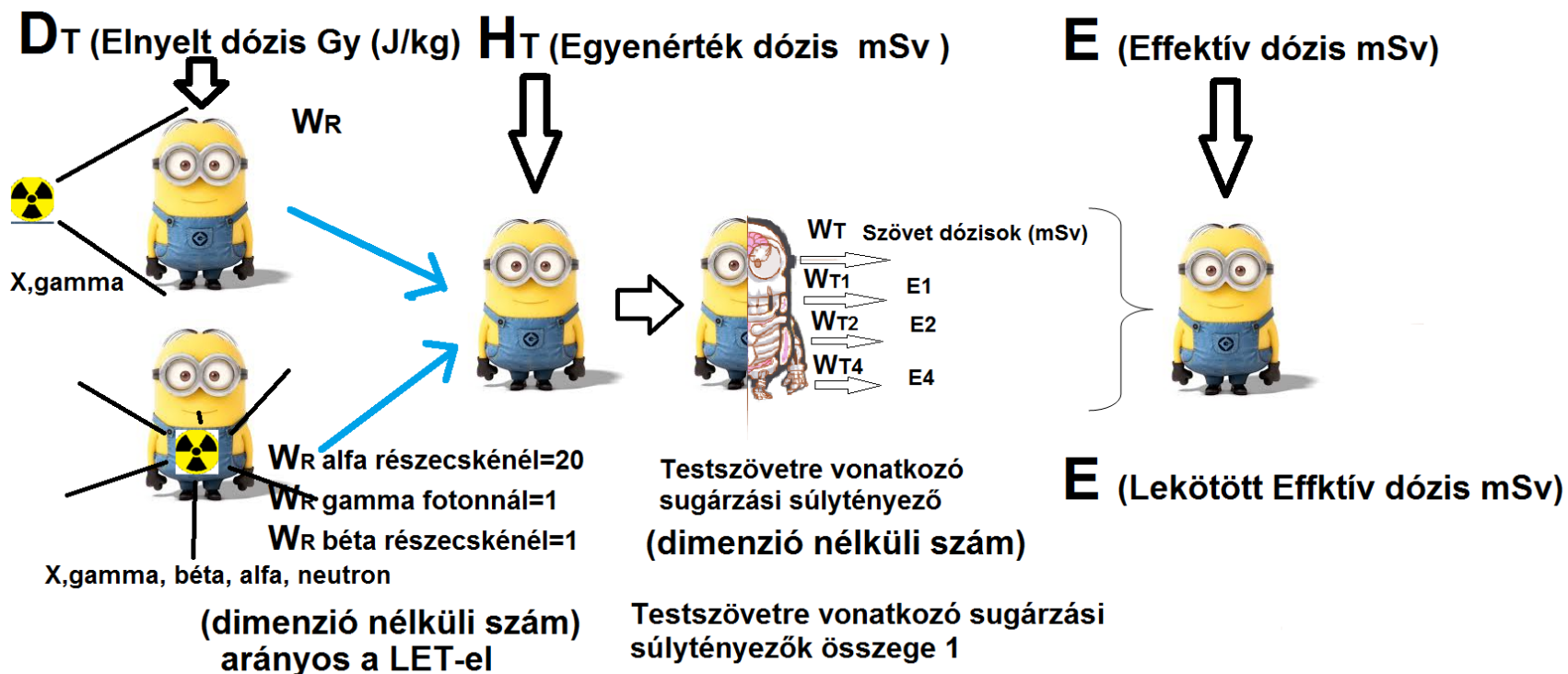


Összefoglalva dózis egyenérték Hp(10) és H*(10) levezetése

- Ionizációt a töltések hozzák létre.
- A töltés (Coulomb:C) SI régi levezetése: 1R dózisú sugárzás esetén 1kg levegőben $2,58 \cdot 10^{-4}$ C egyenmű elektromos töltés keletkezik. Lágyszövetben 1R esetén 0,0088Gy elnyelt dózisnak felel meg, csontszövetnél 20-30%-al nagyobb.
- Besugárzási dózis: X (Q/kg) a töltések száma elosztva a tömeggel. Ezt az értéket Ionkamrás mérő eszközzel tudjuk megmérni mert az Ionkamra az amelyik (IONKAMRA tartományban) közvetlenül méri a sugárzás által keltett töltéseket a gáztérben (db)
- Gyakorlatban ez úgy néz ki hogy az OMH elviszi a besugárzó csatornához tartozó ellenőrző ionkamrát 10 évente a nemzetközi mérésügyi testülethez összemérésre ahol visszavezetik a C/kg –ra.
- Ez az országos primer etalon ehhez van hozzá mérve minden sekunder etalon vagy mérő eszköz.
- A besugárzási dóziséból meg kell határozni a levegőre vonatkozó közölt dózist a $K_a - t$ $K = 33,97(J/C) \cdot (1/(1-ga)) \cdot X$ ahol figyelembe van véve az a töltéseket létrehozó dózis energiája (MSZ14341, 9 táblázat)
- Ha meg van a levegő kerma (K_a), akkor ebből meg lehet határozni az elnyelt dózist ez külön levegőben és külön a környezeti dózis egyenérték levezethető a levegő kermából és a személyi dózis egyenérték is levezethető belőle a különbség, hogy egyenértékűnél ICRU gömböt d mélységében irányított és kiterjesztett térben sugároznak be, míg a személyi dózis egyenértékűnél m (ISO hasáb, rúd, cylinder) sugároznak be különböző mélységben irányított és kiterjesztett térben.
- Irányított és kiterjesztett tér: ahol egy irányból a besugárzó tárgyat teljesen körülveszi a besugárzási tér (teljes csatornában van)



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 egyen érték 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 | | | | bomlás/perc | E(MeV) |
|-----------------|-------------|--------|-------|-----------------|----------|
| | bomlás/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 dózist 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 , hatásági doziméterekkel (fantomon történő kalibrációval) Isd: TLD-re vonatkozó ISO 0437 szabvány sorozat (Ne felejtsetül el az irány függést!!)

MSZ 14341:2017

10. táblázat: A környezeti dóziségenérték 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 |

