

## PRAVIDELNÉ KONTROLY PŘÍSTROJŮ A SLEDOVÁNÍ METROLOGICKÝCH VLASTNOSTÍ

### REGULAR INSPECTIONS OF INSTRUMENTS AND MONITORING OF METROLOGICAL PROPERTIES

Alena ČTVRTEČKOVÁ  
alena.ctvrteckova@ioolb.izscr.cz

#### Abstract

*The Chemical Laboratory of the Fire Rescue Service (CHL FRS) and its Radiological Emergency Response Team must have its instrumentation regularly checked, calibrated and inspected for response precision. To ensure functionality, repeatability and accuracy of measuring instruments (gauges), it is necessary to periodically check stability of the gauge and record it. Frequency is determined by the user of the gauge and must be such that the gauge's incorrectness is detected in a timely manner.*

#### Key words

*Dosimetric instruments, inspection, metrology, standard deviation.*

Vyhláška Ministerstva průmyslu a obchodu č. 345/2002 Sb. v platném znění stanoví měřidla k povinnému ověřování a měřidla podléhající schválení typu. Schvalování typu měřidla provádí Český metrologický institut. Zjišťuje, zda měřidlo bude schopno plnit funkci, pro kterou je určeno. Tento požadavek se považuje za splněný, pokud má měřidlo požadované metrologické a technické vlastnosti stanovené opatřením obecné povahy. Opatření obecné povahy kromě požadovaných metrologických a technických vlastností stanoveného měřidla stanoví i zkoušky při schvalování typu. Postup schvalování typu měřidla je stanoveno vyhláškou. Minimální počet vzorků měřidla potřebných pro schvalování typu měřidla, stanoví Český metrologický institut. V této vyhlášce je uveden druhový seznam stanovených měřidel, kde jsou měřidla rozdělena do jednotlivých položek podle oboru měření a druhu měřidla. U každé položky je uvedena doba platnosti ověření. Měřidla používaná ve výjezdové skupině jsou zahrnuta v položce 8 – Měřidla veličin atomové a jaderné fyziky. Jedná se o následující položky: Sestavy používané pro kontrolu limitů ozáření osob, hromadně provozovanou osobní dozimetrií (1 rok), Spektrometrické sestavy pro analýzu zdrojů nebo polí záření alfa, beta, gama a neutronů (2 roky), Měřidla aktivit a dávek používaná pro kontrolu limitů při nakládání s radioaktivními odpady a pro kontrolu uvolňovacích úrovní a podmínek při uvádění radionuklidů do životního prostředí (2 roky).

K zabezpečení radiačního průzkumu a dozimetrické kontroly pro potřeby zásahů jsou výjezdové skupiny HZS ČR vybaveny dozimetrickými přístroji. Ty podléhají zákonu o metrologii jako stanovená měřidla. Ověřením pracovního stanoveného měřidla se potvrzuje, že měřidlo má požadované metrologické vlastnosti a že odpovídá ustanovením právních předpisů, dalším technickým předpisům, popřípadě schválenému typu.

Pracovní měřidla stanovená jsou měřidla schváleného typu stanovená zvláštními předpisy k povinnému ověřování s ohledem na jejich význam pro ochranu zdraví, ochranu životního prostředí a bezpečnost při práci. [1, 2, 3]

Uživatelé měřidel mají zákonnou povinnost zajišťovat jednotnost a správnost měření měřidel a vytvořit metrologické předpoklady pro ochranu zdraví zaměstnanců, bezpečnosti

práce a životního prostředí přiměřeně ke své činnosti. Jsou povinni vést evidenci používaných stanovených měřidel podléhajících novému ověření s datem posledního ověření a předkládat tato měřidla k ověření. Každý přístroj je evidován jako používané stanovené měřidlo. [4]

V případě, kdy z kontroly stálosti stanoveného měřidla je zjevné, že měřidlo ztratilo metrologické vlastnosti, je nutné nechat jej opravit a následně ověřit, případně měřidlo vyřadit (není-li oprava možná). Po provedení opravy stanovených měřidel se zajišťuje jejich ověření.

Provozní kontrola přístroje [5] je předepsaná zkouška nebo soubor předepsaných zkoušek jeho parametrů, kterými se prokazuje provozuschopnost, bezpečnost a funkčnost. Typy zkoušek pro provozní kontrolu jsou deklarovány výrobcem, českou technickou normou, technickým předpisem nebo mezinárodním technickým pravidlem. Zkoušky se provádí na zkušebním zařízení, které má platné ověření nebo kalibraci. Provozechopnost přístrojů je stav, kdy je zajištěna jejich správná funkčnost, kompletnost, celistvost a neporušenost. Provozechopnost se zajišťuje pravidelnou údržbou, opravami, prováděním kontrol a revizí ve stanovených termínech.

Uživatelská kontrola přístrojů se provádí dle pokynů výrobce nebo návodu k použití. Je stanoven pracovní postup, při kterém uživatel prověří přístroj v pravidelných termínech ve stanoveném rozsahu. Pokud je přístroj poškozený, nefunkční, s prošlou kalibrací či ověřením, vyřadí se z používání a nahradí se přístrojem, který splňuje požadavky stanoveného měřidla.

Pro potřeby metrologické evidence a provádění zkoušek ke sledování změny odezvy měřidel byly v Institutu ochrany obyvatelstva vytvořeny pro jednotlivá ověřená měřidla Technické deníky přístrojů [6]. Ty obsahují údaje k přístrojům: název a typ, výrobní číslo, rok výroby a výrobce. Zároveň se zapisují pravidelná kontrolní měření, pozadí na pracovním stole a měření na etalonu. Naměřené hodnoty se zapisují do tabulky, vypočítají se odchylky od nominální hodnoty a vyhodnotí v grafu.

## UŽIVATELSKÉ – PROVOZNÍ KONTROLY PŘÍSTROJŮ

### Přístroj DC-3E-98



*Obr. 1*  
*Přístroj DC-3E-98*

Při pravidelné kontrole před prvním použitím je nutné udělat vizuální kontrolu přístroje. Zda je v pořádku slídové okénko ukryté pod clonou (není protržené) a zkontrolovat celkový vzhled přístroje (zda není poškozen – prasklý, rozbitý).

Další kontrola se týká baterie. Zkontrolovat stav nabití monočlánku. Nastavit FUNKCE na bat a ručička by měla na horní stupnici ukazovat víc než 7 v červené části stupnice.

Následuje kontrola funkce přístroje. Nastaví se FUNKCE na jednotku  $\mu\text{Gy/h}$ , ROZSAH do polohy 0,3 – RC (červený vypínač) do polohy 1s je slyšet zvuková odezva a POZADÍ do polohy „0“. Sonda je připojena, clona uzavřena. Musí se ozývat zvukové signály s různými časovými odstupy s četností 2 až 4 impulsy za 10 sekund. Ručička přístroje ukazuje neustále se měnící výchylku v rozmezí celé stupnice.

Týdenní kontrola přístroje už je měřicí činnost. Kontroluje se pozadí na pracovním stole a kontrola na etalon. Kontrola pozadí na pracovním stole je určené místo v místnosti, laboratoři, kde se provádí měření přírodního pozadí. Přístroj se položí na místo k tomu určené. Na přístroji se nastaví FUNKCE na  $\mu\text{Gy/h}$  – ROZSAH do polohy 0,3 – RC do polohy 45 s – POZADÍ do polohy „0“ – sonda je připojená, clona uzavřená. Přístroj se nechá po dobu  $3 \times \text{RC}$  ustálit (135s). Co 10 s se zapíše 10 hodnot okamžitého dávkového příkonu v  $\mu\text{Gy/h}$ , které se zprůměrují. Takto vzniklá hodnota je považována za naměřenou hodnotu pozadí, která je pak porovnána s nominální hodnotou pozadí na pracovním stole. Následně se určí odchylka v procentech od nominální hodnoty a výsledek je zaznamenán do tabulky a vyhodnocen v grafu č. 1.

Kontrola na etalon. Z přístroje se vysune clona ven a na sondu se umístí etalon. Na přístroji se nastaví FUNKCE na  $\text{Bq/cm}^2$ , ROZSAH do polohy 300, RC (zvuková odezva) do polohy 2,5 s, POZADÍ do polohy „0“, sonda je připojena. Na etalonu se otočný kryt přestaví z polohy „Z“ do „O“. Co 10 s se zapíše 10 hodnot okamžité plošné aktivity v  $\text{Bq/cm}^2$ , které se zprůměrují. Takto vzniklá hodnota je považována za naměřenou hodnotu plošné aktivity, která je pak porovnána s nominální hodnotou plošné aktivity kontrolního etalonu přepočítanou ke dni měření. Určí se odchylka v procentech od nominální hodnoty a výsledek je zaznamenán do tabulky a vyhodnocen v grafu č. 2.

### Zásahový radiometr DC-3H-08 s GM detektory SBT-10 a ZP 1302



Obr. 2  
Zásahový radiometr DC-3H-08

Před použitím se provede vizuální kontrola přístroje, zda není poškozen a stav nabití monočlánku podle piktoqramů na displeji u detekční a vyhodnocovací části.

Následuje kontrola pozadí na pracovním stole. Přístroj se položí na místo určené pro kontrolu pozadí. Tlačítkem ↓ zvolit funkci KONTROLA NA POZADÍ (referenční pozadí na pracovním stole musí být předem stanovené dohlížející osobou). Tlačítkem ENTER se spustí měření a výsledkem je aktuální naměřená hodnota a odchylka od referenčního pozadí

v procentech. Rozsah měření a volba detektoru se přijímají automaticky. Obě získané hodnoty se zaznamenají do tabulky a vyhodnotí se v grafu č. 3.

Kontrola na etalon. Před provedením kontroly etalonu je nutno provést kontrolu správnosti DATUM A ČAS. Tlačítkem ↓ se zvolí funkce KONTROLA NA ETALON. Postupuje se podle pokynů na obrazovce: otevřít clonu DC, přišroubovat etalon, otevřít etalon (číslo etalonu se musí shodovat), spustit měření a výsledkem je aktuální naměřená hodnota a odchylka od referenčního etalonu v procentech. Rozsah měření a volba detektoru se přijímají automaticky. Obě získané hodnoty se zaznamenají do tabulky a vyhodnotí se v grafu č. 4.

### Zásahový dozimetr URAD 115



Obr. 3  
Zásahový dozimetr URAD 115

Nejdříve se provede kontrola celého přístroje display, tlačítek, baterie, zda není poškozen. Nastaví se rychlá odezva přístroje (stlačí se tlačítko RATE, dokud se hodnota na displeji nezmění na 1). Zkontroluje se, zda se naměřené hodnoty pohybují do  $1 \mu\text{Sv/h}$  a přístroj vydává zvukovou signalizaci s různými časovými odstupy s četností 2 až 4 impulsy za 10 sekund. Kontrola na etalon spočívá vložením etalonu na střed čelní strany přístroje a nechá se 60 s stabilizovat. Po 60 s se z displeje co 5 s zaznamená zobrazená hodnota. Sled 16 po sobě jdoucích hodnot se sečte a podělí hodnotou 16. Takto získaná naměřená hodnota se zaznamená do tabulky a vyhodnotí v grafu č. 5.

### Digitální přenosný spektrometr InSpector 1000 Sondy IPRON-N a IPROL-1

Kontrola přístroje opět začíná tím, zda není přístroj poškozen, úplnost kabelového spojení a stav nabití monočlánku. Je nutná teplotní stabilizace Labr sondy IPROL-1. Kontrola neutronové sondy, zda se za 100 s zaregistruje 1-3 impulsů od neutronů a četnost registrace impulsů od částic gama je (při běžných hodnotách pozadí) od 150-300 imp/s. Při načítání spektra je nutno vidět cca v polovině spektra pik K-40 s energií 1460 keV.

Týdně se kontroluje měření dávkového příkonu. V proceduře Dávka se na detektor nasune kalibrační zdroj EG 3X a nechá se přístroj 30 s stabilizovat. Po 30 s se z displeje co 5 s zaznamená zobrazená hodnota dávkového příkonu. Sled 16 po sobě jdoucích hodnot se sečte a vypočte průměr.

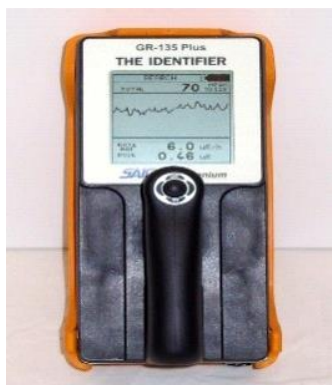
Dále se provádí kontrola energetické a účinnostní kalibrace. Do vzdálenosti 25 cm od středu detektoru se umístí kontrolní etalon FH 350 a spustí se načítání spektra (doba měření

300 s). Jakmile se pík Cs-137 (tj. 662 keV) ve spektru probarví modře, odečte se v proceduře NID hodnota aktivity. Z dolního okna ve spektru se odečtou hodnoty polohy píku, FWHM a plocha píku (Oblast).



*Obr. 4*  
*Spektrometr InSpector 1000*

### **Přenosný spektrometr záření gama GR 135B**



*Obr. 5*  
*Spektrometr GR 135B*

Před použitím se kontroluje celkový vzhled přístroje, zda není poškozen, a stav nabití monočlánku. Stabilizace přístroje se provede zasunutím kontrolního etalonu do obalu přístroje a spustí sekvenci STABILIZACE (stabilizace by měla končit okolo 220 kanálů, FWHM okolo 7,2 % a zisk GAIN okolo 550).

Pravidelná týdenní kontrola PFDE se provádí pomocí kontrolního etalonu, který se zasune do obalu přístroje a spustí se procedura HLEDÁNÍ – DAVKA. V průběhu měření je mrtvá doba do 10 %. Přístroj se nechá 100 s ustálit. Co deset sekund se odečte okamžitá hodnota PFDE. Provede se 16 odečtů a vypočte se průměrná hodnota PFDE, která se zaznamená do tabulky a vyhodnotí se v grafu č. 6.

Kontrola kalibrace se provede zasunutím kontrolního etalonu do obalu přístroje a spustí sekvenci URČOVÁNÍ. V průběhu měření je mrtvá doba do 10 %. Po 100 s proběhne vyhodnocení spektra a přístroj by měl s 90% mírou identifikovat Cs-137. V proceduře ANALYZOVAT jsou uvedené hodnoty energie Cs-137, FWHM a plocha píku. Tyto tři získané hodnoty se zaznamenají do tabulky a vyhodnotí se v grafu č. 7.

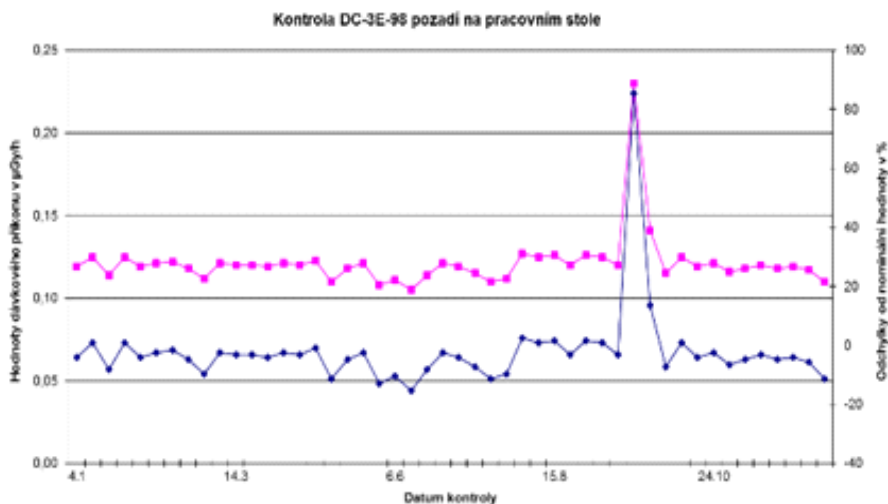
## VYHODNOCENÍ A GRAFY

Naměřené a zaznamenané hodnoty pro jednotlivé přístroje byly vyhodnocené v jednotlivých grafech.

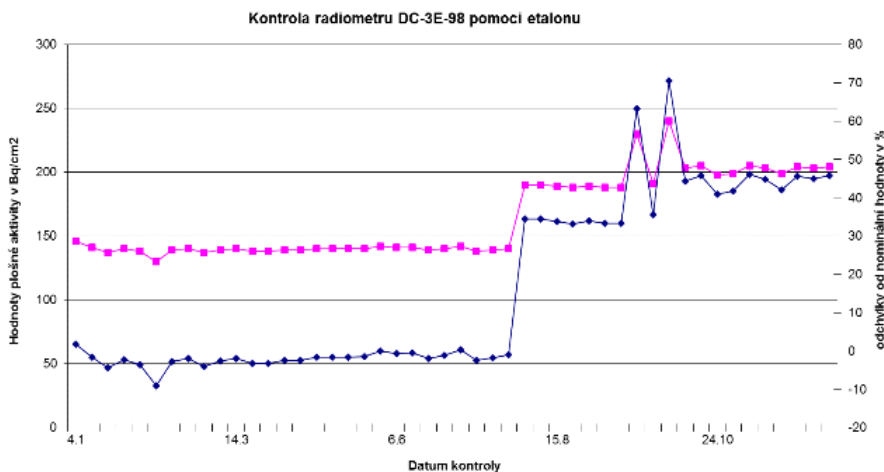
Pro přístroj DC-3E-98 byly sestaveny závislosti v grafu č. 1 pozadí na pracovním stole odchylky od nominální hodnoty v procentech na každé 1. pondělí v týdnu. Pro kontrolu na etalon v grafu č. 2 se vyhodnotily naměřené hodnoty plošné aktivity v Bq/cm<sup>2</sup> a vypočtené odchylky od nominální hodnoty etalonu v závislosti na dni měření. Naměřená hodnota v Bq/cm<sup>2</sup> se musí shodovat s hodnotou uvedenou na etalonu. V tabulce č. 1 jsou uvedeny směrodatné odchylky a chyby měření.

Tabulka 1  
Výsledné hodnoty DC-3E-98

|                              | Pozadí<br>microGy/h | Etalon<br>Bq/cm <sup>2</sup> |
|------------------------------|---------------------|------------------------------|
| <b>Počet hodnot</b>          | 48,000              | 48,000                       |
| <b>Průměr</b>                | 0,121               | 164,771                      |
| <b>Směrodatná odchylka</b>   | 0,017               | 31,631                       |
| <b>Hladina spolehlivosti</b> | 0,005               | 8,948                        |
| <b>1. signal. Úroveň</b>     | 0,161               | 238,471                      |
| <b>1. signal. Úroveň</b>     | 0,081               | 91,071                       |
| <b>Hrubá chyba</b>           | 0,201               | 311,855                      |
| <b>Hrubá chyba</b>           | 0,042               | 17,687                       |



Graf 1  
Kontrola radiometru DC-3E-98 pozadí na pracovním stole

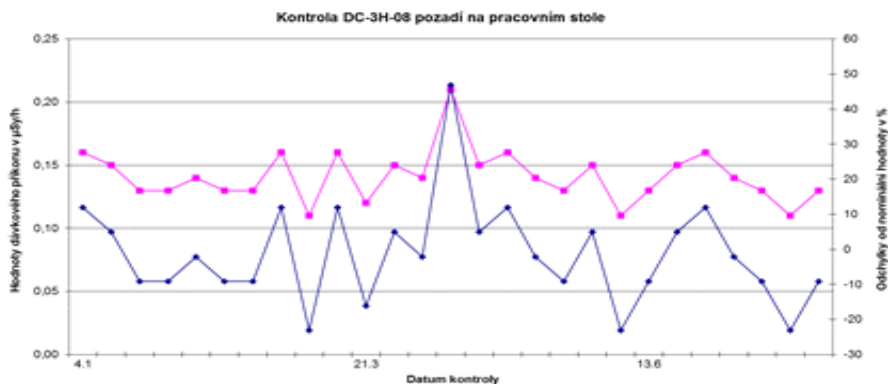


*Graf 2*  
*Kontrola radiometru DC-3E-98 pomocí etalonu*

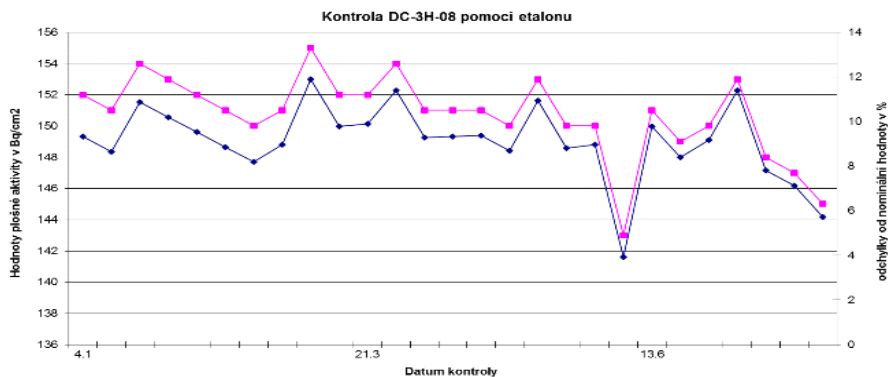
Pro přístroj radiometr DC-3H-08 byly naměřené hodnoty pozadí na pracovním stole, hodnoty z kontrolního etalonu a vypočtená odchylka od nominální hodnoty v závislosti ke dni měření vyhodnocené v grafu č. 3. Pro kontrolu na etalon v grafu č. 4 se vyhodnotily naměřené hodnoty plošné aktivity v Bq/cm<sup>2</sup> a vypočtené odchylky od nominální hodnoty etalonu v závislosti na dni měření. V tabulce č. 2 jsou vypočtené chyby a odchylky měření.

*Tabulka 2*  
*Výsledné hodnoty DC-3H-08*

|                              | <b>Pozadí</b>    | <b>Etalon</b>            |
|------------------------------|------------------|--------------------------|
|                              | <b>microGy/h</b> | <b>Bq/cm<sup>2</sup></b> |
| <b>Počet hodnot</b>          | 27               | 27                       |
| <b>Průměr</b>                | 0,141            | 150,704                  |
| <b>Směrodatná odchylka</b>   | 0,021            | 2,643                    |
| <b>Hladina spolehlivosti</b> | 0,008            | 0,997                    |
| <b>1. signal. úroveň</b>     | 0,190            | 156,862                  |
| <b>1. signal. úroveň</b>     | 0,093            | 144,545                  |
| <b>Hrubá chyba</b>           | 0,238            | 162,994                  |
| <b>Hrubá chyba</b>           | 0,044            | 138,413                  |



Graf 3  
Kontrola radiometru DC-3H-08 pozadí na pracovním stole



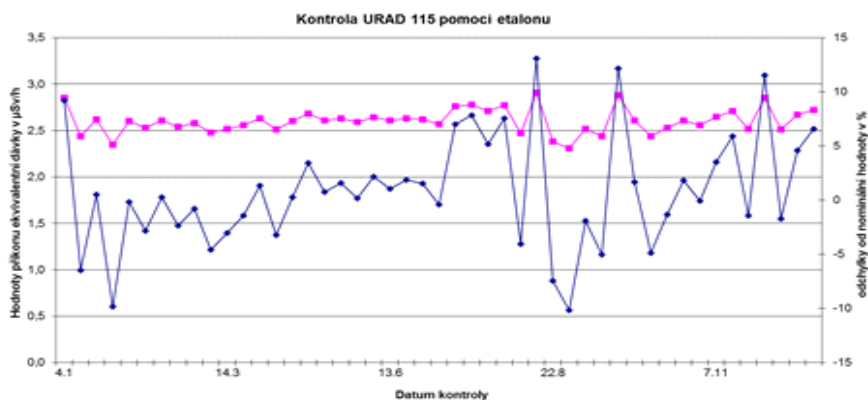
Graf 4  
Kontrola radiometru DC-3H-08 pomocí etalonu

Měření přístroje URAD 115 hodnoty příkonu ekvivalentní dávky a odchylky od nominální hodnoty v procentech ke dni měření byly vyhodnocené v grafu č. 5. V tabulce č. 3 jsou hodnoty směrodatné odchylky a chyby měření.



*Tabulka 3  
Výsledné hodnoty URAD 115*

|                              | <b>Etalon</b>            |
|------------------------------|--------------------------|
|                              | <b>Bq/cm<sup>2</sup></b> |
| <b>Počet hodnot</b>          | 47                       |
| <b>Průměr</b>                | 3                        |
| <b>Směrodatná odchylka</b>   | 0,132                    |
| <b>Hladina spolehlivosti</b> | 0,038                    |
| <b>1. signal. úroveň</b>     | 2,910                    |
| <b>1. signal. úroveň</b>     | 2,295                    |
| <b>Hrubá chyba</b>           | 3,216                    |
| <b>Hrubá chyba</b>           | 1,989                    |

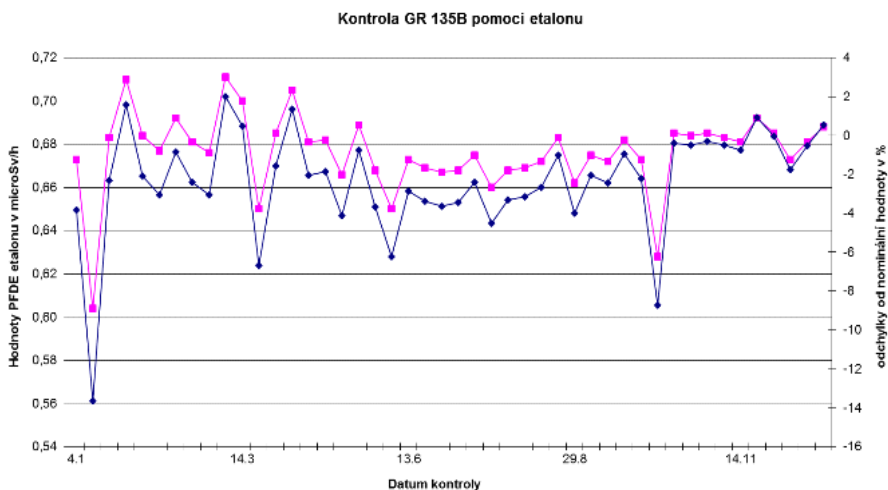


*Graf 5  
Kontrola zásahového dozimetru URAD 115 pomocí etalonu*

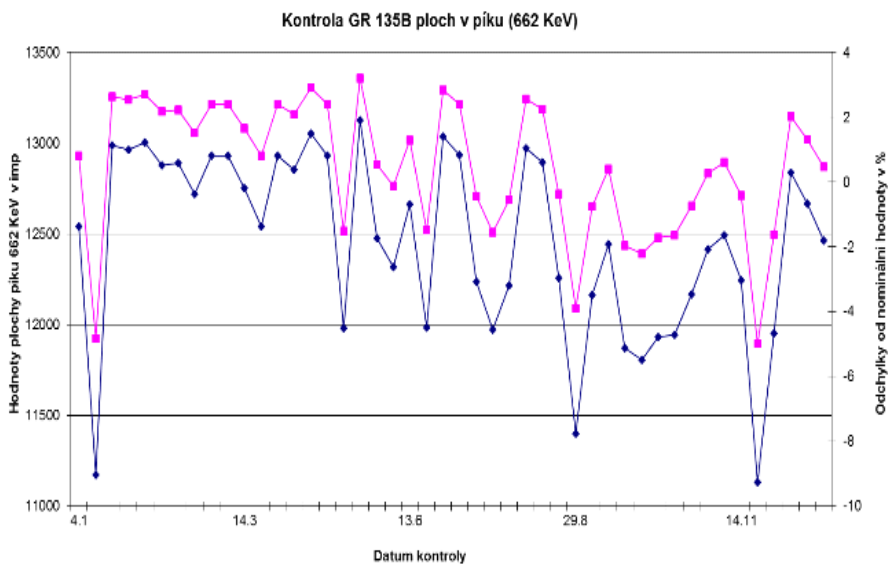
Kontrola spektrometru GR 135B se provádí měřením na kontrolní etalon, ploch v píku 662 KeV v impulzech a pomocí hodnot FWHM a polohy píku Cs-137 v závislosti na dni měření tj. 1. pondělí v týdnu jsou uvedeny v grafech č. 6, 7, 8. Naměřené hodnoty, směrodatné odchylky a hrubé chyby měření jsou uvedené v tabulce č. 4.

*Tabulka 4  
Výsledné hodnoty GR 135B*

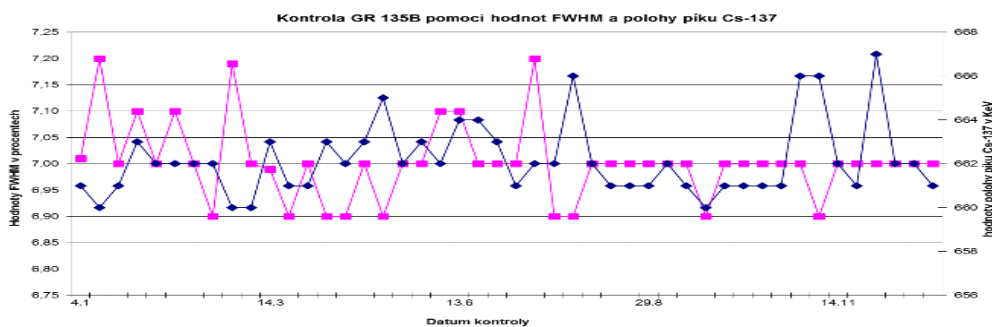
|                              | <b>plocha píku</b> | <b>etalon</b>    | <b>energie píku</b> | <b>FWHT</b> |
|------------------------------|--------------------|------------------|---------------------|-------------|
|                              | <b>Imp</b>         | <b>microSv/h</b> | <b>KeV</b>          | <b>%</b>    |
| <b>Počet hodnot</b>          | 46                 | 46               | 46                  | 46          |
| <b>Průměr</b>                | 12868              | 0,676            | 662                 | 7,00        |
| <b>Směrodatná odchylka</b>   | 373,116            | 0,018            | 1,673               | 0,074       |
| <b>Hladina spolehlivosti</b> | 107,823            | 0,005            | 0,483               | 0,021       |
| <b>1. signal. úroveň</b>     | 13737,121          | 0,719            | 666,050             | 7,174       |
| <b>1. signal. úroveň</b>     | 11998,401          | 0,633            | 658,254             | 6,830       |
| <b>Hrubá chyba</b>           | 14602,750          | 0,762            | 669,931             | 7,346       |
| <b>Hrubá chyba</b>           | 11132,771          | 0,591            | 654,373             | 6,658       |



*Graf 6*  
*Kontrola GR 135B pomocí etalonu*



*Graf 7*  
*Kontrola GR 135B ploch v piku (662 KeV)*



*Graf 8*  
*Kontrola GR 135B pomocí hodnot FWHM a polohy píku Cs-137*

## ZÁVĚR

Všechna kontrolní a provozní měření byla prováděna pravidelně každé pondělí. Hodnoty jsou zapsány do Technických deníků a následně vyhodnoceny v tabulce a grafu.

Měření na kontrolních etalonech se shodovalo s hodnotou uvedenou na etalonu. Další měření hodnot pozadí na pracovním stole.

U všech přístrojů byly stanoveny směrodatné odchylky a chyby měření.

Ze zjištěných měření a statistických výpočtů lze určit, zda přístroje vyhovují požadavkům stanoveného pracovního měřidla a splňují metrologické vlastnosti. Žádný z přístrojů nevykazoval výraznou odchylku od nominální hodnoty, tak nemusel být vyřazen a nahrazen jiným přístrojem. Pokud by se tak stalo, přístroj musí být nahrazen jiným (ověřeným) a špatný přístroj poslán na opravu.

*Příspěvek vznikl v rámci projektu VI20152020009.*

## Literatura

- [1] Zákon č. 505/1990 Sb., o metrologii, ve znění pozdějších předpisů.
- [2] Vyhláška č. 262/2000 Sb., kterou se zajišťuje jednotnost a správnost měřidel a měření, ve znění vyhlášky č. 344/2002 Sb.
- [3] Vyhláška č. 345/2002 Sb., kterou se stanoví měřidla k povinnému ověřování a měřidla podléhající schválení typu, ve znění pozdějších předpisů.
- [4] 42. Pokyn generálního ředitele Hasičského záchranného sboru České republiky ze dne 19. listopadu 2012, kterým se mění Pokyn generálního ředitele HZS ČR a náměstka ministra vnitra č. 11/2006, o metrologickém zabezpečení dozimetrických měřidel Hasičského záchranného sboru České republiky.
- [5] 30. Pokyn generálního ředitele Hasičského záchranného sboru ČR ze dne 22. 12. 2006, kterým se vydává Řád chemické služby Hasičského záchranného sboru České republiky.
- [6] Technické deníky přístrojů. Lázně Bohdaneč: Institut Ochrany obyvatelstva, 2010.