



CERTIFIKÁT TYPU MERADLA

č. 050/441/13 zo dňa 25. apríla 2013

Slovenský metrologický ústav v súlade s ustanovením § 30 písm. b) a § 32 ods. 2 písm. e) zákona č. 142/2000 Z. z. o metrologii a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov (ďalej len "zákon") na základe žiadosti číslo 361294 vydáva toto rozhodnutie podľa § 37 ods. 1 zákona, ktorým

schvaľuje typ meradla

Názov meradla: Digitálny monitor kontaminácie

Typ meradla: LB 124 Scint

Žiadateľ: CANBERRA - PACKARD, s. r. o., Žilina
IČO: 31 576 303

Výrobca: BERTHOLD TECHNOLOGIES GmbH & Co., Nemecko

a podľa § 10 ods. 1 zákona potvrdzuje, že uvedený typ meradla vyhovuje svojimi technickými charakteristikami, metrologickými charakteristikami a konštrukčným vyhotovením požiadavkám na daný druh určeného meradla ustanovenými v prílohe č. 43 "Meradlá aktivity rádionuklidov" k vyhláske ÚNMS SR č. 210/2000 Z. z. o meradlách a metrologickej kontrole v znení neskorších predpisov.

Základné technické charakteristiky a metrologické charakteristiky meradla a výsledky technických skúšok a zistení o splnení požiadaviek na daný druh meradla sú uvedené v protokole č. 126/250/44/13 zo dňa 02. 04. 2013 vydanom Slovenským metrologickým ústavom.

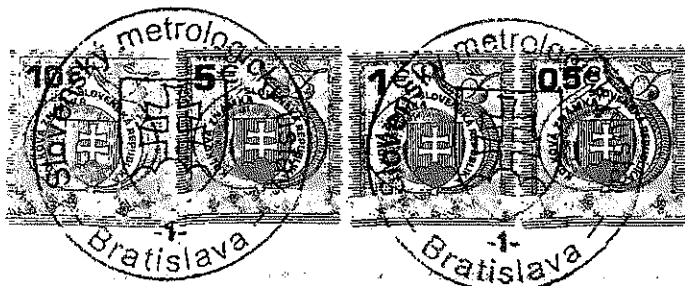
Uvedenému typu meradla sa pridáva značka schváleného typu:

TSK 441/13 - 050

Dovozca je povinný podľa § 14 ods. 2 zákona umiestniť na meradle značku schváleného typu a podľa § 16 ods. 2 zákona zabezpečiť prvotné overenie meradla pred jeho uvedením na trh.

Platnosť do: 27. novembra 2019

Poučenie: Proti tomuto rozhodnutiu možno podať do 15 dní odo dňa jeho doručenia odvolanie na Úrad pre normalizáciu, metrologiu a skúšobníctvo Slovenskej republiky, Štefanovičova 3, P.O.BOX 76, 810 05 Bratislava prostredníctvom Slovenského metrologického ústavu.



Ing. Arpád Gonda
generálny riaditeľ

Popis meradla:

Digitálny monitor kontaminácie LB 124 Scint je prenosný dvojkanálový prístroj na meranie povrchovej kontaminácie rádionuklidmi alfa a beta/gama.

Základné metrologické charakteristiky:

Meraná veličina: početnosť impulzov, aktivita, plošná aktivita známeho rádionuklidu (žiarenie alfa a beta)

Merací rozsah: α kanál: $(0,2 \div 5000) \text{ s}^{-1} \pm 20\% (k=2)$
 β kanál: $(4 \div 50000) \text{ s}^{-1} \pm 20\% (k=2)$

Priemerné pozadie pri vonkajšom gama žiarení $\approx 100 \text{ nSv.h}^{-1}$:
 α kanál: $0,04 \text{ s}^{-1}$
 β kanál: $10,5 \text{ s}^{-1}$

Citlivosť na vonkajšie gama žiarenie pri $1 \mu\text{Sv.h}^{-1} (^{37}\text{Cs})$:
 α kanál: nedetekovateľné
 β kanál: $<100 \text{ s}^{-1}$

Minimálna detekovateľná úroveň:
 α kanál: $0,2 \text{ s}^{-1}$
 β kanál: 4 s^{-1}

Základné technické charakteristiky a metrologické charakteristiky meradla sú uvedené v protokole č. 126/250/44/13, bod 2.1 a 2.2.

Overenie meradla:

Meradlo sa overuje podľa pokynov uvedených v protokole 126/250/44/13, bod 9.

Čas platnosti overenia je podľa položky 8.7 prílohy č. 1 k vyhláške ÚNMS SR č. 210/2000 Z. z. o meradlách a metrologickej kontrole v znení neskorších predpisov 2 roky.

Umiestnenie overovacích a zabezpečovacích značiek:

Overovacia značka sa umiestni na bočnej strane meradla.



*Tento certifikát môže byť rozmnožovaný len celý a nezmenený.
Rozmnožovať jeho časti možno len s písomným súhlasom Slovenského metrologického ústavu.*

PROTOKOL O POSÚDENÍ TYPU MERADLA

č.: 126/250/44/13

Názov meradla: Digitálny monitor kontaminácie

Typ meradla: LB 124 Scint

Značka schváleného typu: TSK 441/13-050

Výrobca: BERTHOLD TECHNOLOGIES GmbH & Co.
Calmbacher Str. 22, 75323 Bad Wildbad
NemeckoŽiadateľ: CANBERRA-PACKARD s.r.o.,
V. Tvrdého 790/13, 010 01 Žilina

Evidenčné číslo žiadosti: 361 294

Počet strán: 5

Počet príloh: 1

Dátum vydania:

02.04.2013

Pečiatka:



Protokol schválil:

vedúci oddelenia ionizujúceho žiarenia

Ing. Jozef Dobrovoďský, PhD.

Tento protokol môže byť rozmnožovaný len celý a nezmenený.
Rozmnožovať jeho časti možno len so súhlasom Slovenského metrologického ústavu.

1. Všeobecné ustanovenie

Tento protokol je podkladom na vydanie rozhodnutia o schválení typu meradla podľa § 11 (resp. § 37) ods. 1 zákona 142/2000 Z. z. o metrológii a o zmene niektorých zákonov v znení zákona č. 431/2004 Z. z. (ďalej len "zákon o metrológii") na typ meradla:

Digitálny monitor kontaminácie LB 124 Scint

1.1 Rozsah posudzovania

Meradlo svojím charakterom

zodpovedá: určenému meradlu podľa položky č. 8.7 prílohy č. 1 a prílohy č. 43 k vyhláške ÚNMS SR č. 210/2000 Z. z. o meradlách a metrologickej kontrole v znení neskorších predpisov (ďalej len "vyhláška 210/2000 Z. z.").

Meradlo bolo posudzované z hľadiska požiadaviek na daný druh meradla ustanovených predpisom:

IEC 60325:2002 Radiation protection instrumentation - Alpha, beta and alpha/beta (beta energy > 60 keV) contamination meters and monitors.

1.2 Údaje o technickej dokumentácii použitej pri posudzovaní:

Užívateľský manuál – LB 124 Scint Digitálny monitor kontaminácie, ID No.: 43727BA2, LB 124 Scint – Základné charakteristiky. Dokumentácia je uložená v archíve oddelenia ionizujúceho žiarenia SMÚ.

1.3 Údaje o dokladoch použitých pri posudzovaní:

Potvrdenie o zaevidovaní typu meradla č. 0314/231/10-Kal, vydal ČMI, Česká republika dňa 11.3.2010. Rozhodnutie o povolení (schválení typu) č. TH-8579/4/2009 + český preklad, vydal Maďarský obchodný a licečný úrad – Úrad pre metrológiu a technickú bezpečnosť, Maďarsko dňa 27.11.2009. Protokol o typovej skúške č. TH-8579/3/2009 + český preklad, vydal Maďarský obchodný a licečný úrad – Odbor metrológie, Maďarsko dňa 27.11.2009. Prehlásenie o zhode č. CE 30066 Rev.: 01, vydal BERTHOLD TECHNOLOGIES GmbH & CO, Nemecko dňa 29.1.2010. Dokumentácia je uložená v archíve oddelenia ionizujúceho žiarenia SMÚ.

1.4 Údaje o vzorkách určeného meradla:

Vzorky meradla pre účely posúdenia typu meradla neboli požadované.



2 Popis meradla:

Technický popis meradla: Digitálny monitor kontaminácie LB 124 Scint je prenosný dvojkanálový prístroj na meranie povrchovej kontaminácie rádionuklidmi alfa a beta/gama. Ako detektor je použitý scintilátor ZnS: Ag. Primárnou meranou veličinou je tzv. čistá početnosť impulzov v kanále, ktorá sa sekundárne prevádza pomocou kalibračných koeficientov na plošnú aktivitu predvoleného rádionuklidu. Meradlo disponuje vode odolným krytom, na ktorého čelnej strane je umiestnený LCD monochromatický displej, 6 funkčných tlačidiel, piezoakustický rezonátor alarmu, dve indikačné LED a rukoväť. Na bočnej strane je 9-pin D-sub konektor pre RS232 pripojenie a konektor pre pripojenie externého napájania. Na spodnej strane je puzdro pre 3 ks batérií typu C a detektor s rozmermi 143 x 168 mm s citlivou plochou 118 x 145 mm, ktorý je opatrený ochrannou mriežkou. Prístroj má k dispozícii 5 režimov merania: Režim vyhľadávania – pre rýchlu detekciu kontaminácie, režim početnosti – spriemerovanie početností počas dlhej časovej periódy, režim čítača – možnosť voľby meracieho intervalu alebo štatistickej presnosti, režim merania čistoty – po prekročení limitu sa spustí alarm, režim merania doby polpremeny. V hornom riadku na displeji je zobrazený režim merania a zvolený profil užívateľa. V strednej časti je zobrazená číselná hodnota s jednotkou merania. V spodnom riadku sú zobrazené funkcie alebo menu, ktoré je možné ovládať príslušnými tlačidlami.

Meradlo je vyrábané v nasledovných vyhotoveniach: LB 124 Scint

Prídavné zariadenia: Vodidlá pre nasadenie prídavnej mriežky pre lepšiu ochranu detektora, alebo na použitie držiaka so zásuvkou pre meranie malých vzoriek, externý napájací zdroj.

2.1 Základné technické charakteristiky

Napájanie:	3 ks batérie typu C, alebo externý zdroj (90 ÷ 264) V, AC, 50/60 Hz
Prevádzková teplota:	(-20 ÷ +40) °C, stabilita v celom rozsahu ±10%
Rozmery meradla:	240 x 140 x 110 mm
Hmotnosť	1300 g s batériami
Detektor	Scintilačný detektor ZnS: Ag
Rozmer detektora:	143 x 168 mm
Citlivý povrch	118 x 145 mm
Hrúbka fólie vstupného okienka:	6 µm
Hustota fólie vstupného okienka:	0,8 mg.cm ⁻²



2.2 Základné metrologické charakteristiky

Meraná veličina:	početnosť impulzov, aktivita, plošná aktivita známeho rádionuklidu (žiarenie alfa a beta)
Merací rozsah:	α kanál: $0,2 \div 5000 \text{ s}^{-1} \pm 20\%$ ($k=2$) β kanál: $4 \div 50000 \text{ s}^{-1} \pm 20\%$ ($k=2$)
Priemerné pozadie pri vonkajšom gama žiarení $\sim 100 \text{ nSv.h}^{-1}$	α kanál: $0,04 \text{ s}^{-1}$ β kanál: $10,5 \text{ s}^{-1}$
Citlivosť na vonkajšie gama žiarenie pri $1 \mu\text{Sv.h}^{-1}$ (^{137}Cs):	α kanál: nedetekovateľné β kanál: $<100 \text{ s}^{-1}$
Minimálna detekovateľná úroveň	α kanál: $0,2 \text{ s}^{-1}$ β kanál: 4 s^{-1}

3. Posúdenie výkresovej a technickej dokumentácie:

Predložená technická dokumentácia je dostačujúca pre vydanie rozhodnutia o schválení typu v Slovenskej republike. Výkresová dokumentácia nie je potrebná.

4. Podmienky vykonania skúšok technických charakteristík a metrologických charakteristík

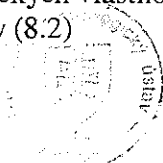
a) Na základe žiadosti o uznanie výsledkov skúšok a vydania rozhodnutia o schválení typu meradla, bola na oddelení ionizujúceho žiarenia SMÚ posúdená predložená technická dokumentácia dostačujúca pre vydanie rozhodnutia o schválení typu meradla.

b) Skúšky meradla vykonal Maďarský obchodný licenčný úrad – Odbor metrologie. Na základe vykonaných skúšok vydal rozhodnutie o schválení typu meradla č.: TH-8579/4/2009. Konštatuje sa spôsob vykonania skúšok podľa IEC 60325-2002 a ich výsledky sa považujú za dostatočné pre posúdenie daného typu meradla.

5. Údaje o hodnotených technických charakteristikách a metrologických charakteristikách:

Typová skúška bola vykonaná na základe normy IEC 60325-2002. V zátvorkách sú uvedené odkazy na jednotlivé odstavce normy pri jednotlivých skúškach.

- Skúška mechanických vlastností:
 - Vzdialenosť kontaminovaného povrchu a okienka detektora (6.1)
 - Faktor zatienenia ochrannou mriežkou
- Skúška elektronických vlastností:
 - Doba odozvy (8.2)



- Doba zahrievania (8.5)
- Signalizácia preplnenia (8.7)
- Skúška prahu poplašnej signalizácie (8.4)
- Skúška jadrových vlastností
 - Skúška početnosti pozadia
 - Vymedzenie citlivého povrchu detektora (9.3)
 - Skúška linearity (9.4)
 - Skúška závislosti účinnosti meradla od energie častíc (9.5)
 - Stanovenie minimálneho detekovateľného počtu častíc (3.15)
- Skúška vplyvu prostredia
 - Vplyv zmeny teploty prostredia (10.1)
 - Vplyv vonkajšieho gama žiarenia na zobrazované hodnoty (9.6.2)

Výsledky skúšok sú uvedené v protokole o typovej skúške č. TH-8579/3/2009.

6. Záver

Z výsledkov skúšok vyplýva, že meradlo povrchovej kontaminácie z metrologického hľadiska spĺňa metrologické požiadavky na uvedený typ meradla podľa požiadaviek IEC 60325:2002.

7. Čas platnosti rozhodnutia.

Na základe § 37 zákona 142/2000 Z. z. (uznanie výsledkov skúšok) doba platnosti certifikátu typu meradla je 10 rokov od doby vydania príslušného zahraničného dokladu, t. j. do 27.11.2019.

8. Údaje na meradle

Na meradle musí byť uvedený výrobca, typové označenie výrobku a výrobné číslo. V zmysle zákona č. 142/2000 Z. z. o metrologii a o zmene niektorých zákonov v znení zákona č. 431/2004 Z.z. musí byť každé meradlo označené značkou schváleného typu.

9. Overenie

Overenie sa bude vykonávať za účelom potvrdenia zhody s metrologickými požiadavkami na meradlá plošnej aktivity, najmä hodnoty vlastnej relatívnej chyby podľa STN 35 6566. Doba platnosti overenia je stanovená vyhláškou č.210/2000 Z.z. v znení neskorších predpisov, príloha č.1 položka 8.7 na dva roky. Overovacia značka, pokiaľ bude vydaná, sa umiestni na bočnej strane meradla.

Posúdenie vykonal: Ing. Andrej Javorník



Prílohy:

- Protokol o meraní č.: TH-8579/3/2009





MAĎARSKÝ OBCHODNÍ LICENČNÍ ÚŘAD

Odbor metrologie

NÉMETVÖLGYI ÚT 37-39, BUDAPEŠT XII

korespondenční adresa: 1535 Budapešť, Pf. 919

Telefon: 458-5800

Fax: 458-5937

Číslo spisu: BPMMBH/05679-002/2009/ME

Číslo povolení: TH-8579/3/2009

Vyřizuje: Lajos Szűcs

Zkoušku provedl: Lajos Szűcs

Strana 1/16

PROTOKOL O TYPOVÉ ZKOUŠCE

Předmět typové zkoušky:	Monitor povrchového radioaktivního znečištění
úplný název:	Digitální monitor znečištění
výrobce:	Berthold Technologies GmbH & Co 75323 Bad Wildbad, Německo
typové označení přístroje:	LB 124 Scint 43727-10 LB 124 Sc
typové označení detektoru:	LB 6390
verze softwaru:	V3.20
Hlavní metrologické vlastnosti:	
	typ detektorů: plastový scintilační počítač na bázi ZnS
	detekované částice: alfa, beta/gama
	rozsah měření: beta/gama: $4 - 50000 \text{ s}^{-1}$
	alfa: $0,2 - 5000 \text{ s}^{-1}$
minimální detekovatelný spodní počet dopadů ($t_{\text{měření}} = 10 \text{ s}$) [s^{-1}]:	beta/gama: $4 \pm 0,5$
	alfa: 0,2
Zkoušku požaduje:	CANBERRA-PACKARD Kft. (spol. s r. o.) Pannónhalmi út 35/A, 1118 Budapešť
Místo zkoušky:	Maďarský obchodní licenční úřad, Odbor metrologie Oddělení radiofyzikálních a chemických měření
Datum zkoušky:	září – říjen 2009
Předložené dokumenty:	- Návod k použití (Operating Manual) No. 43727BA2, Rev.No.: 07 20.08.058, - Osvědčení o zkoušce EMC (12 stran, Nor Elektroník), - Povolení k cejchování BEV číslo OE 09 f 130.



1. Účel a oblast použití zkoumaného měřicího přístroje

Monitor povrchového radioaktivního znečištění lze použít k signalizaci přítomnosti případného povrchového radioaktivního znečištění na pracovištích s možností otevřené radioaktivní kontaminace a za stanovených podmínek také k jeho měření. Dále je vhodný také k lokalizaci uzavřených radioaktivních látek a ke zjištění látek vykazujících přirozenou radioaktivitu.

2. Konstrukce a fungování monitoru

2.1. Konstrukce monitoru povrchového radioaktivního znečištění

Část přístroje citlivou na záření tvoří plastový detektor na bázi ZnS a na něj napojený fotoelektronový násobič. K odstínění fotonů z vnějšího světla slouží tenká fólie. Mechanickému poškození citlivého povrchu a fólie, která jej zakrývá, brání ochranná mřížka. Citlivý povrch má velikost $\approx 170 \text{ cm}^2$. Měřený počet dopadů je zobrazován v jednotkách [cps] nebo (v případě odpovídajících kalibračních faktorů) v $[\text{Bq}\cdot\text{cm}^{-2}]$. Šest ovládacích tlačítek spolu se zabudovaným softwarem tvoří snadno ovladatelný ruční přístroj.

2.2. Fungování monitoru povrchového radioaktivního znečištění

Částice (beta, alfa nebo gama fotony) přicházející do citlivého prostoru ručního přístroje vyvolává v plastovém scintilátoru na bázi ZnS záblesk. Fotoelektronový násobič tento záblesk zesílí a přemění v elektrický impuls. Počet impulsů za vteřinu tvoří intenzitu počtu dopadů. Počítání částic alfa a beta/gama probíhá po oddělených kanálech.

Přístroj pracuje v pěti různých režimech:

- a) v režimu „Survey“ rychle reaguje na rozložení radioaktivní látky na ploše a na její detekci,
- b) v režimu „Ratemeter“ dochází k vymezení již detekovaného znečištění s menší statistickou nejistotou, a to pomocí metody tzv. uhlazení počtu dopadů,
- c) v režimu „Scaler-timer“ lze nastavit dobu měření nebo přesnost měření (počet dopadů),
- d) v režimu „Clearance“ přístroj provádí volbu mezi dvěma možnostmi: zda je zkoumaný povrch z hlediska radioaktivity „čistý“ nebo „znečištěný“,
- e) v režimu „Half-life measurement“, který může být užitečný při identifikaci neznámého radioaktivního znečištění nalezeného na zkoumaném povrchu.

3. Výklad pojmů

Názvy používané v protokolu o typové zkoušce:



Stupeň účinnosti – Přístrojem naměřené počty dopadů připadající na jednotku času, vydělené počtem částic daného typu, které dosáhl y povrchu detektoru za jednotku času. Bezrozměrová veličina vyjádřená v %.

Citlivost – Přístrojem naměřený počet dopadů připadající na jednotku času, vydělený aktivitou zdroje radioaktivního záření, jenž počet dopadů vyvolal, přepočtenou na jednotku plochy. Fyzikální rozměr: $s^{-1} \cdot Bq^{-1} \cdot cm^2$.

Kalibrační faktor – Převrácená hodnota citlivosti přístroje; jestliže touto hodnotou vynásobíme intenzitu počtu dopadů zobrazenou přístrojem, dostaneme hodnotu povrchové aktivity. Rozměr: $s \cdot Bq \cdot cm^{-2}$.

Kalibrační koeficient – Podíl certifikované povrchové aktivity cejchovaného vzorku a povrchové aktivity zobrazené přístrojem. Po vynásobení zobrazené povrchové aktivity tímto koeficientem dostaneme certifikovanou povrchovou aktivitu. Bezrozměrová veličina.

4. Hlavní technické údaje uvedené výrobcem

4.1. Teplota

pracovní rozmezí: $(-20 - +40) ^\circ C$
stabilita v celém pracovním rozmezí:
 $\pm 10\%$
rozměr pro skladování: $(-40 - +60) ^\circ C$

4.2. Elektrické napájení

3 baby baterie „C“ nebo dobíjitelný Ni akumulátor nebo
v případě napájení ze sítě:
napětí: 90 – 264 V, AC
frekvence: 50/60 Hz

4.3. Signalizace

displej: monochromatický LCD displej 196 x 64 pixely
zvuk: piezoakustický rezonátor 2,5 – 3 kHz

4.4. Vnější rozhraní

konektor RS-232: 5pinový, pro přenos uložených dat do PC

4.5. Detektor

typ: scintilační detektor ZnS:Ag
rozměr: 143 mm x 168 mm
citlivý povrch: 118 mm x 145 mm

tloušťka fólie ve vstupním okénku: 6 μm
hustota fólie ve vstupním okénku: 0,8 mg/cm²



míra zakrytí ochrannou mřížkou: 20 %
průměrné pozadí v kanálu α : 0,1 cps
v kanálu β : 12 cps
citlivost na vnější gama pole o hodnotě 1 $\mu\text{Sv/h}$ (^{137}Cs):
v kanálu α : nelze detekovat
v kanálu β : < 100 cps

oblast měření (v případě odchylky od linearity menší než 10 %)
v kanálu α : 0 – 5000 cps
v kanálu β : 0 – 50000 cps

5. Hlediska typové zkoušky

Typovou zkoušku jsme provedli na základě postupu Maďarského obchodního licenčního úřadu č. TE 57/2006, jehož základem jsou předpisy obsažené v normě IEC 60325-2002. V závorkách uvedené odkazy u parametrů kontrolovaných, resp. zjišťovaných v rámci typové zkoušky odkazují na příslušné odstavce normy IEC 60325-2002.¹ Nejistota výsledků zkoušek je udána faktorem rozšíření $k = 2$.

Zkoušky mechanických vlastností:

- vzdálenost kontaminovaného povrchu a okénka detektoru (6.1)
- faktor zastínění ochrannou mřížkou (udaný výrobcem)

Zkoušky elektronických vlastností:

- doba reakce (8.2)
- zahřívací doba (8.5)
- signalizace přeplnění (8.7)
- zkouška prahu poplašné signalizace (8.4)

Zkoušky jaderných vlastností:

- zkouška počtu dopadů v případě pozadí
- vymezení citlivého povrchu detektoru (9.3)
- zkouška linearity (9.4)
- zkouška závislosti citlivosti (stupně účinnosti) přístroje na energii (9.5)
- stanovení minimálního detekovatelného počtu částic (3.15)

Zkoušky vlivu parametrů prostředí:

- vlivy změn teploty prostředí (10.1)
- vliv vnějšího gama pole na zobrazované hodnoty (9.6.2)

Zkoušky nezahrnovaly režim měření poločasu rozpadu.

6. Zkoušky

Měřicí přístroj předložený ke zkouškám:

základní přístroj:

název: LB 124 Scint

tovární identifikace: 43727-10 LB124 SC

¹ Věta v originále nedává smysl, překlad odráží její pravděpodobný význam – pozn. překl.



MAĎARSKÝ OBCHODNÍ LICENČNÍ ÚŘAD
Odbor metrologie

TH-8579/3/2009
Strana 5/16

výrobní číslo: 10-6796

detektor:
tovární identifikace: 43124 LB 6390
výrobní číslo: 6940

sériové číslo PMT: 12649

číslo základní desky: 34088

software:
název: LB 124 SZINT
číslo verze: V3.20

Seznam cejchovaných radioaktivních vzorků použitých v průběhu typové zkoušky je obsažen v tabulce 1.

Č.	Typ	Pořadové číslo	Aktivita [kBq] (1σ)	Referenční datum	Podoba
1	^{241}Am	92-080	$2,85 \pm 0,03$	01.02.2007	240 mm x 240 mm
2	^{14}C	94-015	779 ± 20	01.02.2007	240 mm x 240 mm
3	^{57}Co	2008-023	563 ± 6	01.06.2008	240 mm x 240 mm
4	^{60}Co	2008-077	$34,9 \pm 0,4$	01.11.2008	240 mm x 240 mm
5	^{137}Cs	94-018	$22,0 \pm 0,2$	01.02.2007	240 mm x 240 mm
6	$^{90}\text{Sr} (^{90}\text{Y})$	92-078	$10,2 \pm 0,3$	01.02.2007	240 mm x 240 mm
7	^{204}Tl	2008-013	$31,7 \pm 0,3$	01.06.2008	240 mm x 240 mm
8	^{36}Cl	2003-011/1	$0,949 \pm 0,019$	01.05.2003	120 mm x 115 mm
9	^{241}Am	2005-004	$1,417 \pm 0,014$	01.05.2005	bod
10	^{14}C	2006-043	$92,5 \pm 0,9$	01.09.2006	bod
11	^{36}Cl	2005-003	$1,543 \pm 0,015$	01.11.2004	bod
12	$^{90}\text{Sr} (^{90}\text{Y})$	2009-040	$0,00284 \pm 0,00003$	01.11.2009	bod
13	$^{90}\text{Sr} (^{90}\text{Y})$	2009-041	$0,02904 \pm 0,00029$	01.11.2009	bod
14	$^{90}\text{Sr} (^{90}\text{Y})$	2009-042	$0,2506 \pm 0,0025$	01.11.2009	bod
15	$^{90}\text{Sr} (^{90}\text{Y})$	2009-043	$2,664 \pm 0,027$	01.11.2009	bod
16	$^{90}\text{Sr} (^{90}\text{Y})$	2009-044	$14,28 \pm 0,14$	01.11.2009	bod
17	$^{90}\text{Sr} (^{90}\text{Y})$	2009-045	$28,76 \pm 0,29$	01.11.2009	bod
18	$^{90}\text{Sr} (^{90}\text{Y})$	2009-046	$38,24 \pm 0,38$	01.11.2009	bod
19	$^{90}\text{Sr} (^{90}\text{Y})$	2009-047	$55,34 \pm 0,55$	01.11.2009	bod

tabulka č. 1

6.1. Zkoušky mechanických vlastností

6.1.1. Vzdálenost kontaminovaného povrchu a okénka detektoru

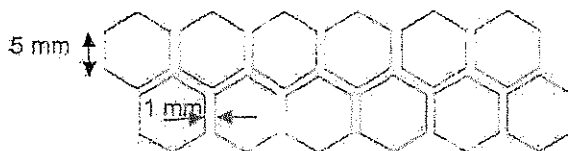
Vzdálenost kontaminovaného povrchu a okénka detektoru: 5 mm.

Tato vzdálenost odpovídá předpisu pro detektory alfa částic dle ustanovení bodu 6.1 normy IEC 60325. Logicky splňuje také hodnotu 10 mm předepsanou pro detektory beta částic.



6.1.2. Faktor zastínění ochrannou mřížkou

Povrch okénka detektoru je před vnějším poškozením chráněn ochrannou mřížkou. Vzorek a rozměry ochranné mřížky znázorňuje obrázek č. 1.



obrázek č. 1

Podíle parametrů ponechává mřížka 80 % povrchu volných, což odpovídá hodnotě udané výrobcem [(Operating Manual, 9. Technical Data (strana 87), Geometrical transmission)].

6.2. Zkoušky elektronických vlastností

6.2.1. Stanovení doby reakce

Doba reakce byla stanovena s použitím radioaktivního vzorku $^{90}\text{Sr} (^{90}\text{Y})$. Měření bylo provedeno v režimu „Survey“, s časovou konstantou 1 s, aby se vyloučilo uhlazení. Z hodnoty pozadí bylo 90 % průměrného počtu dopadů dosaženo za 3,8 s. Pokles z průměrného počtu dopadů na 10 % této hodnoty trval 3 s. Doba byla měřena ručními stopkami, takže přesnost odečtu je ± 1 s.

Přístroj splňuje předpisy obsažené v bodě 8.2 normy IEC 60325 ve vztahu k době reakce, podle nichž musí být 90 % počtu dopadů dosaženo za méně než 7 s a po odejmutí zdroje se počet dopadů musí vrátit na 10 % počáteční (pro daný zdroj udané) hodnoty za méně než 10 s.

6.2.2. Zkouška zahřívací doby

Zahřívací doba byla stanovena s použitím radioaktivního vzorku $^{90}\text{Sr} (^{90}\text{Y})$. Měření bylo provedeno v režimu „Survey“, s časovou konstantou 1 s, aby se vyloučilo uhlazení.

Počty dopadů odečtené v pětivteřinových intervalech v rozmezí od 20. do 120. vteřiny od zapnutí přístroje jsou uvedeny v tabulce č. 2.

uplynutá doba [s]	odečtená hodnota [s ⁻¹]	uplynutá doba [s]	odečtená hodnota [s ⁻¹]	uplynutá doba [s]	odečtená hodnota [s ⁻¹]
20	306	55	315	90	314
25	305	60	314	95	324
30	315	65	311	100	321
35	318	70	309	105	316
40	312	75	308	110	317
45	315	80	311	115	311
50	317	85	307	120	301

tabulka č. 2



Průměrná hodnota 10 odečtů provedených po 15. minutě od zapnutí byla $308,7 \pm 3,1$, tj. 20 % z této hodnoty činí 61,7 impulsů. Rozdíl mezi průměrem odečtů provedených po uplynutí 15 minut a hodnotami odečtenými v průběhu zahřívací doby (údaje v tabulce č. 2) je ve všech případech menší než 20 %. Přístroj splňuje podmínky pro zahřívací dobu stanovené v podkapitole 8.5 normy číslo IEC 60325.

6.2.3. Zkouška přeplnění

Zkouška přeplnění byla provedena s použitím radioaktivního vzorku $^{90}\text{Sr} (^{90}\text{Y})$. Měření bylo provedeno v režimu „Survey“, s časovou konstantou 1 s, aby se vyjádřilo uhlazení.

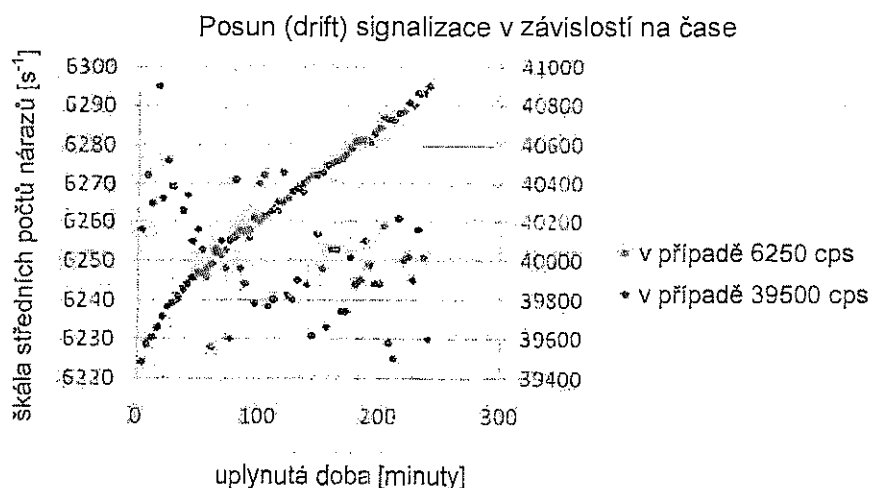
K zobrazení symbolu „OVF“ došlo do 4 vteřin (< 5 s) od okamžiku, kdy byl před detektor umístěn zdroj, který způsobil jeho přeplnění. Následně po 5 minutách udržování stavu přeplnění se po odejmutí zdrojů přístroj vrátil do základního stavu opět během 4 vteřin (< 30 s). Došlo nejen k oživení signalizace, ale obnovily se i hodnoty základního stavu, čímž byl splněn příslušný předpis obsažený v bodě 8.7 normy číslo IEC 60325.

6.2.4. Zkouška prahu poplašné signalizace

Hodnotu posunu (driftu) prahu poplašné signalizace jsme definovali tím, jak se v čase mění intenzita počtu dopadů zobrazená přístrojem. Prahová hodnota uložená v paměti se vzhledem k digitálnímu uchovávání dat nemění, takže posun poplašné signalizace může způsobit pouze změna snímaného počtu dopadů.

Zkouška proběhla v režimu „Scaler-timer“, s dobou 4 minut a se spuštěním 60 cyklů. Překlenutý časový interval byl 4 hodiny. Zkoušku jsme provedli při průměrné intenzitě počtu dopadů částic beta (6200 s^{-1}) a při intenzitě 40000 s^{-1} , která představuje 80 % mezní hodnoty měření.

Změnu v čase typickou pro datové řady znázorňujeme pomocí obrázku č. 2, aniž bychom podrobně rozebírali 2 x 60 naměřených údajů.



obrázek č. 2



V případě průměrné intenzity počtu dopadů představovala průměrná zobrazená hodnota 6251 ± 28 . Tuto datovou řadu znázorňují modře vyznačené body. Zobrazené údaje se nacházely v pásmu širokém $\pm 2\sigma$, ve viditelně náhodném uspořádání.

Při 80% zobrazení rozsahu měření² se však v závislosti na čase vytvořil viditelný trend. Míra nárůstu zobrazované hodnoty činí 1413 impulsů/4 hodiny, což v přepočtu na dobu 8 hodin, stanovenou v normě, představuje 2826 impulsů, tj. $\approx 7,2$ % počáteční hodnoty. Průměrná zobrazená hodnota: 40293 ± 746 (2σ). Nárůst navýšený o případný rozptyl 3 σ : 3945 impulsů, tj. ≈ 10 %. Tento posun jistě nespustí poplašný signál tolerující 20% drift, což znamená, že ustanovení bodu 8.4 normy č. IEC 60325 jsou splněna.

Kromě splnění požadavků stojí za pozornost drift zobrazovaných hodnot, k němuž dochází při vysokých intenzitách počtu dopadů.

6.3. Zkoušky jaderných vlastností

6.3.1. Zkouška počtů dopadů v případě pozadí

Počty dopadů v případě pozadí jsme stanovili při dávkovém výkonu gama částic na pozadí o velikosti ≈ 100 nSv/h.

Pozadí beta/gama:

Průměr z 50 měření: $10,8 \pm 2,5$ s⁻¹

Hodnota udaná výrobcem: 12 s⁻¹ [Návod k použití (strana 87), Geometrical transmission).

Pozadí alfa:

Průměr z 50 měření: 0,04 s⁻¹

Hodnota udaná výrobcem: 0,1 s⁻¹ [Návod k použití (strana 87), Geometrical transmission).

Naměřené hodnoty potvrzují údaje uvedené výrobcem.

6.3.2. Vymezení citlivého povrchu detektoru

Vzhledem k tomu, že mřížka chránící detektor je uspořádána ve tvaru včelí plástve, vyznačení bodů měření je znázorněno na obrázku č. 3, s čísly pozic v jednotlivých bodech mřížky. Intenzity počtu dopadů zjištěné v případě bodových zdrojů umístěných do středu buněk plástve jsou uvedeny v tabulkách č. 3, 4 a 5. Měření jsme provedli pro beta záření, nízkoenergetické beta záření a alfa záření s použitím zdrojů ³⁶Cl, ¹⁴C a ²⁴¹Am, které byly uvedeny pod pořadovými čísly 11, 10 a 9.

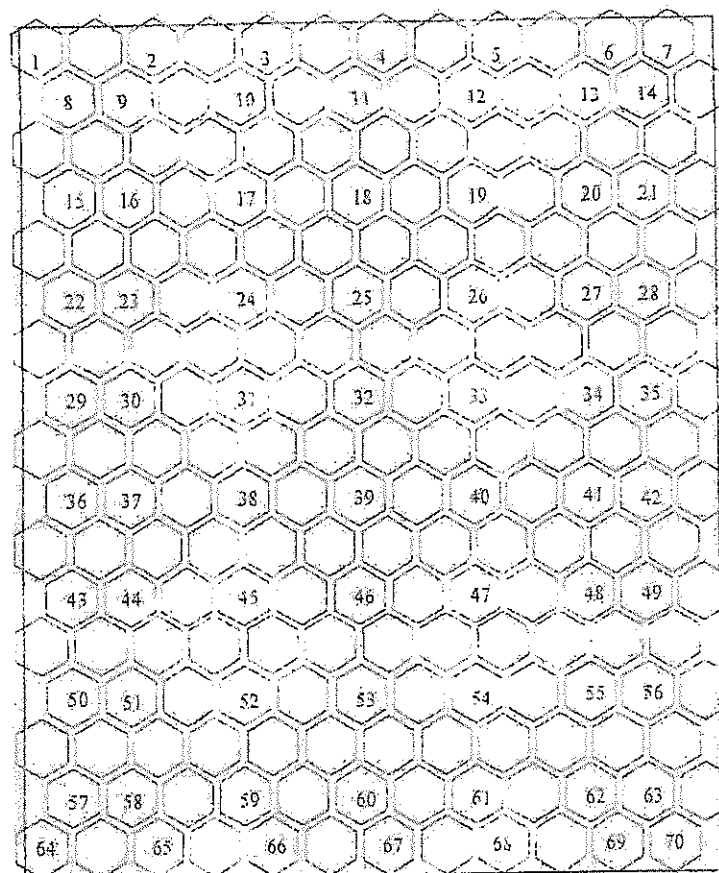
V případě ³⁶Cl činila nejvyšší intenzita dopadů naměřená na povrchu 874 ± 59 s⁻¹.

Místo povrchu lze považovat za citlivé tehdy, pokud je na něm naměřená hodnota vyšší než polovina naměřeného maxima, tj. 437 ± 30 s⁻¹. Podle bodu 9.3 normy č. IEC 60325 nesplňuje podmínky 8 bodů (viz obr. 4).

V případě ¹⁴C činila nejvyšší intenzita dopadů naměřená na povrchu 2653 ± 103 s⁻¹.

Kritérium citlivosti: 1327 ± 52 s⁻¹. Podle bodu 9.3 normy č. IEC 60325 nesplňují podmínky 2 body (viz obr. 4).

² Zřejmě má jít o „zobrazení hodnoty odpovídající 80 % mezní hodnoty měření“ – pozn. překl.



obrázek č. 3

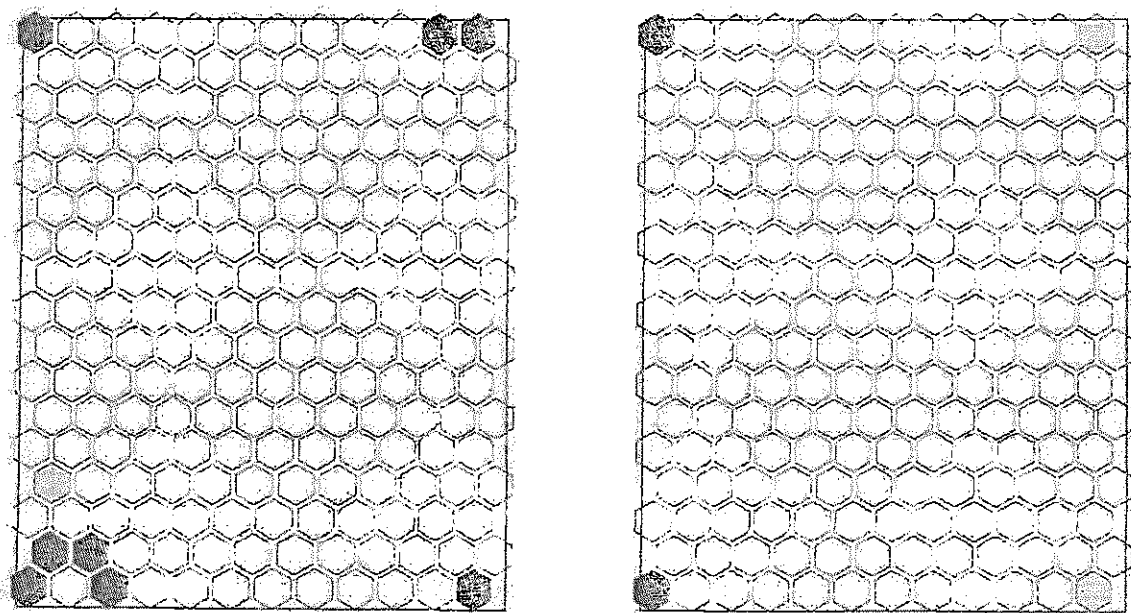
pozice	hodnota [s ⁻¹]	pozice	hodnota [s ⁻¹]	pozice	hodnota [s ⁻¹]	pozice	hodnota [s ⁻¹]	pozice	hodnota [s ⁻¹]
1	313	15	517	29	556	43	489	57	345
2	423	16	651	30	740	44	614	58	402
3	463	17	738	31	760	45	783	59	515
4	524	18	827	32	644	46	747	60	586
5	499	19	722	33	756	47	843	61	607
6	381	20	587	34	726	48	698	62	538
7	294	21	495	35	612	49	606	63	491
8	468	22	574	36	555	50	418	64	248
9	513	23	776	37	695	51	512	65	366
10	582	24	870	38	718	52	631	66	443
11	689	25	874	39	622	53	723	67	501
12	636	26	820	40	772	54	690	68	485
13	622	27	690	41	650	55	601	69	430
14	425	28	536	42	610	56	563	70	346

tabulka č. 3



pozice	hodnota [s ⁻¹]	pozice	hodnota [s ⁻¹]	pozice	hodnota [s ⁻¹]	pozice	hodnota [s ⁻¹]	pozice	hodnota [s ⁻¹]
1	1115	15	1888	29	2308	43	2324	57	1751
2	1511	16	2012	30	2558	44	2384	58	2035
3	1513	17	2292	31	2086	45	2609	59	2189
4	1332	18	2197	32	1479	46	2373	60	1946
5	1479	19	2089	33	1925	47	2460	61	1627
6	1459	20	1936	34	2367	48	2175	62	1789
7	1279	21	1831	35	1988	49	2086	63	1609
8	1646	22	2273	36	2307	50	1932	64	968
9	1853	23	2231	37	2653	51	2171	65	1409
10	1972	24	2483	38	2367	52	2390	66	1406
11	1830	25	1998	39	1640	53	2147	67	1384
12	1784	26	2310	40	2151	54	2102	68	1336
13	1785	27	2161	41	2515	55	1949	69	1394
14	1605	28	1890	42	2280	56	1810	70	1325

tabulka č. 4



obrázek č. 4

Rozložení povrchové citlivosti, vlevo v případě ³⁵Cl a vpravo v případě ¹⁴C
(červená = necitlivé, žlutá = v rámci nejistoty měření, bílá = citlivé)

Obrázek č. 4 ukazuje, že s výjimkou několika krajních bodů lze celý povrch detektoru v případě záření β/γ považovat za citlivý.



pozice	hodnota [s ⁻¹]	pozice	hodnota [s ⁻¹]	pozice	hodnota [s ⁻¹]	pozice	hodnota [s ⁻¹]	pozice	hodnota [s ⁻¹]
1	151	15	228	29	217	43	220	57	196
2	200	16	263	30	241	44	232	58	217
3	209	17	273	31	239	45	226	59	212
4	201	18	259	32	222	46	236	60	202
5	198	19	250	33	232	47	235	61	203
6	200	20	255	34	248	48	241	62	201
7	147	21	228	35	238	49	235	63	212
8	222	22	227	36	204	50	208	64	155
9	271	23	244	37	242	51	221	65	198
10	278	24	265	38	239	52	198	66	192
11	259	25	247	39	212	53	220	67	193
12	256	26	241	40	233	54	237	68	205
13	255	27	255	41	247	55	220	69	201
14	222	28	231	42	232	56	234	70	167

tabulka č. 5

Výsledky měření provedeného s bodovým zdrojem ²⁴¹Am (pouze na základě kanálu alfa) jsou uvedeny v tabulce č. 5.

Nejvyšší intenzita dopadů naměřená na povrchu: $278 \pm 33 \text{ s}^{-1}$.

Kritérium citlivosti: $139 \pm 17 \text{ s}^{-1}$. Toto kritérium splňují všechny body měření, tj. celý povrch lze považovat za citlivý.

6.3.3. Zkouška linearity zobrazeného počtu dopadů

Měření bylo provedeno s použitím série bodových zdrojů záření ⁹⁰Sr(⁹⁰Y), umístěných na pozici 32 podle obrázku 3. Hodnoty zobrazené pro jednotlivé zdroje záření a jejich odchylky od linearity jsou uvedeny v tabulce č. 6. Parametry proložení přímkou:

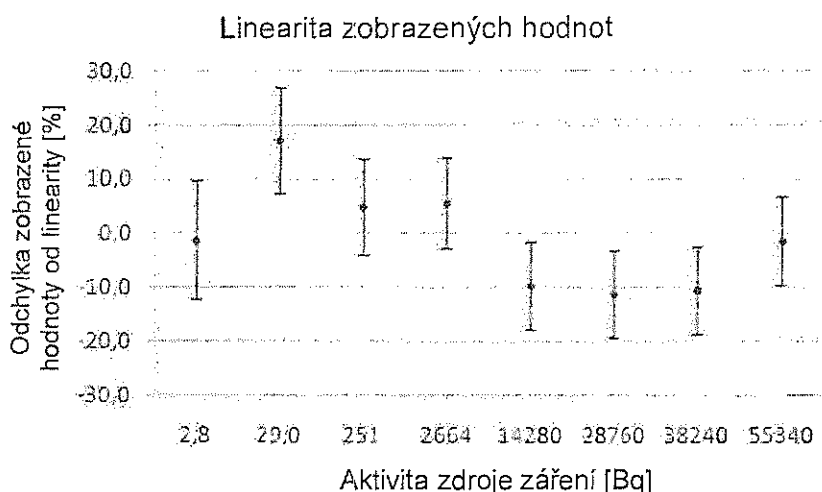
strmost: 0,850568

aditivní člen: -0,85146

Zdroj záření ⁹⁰ Sr		Zobrazená hodnota počtu dopadů [s ⁻¹] (1σ)	Odchylka od linearity [%]
pořadové číslo	aktivita [Bq] (1σ)		
2009-040	$2,84 \pm 0,03$	$1,58 \pm 0,09$	$-1,4 \pm 11$
2009-041	$29,0 \pm 0,3$	$20,4 \pm 1,0$	$17,1 \pm 9,7$
2009-042	251 ± 3	203 ± 9	$4,8 \pm 8,7$
2009-043	2660 ± 27	2145 ± 85	$5,6 \pm 8,2$
2009-044	14280 ± 140	13448 ± 529	$-9,7 \pm 8,1$
2009-045	28760 ± 290	27563 ± 1086	$-11,3 \pm 8,1$
2009-046	38240 ± 380	36388 ± 1432	$-10,6 \pm 8,1$
2009-047	55340 ± 550	47740 ± 1880	$-1,4 \pm 8,1$

tabulka č. 6

Údaje uvedené v tabulce č. 6 znázorňuje obrázek č. 5.



obrázek č. 5

V žádném bodě zkoumaného rozsahu měření odchylka od linearity nepřesahuje $\pm 25\%$, čímž je splněn bod 9.4 normy č. IEC 60325.

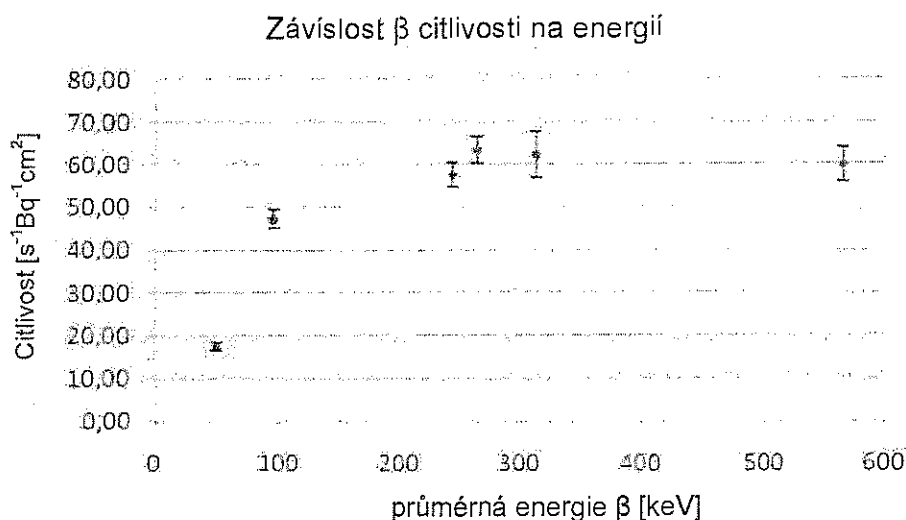
6.3.4. Zkouška citlivosti (stupně účinnosti) přístroje

Zkoušku citlivosti přístroje jsme provedli s použitím cejchovaných vzorků radioaktivních látek s velkým povrchem, uvedených v tabulce č. 1. Naměřené hodnoty citlivosti, kalibrační faktory stanovené na základě těchto hodnot a tovární kalibrační hodnoty uvedené na stranách 84 – 85 příručky k přístroji jsou uvedeny v tabulce č. 7.

Nuklid	Naměřená citlivost [s ⁻¹ Bq ⁻¹ cm ²]	Kalibrační faktor [s Bq cm ⁻²]	Tovární kalibrační faktor [s Bq cm ⁻²]
Tl-204	57,69 ± 2,79	0,0173 ± 0,00008	0,018
Co-60	47,25 ± 2,04	0,0212 ± 0,00009	0,04
Co-57	6,57 ± 0,28	0,152 ± 0,007	0,162
Cs-137	63,42 ± 3,08	0,016 ± 0,001	0,017
C-14	17,40 ± 0,91	0,058 ± 0,003	0,082
Sr-90(+Y-90)	59,83 ± 3,97	0,017 ± 0,001	0,017
Cl-36	62,40 ± 5,53	0,016 ± 0,002	0,017
Am-241 α	22,61 ± 4,17	0,044 ± 0,008	0,054

tabulka č. 7

Údaje o citlivosti uvedené v tabulce č. 7 ve vztahu ke zdrojům β záření znázorňuje obrázek č. 6.



obrázek č. 6

6.3.5. Stanovení minimálního detekovatelného počtu částic

Minimální detekovatelný počet částic jsme stanovili na základě kapitoly 3.15 normy č. IEC 60325. S ohledem na počty dopadů v případě pozadí, uvedené v bodě 6.3.1, a na skutečnost, že doba měření $t_m \approx 10$ s, zatímco doba použitá na stanovení pozadí $t_b = 120$ s, představuje vypočítaná mez detekovatelnosti:

pro beta záření: $3,56 \pm 0,5$ β částic na celý aktivní povrch detektoru,
pro alfa záření: $0,22$ α částic na celý aktivní povrch detektoru.

6.4. Zkoušky vlivu parametrů prostředí

Předpisy o elektromagnetické kompatibilitě jsme nezkoumali a přijali jsme protokol o zkoušce předložený žadatelem o typovou zkoušku:

Protokol vydal: EMV-Messtechnik Laborgeräte Warentests
Číslo protokolu: 4/08/2005

6.4.1. Vlivy změn teploty prostředí

Vliv změn teploty prostředí jsme zkoumali na třech radionuklidech. Radionuklidem s průměrnou beta energií bylo ^{204}Tl , zdrojem nízkoenergetického beta záření byl ^{14}C a zdrojem alfa záření ^{241}Am . Podle údajů uvedených v příručce je přístroj schopen provádět měření v teplotním rozmezí od -20 °C do $+40$ °C.



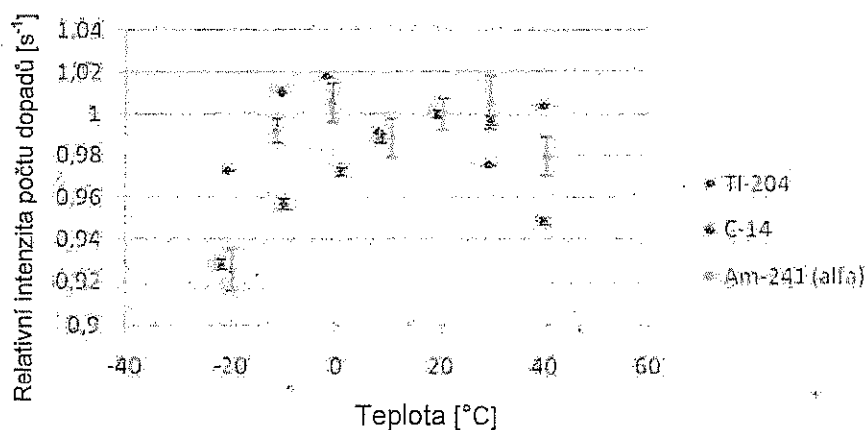
Relativní hodnoty počtu dopadů zobrazené při postupném zvyšování teploty jsou obsaženy v tabulce č. 8. Základem pro srovnání byla hodnota zobrazená při teplotě $\approx 20^\circ\text{C}$.

^{204}Tl		^{14}C		^{241}Am	
Teplota [$^\circ\text{C}$]	Relativní zobrazená intenzita [s^{-1}]	Teplota [$^\circ\text{C}$]	Relativní zobrazená intenzita [s^{-1}]	Teplota [$^\circ\text{C}$]	Relativní zobrazená intenzita [s^{-1}]
-22,03	$0,9282 \pm 0,0022$	-20,76	$0,9729 \pm 0,0005$	-19,84	$0,9258 \pm 0,0096$
-10,23	$0,9568 \pm 0,0022$	-10,51	$1,0105 \pm 0,0003$	-11,57	$0,9920 \pm 0,0056$
0,7	$0,9723 \pm 0,0020$	-2,17	$1,0177 \pm 0,0002$	-1,06	$1,0053 \pm 0,0092$
8,19	$0,9880 \pm 0,0020$	7,84	$0,9917 \pm 0,0003$	10,44	$0,9884 \pm 0,0094$
19,51	$1,0000 \pm 0,0016$	19,55	$1,0000 \pm 0,0008$	20,25	$1,0000 \pm 0,0070$
29,42	$0,9970 \pm 0,0022$	29,17	$0,9758 \pm 0,0005$	29,3	$1,0054 \pm 0,0124$
39,6	$1,0038 \pm 0,0012$	39,7	$0,9487 \pm 0,0018$	40,2	$0,9794 \pm 0,0094$

tabulka č. 8

Údaje uvedené v tabulce č. 8 znázorňuje obrázek č. 7.

Změna relativních počtů dopadů v závislosti na teplotě prostředí



obrázek č. 7

Trend lze vysledovat pouze v případě ^{204}Tl . Všechny zkoumané body měření se nacházejí v rámci 10% tolerance, čímž je splněn 15% limit předepsaný normou č. IEC 60325.

6.4.2. Vlivy vnějšího gama pole na zobrazené hodnoty

Citlivost na vnější dávkový výkon gama částic udaná výrobcem: $1 \mu\text{Sv/h}$. V případě pole vytvořeného pomocí ^{137}Cs je počet dopadů v kanálu beta menší než 100 s^{-1} a v kanálu alfa jej nelze detekovat.



Pole jsme vytvořili v rentgenové laboratoři v suterénu budovy C a naměřené hodnoty jsou následující: kanál beta: $45,4 \pm 10,1$,
kanál alfa: nelze detekovat.

V případě gama pole o hodnotě $1 \mu\text{Sv/h}$ přístroj splňuje parametry udané výrobcem.

V případě pole o hodnotě $10 \mu\text{Gy/h}$ vytvořeného pomocí ^{137}Cs jsou naměřené počty dopadů následující: kanál beta: 474 ± 54 ,
kanál alfa: nelze detekovat.

Pro dávkový výkon $10 \mu\text{Gy/h}$ jsme nenalezli žádné tovární údaje.

7. Nejistota měření

Nejistotu měření vztahujeme na zobrazené hodnoty udané v jednotce s^{-1} .

Její složky jsou:

- | | |
|---|----------------|
| - linearita v celém rozsahu měření (relativní vnitřní chyba): | $\pm 17 \%$, |
| - teplotní nestabilita v celém rozsahu měření: | $\pm 10 \%$, |
| - nejistota citlivého povrchu (geometrie): | $\pm 2,5 \%$, |

Výsledná nejistota:	$\pm 20 \%$
---------------------	-------------

8. Souhrnný výsledek zkoušky

Při měřeních provedených v rámci zkoušky a při kontrole fungování lze konstatovat, že předložený monitor povrchového radioaktivního znečištění z metrologického hlediska splňuje metrologické požadavky, které jsou na něj kladeny.

Rozsah měření jsme na základě kapitol 6.3.5 a 6.3.3 tohoto protokolu stanovili v případě částic β/γ na $4 - 50000 \text{ s}^{-1}$ a v případě částic³ na $0,2 - 5000 \text{ s}^{-1}$. Rozsah měření (s použitím údajů o citlivosti obsažených v tabulce č. 7 a citlivého povrchu detektoru o velikosti 171 cm^2) je v případě ^{36}Cl $11 - 136000 \text{ Bq}$ a v případě ^{241}Am $1,5 - 37600 \text{ Bq}$. Aniž by se upravovaly vestavěné kalibrační faktory zařízení, je nutno po změření intenzity počtu dopadů [s^{-1}] a povrchové aktivity [$\text{Bq}\cdot\text{cm}^{-2}$] pro zvolený radionuklid udát v osvědčení o cejchování kalibrační faktory [$\text{s}\cdot\text{Bq}\cdot\text{cm}^{-2}$] a kalibrační koeficienty.

³ Správně patří zřejmě „částic α “ – pozn. překl.



9. Cejchování

Cejchování monitoru povrchového radioaktivního znečištění je nutno provést na základě předpisu pro cejchování číslo HE 57-2006 pomocí cejchovaných zdrojů radioaktivního záření ^{204}Tl , ^{241}Am , ^{14}C , ^{60}Co , ^{137}Cs a ^{90}Sr v podobě odpovídající monitoru povrchového radioaktivního znečištění.

10. Způsob dokládání cejchování

Cejchování se dokládá cejchovací známkou viditelně umístěnou na přístroji, na níž je uveden rok a měsíc cejchování a která je platná spolu s Osvědčením o cejchování.

V Budapešti dne 27. listopadu 2009

Zkoušku provedl:

.....
podpis
László Szűcs

Protokol schválil:

kulaté razítko:
Maďarský obchodní
licenční úřad
Odbor metrologie

.....
podpis
István Csete
vrchní odborný poradce



MAGYAR KERESKEDELMI ENGEDÉLYEZÉSI HIVATAL

Metrológiai Főosztály

BUDAPEST XII., NÉMETVÖLGYI ÚT 37-39.

1535 Budapest Pf.:919.

Telefon:458-5800

Telefax:458-5937

Ügyiratszám:BPMMBH/05679-002/2009/ME

Engedélyszám: TH-8579/3/2009

Ügyintéző: Szűcs Lajos

Vizsgálatot végezte: Szűcs László

1/16. oldal

TÍPUSVIZSGÁLATI JEGYZŐKÖNYV

A vizsgálat tárgya: Felületi radioaktívszennyezettség-monitor
teljes megnevezése: Digitális szennyezettség monitor
gyártó: Berthold Technologies GmbH & Co
75323 Bad Wildbad-Germany
készülék típusjele: LB 124 Scint
43727-10 LB 124 Sc
detektor típusjele: LB 6390
szoftver verzió: V3.20

Főbb metrológiai jellemzői:

detektorok típusa: ZnS pasztik szcintillációs számláló
detektált részecske: alfa, béta/gamma

méréstartomány: béta/gamma: $4 - 50000 \text{ s}^{-1}$
alfa: $0,2 - 5000 \text{ s}^{-1}$

minimálisan kimutatható alsó beütésszám ($t_{\text{mérés}}=10 \text{ s}$) [s^{-1}]:
béta/gamma: $4 \pm 0,5$
alfa: $0,2$

A vizsgálatot kéri: CANBERRA-PACKARD Kft.
1118 Budapest Pannonthalmi út 35/A

A vizsgálat helye: MKEH Metrológiai Főosztály
Sugárfizikai és Kémiai Mérések Osztály, Budapest

A vizsgálat időpontja: 2009. szeptember-október

Benyújtott dokumentumok:

- Használati útmutató (Operating Manual) No. 43727BA2 Rev.No.: 07 20.08.058,
- EMC vizsgálati tanusítvány (12 oldal, Nor Elektronik),
- OE 09 f 130 számú BEV hitelesítési engedély.



1 A vizsgált mérőberendezés rendeltetése, alkalmazási területe

A felületi radioaktívszennyezettség monitor nyílt radioaktív szennyeződés lehetőségét magában rejtő munkahelyeken történő esetleges radioaktív felületi szennyezettség jelenlétének jelzésére, valamint meghatározott körülmények között, azok mérésére alkalmazható. Továbbá alkalmas zárt radioaktív anyagok esetében azok lokalizációjára, természetes radioaktivitást mutató anyagok felderítésére is.

2 A monitor felépítése, működése

2.1 A felületi radioaktívszennyezettség monitor felépítése

A készülék sugárzás érzékeny részét ZnS plastik detektor alkotja, a hozzá kapcsolt fotoelektron sokszorozóval. A külső fénytől származó fotonok leárnýékolására vékony fólia szolgál. Az érzékeny felület és az azt takaró fólia mechanikai sérüléseinek elkerülését védőrács biztosítja. Az érzékeny felület nagysága $\approx 170 \text{ cm}^2$. A mért beütésszámok kijelzése [cps] vagy (megfelelő kalibrációs faktorok esetén) $[\text{Bq cm}^{-2}]$ egységekben történik. A hat kezelőgomb a beépített szoftverrel együtt könnyen kezelhető kéziműszert alkot.

2.2 A radioaktívszennyezettség monitor működése

A kéziműszer érzékeny térfogatába érkező részecské (béta, alfa vagy gamma foton) a ZnS plastik szcintillátorban felvillanást kelt. Ezt a felvillanást a fotoelektronsokszorozó felerősíti, elektromos impulzussá alakítja át. A másodpercenkénti impulzusok száma képezi a beütésszám intenzitást. Az alfa és béta/gamma részecskék számlálása külön csatornában történik.

A készülék 5 különböző módban működik:

- a) „Survey” üzemmódban gyorsan reagál a felületen való radioaktív anyag eloszlására, annak érzékelésére,
- b) „Ratemeter” üzemmódban a már detektált szennyezettség kisebb statisztikai bizonytalansággal történő meghatározása történik, ún. beütésszám simításos eljárás alkalmazásával,
- c) „Scaler-timer” üzemmódban beállítható a mérés időtartama, vagy a mérés pontossága (beütésszám),
- d) „Clearance” üzemmódban a készülék 2 lehetséges eset közül választást végez: a vizsgált felület radioaktivitás szempontjából „tiszta” vagy „szennyezett”,
- e) „Half-life measurement” üzemmód, ami a felületen talált ismeretlen radioaktív szennyezés azonosításánál lehet hasznos.

3 Kifejezések értelmezése

A típusvizsgálati jegyzőkönyvben alkalmazott megnevezések:



Hatásfok – A készülék által mért időegységre eső beütésszámok, osztva a detektor felületét érő, az adott típusú részecskék időegységre eső számával. Dimenzió nélküli mennyiség %-ban kifejezve.

Érzékenység – A készülék által mért időegységre eső beütésszám, osztva a beütésszámot előidéző radioaktív sugárforrás felületegységre eső aktivitásával. Fizikai dimenziója : $s^{-1} \cdot Bq^{-1} \cdot cm^2$.

Kalibrációs tényező – A készülék érzékenységének reciproka, amellyel a készülék által kijelzett beütésszám intenzitást megszorozva a felületi aktivitás értékét kapjuk. Dimenziója: $s \cdot Bq \cdot cm^{-2}$.

Kalibrációs szorzótényező – A hiteles anyagminta tanúsított felületi aktivitásának és a készülék által kijelzett felületi aktivitás hányadosa. A kijelzett felületi aktivitást ezzel a tényezővel megszorozva kapjuk a tanúsított felületi aktivitást. Dimenzió nélküli mennyiség.

4 A gyártó által megadott fontosabb műszaki adatok:

4.1 Hőmérséklet:

működési tartomány: (- 20 – +40) °C

stabilitás a teljes működési tartományon:
± 10 %

tárolási tartomány: (- 40 – +60) °C

4.2 Elektromos táplálás:

3 db „C” baby elem, vagy tölthető Ni akkumulátor, vagy

hálózat esetén:

feszültség: 90-264 V, AC

frekvencia: 50/60 Hz

4.3 Kijelző:

megjelenítő: 196x64 pixeles monokróm LCD display

hang: 2,5-3 kHz-es piezo akusztikus rezonátor

4.4 Külső kapcsolat:

RS-232 csatlakozás: 5 vonalas, a tárolt adatok PC-re történő továbbításához

4.5 Detektor:

típusa: ZnS:Ag szcintillációs detektor

mérete: 143 mm x 168 mm

érzékeny felülete: 118 mm x 145 mm

bemenő ablak fólia vastagsága: 6 µm

fólia sűrűsége: 0,8 mg/cm²



a védőrács kitakarása:	20 %
átlagos háttér α csatornában:	0,1 cps
β csatornában:	12 cps
1 $\mu\text{Sv/h}$ külső gamma térre (^{137}Cs) mutatott érzékenység:	
α csatornában:	nem detektálható
β csatornában:	< 100 cps

méréstartomány (10 %-nál kisebb linearitási eltérés esetén)	
α csatornában:	0-5000 cps
β csatornában:	0-50000 cps

5 A típusvizsgálati szempontok

A típusvizsgálatot az MKEH TE 57/2006 eljárása alapján folytattuk le, amelynek alapját a az IEC 60325-2002 szabvány előírásai képezik. A típusvizsgálat során ellenőrzése/meghatározása került paraméterekre vonatkozó zárójeles hivatkozásai az IEC 60325-2002 megfelelő bekezdéseire utal. A vizsgálatok eredményeinek bizonytalansága $k=2$ kiterjesztési tényezővel van megadva.

Mechanika tulajdonságok vizsgálata:

- szennyezett felület és detektorablak távolság (6.1)
- védőrács árnyékolási tényező (gyártó által megadott)

Elektronikus jellemzők vizsgálata:

- reakcióidő (8.2),
- bemelegedési idő (8.5),
- túlcsoordulás kijelzés (8.7),
- riasztási küszöb vizsgálata (8.4),

Nukleáris jellemzők vizsgálata:

- háttér beütésszámok vizsgálata,
- detektor érzékeny felületének meghatározása (9.3),
- linearitás vizsgálata (9.4),
- a készülék érzékenységének (hatásfokának) energia függés vizsgálata (9.5),
- a minimálisan detektálható részecskeszám meghatározása (3.15),

Környezeti paraméterek hatásainak vizsgálata:

- környezeti hőmérsékletváltozás hatásai (10.1),
- külső gamma dózistér hatása a kijelzésre (9.6.2).

A vizsgálat nem terjedt ki a felezési idő mérési üzemmódra.

6 Vizsgálatok

A vizsgálatra bemutatott mérőeszköz:

alaplmszer:	
megnevezése:	LB 124 Scint
gyári azonosító jelzése:	43727-10 LB124 SC



gyári száma: 10-6796

detektor:
gyári azonosító jelzése: 43124 LB 6390
gyári száma: 6940

PMT sorozatszám: 12649

alaplapp száma: 34088

szoftver:
megnevezése: LB 124 SZINT
verziószám: V3.20

A típusvizsgálat során alkalmazott radioaktív hiteles anyagminták listáját az 1. táblázat tartalmazza.

No	Típus	Sorszám	Aktivitás [kBq] (1σ)	Vonatkoztatási időpont	Kialakítás
1	^{241}Am	92-080	$2,85 \pm 0,03$	2007.02.01	240 mm x 240 mm
2	^{14}C	94-015	779 ± 20	2007.02.01	240 mm x 240 mm
3	^{57}Co	2008-023	563 ± 6	2008.06.01	240 mm x 240 mm
4	^{60}Co	2008-077	$34,9 \pm 0,4$	2008.11.01	240 mm x 240 mm
5	^{137}Cs	94-018	$22,0 \pm 0,2$	2007.02.01	240 mm x 240 mm
6	$^{90}\text{Sr} (^{90}\text{Y})$	92-078	$10,2 \pm 0,3$	2007.02.01	240 mm x 240 mm
7	^{204}Tl	2008-013	$31,7 \pm 0,3$	2008.06.01	240 mm x 240 mm
8	^{35}Cl	2003-011/1	$0,949 \pm 0,019$	2003.05.01	120 mm x 115 mm
9	^{241}Am	2005-004	$1,417 \pm 0,014$	2005.05.01	pont
10	^{14}C	2006-043	$92,5 \pm 0,9$	2006.09.01	pont
11	^{35}Cl	2005-003	$1,543 \pm 0,015$	2004.11.01	pont
12	$^{90}\text{Sr} (^{90}\text{Y})$	2009-040	$0,00284 \pm 0,00003$	2009.11.01	pont
13	$^{90}\text{Sr} (^{90}\text{Y})$	2009-041	$0,02904 \pm 0,00029$	2009.11.01	pont
14	$^{90}\text{Sr} (^{90}\text{Y})$	2009-042	$0,2506 \pm 0,0025$	2009.11.01	pont
15	$^{90}\text{Sr} (^{90}\text{Y})$	2009-043	$2,664 \pm 0,027$	2009.11.01	pont
16	$^{90}\text{Sr} (^{90}\text{Y})$	2009-044	$14,28 \pm 0,14$	2009.11.01	pont
17	$^{90}\text{Sr} (^{90}\text{Y})$	2009-045	$28,76 \pm 0,29$	2009.11.01	pont
18	$^{90}\text{Sr} (^{90}\text{Y})$	2009-046	$38,24 \pm 0,38$	2009.11.01	pont
19	$^{90}\text{Sr} (^{90}\text{Y})$	2009-047	$55,34 \pm 0,55$	2009.11.01	pont

1. táblázat

6.1 Mechanikai tulajdonságok vizsgálata

6.1.1 Szennyezett felület és detektorablak távolság

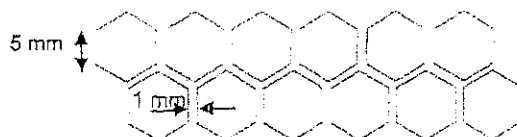
A szennyezett felület és a detektor ablakának távolsága: 5 mm.

Ez megfelel az IEC 60325 6.1 pontjában foglaltak szerinti alfa detektorokra vonatkozó előírásnak. Ez értelemszerűen teljesíti a béta detektorokra előírt 10 mm-es előírást is.



6.1.2 Védőrács árnyékolási tényező

A detektorablak felületét védőrács óvja a külső sérülésektől. A védőrácsot alkotó minta kialakítást és méretezést az 1. ábra szemlélteti.



1. ábra

A paraméterek alapján a felület 80 %-át hagyja szabadon a védőrács, amely megfelel a gyártó által megadott értéknek (Operating Manual 9. Technical Data (87. oldal), Geometrical transmission).

6.2 Elektronikus jellemzők vizsgálata

6.2.1 Reakcióidő meghatározása

A reakcióidő meghatározása $^{90}\text{Sr} (^{90}\text{Y})$ radioaktív anyagmintával történt. A mérések „Survey” üzemmódban, 1 s időállandóval történtek, a simítás kizárása érdekében.

A háttér értékről a beütésszám átlag 90 %-nak elérése 3,8 s alatt történt meg. A beütésszámszám átlagtól annak 10 %-ig történő visszaesésre 3 s-ra volt szükség. Az időtartamok meghatározása kézi stopperórával történt, így a leolvasás pontossága ± 1 s.

A készülék eleget tesz a reakcióidőre vonatkozó IEC 60325 8.2 előírásainak, miszerint a beütésszám 90 %-t < 7 s alatt kell elérni, a forrás elvételével pedig < 10 s alatt vissza kell állni a kezdeti (forrásra adott) beütésszám 10 %-ig.

6.2.2 Bemelegedési idő vizsgálata

A bemelegedési idő vizsgálata $^{90}\text{Sr} (^{90}\text{Y})$ radioaktív anyagmintával történt. A mérések „Survey” üzemmódban, 1 s időállandóval történtek, a simítás kizárása érdekében.

A készülék bekapcsolását követő 20 másodperc és 120 másodperc között 5 másodpercenként leolvasott beütésszámokat a 2. táblázat tartalmazza.

eltelt idő [s]	leolvasott érték [s ⁻¹]	eltelt idő [s]	leolvasott érték [s ⁻¹]	eltelt idő [s]	leolvasott érték [s ⁻¹]
20	306	55	315	90	314
25	305	60	314	95	324
30	315	65	311	100	321
35	318	70	309	105	316
40	312	75	308	110	317
45	315	80	311	115	311
50	317	85	307	120	301

2. táblázat



A bekapcsolást követő 15. perc után 10 leolvasás átlaga $308,7 \pm 3,1$ volt, aminek a 20 %-a 61,7 impulzus. A 15. percet követő leolvasás átlag és a bemelegedés során leolvasott értékek (2. táblázat adatai) közötti különbség minden esetben kisebb mint 20 %. A készülék teljesíti az IEC 60325 bemelegedésre 8.5 alfejezetében szabott feltételeit.

6.2.3 Túlsordulás vizsgálata

A túlsordulás vizsgálata $^{90}\text{Sr} (^{90}\text{Y})$ radioaktív anyagmintával történt. A mérések „Survey” üzemmódban, 1 s időállandóval történtek, a simítás kizárása érdekében.

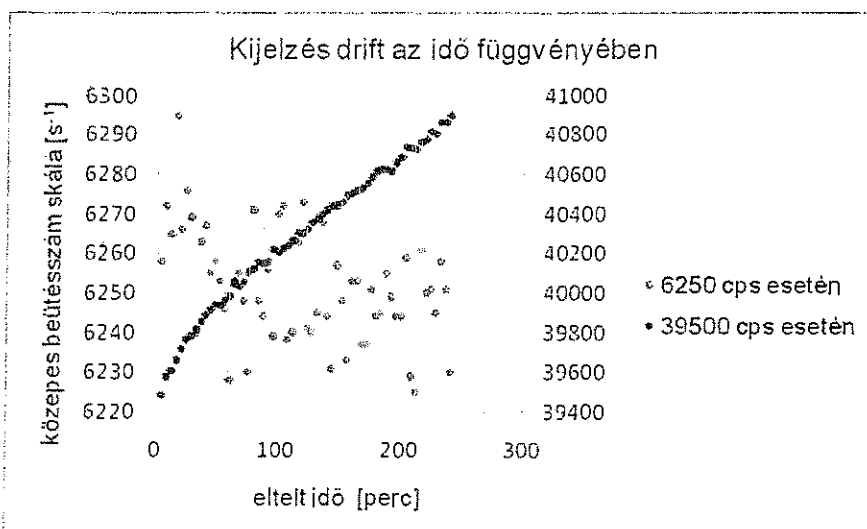
Az „OVF” kijelzés való megjelenése a túlsordulást előidéző forrás detektor elé tételét követő 4 másodpercen (< 5 s) belül megtörtént. Ezt követően 5 perc túlsordulási állapot fenntartása után a források elvételével az alapállapotba történő visszatérés ugyancsak 4 másodperc alatt (< 30 s) jött létre. Nem csak a kijelzés kelt életre, hanem az alapállapoti értékek is visszaállítottak, teljesítve az IEC 60325 8.7 pontjának erre vonatkozó előírását.

6.2.4 Riasztási küszöb vizsgálata

A riasztási küszöb csúszásának (drift) értékét a készülék által kijelzett beütésszám intenzitás időbeli változásával határoztuk meg. A memóriában lévő küszöbérték a digitális tárolás miatt nem változik, tehát csak az érzékelt beütésszám változása okozhatja a riasztás csúszását.

A vizsgálat scaler-timer üzemmódban történt, 4 perces időtartammal, 60 ciklus indításával. Az átfogott időintervallum 4 óra. A vizsgálatot egy átlagos béta beütésszám-intenzitás (6200 s^{-1}) és egy, a méréshatár 80 %-át jelentő 40000 s^{-1} intenzitás mellett végeztük.

A 2×60 mérési adat részletezése nélkül, a 2. ábra segítségével közöljük az adatsorokra jellemző időbeni változást.



2. ábra



Átlagos beütésszám intenzitás esetén, az átlagos kijelzés: 6251 ± 28 volt. Az adatsort a kék színnel jelzett pontok jelentik meg. A kijelzett adatok a $\pm 2\sigma$ széles tartományon belül helyezkedtek el, láthatóan véletlenszerű eloszlásban.

A méréstartomány 80 %-os kijelzésénél viszont az idő függvényében látható trend alakult ki. A kijelzés emelkedésének a mértéke: 1413 impulzus/4 óra, ami 8 órás, szabványban rögzített időtartamra kivetítve: 2826 impulzus, ami a kezdeti érték: $\approx 7,2$ %-a. Az átlagos kijelzés: 40293 ± 746 (2σ). A növekedés az esetleges 3σ szórással megnövelve: 3945 impulzus, ami ≈ 10 %. Ez a csúszás biztosan nem szálaltatja meg a 20 %-os driftet engedélyező riasztást, ami az IEC 60325 8.4 pontjának teljesülését jelenti.

A megfelelés mellett figyelemre méltó a nagy beütésszám intenzitásoknál fellépő kijelzési drift.

6.3 Nukleáris jellemzők vizsgálata

6.3.1 Háttér beütésszámok vizsgálata

A háttér beütésszámokat ≈ 100 nSv/h nagyságú háttér gamma dózisteljesítmény mellett határoztuk meg.

Béta/gamma háttér :

50 mérés átlaga: $10,8 \pm 2,5$ s⁻¹

A gyártó által megadott adat: 12 s⁻¹ (Használati útmutató (87. oldal), Geometrical transmission).

Alfa háttér:

50 mérés átlaga: $0,04$ s⁻¹

A gyártó által megadott adat: 0,1 s⁻¹ (Használati útmutató (87. oldal), Geometrical transmission).

A mért értékek alátámasztják a gyártó által megadott adatokat.

6.3.2 Detektor érzékeny felületének meghatározása

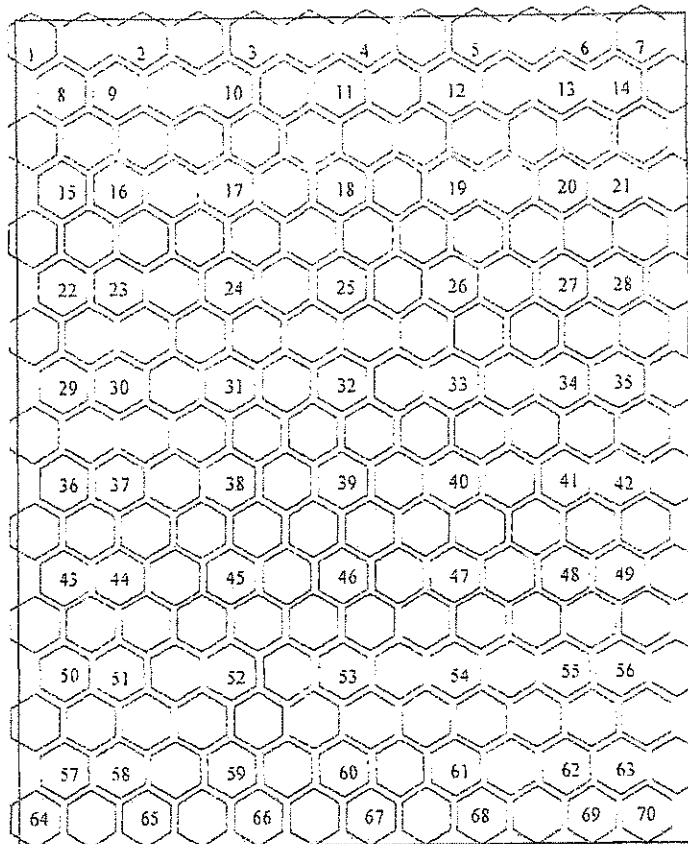
A detektort védő rács méhviasz-szerű elrendezése miatt, a mérőpontok kijelölését a 3. ábra szemlélteti, a rácsponthoz pozíciószámmal. A méhsejtek középpontjába helyezett pontszerű forrásra mutatott beütésszám intenzitás a 3, 4, 5 táblázatokban vannak feltüntetve. A méréseket a 11, 10, 9 sorszámu ³⁶Cl, ¹⁴C és ²⁴¹Am sugárforrásokkal végeztük, béta, alacsony energiás béta valamint alfa sugárzásra.

A ³⁶Cl esetében a felületen mért legnagyobb beütésszám intenzitás : 874 ± 59 s⁻¹.

Érzékenynek akkor tekinthető a felületelem, ha a rajta mért kijelzés nagyobb, mint a mért maximum fele, azaz 437 ± 30 s⁻¹. Az IEC 60325 9.3 pontja szerint 8 pont nem felel meg (Isd 4. ábra).

A ¹⁴C esetében a felületen mért legnagyobb beütésszám intenzitás : 2653 ± 103 s⁻¹.

Az érzékenységi kritérium: 1327 ± 52 s⁻¹. Az IEC 60325 9.3 pontja szerint 2 pont nem felel meg (Isd 4. ábra).



3. ábra

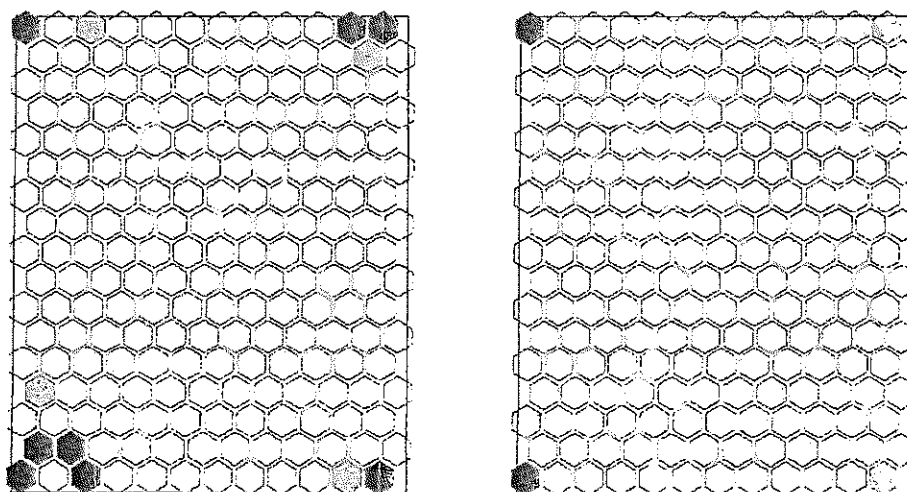
pozíció	kijelzés [s ⁻¹]	pozíció	kijelzés [s ⁻¹]	pozíció	kijelzés [s ⁻¹]	pozíció	kijelzés [s ⁻¹]	pozíció	kijelzés [s ⁻¹]
1	313	15	517	29	556	43	489	57	345
2	423	16	651	30	740	44	614	58	402
3	463	17	738	31	760	45	783	59	515
4	524	18	827	32	644	46	747	60	586
5	499	19	722	33	756	47	843	61	607
6	381	20	587	34	726	48	698	62	538
7	294	21	495	35	612	49	606	63	491
8	468	22	574	36	555	50	418	64	248
9	513	23	776	37	695	51	512	65	366
10	582	24	870	38	718	52	631	66	443
11	689	25	874	39	622	53	723	67	501
12	636	26	820	40	772	54	690	68	485
13	622	27	690	41	650	55	601	69	430
14	425	28	536	42	610	56	563	70	346

3. táblázat



pozíció	kijelzés [s ⁻¹]	pozíció	kijelzés [s ⁻¹]	pozíció	kijelzés [s ⁻¹]	pozíció	kijelzés [s ⁻¹]	pozíció	kijelzés [s ⁻¹]
1	1115	15	1888	29	2308	43	2324	57	1751
2	1511	16	2012	30	2558	44	2384	58	2035
3	1513	17	2292	31	2086	45	2609	59	2189
4	1332	18	2197	32	1479	46	2373	60	1946
5	1479	19	2089	33	1925	47	2460	61	1627
6	1459	20	1936	34	2367	48	2175	62	1789
7	1279	21	1831	35	1988	49	2086	63	1609
8	1646	22	2273	36	2307	50	1932	64	968
9	1853	23	2231	37	2653	51	2171	65	1409
10	1972	24	2483	38	2367	52	2390	66	1406
11	1830	25	1998	39	1640	53	2147	67	1384
12	1784	26	2310	40	2151	54	2102	68	1336
13	1785	27	2151	41	2515	55	1949	69	1394
14	1605	28	1890	42	2280	56	1810	70	1325

4. táblázat



4. ábra

A felületi érzékenység eloszlása balra ³⁶Cl, jobbra ¹⁴C esetén
(piros: érzéketlen, sárga: mérési bizonytalanságon belül, fehér: érzékeny)

A 4. ábra szemlélteti, hogy a detektor teljes felülete érzékenynek tekinthető, néhány szélső pont kivételével, β/γ sugárzás esetén.



pozíció	kijelzés [s ⁻¹]	pozíció	kijelzés [s ⁻¹]	pozíció	kijelzés [s ⁻¹]	pozíció	kijelzés [s ⁻¹]	pozíció	kijelzés [s ⁻¹]
1	151	15	228	29	217	43	220	57	196
2	200	16	263	30	241	44	232	58	217
3	209	17	273	31	239	45	226	59	212
4	201	18	259	32	222	46	236	60	202
5	198	19	250	33	232	47	235	61	203
6	200	20	255	34	248	48	241	62	201
7	147	21	228	35	238	49	235	63	212
8	222	22	227	36	204	50	208	64	155
9	271	23	244	37	242	51	221	65	198
10	278	24	265	38	239	52	198	66	192
11	259	25	247	39	212	53	220	67	193
12	256	26	241	40	233	54	237	68	205
13	255	27	255	41	247	55	220	69	201
14	222	28	231	42	232	56	234	70	167

5. táblázat

A ²⁴¹Am pontforrással végzett vizsgálat eredményei (csak az alfa csatorna alapján) az 5. táblázatban találhatók.

A felületen mért legnagyobb beütésszám intenzitás : $278 \pm 33 \text{ s}^{-1}$.

Az érzékenységi kritérium: $139 \pm 17 \text{ s}^{-1}$. Minden mérési pont teljesíti a kritériumot, vagyis a teljes felület érzékenynek tekinthető.

6.3.3 A kijelzett beütésszám linearitásának vizsgálata

A vizsgálat ⁹⁰Sr(⁹⁰Y) pont sugárforrás sorozat alkalmazásával történt, amelyek a 3. ábra 32-es pozíciójában voltak. A sugárforrásokra kijelzett értékek és azok lineáristól való eltérése a 6. táblázatban található. Az illesztett egyenes paraméterei:

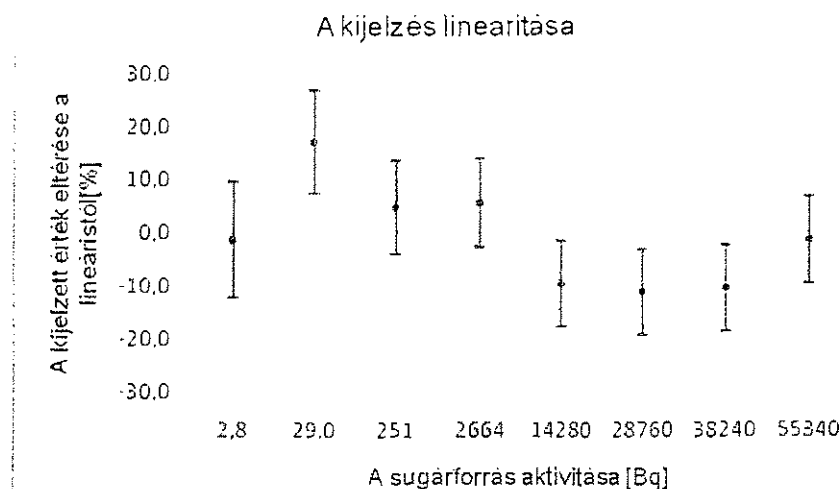
meredekség: 0,850568

additív tag: -0,85146

A ⁹⁰ Sr sugárforrás		Kijelzett beütésszám intenzitás [s ⁻¹] (1σ)	A linearistól való eltérés [%]
sorszama	aktivitása [Bq] (1σ)		
2009-040	$2,84 \pm 0,03$	$1,58 \pm 0,09$	$-1,4 \pm 11$
2009-041	$29,0 \pm 0,3$	$20,4 \pm 1,0$	$17,1 \pm 9,7$
2009-042	251 ± 3	203 ± 9	$4,8 \pm 8,7$
2009-043	2660 ± 27	2145 ± 85	$5,6 \pm 8,2$
2009-044	14280 ± 140	13448 ± 529	$-9,7 \pm 8,1$
2009-045	28760 ± 290	27563 ± 1086	$-11,3 \pm 8,1$
2009-046	38240 ± 380	36388 ± 1432	$-10,6 \pm 8,1$
2009-047	55340 ± 550	47740 ± 1880	$-1,4 \pm 8,1$

6. táblázat

A 6. táblázat adatait a 5. ábra szemlélteti.



5. ábra

A vizsgált méréstartomány minden pontjában a lineáristól való eltérés nem haladja meg a $\pm 25\%$ -ot, eleget téve az IEC 60325 9.4 pontjának.

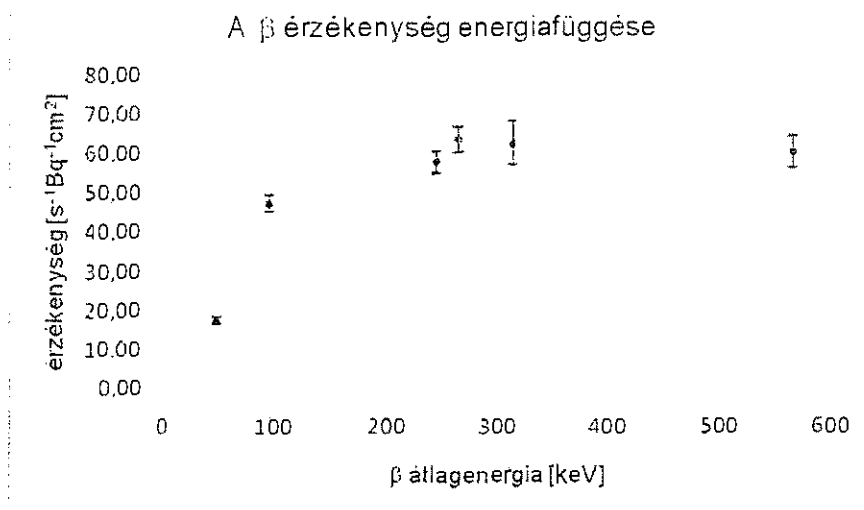
6.3.4 A készülék érzékenysége (hatásfokának) vizsgálata

A készülék érzékenysége vizsgálatát az 1. táblázatban található nagyfelületű radioaktív hiteles anyagmintákkal végeztük el. A mért érzékenység adatokat, az azokból meghatározott kalibrációs faktorokat, valamint a gépkönyv 84-85. oldalán található gyári kalibrációs értékeket a 7. táblázat tartalmazza.

Nuklid	Mért érzékenység [s ⁻¹ Bq ⁻¹ cm ²]	Kalibrációs faktor [s Bq cm ⁻²]	Gyári kalibrációs faktor [s Bq cm ⁻²]
Ti-204	57,69 ± 2,79	0,0173 ± 0,0008	0,018
Co-60	47,25 ± 2,04	0,0212 ± 0,0009	0,04
Co-57	6,57 ± 0,28	0,152 ± 0,007	0,162
Cs-137	63,42 ± 3,08	0,016 ± 0,001	0,017
C-14	17,40 ± 0,91	0,058 ± 0,003	0,082
Sr-90(+Y-90)	59,83 ± 3,97	0,017 ± 0,001	0,017
Cl-36	62,40 ± 5,53	0,016 ± 0,002	0,017
Am-241 α	22,61 ± 4,17	0,044 ± 0,008	0,054

7. táblázat

A β sugárzókra a 7. táblázat érzékenységi adatait a 6. ábra szemlélteti.



6. ábra

6.3.5 A minimálisan detektálható részecskeszám meghatározása

A minimálisan detektálható részecskeszámot az IEC 60325 3.15 fejezete alapján határoztuk meg. Figyelembe véve a 6.3.1 részben közölt háttér beütésszámokat, valamint azt, hogy a mérés időtartama $t_m \approx 10$ s, a háttér meghatározására fordított időtartam pedig $t_p = 120$ s, a számított kimutathatósági határ:

béta sugárzásra: $3,56 \pm 0,5$ β részecske a teljes aktív detektor felületre,
alfa sugárzásra: $0,22$ α részecske a teljes aktív detektor felületre.

6.4 Környezeti paraméterek hatásainak vizsgálata

Az elektromágneses kompatibilitásra vonatkozó előírásokat nem vizsgáltuk, elfogadtuk a típusvizsgálatot kérő fél által benyújtott vizsgálati jegyzőkönyvet:

A jegyzőkönyvet kiadta: EMV-Messtechnik Laborgeräte Warentests
A jegyzőkönyv száma: 4/08/2005

6.4.1 A környezeti hőmérsékletváltozás hatásai

A környezeti hőmérsékletváltozás hatását három radionuklid esetén vizsgáltuk. Átlagos béta energiájú radionuklid a ^{204}Ti , alacsonyenergiás béta sugárzó a ^{14}C és alfa sugárzó az ^{241}Am sugárforrások voltak. A gépkönyv technikai adatai alapján a készülék a következő hőmérséklettartományban mérőképes: $-20\text{ }^{\circ}C$ - $+40\text{ }^{\circ}C$.

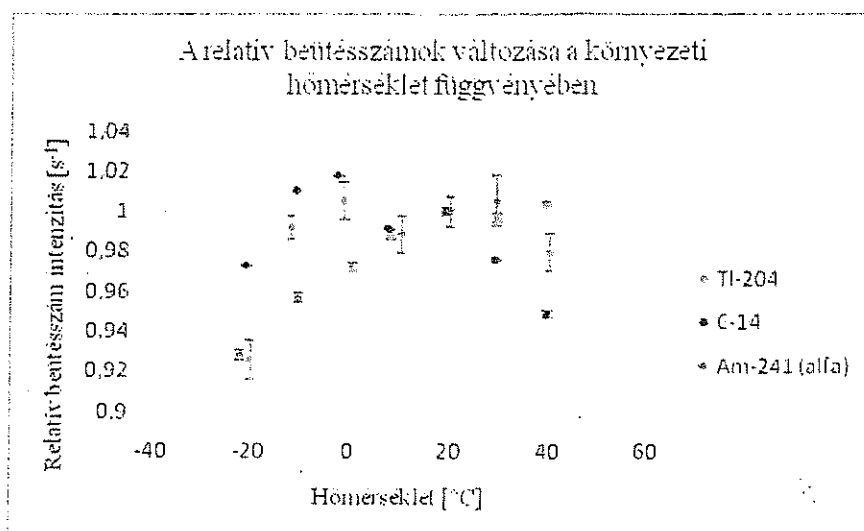


A hőmérséklet fokozatos emelése mellett, a kijelzett beütésszámok relatív értékeit a 8. táblázat tartalmazza. A vonatkoztatási alap a $\approx 20^\circ\text{C}$ -on kijelzett érték volt.

^{204}Tl		^{14}C		^{241}Am	
Hőmér- séklet [$^\circ\text{C}$]	Relatív kijelzett intenzitás [s^{-1}]	Hőmér- séklet [$^\circ\text{C}$]	Relatív kijelzett intenzitás [s^{-1}]	Hőmér- séklet [$^\circ\text{C}$]	Relatív kijelzett intenzitás [s^{-1}]
-22,03	$0,9282 \pm 0,0022$	-20,76	$0,9729 \pm 0,0005$	-19,84	$0,9258 \pm 0,0096$
-10,23	$0,9568 \pm 0,0022$	-10,51	$1,0105 \pm 0,0003$	-11,57	$0,9920 \pm 0,0056$
0,7	$0,9723 \pm 0,0020$	-2,17	$1,0177 \pm 0,0002$	-1,06	$1,0053 \pm 0,0092$
8,19	$0,9880 \pm 0,0020$	7,84	$0,9917 \pm 0,0003$	10,44	$0,9884 \pm 0,0094$
19,51	$1,0000 \pm 0,0016$	19,55	$1,0000 \pm 0,0008$	20,25	$1,0000 \pm 0,0070$
29,42	$0,9970 \pm 0,0022$	29,17	$0,9758 \pm 0,0005$	29,3	$1,0054 \pm 0,0124$
39,6	$1,0038 \pm 0,0012$	39,7	$0,9487 \pm 0,0018$	40,2	$0,9794 \pm 0,0094$

8. táblázat

A 8. táblázat adatait a 7. ábra mutatja.



7. ábra

Trend csak a ^{204}Tl esetén mutatható ki. A vizsgált összes mérési pont 10 %-on belül helyezkedik el, eleget téve az IEC 60325 15 %-os korlátnak.

6.4.2 Külső gamma tér hatása a kijelzésre

A gyártó által megadott, külső gamma dózisteljesítményre vonatkozó érzékenység:
 $1 \mu\text{Sv/h}$ ^{137}Cs által létrehozott tér esetén a beütésszám a béta csatornában kisebb mint 100 s^{-1} , az alfa csatornában nem érzékelhető.



A teret a C épület alagsorában lévő röntgenlaboratóriumban hoztuk létre, a mért eredmények:

béta csatorna: $45,4 \pm 10,1$,
alfa csatorna: nem észlelhető

1 $\mu\text{Sv/h}$ gamma tér esetén a készülék eleget tesz a gyártó által megadott paraméternek.

10 $\mu\text{Gy/h}$ ^{137}Cs által létrehozott tér esetén a mért beütésszámok:

béta csatorna: 474 ± 54 ,
alfa csatorna: nem észlelhető.

10 $\mu\text{Gy/h}$ dózisteljesítményre nem találtunk gyári adatot.

7 Mérési bizonytalanság

A mérési bizonytalanságot a s^{-1} mértékegységben megadott kijelzésre vonatkoztatjuk.

Komponensei:

- linearitás a teljes méréstartományon (relatív belső hiba): $\pm 17 \%$,
- hőmérsékleti instabilitás a teljes méréstartományon: $\pm 10 \%$,
- érzékeny felület bizonytalansága (geometria): $\pm 2,5 \%$,

Eredő bizonytalanság: $\pm 20 \%$

8 A vizsgálat összefoglaló eredménye

A típusvizsgálat során végzett mérések és a működés ellenőrzése során megállapítható, hogy a bemutatott felületi radioaktívszennyezettség-monitor metrológiai szempontból megfelel a vele szemben támasztott mérésügyi követelményeknek.

A méréstartományt β/γ részecskék esetében $4-50000 \text{ s}^{-1}$ -ban, a részecskék esetében $0,2-5000 \text{ s}^{-1}$ -ban határozzuk meg, ezen jegyzőkönyv 6.3.5 és 6.3.3 fejezetei alapján. A méréstartomány (alkalmazva a 7. táblázat érzékenységi adatait, valamint 171 cm^2 érzékeny detektor felületet) ^{36}Cl esetén $11-136000 \text{ Bq}$, ^{241}Am esetén pedig $1,5-37600 \text{ Bq}$. A berendezés beépített kalibrációs faktorainak megváltoztatása nélkül, megmérve a kiválasztott radionuklidra vonatkozó beütésszám intenzitást [s^{-1}] és a nuklidra vonatkozó felületi aktivitást [$\text{Bq}\cdot\text{cm}^{-2}$] a hitelesítési bizonyítványban meg kell adni a kalibrációs faktorokat [$\text{s}\cdot\text{Bq}\cdot\text{cm}^{-2}$] és a kalibrációs szorzótényezőket.



9 Hitelesítés

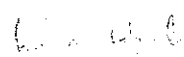
A felületi radioaktívszennyezettség-monitor hitelesítését a HE 57-2006 sz. hitelesítési előírás alapján kell elvégezni, a felületi radioaktívszennyezettség-monitornak megfelelően kialakított ^{204}Ti , ^{241}Am , ^{14}C , ^{60}Co , ^{137}Cs , ^{90}Sr radioaktív hiteles sugárforrásokkal.

10 A hitelesítés tanúsításának a módja

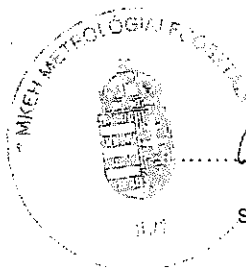
A hitelesítés tanúsítása a készüléken jól láthatóan elhelyezett, a hitelesítés évszámát és hónap megjelölést feltüntető matricával történik, amely a Hitelesítési Bizonyítvánnyal együtt érvényes.

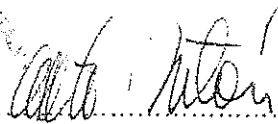
Budapest, 2009. november 27

A vizsgálatot végezte:


Szűcs László

A jegyzőkönyvet jóváhagyta:




Csete István
szakmai főtanácsadó