

CERTIFIKÁT TYPU MERADLA

č. 103/1/441/26 zo dňa 3. marca 2026

Slovenský metrologický ústav v súlade s ustanovením § 6 ods. 2 písm. k) zákona č. 157/2018 Z. z. o metrológii a o zmene a doplnení niektorých zákonov (ďalej len "zákon") na základe žiadosti číslo 362 017 vydáva podľa § 21 ods. 1 zákona toto rozhodnutie, ktorým

schvaľuje typ meradla

Názov meradla: Kvapalinový scintilačný spektrometer
Typ: Hidex 300 SL
Žiadateľ: ScienceTech s.r.o., Dolní Konec 24, 696 06 Vacenovice, Česká republika
IČO/DIČ: 02103621/CZ02103621
Výrobca: Hidex Oy, Lemminkäisenkatu 62, FIN-20520 Turku, Fínsko

Týmto certifikátom sa podľa § 20 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. 65 „Meradlá aktivity rádionuklidov“ k vyhláske ÚNMS SR č. 161/2019 Z. z. o meradlách a metrologickej kontrole v znení vyhláske ÚNMS SR č. 346/2022 Z. z. (ďalej len "vyhláska č. 161/2019 Z. z.").
Základné technické charakteristiky a metrologické charakteristiky meradla a výsledky technických skúšok a zistení o splnení požiadaviek na daný druh určeného meradla sú uvedené v protokole č. 008/300/441/26 zo dňa 2. marca 2026 vydanom Slovenským metrologickým ústavom.

Uvedenému typu meradla sa prideluje značka schváleného typu:

TSK 441/26 - 103

Dovozca je povinný podľa § 12 ods. 3 zákona umiestniť na určenom meradle značku schváleného typu a podľa § 26 ods. 4 zákona zabezpečiť prvotné overenie určeného meradla pred jeho uvedením na trh.

Platnosť do: 3. marca 2036

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

Mgr. Milan Mikula
generálny riaditeľ

Popis určeného meradla:

Zariadenie Hidex 300 SL je merací systém založený na technike kvapalinovej scintilačnej analýzy so súčasným spektrálnym výstupom určený na detekciu a meranie primárne beta žiarenia, ale aj alfa alebo gama žiarenia s vysokou citlivosťou

Meradlo sa vyrába v nasledovných vyhotoveniach: 425-201 Hidex 300 SL, 425-201 Hidex 300 SL Academic, 425-202 Hidex 300 SL Metrology, 425-020 Hidex 300 SL Super Low Level

Základné technické charakteristiky:

	Hidex 300 SL	Hidex 300 SL Academic	Hidex 300 SL Metrology	Hidex 300 SL Super Low Level
Rozmery Š×H×V (cm)	52/63/68 52×82×68*	52/63/68 52×82×68*	52/63/68 52×82×68*	52/63/68 52×82×68*
Hmotnosť (kg)	125	115	125	180
Kapacita vzoriek 20/7/5 (ml)	40/96/96	40/96	40/96/96	40/96/96
Pracovné podmienky	teplota: +10 °C - +40 °C relatívna vlhkosť: max 80 % pracovné napätie: 100 ~ 240 V AC a 12 V DC pracovná frekvencia: 50 – 60 Hz normálna spotreba energie: < 100 W maximálna spotreba energie: 350 W			
Merací čas	1 s – 168 h (7 d) na vzorku max počet opakovaní 1024 na merací protokol			
Detektory	3 × fotonásobiče (planárne voči sebe pod uhlom 120 °) spektrálny rozsah: 300 nm – 630 nm			
Komunikácia s PC	USB			
Tienenie	min. 70 mm olovené tienenie 4π medené tienenie okolo meracej cely			
Externý štandard	¹⁵² Eu, aktivita: 74 kBq ± 25 %			
Chladenie	Chladiaca jednotka			

*zariadenie spolu s chladiacou jednotkou

Meradlo Hidex 300 SL sa dodáva so softvérom MicroWin 300 SL verzia 5.64. Softvér je v súlade s požiadavkami FDA 21CFR Part 11 (dokument General compliance with standards_LSC_24082022). Zabezpečenie integrity (CRC) je v systém realizované pomocou interných kontrolných kódov Assembly Code A a Assembly Code B.

Základné metrologické charakteristiky

Merací rozsah pre beta žiariče	do 2 000 keV
Merací rozsah pre alfa žiariče	do 10 000 keV
Maximálna početnosť	50 000 s ⁻¹

Metrologické charakteristiky sú podrobnejšie uvedené v protokole č. 008/300/441/26

Overenie určeného meradla:

Overovanie určeného meradla sa vykonáva podľa postupu uvedenom v protokole č. 008/300/441/26

Čas platnosti overenia určeného meradla je podľa položky č. 8.11 „Meradlo a zostava na meranie veličín rádioaktívnej premeny používané na kontrolu dodržiavania limitov v oblasti radiačnej ochrany alebo radiačnej bezpečnosti a na dôkazové meranie v rámci radiačnej monitorovacej siete“ vyhlášky č. 161/2019 Z. z. **2 roky**.

Umiestnenie overovacích a zabezpečovacích značiek:

Overovacia značka musí byť umiestnená na ľahko prístupnom a viditeľnom mieste vonkajšieho krytu určeného meradla.

Tento certifikát môže byť rozmnožovaný len celý a nezmenený.

Rozmnožovať jeho časti možno len s písomným súhlasom Slovenského metrologického ústavu.

Certifikát je vyhotovený v dvoch rovnopisoch, jeden pre zákazníka a druhý pre Slovenský metrologický ústav.

PROTOKOL O POSÚDENÍ TYPU MERADLA

č. 008/300/441/26

Názov meradla: Kvapalinový scintilačný spektrometer

Typ meradla: Hidex 300 SL

Druh meradla: podľa Prílohy č. 1, položka 8.11 a Prílohy č. 65 bod 1 písm. e)
k vyhláške č. 161/2019 Z. z.

Značka schváleného typu: TSK 441/26-103

Výrobca: Hidex Oy
Lemminkäisenkatu 62
FIN-20520 Turku
Finland

Žiadateľ: ScienceTech s.r.o.
Dolní Konec 24
696 06 Vacenovice
Česká republika
IČO/DIČ: 02103621/CZ02103621

Evidenčné číslo žiadosti: 362 017

Počet strán: 12

Počet príloh: 0

Miesto a dátum vydania: Bratislava

Vypracoval:

Skontroloval:

Protokol schválil:

1. Všeobecné ustanovenie

Tento protokol je podkladom na vydanie rozhodnutia o schválení typu meradla podľa § 21 ods. 1 zákona č. 157/2018 Z. z. o metrológii a o zmene a doplnení niektorých zákonov (ďalej len zákon o metrológii) na typ meradla:

Hidex 300 SL

vo vyhotoveniach: **425-201 Hidex 300 SL**
 425-201 Hidex 300 SL Academic
 425-202 Hidex 300 SL Metrology
 425-020 Hidex 300 SL Super Low Level

1.1. Rozsah posudzovania

Meradlo svojím charakterom zodpovedá:

určenému meradlu podľa položky č. 8.11 „Meradlo a zostava na meranie veličín rádioaktívnej premeny používané na kontrolu dodržiavania limitov v oblasti radiačnej ochrany alebo radiačnej bezpečnosti a na dôkazové meranie v rámci radiačnej monitorovacej siete“ prílohy č. 1 k vyhláške ÚNMS SR č. 161/2019 Z. z. o meradlách a metrologickej kontrole v znení vyhlášky ÚNMS SR č. 346/2022 Z. z. (ďalej len "vyhláška 161/2019 Z. z.).

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

- ISO 19361:2025 Measurement radioactivity – Determination of beta emitters activities – Test method using liquid scintillation counting
- IEC 61304:1994 Nuclear Instrumentation – Liquid-Scintillation Counting Systems – Performance Verification

1.2. Údaje o technickej dokumentácii použitej pri posudzovaní

- Hidex 300 SL Owner's Handbook zo dňa 15.06.2020
- Appendix to User Handbook of Hidex 300 SL 425-201 zo dňa 08.05.2024
- 300-0025-2 Technical specification Hidex 300 SL Automatic TDCR Liquid scintillation Counter zo dňa 08.09.2023
- 614-006 Technical bulletin – Update of 300 SL and 600 SL/SLe MikroWin software and instrument Drivers zo dňa 22.07.2022
- 614-008 Technical bulletin – Firmware and alpha/beta board update for 300 SL and 600 SLe and new MikroWin 300 SL driver zo dňa 11.01.2023
- 614-010 Technical bulletin – Firmware and MikroWin driver updates for Hidex automatic LS Counters zo dňa 13.10.2023
- 300-0001-2 v.2.0 Declaration of conformity for CE marking zo dňa 18.03.2021
- Certificate – General compliance with standards_LSC_24082022

1.3. Údaje o dokladoch použitých pri posudzovaní

Žiadosť o schválenie typu meradla s ev. č. 362 017 zo dňa 03.12.2025. Dokumentácia je uložená v archíve odboru metrológie SMÚ.

1.4. Údaje o vzorkách určeného meradla

Pre účely tohto posúdenia typu meradla bolo použité meradlo:

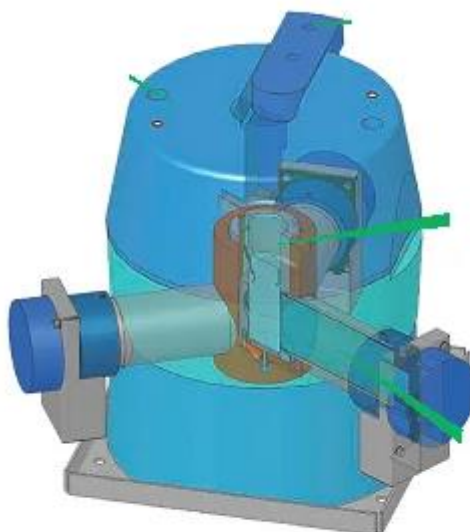
typ:	Hidex 300 SL
model:	425-020 Hidex 300 SL Super Low Level Super low level verzia s prídavným „guard“ detektorom - aktívne tienenie (dodatočný scintilačný detektor v anti-koincidenčnom zapojení) metrologická verzia (dostupný Hidex Control Software) nízkopozad'ové fotonásobiče alfa/beta diskriminácia externý štandard ^{152}Eu (výr. č. 213, č. certifikátu 1035-SE-40476-25) chladenie
výrobné číslo:	2251533
verzia firmware:	2.130
ovládací software:	426-140 MicroWin 300 SL ver. 5.64 Driver ver. 5.24
typ detektora:	3 × fotonásobič (model Electron Tubes 9102KA) usporiadané planárne pod uhlom 120°
umiestnenie meradla:	Slovenský metrologický ústav, oddelenie ionizujúceho žiarenia

2. Popis meradla

Zariadenie Hidex 300 SL (Obr. 1) je merací systém založený na technike kvapalinovej scintilačnej analýzy so súčasným spektrálnym výstupom určený na detekciu a meranie primárne beta žiarenia, ale aj alfa alebo gama žiarenia s vysokou citlivosťou. Z technického hľadiska pozostáva z meracej komory s automatickým vzorkovačom, do ktorej sa vkladajú vialky so vzorkou (Obr. 2). Vzorku predstavuje sklenená alebo plastová vialka s objemom 5/7/20 ml obsahujúca zmes kvapalného scintilačného kokteilu a aktívnej zložky (vodná alebo organická fáza). Optickú časť prístroja predstavuje trojica fotonásobičov umiestnených v svetlotesnom a tienenom priestore, aby sa minimalizoval vplyv okolitého žiarenia a šumu. Fotonásobiče premieňajú svetelné záblesky na elektrické signály, ktoré sú ďalej zosilňované a spracovávané elektronikou prístroja. Elektronický systém zahŕňa diskriminátory, analyzátory impulzov a viac-kanálový analyzátor na tvorbu energetického spektra. Fotonásobiče sú zapojené v koincidenčnom zapojení a umožňujú získať výstup vo forme dvojných, ako aj trojných koincidiencií. V prípade použitia metrologického módu merania sú výstupom aj jednoduché dvojné koincidenčné impulzy zo všetkých troch dvojíc fotonásobičov, ako aj individuálne počty impulzov z jednotlivých fotonásobičov. Súčasťou spektrometra je aj systém na potlačenie náhodných impulzov, koincidenčné zapojenie viacerých fotonásobičov. Prístroj je vybavený pasívnym (olovené tienenie) alebo aktívnym tienením (dodatočný scintilačný detektor v anti-koincidenčnom zapojení) proti kozmickému a prirodzenému pozadiu. Riadiaci softvér zabezpečuje nastavenie meracích parametrov, zber dát, kalibráciu a vyhodnotenie výsledkov.



Obr. 1 Zariadenie Hidex 300 SL



Obr. 2 Schéma zariadenia Hidex 300 SL

Meradlo sa vyrába v nasledovných vyhotoveniach:

- 425-201 Hidex 300 SL
- 425-201 Hidex 300 SL Academic
- 425-202 Hidex 300 SL Metrology
- 425-020 Hidex 300 SL Super Low Level

Verzia Hidex 300 SL Super Low Level je oproti ostatným verziám vybavená dodatočným oloveným tienením a tzv. aktívnou ochranou vo forme dodatočného scintilačného detektora umiestneného zo spodnej strany k zariadeniu a pripojeného v anti-koincidenčnom zapojení.

Meradlo Hidex 300 SL sa dodáva so softvérom MicroWin 300 SL verzia 5.64. V prípade, že je meradlo dodávané s vyššou verziou ovládacieho softvéru, musí výrobca meradla, resp. dovozca meradla deklarovat', že vykonané zmeny v softvéri nemajú vplyv na metrologické parametre meradla. Softvér MicroWin 300 SL je v súlade s požiadavkami FDA 21CFR Part 11 (dokument General compliance with standards_LSC_24082022). Zabezpečenie integrity (CRC) je v systéme realizované pomocou interných kontrolných kódov Assembly Code A a Assembly Code B.

2.1. Základné technické charakteristiky

	Hidex 300 SL	Hidex 300 SL Academic	Hidex 300 SL Metrology	Hidex 300 SL Super Low Level
Rozmery Š×H×V (cm)	52/63/68 52×82×68*	52/63/68 52×82×68*	52/63/68 52×82×68*	52/63/68 52×82×68*
Hmotnosť (kg)	125	115	125	180
Kapacita vzoriek 20/7/5 (ml)	40/96/96	40/96	40/96/96	40/96/96
Pracovné podmienky	teplota: +10 °C až +40 °C relatívna vlhkosť: max 80 % pracovné napätie: 100 ~ 240 V AC a 12 V DC pracovná frekvencia: 50 – 60 Hz normálna spotreba energie: < 100 W maximálna spotreba energie: 350 W			
Merací čas	1 s – 168 h (7 d) na vzorku max počet opakovaní 1024 na merací protokol			
Detektory	3 × fotonásobiče (planárne voči sebe pod uhlom 120 °) spektrálny rozsah: 300 nm – 630 nm			
Komunikácia s PC	USB			
Tienenie	min. 70 mm olovené tienenie 4π medené tienenie okolo meracej cely			
Externý štandard	¹⁵² Eu, aktivita: 74 kBq ± 25 %			
Chladienie	Chladiaca jednotka			

*zariadenie spolu s chladiacou jednotkou

2.2. Základné metrologické charakteristiky

Merací rozsah pre beta žiariče	do 2 000 keV
Merací rozsah pre alfa žiariče	do 10 000 keV
Maximálna početnosť	50 000 s ⁻¹

Pozadie		25 % (s ⁻¹)	ROI 5-1023 (s ⁻¹)
(pre nezhášavé vzorky)	425-204 Academic	< 0,3	< 2,0
	425-201 Normal	< 0,2	< 1,7
	425-016 Low-level option	< 0,08	< 1,1
	425-020 Super low level	< 0,07	< 0,8
Beta spektrum (pre nezhášavé vzorky)	účinnosť ¹⁴ C	> 96 %; Academic > 95 %	
	¹⁴ C QPE	600 ± 5	
	účinnosť ³ H	> 70 %; Academic > 65 %	
	³ H QPE	300 ± 5	
	účinnosť pre Čerenkovovo žiarenie (⁹⁰ Y)	> 70 %	

3. Posúdenie výkresovej a technickej dokumentácie

Predložená výkresová a technická dokumentácia je dostačujúca pre vydanie rozhodnutia o schválení typu v Slovenskej republike.

4. Podmienky vykonania skúšok technických charakteristík a metrologických charakteristík

Posúdenie schválenia typu bolo vykonané na základe posúdenia dokumentácie uvedenej v článkoch 1.2 a 1.3 tohto protokolu.

Skúšky meradla Hidex 300 SL sa vykonali v Slovenskom metrologickom ústave, oddelenie ionizujúceho žiarenia, pracovisko aktivity rádionuklidov.

Na merania sa použili nezhášavé štandardy na báze toluénu v sklenených zatavených vialkách od spoločností Eckert&Ziegler a Revvity a súbor nezhášavých štandardov (scintilačný kokteíl Ultima Gold) v sklenených vialkách s rádionuklidom ²⁴¹Am pripravených v SMÚ.

Rádionuklid	Výrobné číslo	Referenčná aktivita A_R (Bq)	Neistota U (%)	Referenčný dátum a čas (UTC)	Geometria
Bgnd	132654	–	–	01.07.2025	10 ml v 20 vialke
^3H	132762	2907	4,5	01.07.2025 17:00	10 ml v 20 vialke
^{14}C	132870	1133	4,7	01.07.2025 17:00	10 ml v 20 vialke
Bgnd	–	–	–	08.11.2023	15 ml v 20 vialke
^3H	15-TOL	4713	6,0	08.11.2023 12:00	15 ml v 20 vialke
^{14}C	15-TOL	2270	4,0	08.11.2023 12:00	15 ml v 20 vialke
Blank_UG	–	–	–	22.10.2019	10 ml v 20 vialke
^{241}Am	–	0,5 – 40000	1,0	14.05.2021 16:15	10 ml v 20 vialke

5. Údaje o hodnotených technických charakteristikách a metrologických charakteristikách

Merania sa vykonali pri nasledujúcich nastaveniach:

vysoké napätie na detektoroch: HVR = 1043 V
HVS = 1024 V
HVT = 1042 V

diskriminácia (threshold): 45

koincidenčný čas: 35 ns

5.1. Meranie pozadia

Na meranie pozadia sa použila vzorka pozadia s výrobným číslom 132654 od spoločnosti Eckert&Ziegler. Typická hodnota pozadia bola stanovená zo 100 po sebe idúcich meraní. Doba jednotlivého merania bola 300 s. Úroveň pozadia bola sledovaná v celom meracom rozsahu; stredná hodnota bola $0,783(51) \text{ s}^{-1}$ a v tríciovom rozsahu (5 – 350 kanálov) bola $0,458(39)$, čo je v súlade s hodnotou, ktorú udáva výrobca ($< 0,8 \text{ s}^{-1}$) a ktorá je v súlade s požiadavkami normy IEC 61304:1994.

5.2. Referenčná odozva

Referenčná odozva sa stanovila pomocou nezahšavých štandardov ^3H a ^{14}C od spoločností Eckert&Ziegler a Revvity. Účinnosť bola stanovená zo 150 po sebe idúcich meraní, pričom doba jednotlivého merania bola 300 s. Hodnoty stanovených ako aj referenčných účinností sú uvedené v nasledujúcej tabuľke.

Rádionuklid	^3H		^{14}C	
	132762	15-TOL	132870	15-TOL
Výrobné číslo	132762	15-TOL	132870	15-TOL
Stredná početnosť impulzov n (s^{-1})	2054,94	3341,44	1099,34	2195,91
Neistota početnosti impulzov u_n (%)	0,12	0,11	0,16	0,12
Referenčná účinnosť deklarovaná výrobcom ϵ_R ($\text{s}^{-1} \cdot \text{Bq}^{-1}$)	0,70		0,96	
Stanovená účinnosť ϵ_M ($\text{s}^{-1} \cdot \text{Bq}^{-1}$)	0,7069	0,7089	0,9703	0,9673
Odchýlka stanovenej a referenčnej účinnosti δ (%)	0,98	1,28	1,08	0,77
Výsledok skúšky	Vyhovel	Vyhovel	Vyhovel	Vyhovel

5.3. Linearita odozvy

Skúška linearity odozvy sa vykonala použitím súboru etalónových zdrojov obsahujúcich referenčný materiál ^{241}Am v rozsahu aktivít 0,5 – 40 kBq. Vzorky sa merali 10-krát, podmienkou bolo dosiahnutie $N = 1\,000\,000$ impulzov pre dvojné koincidencie. Hodnota účinnosti použitej na výpočet stanovenej aktivity bola rovná $1\text{ s}^{-1}\cdot\text{Bq}^{-1}$ (t. j. 100 %).

V rozsahu sledovaných aktivít meradlo spĺňa kritérium, že odchýlka stanovenej aktivity nie je väčšia ako 10 %.

Etalón	^{241}Am							
	UG1	UG2	UG3	UG4	UG5	UG6	UG7	UG8
Referenčná aktivita A_R (kBq)	0,48	1,3	4,0	6,1	10,4	13,0	20,3	38,5
Odozva meradla n (s^{-1})	474	1337	3951	6037	10364	12982	20267	38831
Stanovená aktivita A_M (kBq)	0,48	1,3	4,0	6,1	10,5	13,1	20,5	39,3
Odchýlka od referenčnej aktivity δ (%)	0,0080	-0,019	0,091	0,11	0,51	0,64	0,91	2,0
Výsledok skúšky	Vyhovel							

5.4. Krátkodobá stabilita

Pri meraní krátkodobej stability sa sledovala odozva nezhášavých štandardov od spoločností Eckert&Ziegler a Revvity. Vzorky boli merané 150-krát po dobu 300 s. Vo všetkých prípadoch absolútna hodnota variačného koeficientu V neprekročila 5 %, z čoho vyplýva, že bolo splnené kritérium krátkodobej stability.

Rádionuklid	^3H		^{14}C	
Výrobné číslo	132762	15-TOL	132870	15-TOL
Stredná početnosť impulzov n (s^{-1})	2054,94	3341,44	1099,34	2195,91
Neistota početnosti impulzov u_n (s^{-1})	2,5	3,6	1,8	3,0
Stanovený variačný koeficient V_M (%)	0,12	0,11	0,16	0,14
Výsledok skúšky	Vyhovel	Vyhovel	Vyhovel	Vyhovel

5.5. Reprodukovateľnosť

Skúška reprodukovateľnosti sa uskutočnila meraním nezhášavých vzoriek ^3H a ^{14}C . Vzorky sa merali 90-krát po dobu 300 s, pričom medzi jednotlivými meraniami sa vzorky vybrali a opätovne vložili do meracej cely. Na posúdenie, či systém pracuje správne sa použil chí-kvadrát test, pričom hodnota chí-kvadrátu musí byť v intervale pravdepodobnosti 0,05, resp. 0,95. Výsledky testu sú uvedené v nasledujúcej tabuľke.

Rádionuklid	^3H	^{14}C
Výrobné číslo	132762	132870
RSD pozorovaná	832,3	596,3
RSD pre Poissonovo rozdelenie	774,9	578,9
Chí-kvadrát χ^2	102,7	94,4
Výsledok skúšky	Vyhovel	Vyhovel

5.6. Dlhodobá stabilita

Na skúšku dlhodobej stability sa použili vzorky nezhášavých štandardov ^3H a ^{14}C , ktoré sa merali 150-krát po dobu 300 s. Všetky namerané hodnoty pre ^3H (-0,33 % až 0,32 %) a ^{14}C (-0,56 % až 0,43 %) sú v intervale ± 10 % voči strednej hodnote.

5.7. Stanovenie hodnoty parametra zhášania externého štandardu v referenčných podmienkach

Parameter zhášania sa stanovil z opakovaných meraní nezhášavých štandardov od spoločnosti Eckert&Ziegler. Vzorky sa merali 120-krát, pričom doba jednotlivého merania bola 300 s. Výsledná priemerná hodnota parametra zhášania pre ^3H je 284,83(21) a ^{14}C je 572,11(27).

6. Záver

Z výsledkov posudzovania uvedených v tomto protokole vyplýva, že uvedený typ meradla vyhovuje svojimi technickými charakteristikami, metrologickými charakteristikami a konštrukčným vyhotovením v rozsahu určeného použitia požiadavkám na daný druh meradla ustanovenými v prílohe č. 65 vyhlášky č. 161/2019 Z. z. a v technických normách ISO 19361:2025 *Measurement radioactivity – Determination of beta emitters activities – Test method using liquid scintillation counting* a IEC 61304:1994 *Nuclear Instrumentation – Liquid-Scintillation Counting Systems – Performance Verification*. Pri posudzovaní neboli zistené žiadne nedostatky.

7. Údaje na meradle

Meradlo musí byť označené štítkom obsahujúcim názov výrobcu, typové označenie a výrobné číslo a značkou schváleného typu.

8. Overenie meradla

Overenie meradla sa vykoná v súlade s požiadavkami uvedenými v pracovnom postupe PP 21/044 Pracovný postup na overovanie kvapalinových scintilačných analyzátorov. Pri prvotnom overení meradla sa kontroluje:

- a) meranie pozadia,
- b) referenčná odozva (maximálna hodnota detekčnej účinnosti pre meraný rádionuklid za daných podmienok merania),
- c) linearita odozvy,
- d) krátkodobá stabilita (opakovateľnosť),
- e) reprodukovateľnosť,
- f) dlhodobá stabilita,
- g) stanovenie hodnoty parametra zhášania externého štandardu v referenčných podmienkach,
- h) stanovenie aktivity referenčného roztoku.

Pri následnom overení meradla sa analogicky vykonajú skúšky uvedené pod písmenami a) až e) a g), h); skúška dlhodobej stability podľa písmena f) sa nevykoná, vykoná sa iba v prípade, že meradlo je po oprave alebo čas medzi dvoma po sebe nasledujúcimi následnými overeniami presiahol dva roky.

Merania sa vykonávajú s použitím etalónov čistých beta rádionuklidov (napr. ^3H a ^{14}C) pokrývajúcich nízkoenergetickú oblasť aj oblasť vyšších energií emitovaného žiarenia a alfa rádionuklidov (napr. ^{241}Am). Etalónmi sú nezhášavé štandardy na báze toluénu a nejakého zo štandardne dodávaných scintilačných kokteíl (napr. Ultima Gold) v geometrii 20 ml zatavená vialka z borosilikátového skla. Na skúšku linearity odozvy meradla sa použije súbor zhášavých štandardov alfa emitujúceho rádionuklidu (napr. ^{241}Am). Na skúšku stanovenia aktivity referenčného roztoku sa používateľovi dodajú referenčné roztoky s rádionuklidmi, ktoré bežne používa.

8.1 Meranie pozadia

Stanovenie pozadia sa vykoná meraním nezhášavého štandardu pozadia. Meranie sa opakuje minimálne 10-krát. Početnosť impulzov v tríciovom okne by nemala presiahnuť $0,7 \text{ s}^{-1}$.

8.2 Skúška referenčnej odozvy

Skúška referenčnej odozvy sa vykoná porovnaním stanovenej a výrobcom deklarovanej detekčnej účinnosti. Na meranie sa použijú nezhášavé vzorky rádionuklidov ^3H a ^{14}C , resp. iných čistých beta rádionuklidov s podobnými maximálnymi energiami emitovaných beta častíc, ktoré sa zmerajú minimálne 3-krát tak, aby bola splnená podmienka, že počet nameraných impulzov $N \geq 50\,000$. Účinnosť sa vypočíta zo vzťahu (1), kde n je početnosť impulzov, t je čas merania (s) a A (Bq) je referenčná hodnota aktivity rádionuklidu v kontrolnom zdroji.

$$\varepsilon = \frac{N}{t \times A} \times 100 \text{ (\%)} \quad (1)$$

$$\delta = \frac{\varepsilon_M - \varepsilon_R}{\varepsilon_R} \times 100 \text{ (\%)}, \quad (2)$$

$$|\delta| \leq 10 + U \text{ (\%)} \text{ pre } k = 2. \quad (3)$$

Absolútna odchýlka δ stanovenej detekčnej účinnosti ε_M a referenčnej detekčnej účinnosti ε_R nesmie byť vyššia ako 10 % navýšených o rozšírenú neistotu referenčného zdroja U pre koeficient rozšírenia $k = 2$, ktorý pre normálne rozdelenie zodpovedá pravdepodobnosti pokrytia približne 95 %.

Referenčné hodnoty deklarované výrobcom sú uvedené v kapitole 2.2.

8.3 Skúška linearity

Skúška linearity odozvy meradla sa vykoná súborom etalónových zdrojov aktivity jedného rádionuklidu, spravidla čistého alfa žiariča (napr. ^{241}Am) rovnakej geometrie, ktorá pokrýva rozsah početnosti impulzov, v ktorom sa meradlo bežne používa. Absolútne odchýlky nameraných a referenčných hodnôt v rozsahu meraných početností impulzov nesmú prekročiť 10 %.

8.4 Skúška krátkodobej stability

Pri skúške krátkodobej stability (opakovateľnosť meraní) sa stanoví čistá početnosť impulzov vzorky n_i obsahujúcej referenčný žiarič. Meranie sa uskutoční opakovane najmenej 10-krát v rovnakom geometrickom usporiadaní, pričom absolútna hodnota variačného koeficientu V nesmie prekročiť 5 %.

$$V = \frac{s}{\bar{n}} = \frac{1}{\bar{n}} \times \sqrt{\frac{1}{x-1} \times \sum_{i=1}^x (n_i - \bar{n})^2}, \quad (4)$$

$$|V| \leq 5 \%, \quad (5)$$

kde s je smerodajná odchýlka, \bar{n} aritmetický priemer súboru x meraní n_i .

8.5 Skúška reprodukovateľnosti

Na kontrolu reprodukovateľnosti systému sa použije vzorka nezhášavého štandardu ^3H , príp. rádionuklidu, ktorý používateľ bežne používa. Meranie sa vykoná najmenej 10-krát tak, aby bola splnená podmienka: počet nameraných impulzov $N \geq 50\,000$, pričom po každom meraní je vzorka vždy vybratá a opätovne vložená do meracej cely. Vyhodnotenie reprodukovateľnosti meracieho systému sa vykonáva porovnaním pozorovanej smerodajnej odchýlky, vypočítanej podľa vzťahu (6) a relatívnej smerodajnej odchýlky, ktorá je charakterizovaná Poissonovým rozdelením (8).

$$s = \left[\frac{1}{n-1} \times \sum_{i=1}^n (N_i - \bar{N})^2 \right]^{1/2}, \quad (6)$$

kde N_i je i -te individuálne meranie zo súboru meraní a \bar{N} je stredná hodnota daná vzťahom

$$\bar{N} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n N_i, \quad (7)$$

$$\hat{\sigma} = \sqrt{\bar{N}}. \quad (8)$$

Ak je pozorovaná smerodajná odchýlka s oveľa väčšia než relatívna smerodajná odchýlka $\hat{\sigma}$, musí používateľ nájsť príčinu prídavnej chyby experimentu.

Na posúdenie, či systém pracuje v prípustných intervaloch sa použije chí-kvadrát test charakterizovaný vzťahom (9), pričom vypočítaná hodnota χ^2 musí padnúť do intervalu odpovedajúcich pravdepodobností 0,05, resp. 0,95 (Príloha č. 1 k PP 21/044 Pracovný postup na overovanie kvapalinových scintilačných analyzátorov):

$$\chi^2 = \frac{1}{\bar{N}} \sum_{i=1}^n (N_i - \bar{N})^2. \quad (9)$$

8.6 Skúška dlhodobej stability

Skúška dlhodobej stability sa vykoná opakovaným meraním nezhášavej vzorky obsahujúcej referenčný žiarič. Počet opakovaní je minimálne 150-krát po dobu 300 s, pričom všetky namerané hodnoty sa musia nachádzať v intervale $\pm 10 \%$ voči strednej hodnote.

8.7 Stanovenie hodnoty parametra zhášania externého štandardu v referenčných podmienkach

Skúška, pri ktorej sa kontroluje hodnota parametra zhášania externého štandardu, sa vykoná opakovaným meraním nezhášavých štandardov rádionuklidov ^3H a ^{14}C , pričom sa stanoví hodnota tohto parametra a porovná sa s referenčnou hodnotou uvedenou v bode 2.2 tohto dokumentu.

8.8 Stanovenie aktivity referenčného roztoku

Pri overení meradiel aktivity sa skúša zhoda medzi údajom referenčného meradla a overovaného meradla používateľa pri meraní jednotlivých rádionuklidov. Alternatívne sa skúša zhoda medzi údajom o aktivite referenčného zdroja (prevzatom z certifikátu referenčného zdroja) a korigovanom na rádioaktívnu premenu a údajom získanom z overovaného meradla. Skúšajú sa všetky dostupné rádionuklidy, ktoré používateľ bežne používa.

Výsledkom overenia je vypočítaná odchýlka δ stanovenej aktivity a_M od referenčnej, konvenčne pravej, hodnoty a_R a jej rozšírená neistota $U(10)$. Overenie sa považuje za úspešné, t. j. výsledok skúšky vyhovel, ak absolútna hodnota odchýlky stanovenej aktivity od referenčnej hodnoty nie je vyššia ako 10 % navýšených o rozšírenú neistotu referenčnej hodnoty U pre koeficient rozšírenia $k = 2$ (11):

$$\delta = \frac{a_M - a_R}{a_R} \times 100 \pm U (\%), \quad (10)$$

$$|\delta| \leq 10 + U (\%) \text{ pre } k = 2. \quad (11)$$

Overenie sa považuje za úspešné, ak meradlo spĺňa požiadavky uvedené v bodoch 8.1 až 8.8.

Čas platnosti overenia meradla je podľa položky č. 8.11 „Meradlo a zostava na meranie veličín rádioaktívnej premeny používané na kontrolu dodržiavania limitov v oblasti radiačnej ochrany alebo radiačnej bezpečnosti a na dôkazové meranie v rámci radiačnej monitorovacej siete“ prílohy č. 1 k vyhláske č. 161/2019 Z. z. 2 roky.

9. Čas platnosti rozhodnutia

Na základe § 21 ods. 6 zákona č. 157/2018 Z. z. o metrologii a o zmene a doplnení niektorých zákonov je platnosť rozhodnutia o schválení typu meradla 10 rokov.

10. Umiestnenie overovacích, zabezpečovacích a montážnych značiek

Overovacia značka musí byť umiestnená na ľahko prístupnom a viditeľnom mieste vonkajšieho krytu určeného meradla.
