

EGY ÚJ TÍPUSÚ GAMMA-RADIOGRÁFIAI FELVÉTELKÉSZÍTÉSI HELYSZÍN TERVEZÉSÉNEK ÉS KIALAKÍTÁSÁNAK SUGÁRVÉDELMI TAPASZTALATAI

JUNG JÓZSEF* – KOLONICS BALÁZS**

**Budapest Főváros Kormányhivatala (BFKH)
Népegészségügyi Szakigazgatási Szerve (NSZSZ)
Sugáregészségügyi Decentrum*

***DKG-EAST Zrt. Anyagvizsgáló Laboratórium
(Nagykanizsa)*

AZ IPARI RADIOGRÁFIÁRÓL

- **Roncsolásmentes** anyagvizsgálati módszer (*NDT – Non Destructive Testing*), amelynél az anyagon áthaladó ionizáló sugárzást használják az anyag belső szerkezetére jellemző kép előállítására. (A repedés kimutatására általában nem alkalmas.)
- **Sugárforrások:**
 - (Hordozható) röntgenberendezés
 - Pontszerű gammasugárzó zárt sugárforrás, mechanikus távvezérléssel
 - (Lineáris gyorsító)
 - (Neutron-sugárzás)

AZ IPARI RADIOGRÁFIAI VIZSGÁLATOK TIPIKUS ALANYAI

- **Hegesztési varratok** [nyomástartó edények, kazánok, csővezetékek, hídszerkezetek, stb.]
- Öntvények
- Gépjármű-gumik (gyártáskor)
- Műkincsek, régészeti leletek
- (Nyomtatott áramkörök forrasztásai)
- [Robbanó szerkezetek, (tűzszerészet)]
- [Csomagok, küldemények, (biztonságtechnika)]
- [Közúti és vasúti járművek, (vám- és határellen-
őrzés)]

A RÖNTGENSUGARAS IPARI RADIOGRÁFIA SUGÁRFORRÁSAI

- Gerjesztési paraméterek:
 - 50 – **200-300** – 450 kV
 - 1 – **5-8** – 10 mA
- Gerjesztési módok:
 - **50 Hz-es, félhullámú**
 - 30-40 kHz, (lényegében egyenáramú)
 - 1-10 Hz, impulzusokban
- Tipikus dózisteljesítmény (250 kV, 4 mA, 1 m): ~ 4 Sv/h
- Technikai kivitel:
 - **Többnyire ún. „egytank”**
 - Ritkán külön tápegység, külön röntgencső
- Áramforrás:
 - **230 V~**
 - akkumulátor

A GAMMA-RADIOGRÁFIA SUGÁRFORRÁSAI

Radio-nuklid	Tipikus kezdeti aktivitás [TBq]	$T_{1/2}$	Átlagos foton-energia	Γ_{H^*} [mSv.m ² /TBq.h]	Tipikus anyagvastagság (Fe) [mm]
Se-75	3	120 d	217 keV	~ 55	4 - 28
Ir-192	1- 1,5 - 4	74 d	353 keV	~ 130	10 - 70
Co-60	3,7	5,3 a	1,25 MeV	~ 350	50 - 100

KÉPALKOTÓ TECHNIKÁK ÉS HELYSZÍNEK

- Képképző technikák:
 - **Felvételkészítés filmre**
 - Felvételkészítés elektronikusan kiolvasható eszközre
 - Átvilágítás ZnS ernyővel
 - Átvilágítás képerősítővel
 - Átvilágítás digitális képképzővel
 - Ipari CT
- Helyszínek:
 - **Radiográfiai laboratórium** (nincs időkorlát, kollimátor alkalmazása nem szükséges)
 - Állandó radiográfiai helyszín (távolságvédelem és fizikai elkerítés)
 - **Alkalmi radiográfiai munkaterület** [100 óra exp./év, kollimátor és távolságvédelem (2,8-7,5-**20**-30 $\mu\text{Sv/h}$)]
 - Sugárárnyékolt zárt kabin

A GAMMA-RADIOGRÁFIAI LABORATÓRIUMOK ALAPVETŐ JELLEMZŐI (MSZ 14349:1999)

- Legyen sugárzásgyengítő képességekkel rendelkező térhatároló elemekkel és nyílászárókkal, továbbá **biztonsági jelző- és reteszrendszerrel** rendelkező felvételező helyiség, (**min. 3 × 3 m**).
- A maximális környezeti dózisegyenérték-teljesítmények (a továbbiakban: dózisteljesítmény):
 - az oldalfalak külső oldalánál: **20 $\mu\text{Sv/h}$,**
 - az idegen személyek által megközelíthető helyszíneken: **2,5 $\mu\text{Sv/h}$,**
 - a vezérlő helyiségben: **7,5 $\mu\text{Sv/h}$,**
 - a felvételező helyiség tetején: **200 $\mu\text{Sv/h}$,**
 - a laboratórium közelében lévő állandó munkahelyeken: **0,5 $\mu\text{Sv/h}$** (növekedés).

Megjegyzés: Az országban 2010-ben mindössze 10 db gamma-radiográfiai laboratórium üzemelt.

A DKG-EAST ZRT. (NAGYKANIZSA) MEGLÉVŐ RADIOGRÁFIAI LABORATÓRIUMÁNAK ADATAI

- Alapterület: **18 × 22 m**
- Belmagasság: **~ 10 m**
- Oldalfalak: **110 cm beton**
- Személybejárat: **26 cm** (acéllemezekből)
- Teherkapu: **450 cm (sz.) × 520 cm (m.)**
acéllemezek között: **110 cm beton**
- Anyagmozgatás: **sínen járó kocsi, targonca és
5 tonnás futódaru (híddaru)**
- Becsült létesítési költség mai áron: **> 100 MFt**











A DKG-EAST ZRT. KÉRÉSEI ILLETVE ADATAI AZ ÚJ FELVÉTELKÉSZÍTÉSI HELYSZÍNRE

- Az új (második) helyszín a csőhajlító csarnokban legyen.
- A felvételeket időkorlátozás nélkül, a nap bármely részében el lehessen készíteni, **max. 1 m** magasságban.
- Izotóptárolás nem szükséges a helyszínen.
- A sugárzás-árnyékolt munkaterület **6 × 6 m-es** legyen.
- A sugárzásgyengítő falak **2,5 m magas** acéllemezekből készüljenek, és később legyenek elbonthatóak.
- Maradjon meg a csarnok csőhajlító funkciója, amikor éppen nincs radiográfiai felvételkészítés.
- Az évenkénti expozíciós idő **1,5 TBq** aktivitású **Ir-192** sugárforrás alkalmazásával akár **500 óra** is lehessen.
- A felvételeknek várhatóan a **90 %-a** centrális (panoráma) típusú lesz. **(A tervezésnél csak 80 % !)**
- A vizsgált anyag (acél) átlagos vastagsága **30 mm-nek** tekinthető. **(A valóságban ennél több.)**

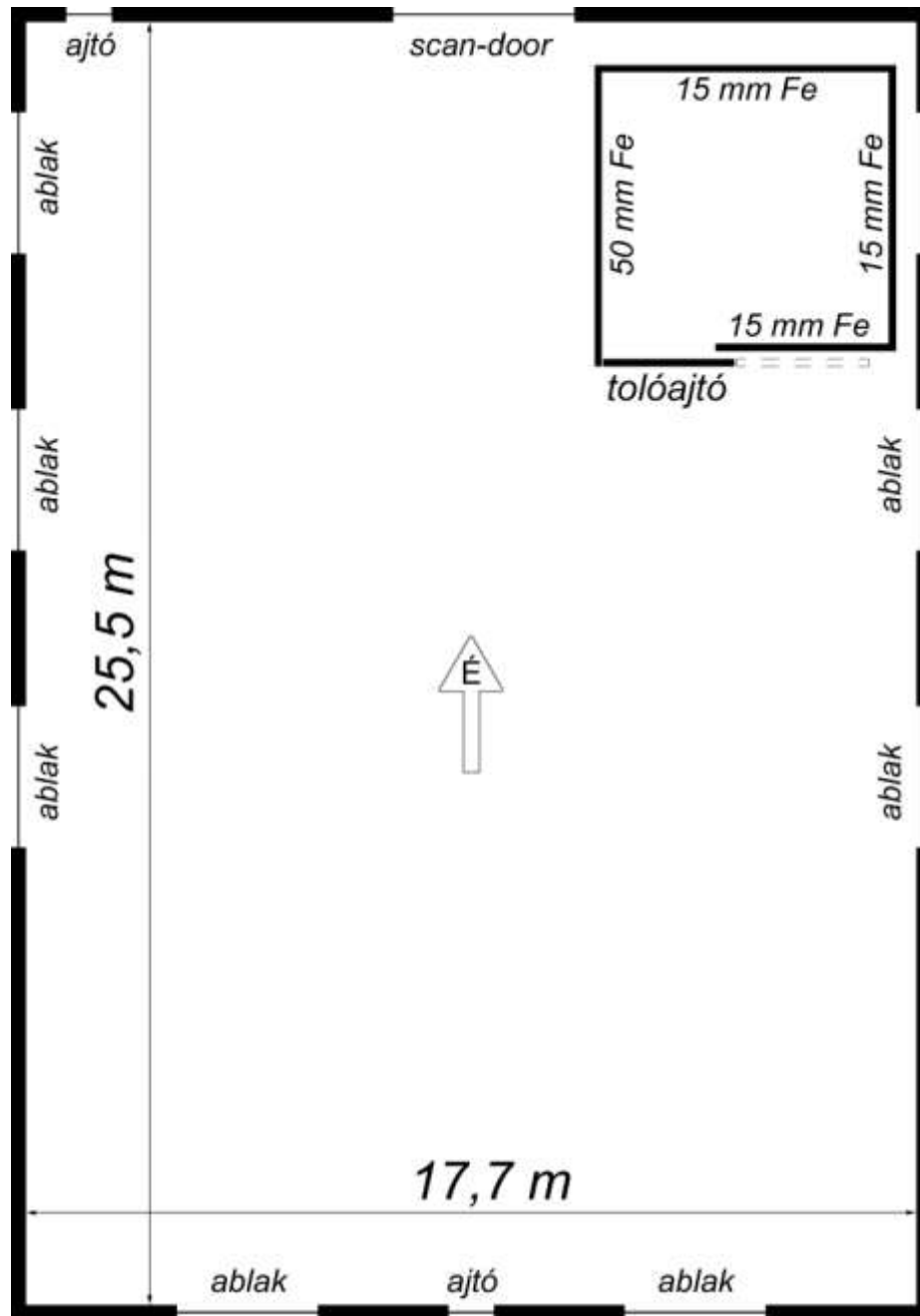












DOZIMETRIAI CÉLKITŰZÉSEK AZ IPARI RADIOLÓGUSOKRA

- A radiológusok tartózkodási helyszínén, (gyakorlatilag a kivezérléskor) a dózisteljesítmény ne haladja meg a **2 mSv/h-t.** (MSZ 14349:1999)
- A radiológusok **éves effektív dózisa** az adott helyszínén végzett tevékenységből **max. 10 mSv** legyen. (Önkéntes dózis-megszorítás.)
- Az évenkénti **max. 500 h** expozíciós időt feltételezve, a radiológusok tartózkodási helyszínein a maximális aktivitású sugárforrásra normált átlagos dózisteljesítmény **max. 20 μ Sv/h** lehet. (Ezt a radiológusok műszeres mérésekkel ellenőrizni tudják.)

DOZIMETRIAI CÉLKITŰZÉSEK A CSARNOK KÖRNYEZETÉBEN TARTÓZKODÓKRA I.

- A csarnok közelében munkát végzők **éves effektív dózisa** a csarnokbeli radiográfiai tevékenységből **max. 0,5 mSv** legyen. (Önkéntes dózis-megszorítás.)
- A munkahely környezetében ideiglenesen, naponta **max. 1 órát** tartózkodó személyek várhatóan naponta csak **15 percig** lesznek sugárzásnak kitéve ($500 \text{ h}/2000 \text{ h} = 1/4$). Konzervatív módon, ezt **napi 30 percnek véve, évenként 125 órányi besugárzottsággal** számolva, az ő lehetséges tartózkodási helyszíneiken az átlagos dózisteljesítmény nem haladhatja meg az $500 \mu\text{Sv}/125 \text{ h} = 4 \mu\text{Sv/h-t}$. (Ez az átlagos érték műszeresen nem ellenőrizhető.)

DOZIMETRIAI CÉLKITŰZÉSEK A CSARNOK KÖRNYEZETÉBEN TARTÓZKODÓKRA II.

- Mivel **30 mm** acél az Ir-192 sugárzását kb. 1/5-ére gyengíti, a panoráma típusú felvételek **80 %-os** arányával számolva a csarnok környezetében ideiglenesen tartózkodók lehetséges tartózkodási helyein, nem panoráma típusú felvétel esetén a maximális (kerekített) dózisteljesítmény **11,1 $\mu\text{Sv/h}$** lehet. (Ez az érték műszeresen ellenőrizhető.)

$$[(11,1 \mu\text{Sv/h} \times 0,2) + (2,2 \mu\text{Sv/h} \times 0,8) \approx 4 \mu\text{Sv/h}]$$

- A csarnok közvetlen közelében lévő festőműhelyben állandó emberi tartózkodást feltételezve az átlagos dózisteljesítmény $500 \mu\text{Sv}/500 \text{ h} = 1 \mu\text{Sv/h}$ lehet. (Ez az átlagos érték műszeresen nem ellenőrizhető.)

DOZIMETRIAI CÉLKITŰZÉSEK A CSARNOK KÖRNYEZETÉBEN TARTÓZKODÓKRA II.

- A festőműhelyben, a panoráma (centrális) típusú felvételek **80 %-os** arányával számolva, és itt is figyelembe véve az átlagosan **30 mm** vastag acél 1/5-ös sugárzásgyengítését, a műhelyben dolgozók lehetséges tartózkodási helyszínein (kb. 30 m-re a kivezérelt sugárforrástól), nem panoráma típusú felvétel esetén a maximális (kerekített) dózisteljesítmény **2,8 $\mu\text{Sv/h}$** lehet. (Ez az érték műszeresen ellenőrizhető.)

$$[(2,8 \mu\text{Sv/h} \times 0,2) + (0,6 \mu\text{Sv/h} \times 0,8) \approx 1 \mu\text{Sv/h}]$$

- Biztonsági tartaléknak tekinthető, hogy a radiográfiai felvételkészítés a nap bármely szakában történhet, éjszaka is, ezzel szemben a festőműhelyben dolgozók naponta csak 8 órát dolgoznak, és éjszaka csak ritkán.

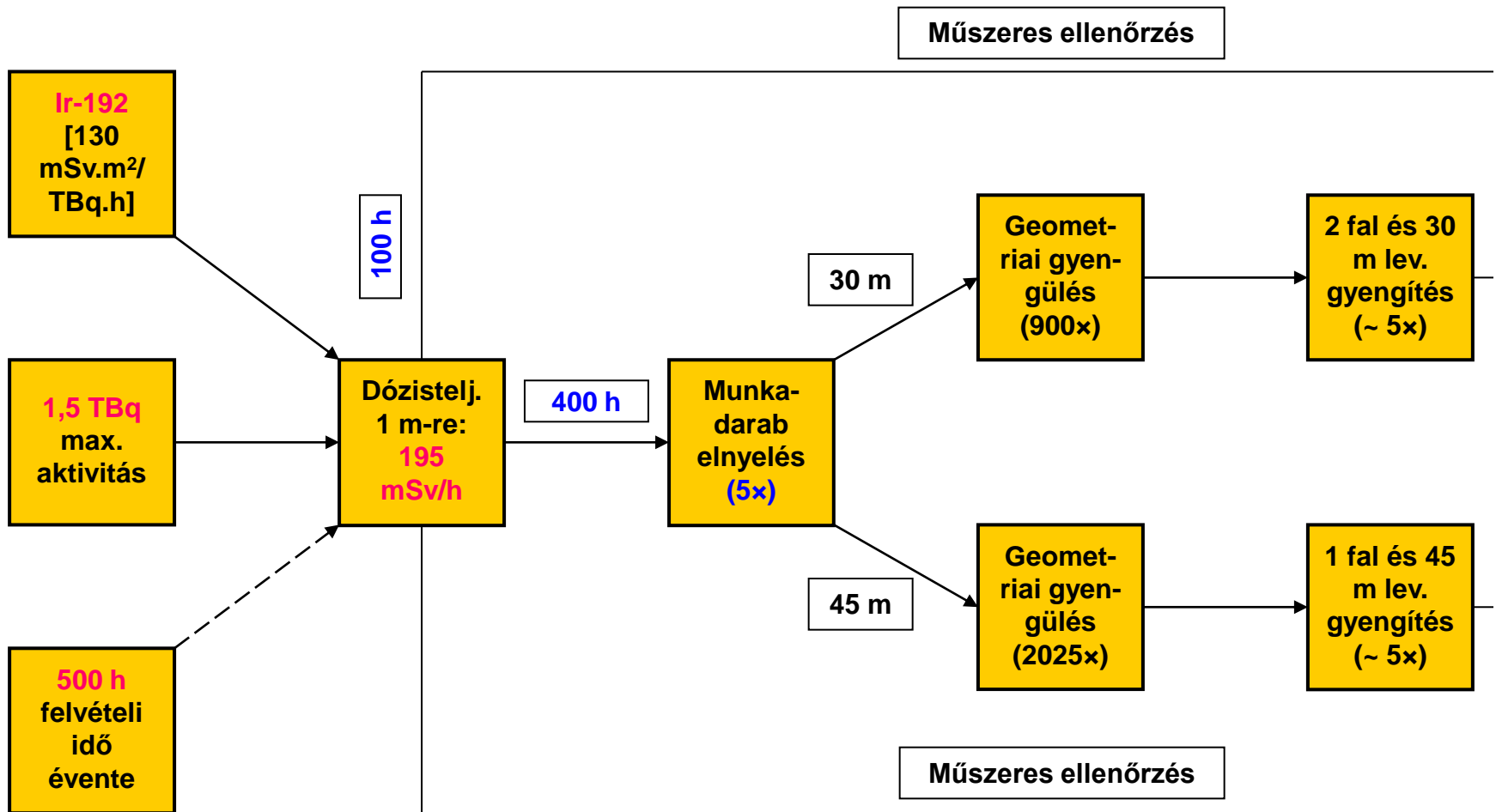
GYAKORLATI MEGFONTOLÁSOK A DOZIMETRIAI CÉLOK ELÉRÉSÉHEZ

- Egy 1,5 TBq aktivitású, gyengítetlen Ir-192 sugárforrástól 1 m-re **195 mSv/h** dózisteljesítmény mérhető.
- Az Ir-192 sugárforrásra az acél felező rétegvastagsága **1,3 cm**, a tizedelő rétegvastagság pedig **4,3 cm**.
- **Feltételeztük, hogy a festőműhely dolgozói teljes munkaidejükben mindig a dozimetriai szempontból legkedvezőtlenebb helyeken tartózkodnak.**
- A festőműhely kivételével a csarnoktól az összes lehetséges irányban **45 m-es tartózkodási távolsággal számoltunk**, és feltételeztük az ún. „négyzetes távolságtörvény” érvényességét.
- Előzetes mérések alapján a csarnok falának és a **45 m-nyi** levegőnek (ideiglenes helyszínek), illetve a két csarnok falának és a **30 m-nyi** levegőnek (festőműhely) **ötszörös** sugárzásgyengítést feltételeztünk.

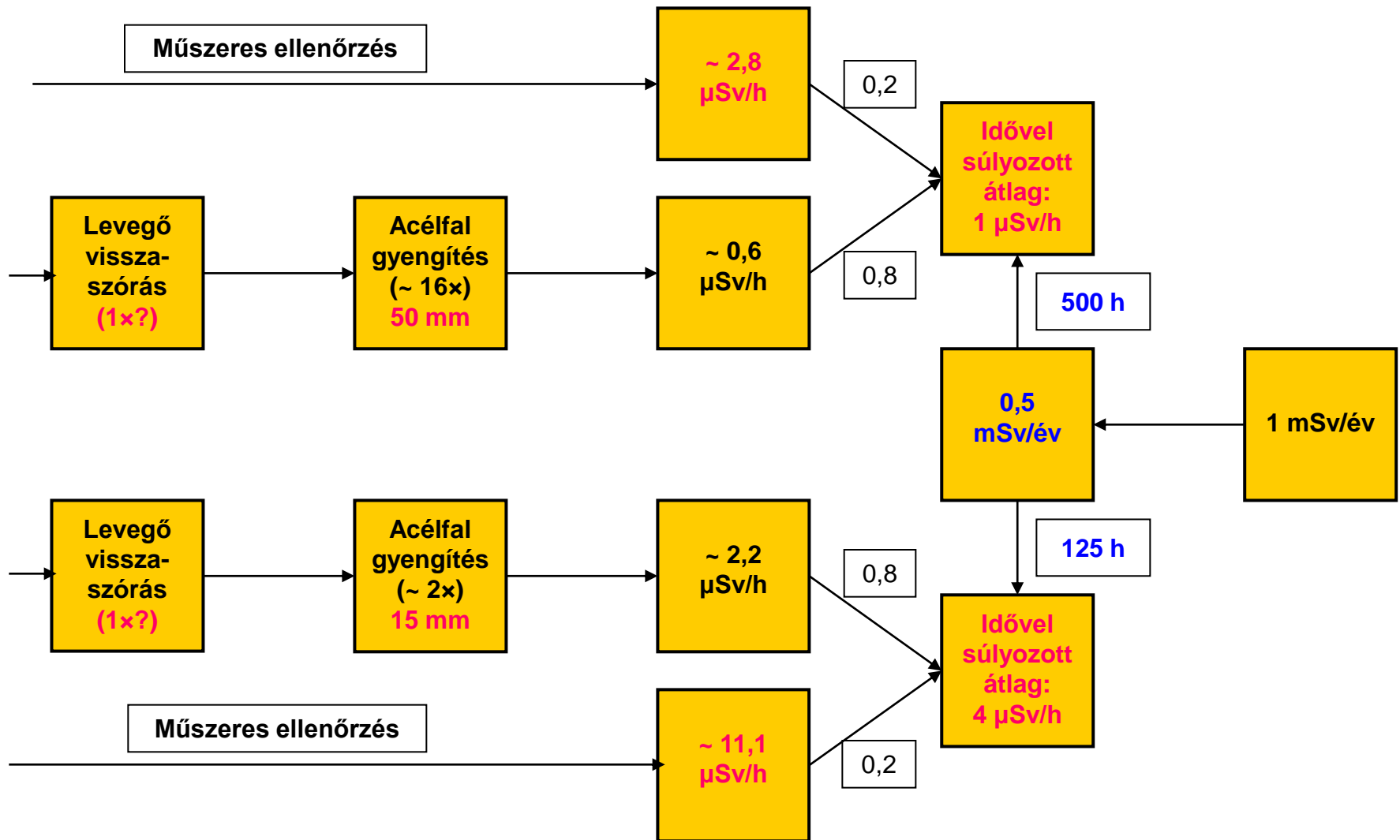
A FELVÉTELKÉSZÍTÉSI HELYSZÍN LEÍRÁSA

- A számítások alapján a felvételkészítési helyszínen
 - északi, keleti és déli falának (az ideiglenes helyszínek irányába **közel kétszeres** (1,7) gyengítést,
 - a festőműhely felé pedig **mintegy tizenhatszoros** (15,6) gyengítést kell biztosítani, és ehhez
 - ~ **15 mm**, illetve
 - ~ **50 mm** vastagságú acél szükséges.
- A tervezett helyszínen nem tekinthető az MSZ 14349:1999 szerint sem radiográfiai laboratóriumnak, sem állandó radiográfiai munkaterületnek vagy alkalmi helyszínenek.
- **Megjegyzés:**
A terv előre tudottan tartalmazott egy bizonytalansági tényezőt, mivel nem tudtuk figyelembe venni a festőműhelybe felülről visszaszóródó sugárzás arányát.

A SUGÁRVÉDELMI TERVEZÉS FOLYAMATA I.



A SUGÁRVÉDELMI TERVEZÉS FOLYAMATA II.









A MUNKAHELY DOZIMETRIAI BEMÉRÉSE

- Az alkalmazott **Ir-192** sugárforrás aktivitása **1,40 TBq** volt. (Korrekciós szorzófaktor: **1,071**)
- **A csarnok tökéletesen üres volt, tehát eltávolításra kerültek a csőhajlító gépek és a csövek.**
- **A csarnok és a műhely közötti útról eltávolításra került a 2 db „20 lábas” szerszámtároló konténer.**
- A **2 mm** átmérőjű és **2,25 mm** magasságú aktív mérettel rendelkező sugárforrás kivezérlési magassága **1 m** és **1,5 m** volt, **függőleges tengellyel**, a 6×6 m-es térrész közepén.
- Az alkalmazott mérőműszer egy hiteles, **FAG** gyártmányú, **FH 40 F2** típusú volt, amelyet ún. „**400 beütéses**” integráló üzemmódban használtunk, ami **5 %** statisztikus hibát eredményezett.
- **(A műszer foton-ekvivalens dózist mér, ami kb. 10 %-kal kisebb a környezeti dózisegyenértéknél!)**

A DOZIMETRIAI BEMÉRÉSEK EREDMÉNYEI I.

Helyszín	A csarnokon belül, a sugárforrás kivezér- lési helye	A Rotary Zrt.-vel közös kerítés mentén (K)	A veszélyes hulladék-tároló és emulzió raktár (É)	A leseleztezt anyagok, eszközök raktára (É)	A festék-tároló és vegyi- anyag raktár (DK)	A kompresszor- és kazánház sarka (DNY)
Dozimetriai célkitűzés	2 mSv/h	11,1 μSv/h	11,1 μSv/h	11,1 μSv/h	11,1 μSv/h	11,1 μSv/h
A mért (korigált) értékek	~ 150 μSv/h	2,03-7,53 μSv/h	2,60-3,14 μSv/h	1,43 μSv/h	3,49-6,71 μSv/h	3,13 μSv/h

A DOZIMETRIAI BEMÉRÉSEK EREDMÉNYEI II.

* 1,5 m-es kivezérési magasságnál, az ablaktól kb. 3-4 m-re

Helyszín	A festőműhelynek a csarnok felé néző fala (kívül)	1 m-re a festőműhely ablakától, 1 m ill. 1,5 m kiv. mag. esetén	A festőműhelyen belül, a legrosszabb helyen* (padozat)	A festőműhelyen belül, a legrosszabb helyen* (gonád)	A festőműhelyen belül, a legrosszabb helyen* (mellkas)	A festőműhelyen belül, a legrosszabb helyen* (2 m)
Dozimetriai célkitűzés	-	2,8 μSv/h	2,8 μSv/h	2,8 μSv/h	2,8 μSv/h	2,8 μSv/h
A mért (korigált) értékek	5,75-8,81 μSv/h	1,99-3,84 illetve 3,41-4,18 μSv/h	1,55 μSv/h	3,33 μSv/h	4,19 μSv/h	4,76 μSv/h

A DOZIMETRIAI BEMÉRÉSEK ÉRTÉKELÉSE I.

- A kialakított új munkahely környezetében ideiglenesen tartózkodó személyek részére maradéktalanul teljesülnek a dozimetriai célkitűzések.
- A munkahely környezetében lévő festőműhelyben, állandóan a legkedvezőtlenebb helyen tartózkodó munkavállalók esetén, 1,5 m magasságba kivezérelt sugárforrás esetén mintegy másfeles faktossal nem teljesülnének az eredeti dozimetriai célkitűzések.
- 0,5 m és 1 m közötti kivezérlési magasságok esetén, amennyiben a kivezérlési pont a lehető legközelebb van a festőműhelyhez, a dozimetriai célkitűzések már maradéktalanul teljesülnek a festőműhelyben is.
- Több ponton is mérve, megállapítható, hogy a festőműhelyben a dózisteljesítmény a padozattól mért magassággal együtt növekszik.

A DOZIMETRIAI BEMÉRÉSEK ÉRTÉKELÉSE II.

- Habár pontos elemző mérések végzésére nem volt lehetőségünk, nagy biztonsággal azt valószínűsítjük, hogy a levegőből és/vagy a festőműhely tetőszerkezetéről visszavert sugárzás részaránya nagyobb, mint amekkorát a tervezésnél feltételeztünk.
- Minden olyan esetben, amikor van valamilyen bizonytalansági tényező a sugárzási tér becslésekor (számításakor), feltétlenül indokolt a konzervatív dozimetriai modellek alkalmazása.
- A DKG-EAST Zrt. tudatos politikája eredményeképpen a festőműhely dolgozói tisztában vannak azzal, hogy őket a lakossági átlagot meghaladó, de a lakossági dóziskorlátot meg sem közelítő sugárzás éri.
- Az MSSZ tartalmazza mindazon szabályokat, amelyek az ésszerűen elérhető legalacsonyabb dózist eredményezik.

ÖSSZEFOGLALÁS

- Az első helyszíni szemlétől a dozimetriai bemérésig tartó két és fél hónap alatt sikerült kialakítani egy olyan új típusú gamma-radiográfiai munkahelyet, amelyik az MSZ 14349:1999 szabvány szinte egyetlen követelményét sem teljesíti, mégis mind a radiológusok, mind a környezetben tartózkodók (dolgozók) részére biztosítja a szükséges és elegendő sugárvédelmi biztonságot.
- Az új munkahely kialakításának teljes költsége kevesebb, mint 6 millió forint volt, de ennek jelentős része is visszatérül, ha egyszer majd elbontják a sugárzásárnyékoló térrészt.
- Habár rendkívül nagy biztonsággal állítható, hogy megfelelő az új típusú munkahely sugárvédelme, problémaként észrevételezzük, hogy ma Magyarországon nem érhető el olyan személyi dozimetriai módszer, amellyel a lakossági dóziskorlát teljesülése ellenőrizhető lenne.

Köszönjük a megtisztelő figyelmet!