

Dr. Gyulai Gábor*

Az RDC III dozimetriai rendszer alkalmazhatóságának vizsgálata, 20 évvel a modernizálása után II. rész

A cikk előző részében röviden összefoglaltam az RDC III rendszer eredeti, valamint felújítás utáni képességeit. Az akkori Haditechnikai Intézet munkatársaként én voltam a téma felelőse az első részben ismertetett modernizációs projektnek. Mintegy 20 év elteltével azért ébredt fel bennem a szakmai kíváncsiság, hogy ellenőrizsem, vajon milyen állapotban lehetnek most ezek az eszközök. Így, a Gamma Műszaki Zrt. bázisán és munkatársainak segítőkész közreműködésével megvizsgáltam a Magyar Honvédség Logisztikai Központ által rendelkezésemre bocsátott 4 db RDC III AGM készüléket (készletet) az ugyanacsak tőlük kapott 400 db RDC III D doziméter felhasználásával. A tanulmány második része a 2020-ban végrehajtott vizsgálatokról, azok eredményeiről, illetve az eredményekből levonható következtetésekről szól.

Az RDC III AG készülék első három példányának elkészülését a haditechnikai ellenőrző vizsgálatok és a csapatpróba követte. A csapatpróbára bocsátás elengedhetetlen feltételeként, laboratóriumi körülmények között sikeresen végrehajtottuk a metrológiai, mechanikai igénybevételi stb. követelményeknek való megfelelés ellenőrzését.

Az RDC RENDSZER 2020-BAN VÉGREHAJTOTT VIZSGÁLATAI

A vizsgálatok megtervezéséhez, illetve végrehajtásához az eszköz Technológiai Utasításában (a továbbiakban: TU) [1] leírtakat vettem alapul. Az abban megfogalmazottak értelmében a műszer paramétereinek ellenőrzését az alábbi referencia-feltételek mellett végeztem:

- környezeti hőmérséklet: 23 ± 2 °C,
- relatív páratartalom: 45% – 80%,
- légnyomás: 860–1060 hPa,
- névleges tápfeszültség: $24 \pm 0,2$ V,
- a doziméterek besugárzására használt sugártér bizonytalansága kisebb volt 5%-nál.

A klimatikai feltételek teljesülését a vizsgálatok során a követelményeknek megfelelően biztosítottam, illetve ellenőriztem. A Budapest Főváros Kormányhivatala Metrológiai és Műszaki Felügyeleti Osztály által 2020. 02. 03-án kiállított Kalibrálási Bizonyítvány alapján az alkalmazott besugárzó megfelelt a követelménynek.

Az elvégzendő vizsgálatok három csoportra oszthatók:

- mérés technikai jellegű,
- mechanikai jellegű,
- szoftverek ellenőrzésére vonatkozó vizsgálatok.

A fejlesztési folyamat során valamennyi vizsgálatot maradéktalanul elvégeztem, azonban jelentős részük megismétlése a tárolási feltételek teljesülése miatt nem látszott szükségesnek.

MÉRÉSTECHNIKAI VIZSGÁLATOK

A vizsgálatokat az eszközök bekapcsolásával, majd „Kalibrálás” üzemmódba állítással kezdtem. Mind a négy eszköz előírás szerűen kezelhető volt, a megfelelő időben a megfelelő hangjelzéseket adta és a kijelzőkön is az előírt információk voltak olvashatók. Mindössze annyi eltérést tapasztaltam, hogy a műszerek belső órái néhány perccel eltértek a pontos időtől, ezért a beállító szoftver segítségével átállítottam az órákat. Ezzel egyúttal arról is meggyőződhettem, hogy a beállító szoftver működik, illetve annak futtatásakor megfelelően reagálnak a műszerek.

A vizsgálatokat az ellenőrző készletben található „LSS1–LSS7” jelű „etalonok” alkalmazásával folytattam. Az ellenőrző készletbe tartozó „rdcell” program segítségével kiszámoltam az „LSS2–LSS4” jelű „etalonok” aktuális értékét. (Ezekben az „etalonokban” trícium található, tehát a fényszerűjük folyamatosan csökken.) A kiszámolt értékekhez hozzáadtam a maximálisan megengedett $\pm 10\%$ -os hiba-

1. táblázat. Az ellenőrző készlet etalonjaival végzett vizsgálatok eredményei

Etalon (fényforrás)	Előírt kijelzés	1. műszer	2. műszer	3. műszer	4. műszer
LSS1	max. 400 μ Gy	< 100 μ Gy	< 100 μ Gy	< 100 μ Gy	< 100 μ Gy
LSS2	13,1...16,1 mGy	20,2 mGy	19,1 mGy	26,0mGy	26,7 mGy
LSS3	160...196 mGy	230 mGy	221 mGy	302 mGy	309 mGy
LSS4	482...589 mGy	744 mGy	716 mGy	977 mGy	997 mGy
LSS5	700 ... 1300 Gy	~912 Gy	~668 Gy	~1,2 kGy	~976 Gy
LSS6	„Doziméter hiba!”	„Doziméter hiba!”	„Doziméter hiba!”	„Doziméter hiba!”	„Doziméter hiba!”
LSS7	< 100 μ Gy	< 100 μ Gy	< 100 μ Gy	< 100 μ Gy	< 100 μ Gy

* Nyá. ezredes. ORCID: 0000–0001–9598–1187

határokat. Az 1. táblázat második oszlopa az így számított intervallumokat tartalmazza.

Megállapítások: Mind a négy műszer az előírásoknak megfelelően felismerte az „etalonokat”, és ezt ki is jelezte. Az „LSS2...LSS4” jelű „etalonok” kivételével valamennyi esetben az elvárt információk jelentek meg a műszerek kijelzőjén. A tríciumot tartalmazó „etalonok” esetében mindegyik műszer többet mutatott az előírt értéknél. Ez meglepett, hiszen a trícium bomlásából adódóan inkább kisebb értékeket kellett volna kapnom. Úgy vélem, hogy az okok a trícium bomlási állandójának korrekciós értékeiben (tehát az „rdcell” programban) keresendők. Ezzel a problémával most nem foglalkoztam, mivel elsősorban az RDC III rendszer alkalmazhatóságára voltam kíváncsi, nem pedig arra, hogy az egyébként másodlagos funkcionalitású „ellenőrző készlet” egyes elemei miként használhatóak.

A további vizsgálatokkal elsősorban az eszközrendszer pontosságát, reprodukáló képességét, linearitását, illetve méréshatárait kívántam ellenőrizni. Abból a – tapasztalatokkal is alátámasztott – feltételezésből indultam ki, hogy a mangánnal adalékolt kristályos kalciumfluorid (CaF₂:Mn) stabil vegyület, annak öregedését csak a kifűtések száma (200 fölötti) befolyásolhatja negatívan.

A 4 db százas csomagból véletlenszerűen kiválasztott 15-15 db (összesen 60 db) dozimétert használtam a vizsgálatokhoz. Első lépésként mindegyiket kinyitottam és multiméterrel megmértem a fűtőszálak ellenállását. Az értékek 9,3–11,3 Ω között szóródtak, így megfeleltek a TU-ban megengedett ellenállás-tartománynak, amely érték: 7–12 Ω. Miután ilyen módon megbizonyosodtam kiértékelhetőségükről, valamennyi dozimétert kifűtöttem a használaton kívül összegyűjtött dózisok „kitörlése” érdekében. A kifűtést rövid idővel később megismételtem annak érdekében, hogy a TL anyag energiacsapdái még hatékonyabban kiürüljenek. Ezt, a rövid időn belüli újbóli kifűtést azért is fontosnak tartottam, mert így a doziméterek esetleges fűtőszálhibái nagyobb valószínűséggel jelentkezhetnek.

A műszerek kalibrációs rendszerének besabályozásával nem foglalkoztam, mivel vizsgálataim célja annak megállapítása volt, hogy az évekig raktárakban – mindenféle metrológiai ellenőrzés, újrakalibrálás nélkül – tárolt eszközök most miként teljesítik az előírt követelményeket.

A további vizsgálatokhoz a besugárzásokat összesen hét névleges dózissal ($D_{névl}$) végeztem:

- a) A dózismérés reprodukálhatóságának meghatározásához: 50 mGy.
- b) Az alsó kijelzési tartomány vizsgálatához: 200 μGy.
- c) Az alsó méréshatár vizsgálatához: 500 μGy.
- d) A mérési tartomány köztes értékeinek vizsgálatához: 5 mGy; 500 mGy; 6 Gy.
- e) A felső méréshatár, illetve a felső kijelzési tartomány vizsgálatához: 10 Gy.
- f) Egyéb vizsgálatokhoz (ahol besugárzásra volt szükség): 50 mGy.

6. ábra. A kiolvasó eszközök a laboratóriumban



A besugárzás-kiolvasás ciklust 15-15 db doziméterrel megismételtem mind a 4 kiolvasó esetében. Az f) vizsgálat kivételével a kiolvasókhoz ugyanazt a 15-15 dozimétert használtam.

a) A dózismérés reprodukálhatóságának meghatározása

A 4x15 db dozimétert besugároztam ($D_{névl} = 50$ mGy), majd kiolvastam. Ezt még kétszer megismételtem, majd mind a négy műszer esetében meghatároztam a kiolvasott értékek átlagát mérési sorozatonként, és az összes kiolvasásra:

$$K_{0n} = \sum_{i=1}^{15} \frac{K_i}{15} \text{ és } K_0 = \sum_{n=1}^3 \sum_{i=1}^{15} \frac{K_i}{45},$$

ahol

$n = 1, 2, 3,$

K_i – a vizsgálat során leolvasott egyes értékek,

K_{0n} – a leolvasott értékek átlaga az $n = 1.; 2.; 3.$ mérési sorozatban,

K_0 – a leolvasott értékek átlaga.

A fenti értékekből határoztam meg a dózismérés reprodukálhatóságát:

$$h_m[\%] = \frac{K_{0n} - K_0}{K_0} \cdot 100,$$

ahol

h_m – az egyes mérési sorozatok reprodukálhatóságából adódó mérési bizonytalanság.

A vizsgálatok során a dózismérés reprodukálhatóságának (h_r) a legnagyobb abszolút értékű h_m -t tekintem. Az eredményeket a 2. táblázat tartalmazza.

2. táblázat. A $D_{névl} = 50$ mGy-hez tartozó mérési eredmények átlagai, eltéréseik a névleges értéktől (δ), valamint az egyes műszerek maximális mérési bizonytalansága (h_r)

A műszer sorszáma	K_{01} [mGy]	K_{02} [mGy]	K_{03} [mGy]	K_0 [mGy]	δ [%]	h_r [%]
1.	43,2	42,0	42,0	42,4	-15,2	1,89
2.	46,2	44,5	45,6	45,4	-9,2	1,98
3.	52,5	51,6	51,4	51,8	+3,6	1,35
4.	54,4	54,4	53,6	54,1	+8,2	0,92

A táblázatból kitűnik, hogy az egyes műszerek mérési bizonytalanságának százalékos aránya és önmagukhoz képesti reprodukáló képessége nagyon jó! Azonban az is kiolvasható a táblázatból, hogy a névleges értékhez képest az egyes műszerek nagyon eltérően mérnek. Az 1. számú készülék esetében 22 darab érték esetében volt ±15%-nál nagyobb az eltérés a 60 mérésből. Ezek az eltérések szignifikánsnak mondhatók, azonban a műszerek kalibrációs rendszerének ismételt besabályozása révén könnyen kiküszöbölhetők. Az „aluméró” műszerek esetében az is lehetséges, hogy a fotoelektron-sokszorozó „ablaka” szennyeződött el, tehát a korrekciót mindenképpen annak tisztításával érdemes kezdeni.

A mérési tartomány ellenőrzése során – a TU előírásainak megfelelően – a készülékek relatív alaphibáját (h) az alábbi képletek alapján határoztam meg:

$$K_{0n} = \sum_{i=1}^{15} \frac{K_i}{15}, \text{ és } h[\%] = \frac{K_{0n} - D_{névl}}{D_{névl}} \cdot 100$$

A készülékek a mérési tartományra és a relatív alaphibára vonatkozó követelményt akkor elégtik ki, ha

$$h \leq \pm h_0 \pm E + h_r$$



ahol

h_0 – az eszköz adott tartományára vonatkozó alaphiba,
 E – a sugárter bizonytalansága ($\pm 5\%$),
 h_r – a reprodukáló képességből adódó mérési bizonytalanság (ld. 2. táblázat utolsó oszlopa).

b) Az alsó kijelzési tartomány vizsgálata

A 4×15 db dozimétert besugároztam ($D_{névl} = 200 \mu\text{Gy}$), majd kiolvastam. A mérési eredményeket a 3. táblázat tartalmazza. Az eszköz a kijelzési tartományban, tehát a $100\text{--}400 \mu\text{Gy}$ közötti értékek elé „~” jelet ír, a kijelzési tartomány alatti értékek esetében „<100” jelenik meg a kijelzőn. Ebben a tartományban a megengedett maximális hiba: $\pm 25\%$, ami ebben a mérési sorozatban $150\text{--}250 \mu\text{Gy}$ -t jelent. A dózistér hibájával, illetve a h_r értékekkel korrigált értékek ennél lényegesen nagyobbak. Ezeket, valamint az ezekből számolt intervallumokat (h_i) tüntettem fel a 3–8. táblázatok utolsó két oszlopában.

3. táblázat. A $D_{névl} = 200 \mu\text{Gy}$ -hez tartozó mérési eredmények minimum- és maximumértékei, valamint átlagai

A műszer sorszáma	min. [μGy]	max. [μGy]	átl. [μGy]	h [%]	h_i [μGy]
1.	<100	~295	~188	31,89	129–248
2.	<100	~310	~229	31,98	156–302
3.	~172	~311	~252	31,35	173–331
4.	~199	~391	~274	30,92	189–359

Az 1. és 2. műszer 1-1 doziméter esetében $100 \mu\text{Gy}$ alatti értéket jelzett, ami azt jelenti, hogy a „pontos értéket” még $\pm 25\%$ -os hibával sem tudhatjuk. Az átlagszámításnál $100 \mu\text{Gy}$ -el számoltam, amiből az következik, hogy a tényleges átlag a számított átlagnál is alacsonyabb – bár csak néhány ezrelékkal, ami ebben az esetben elhanyagolható. A táblázat adataiból kiolvasható, hogy valamennyi műszer átlaga benne van h_i tartományban. A szórásokat tekintve már némileg rosszabb a helyzet. Az 1. műszer esetében 4 érték lefelé, 3 pedig fölfelé tér el a h_i tartomány határaitól. A 2. műszer esetében 2-2 érték le-, és fölfelé, a 3. műszer esetében lefelé 1, a 4. eszköznél pedig 1 érték fölfelé tér el.

c) Az alsó méréshatár vizsgálata

A 4×15 db dozimétert besugároztam ($D_{névl} = 500 \mu\text{Gy}$), majd kiolvastam. A mérési eredményeket a 4. táblázat tartalmazza. A mérési tartományban a megengedett maximális hiba: $\pm 15\%$, h , illetve h_i értékek kiszámolásához ezt használtam.

4. táblázat. A $D_{névl} = 500 \mu\text{Gy}$ -hez tartozó mérési eredmények minimum- és maximumértékei és átlagai

A műszer sorszáma	min. [μGy]	max. [μGy]	átl. [μGy]	h [%]	h_i [μGy]
1.	392	563	481	21,89	376–586
2.	454	584	530	21,98	414–647
3.	455	675	578	21,35	455–701
4.	545	692	614	20,92	486–742

A táblázat adataiból kiolvasható, hogy valamennyi műszer esetében a mérések átlaga benne van a h_i tartományban. A szórások tekintetében ez esetben sokkal jobb értékek adódtak, mint az előző sorozat esetében, nincs kiugró érték. Az átlagtól lényegesen eltérő értékekkel kapcsolat-

ban megfigyeltem, hogy általában ugyanaz a néhány doziméter okozza a kiugró értékeket.

d) A mérési tartomány köztes értékeinek vizsgálata

1. A 4×15 db dozimétert besugároztam ($D_{névl} = 5 \text{ mGy}$), majd kiolvastam. A mérési eredményeket az 5. táblázat tartalmazza. A mérési tartományban a megengedett maximális hiba: $\pm 15\%$, tehát h , illetve h_i értékek kiszámolásához most is ezt használtam.

5. táblázat. A $D_{névl} = 5 \text{ mGy}$ -hez tartozó mérési eredmények minimum- és maximumértékei, valamint átlagai

A műszer sorszáma	min. [mGy]	max. [mGy]	átl. [mGy]	h [%]	h_i [mGy]
1.	3,65	4,96	4,26	21,89	3,33–5,19
2.	3,97	5,22	4,60	21,98	3,59–5,61
3.	4,49	5,88	5,20	21,35	4,09–6,31
4.	4,87	6,47	5,51	20,92	4,36–6,66

Ebben a mérési sorozatban is valamennyi mért érték és az átlagértékek is a h_i intervallumon belül estek.

2. A 4×15 db dozimétert besugároztam ($D_{névl} = 500 \text{ mGy}$), majd kiolvastam. A mérési eredményeket a 6. táblázat tartalmazza.

6. táblázat. A $D_{névl} = 500 \text{ mGy}$ -hez tartozó mérési eredmények minimum- és maximumértékei, valamint átlagai

A műszer sorszáma	min. [mGy]	max. [mGy]	átl. [mGy]	h [%]	h_i [mGy]
1.	333	443	388	21,89	303–473
2.	371	501	443	21,98	386–540
3.	452	562	506	21,35	398–614
4.	497	644	545	20,92	431–659

A táblázat adataiból kiolvasható, hogy valamennyi műszer esetében a mérések átlaga benne van a h_i tartományban. A szórások tekintetében most csak egy kiugró érték volt. Az átlagtól lényegesen eltérő értékekkel kapcsolatban megfigyeltem, hogy általában ugyanaz a néhány doziméter okozza a kiugró értékeket. A 2. műszer esetében most is ugyanaz a doziméter volt hibás, mint két korábbi esetben is. Ennek a doziméternek az értékei mindig az alsó határ közelében voltak, ott azonban jól szórta. Ebből az következik, hogy egy „testreszabott” kiolvasó algoritmussal korrekciót eredményezne lenne képes.

A többi műszerrel kapcsolatban is megállapítható, hogy a hozzájuk használt doziméterek közül mindig ugyanaz a 2-4 db nyújtja el az egyébként sokkal pontosabb szórás képét.

3. A 4×15 db dozimétert besugároztam ($D_{névl} = 6 \text{ Gy}$), majd kiolvastam. A mérési eredményeket a 7. táblázat tartalmazza.

7. táblázat. A $D_{névl} = 6 \text{ Gy}$ -hez tartozó mérési eredmények minimum- és maximumértékei, valamint átlagai

A műszer sorszáma	min. [mGy]	max. [mGy]	átl. [mGy]	h [%]	h_i [Gy]
1.	4,01	5,53	4,59	21,89	3,58–5,59
2.	4,36	5,72	4,98	21,98	3,88–6,07
3.	4,79	6,85	6,02	21,35	4,73–7,31
4.	5,79	7,09	6,35	20,92	5,02–7,68

Ebben a mérési sorozatban is valamennyi mért érték és az átlagértékek is a h_i intervallumon belül estek.

e) A felső méréshatár, illetve a felső kijelzési tartomány vizsgálata

A 4×15 db dozimétert besugároztam ($D_{névl} = 10$ Gy), majd kiolvastam. A mérési eredményeket a 8. táblázat tartalmazza. A mérési tartományban a megengedett maximális hiba: ± 15%, ami ebben a mérési sorozatban 8,5...11,5 Gy-t jelent. A 10 Gy fölötti értékek esetében a műszerek megengedett alaphibája, $h_o = +15 \dots -30\%$. Ez utóbbi értéket h_i értékének meghatározásakor nem vettem figyelembe. Mivel a műszerek felső méréshatára 10 Gy, az e fölötti értékek esetében a kijelzőn „~” jel látható a kiírt érték előtt.

8. táblázat. A $D_{névl} = 10$ Gy-hez tartozó mérési eredmények minimum-, maximumértékei, valamint átlagai

A műszer sorszáma	min. [mGy]	max. [mGy]	átl. [mGy]	h [%]	h_i [Gy]
1.	6,52	9,04	7,62	21,89	5,95–9,29
2.	6,86	9,55	8,14	21,98	6,35–9,93
3.	8,57	~11,10	9,82	21,35	7,72–11,92
4.	9,09	~12,30	~10,14	20,92	8,02–12,26

Ebben a mérési sorozatban is valamennyi mért érték és az átlagértékek is a h_i intervallumon belül estek.

A fenti mérési sorozatot követően a doziméterek közül véletlenszerűen kiválasztottam 12 db-ot és újabb besugárzás nélkül ismételt kiértékeltem. A kijelzett érték minden alkalommal „<100” volt. Ezzel megbizonyosodhattam arról, hogy a nagy dózissal történt besugárzást és kiolvasást követően sem olvasható ki a doziméterekből kimutatható mennyiségű dózis.

f) Egyéb vizsgálatok

Mivel az egyes műszerekhez az eddigi mérések során ugyanazokat a dozimétereket használtam, célszerűnek látszott megvizsgálni, hogy milyen eredményre vezetne, ha más-más műszerrel végezném el a kiértékelést. Ehhez a 4×15 db dozimétert besugároztam ($D_{névl} = 50$ mGy), majd kiolvastam, de nem az addig használt műszerrel. Ez lett a „B” jelű sorozat. Az „A” jelű sorozat értékeit a legelső mérési sorozatok adataiból (K_o) vettem át. A mérési eredményeket a 9. táblázat mutatja. Az első oszlopban a műszerek sorszáma mögött a doziméter-sorozatok száma szerepel.

9. táblázat. A $D_{névl} = 50$ µGy-hez tartozó mérési eredmények minimum- és maximumértékei, valamint átlagai más-más műszerekkel kiolvasva

műszer/ doziméter	min. [mGy]	max. [mGy]	átl. [mGy]	eltérés [%]
1. A	35,3	57,5	42,4	-2,1
1. B	36,8	49,6	41,5	
2. A	39,3	51,1	45,4	-4,8
2. B	34,8	50,0	43,2	
3. A	45,8	57,7	51,8	+1,9
3. B	47,0	58,8	52,8	
4. A	48,9	63,9	54,1	+3,3
4. B	51,1	64,5	55,9	

A mérési eredmények azt az előzetes feltételezést igazolják, hogy a műszerek által mért eredmények pontossága csak csekély mértékben függnek az általuk kiértékelt doziméterektől. Ez különösen helytállóan tekinthető, ha figyelembe vesszük, hogy a gyártó a doziméterekre ± 20%-os alaphibát ad meg.

AZ A–F VIZSGÁLATOKBÓL, ILLETVE AZOK EREDMÉNYEIBŐL LEVONHATÓ ÁLTALÁNOS KÖVETKEZTETÉSEK

Az elvégzett vizsgálatok bebizonyították, hogy a műszerek reprodukáló képessége kielégíti a követelményeket. Vizsgálataim során elsősorban erre voltam kíváncsi, ezért nem a névleges értékekhez hasonlítottam az eredményeket, hanem az átlagokhoz. Azonban arra is egyértelműen fény derült, hogy az eszközök csak önmagukhoz képest mérnek jól, az elméleti értékektől sok esetben az elvárhatónál jobban eltérnek. Ez indokoltá teszi a kiolvasók 2–3 évenkénti ellenőrzését, szükség szerinti beállítását.

Az egyes műszerek pontosságával és gyártási idejével, illetve sorozatával nem találtam semmilyen összefüggést. Ebből arra a következtetésre jutottam, hogy az eltérésekért az egyes műszerek egyedi tulajdonságai a felelősek, amelyeket – nagy valószínűséggel – az eszközök átvizsgálásával, kalibrációs rendszerük újra beállításával ki lehet küszöbölni.

A mérések során valamennyi műszer kijelzője kifogástalanul működött: mindig az adott funkciónak, illetve eredménynek (100 µGy alatti értékek esetén: „<100”; 100–400 µGy között, valamint 10 Gy fölött „~”) megfelelő karakterek jelentek meg. A megfelelő gombkombináció segítségével a háttérvilágítás fényereje is szabályozható volt.

Pozitív megállapításokat tudtam tenni a kiolvasók hangjelzési funkciójával kapcsolatban is: a mérések alkalmával mind a négy műszer mindig a beállított riasztási küszöböknek megfelelően adott hangjelzést.

A MECHANIKAI TULAJDONSÁGOK VIZSGÁLATAI

A mechanikai vizsgálatok esetében elsősorban arra voltam kíváncsi, hogy a doziméterek zártaságát biztosító O-gyűrűk milyen állapotban vannak, illetve a kiolvasók esetében a készülék ajtaja miként képes ellátni feladatát. Ezek az eszközök (doziméterek és a kiértékelők eredeti mechanikai konstrukciója) mintegy 35 évesek.

- A doziméterek O-gyűrűinek vizsgálatához véletlenszerűen kiválasztottam 30 db-ot azok közül, amelyeket a fenti vizsgálatok során többször is használtam. Ezeket a kiolvasó ajtajába helyezve ötvenszer egymás után kinyitottam-becsuktam. Ezt követően 1 méter mély vízbe tettem, majd 1 óra elteltével, kivéve a vízből kinyitottam a dozimétereket, hogy megnézzem, került-e nedvesség a belsejükbe. Nedvesség nyomát egyik doziméter belsejében sem találtam, tehát ez a vizsgálat igazolta az O-gyűrűk állapotával kapcsolatos azon hipotézisemet, amely szerint ezek tömítő képessége még mindig megfelelő.
- A kiolvasók esetében nem tudtam a fentiekhez hasonlóan objektív vizsgálati algoritmust felállítani. Ezért a használhatóságot biztosító ajtórogzítók, rugók, valamint a kihúzótüske alkalmasságát vizsgáltam. Ezeket nem önálló vizsgálatként végeztem, hanem a méréstechnikai vizsgálatok során figyeltem meg a működésüket. Kiolvasónként legalább 150 alkalommal került erre sor. Mindegyik készülék ajtaja kifogástalanul működött. A 3. számú műszer esetében azonban azt tapasztaltam, hogy az ajtó

kinyitását nem minden esetben (10-ből 1-2 alkalommal) jelezte a készülék kijelzője. Az ajtó becsukása és ismételt kinyitása megszüntette a hibajelenséget. Feltételezésem szerint ez a rendellenesség nem közvetlenül az ajtó működéséhez köthető mechanikai hiba, hanem az annak állapotát érzékelő elemnek a bizonytalan működésére vezethető vissza. Ez a jelenség – az ajtó ismételt becsukása-kinyitása révén – a vizsgálati sorozat végrehajtását csak időben hátráltatta, más negatív hatása nem volt. Bár a hiba okozta késedelem minimális volt, a készülék mindenképpen ellenőrzésre, javításra szorul.

További vizsgálatok (pl. ütés, rázás, elektromágneses kompatibilitás stb.) végrehajtását nem tartottam szükségesnek. Véleményem szerint ezekre azután kerülhetne sor, miután a műszerek az alábbiakban „a feltétlenül végrehajtásra javasolt változtatásokon” átesetek.

AZ ESZKÖZ ÜZEMELTETÉSÉHEZ SZÜKSÉGES SZOFTVEREK VIZSGÁLATAI

A mérés-technikai vizsgálatok alkalmával sort kerítettem az „rdcbe” és az „rdcell” programok tesztelésére is. Ezek, mint arról az első pontban már beszámoltam, előírásszerűen működtek, rendeltetésszerűen tudtam őket használni – bár a norton commander, illetve a DOS-os alkalmazások használatához némi „időutazásra” volt szükségem emlékeimben. A legnagyobb problémát az jelentette, hogy a programok csak IBM PC AT386, vagy azzal kompatibilis számítógépeken futtathatók, amelyekből már egyre kevesebb üzemképes példány létezik. További gond, hogy az RDC III rendszerhez készletezett programok 3,5” méretű floppy-lemezekre találhatóak, és ezeknek az adathordozókba már nem építik be. A probléma megoldása a programok pendrive-ra történő másolása lehet. Ehhez a problémakörhöz sorolom még azt is, hogy a műszerek (RDC III AGM) és a számítógépek, valamint a külső klaviatúra közti kommunikáció RS-232 szabványú csatlakozókon keresztül történik, amelyek helyét egyre inkább az USB csatlakozók veszik át.

JAVASLATOK

Az eddigi használati tapasztalatok, illetve az elvégzett vizsgálatok alapján az RDC III eszközrendszer további használhatóságának fenntartása-javítása érdekében az alábbiak végrehajtását, illetve változtatását javaslom:

A 20-25 évvel ezelőtt általánosan jól alkalmazható számítástechnikai háttér (pl. AT386-os PC, 3,5”-os floppy-lemez, RS-232 alapú kommunikáció, DOS-os alkalmazások közvetlen használata stb.) mára elavult. Ezért ezen a téren mindenképpen felújításra szorulnak a kiértékelő készülékek. Az RS-232 csatlakozók cseréje USB-re valamint a Windows alatti kezelhetőség megvalósítása nem jelent túlzottan bonyolult feladatot és költségvonzata is elenyésző a realizálható nyereséghez viszonyítva.

- A műszerekben lévő óra IC-k saját tápforrásainak garantált élettartama 10 év. Ezért azok ellenőrzése, szükség esetén cseréje fontos feladat a rendszer alkalmazhatósága szempontjából.
- Az elvégzett vizsgálatok indokoltá teszik a kiolvasók 2-3 évenkénti ellenőrzését, szükség szerinti beszállítást.

- A doziméterek egyedi azonosítójával egyidejűleg el lehetne tárolni azok egyedi érzékenységeinek mértékét is, amelyet előzetesen meg lehet határozni. Így lehetőség nyílna arra, hogy a dozimétereket a hozzájuk optimalizált kifizetési algoritmussal lehetne kiértékelni. Ebben az esetben a mérés pontossága, illetve a szóráskép is szignifikánsan javulhatna. Az ezt szolgáló képesség megteremtését a műszerek számítástechnikai rendszerének korszerűsítésével egyidejűleg lehetne végrehajtani. Ennek a képességnek a megvalósulása esetén az RDC III rendszer akár a Magyar Honvédség hatósági gamma-dozimetriai ellenőrzését is képes lehet ellátni.
- A doziméterek kiosztás előtti kifizetésének lényeges meggyorsítása, valamint a kiolvasók kímélése érdekében egy „tömeges kifizető berendezés” fejlesztése célszerű. Véleményem szerint egy optimálisan 10 dozimétert befogadó tokot lehetne kialakítani, amelybe elhelyezett dozimétereket, egy erre a célra kifejlesztett „kályházó-eszközbe” lehetne behelyezni.
- A doziméterek egyedi azonosítóinak leolvasására egy külső szkennert lenne célszerű alkalmazni. Ezzel az esetleges „elgépélések” által keletkező hibákat lehetne kiküszöbölni. Ez a megoldás már korábban is felmerült, de az akkor elérhető eszközök aránytalanul nagy méretűk és alacsony felbontásuk miatt ezt nem tették lehetővé. Az azóta eltelt idő alatt a technika fejlődése ezekre a problémákra megfelelő választ adott.
- Bár a jelenleg alkalmazott tápegységek (mind az RDC III N, RDC III NM) kifogástalanul működnek, ezek helyett (tömegük 5 kg) egy sokkal könnyebb eszköz is kialakítható lenne. A fent felsoroltak közül az első három végrehajtására feltétlenül szükség van, mivel ennek hiányában a rendszer csak részben, illetve nem az elvárt hibahatárokkal képes működni.

ÖSSZEGRÉS

Az elvégzett vizsgálatok alapján egyértelműen kijelenthetem, hogy az RDC III személyi dozimetriai rendszer még mindig képes feladatát ellátni. Azonban ehhez feltétlenül szükségesnek tartom a műszerekben lévő óra IC-k saját tápforrásainak ellenőrzését, szükség esetén cseréjét, a kiértékelők 2 évenkénti ellenőrzését, szükség szerinti beszállítást, valamint a rendszerhez alkalmazott számítástechnikai háttér modernizálását. Megítélésem szerint az első négy végrehajtásra javasolt feladat elvégzését követően az RDC III rendszer akár a Magyar Honvédség hatósági gamma-dozimetriai ellenőrzését is képes lehet ellátni.

Végezetül ezúton kívánok köszönetet mondani a vizsgálatok végrehajtásakor (2020-ban) 100 éves Gamma Műszaki Zrt. azon munkatársainak, akik a fejlesztés során végeztek kiváló munkát, valamint azoknak, akik a fent ismertetett vizsgálatok végrehajtásában segítségemre voltak.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Gyártási és Átvételi Utasítás az AGM típusú egyéni sugáradagmérő kiértékelő készülék „0” sorozat gyártására és átvételére (HTI TU 3195);
- [2] RDC III egyéni sugáradagmérő Műszaki leírás, Kezelési utasítás, Technikai kiszolgálás.