



Ev.č. 17/10/2011-METRA

Stacionárna meracia brána na monitorovanie rádioaktivity železničných vagónov

(Správa zo skúšobnej prevádzky)

Vypracoval: RNDr. Štefan Krnáč, PhD.

Skúšobná prevádzka od 1. 8. do 15. 10. 2011

Bratislava, október 2011
© 2011, METRA, s.r.o.,



METRA, s.r.o. • Matejkova 30, Bratislava, SK - 841 05, EU

Bankové spojenie : Tatra banka, a.s., číslo účtu: 2926854404/1100

TP +421 (903) 206 006 • TP +421 (903) 374 555

office@metra.sro.sk • www.metra.sro.sk



1. ÚVOD

Rádioaktivita je prítomná vo všetkých zložkách nášho životného prostredia. Kozmogénna a terestriálna zložka tejto prirodzenej rádioaktivity je neoddeliteľnou súčasťou prostredia človeka počas celej doby jeho života. Začatím využívania rádioaktívnych materiálov a jadrovej energie v rôznych oblastiach ľudskej činnosti vzniká nový fenomén – umelá alebo antropogénna rádioaktivita. Z tohto dôvodu kontrola nakladania s rádioaktívnymi látkami a kontrola ich šírenia sa stala nevyhnutnou potrebou pre účely efektívnej radiačnej ochrany pracovníkov, obyvateľstva ako aj samotného prírodného prostredia. Z hľadiska radiačnej ochrany sú najviac problematické rádioaktívne látky, ktoré sa dostali mimo radiačnú kontrolu ako sú napr. opustené rádioaktívne žiariče, rádioaktívne kontaminované predmety, neevidovaný rádioaktívny odpad a kriminálny štiepny materiál.

V rámci EÚ si záchyt takéhoto rádioaktívneho materiálu (ZRAM) organizujú jednotlivé členské krajiny. V poslednej dobe dochádza k výraznej reorganizácii týchto systémov, kde na úrovni jednotlivých štátov sa záchytné kontrolné body presúvajú z bývalých hraníc na významné vnútroštátne dopravné uzly ako sú zoradiská železničnej prepravy, hlavné dopravné cestné tepny, prístavy, letiská a pod. Z hľadiska prepravovaného objemu, špecifického druhu prepravovaného materiálu a prístupu k dopravným prostriedkom významnú zložku v systéme ZRAM tvorí železničná doprava.

Z tohto dôvodu sa v súčasnosti spúšťa do prevádzky monitorovacia brána na detekciu skrytej rádioaktivity na dôležitom železničnom uzle na nákladnej železničnej stanici Bratislava východ. Vybudovanie brány inicioval ÚVZ MDVRR SR v spolupráci so Železnicami SR. Návrh projektu, samotnú realizáciu technológií a technickú a odbornú spôsobilosť prevádzky zabezpečila spoločnosť METRA, s.r.o.

Samotná brána je nainštalovaná na zväznom pahorku železničnej stanice. Jedná sa pomerne o unikátne multifunkčné zariadenie, ktoré nie je v danej zostave v súčasnosti komerčne dostupné. Skladá sa zo štyroch kooperujúcich systémov:

1. Stacionárny detekčný systém, ktorý je tvorený dvojicou veľkoplošných detektorov s príslušnou elektronikou.
2. Spektrometrický systém, ktorý umožňuje kvalitatívnu analýzu žiarenia gama.
3. Kamerový systém na identifikáciu vagónov a riadenie meraní.
4. Vyhodnocovací systém na báze celospektrálneho spracovania, ktorý zabezpečuje potrebné veličiny pre rozhodnutia radiačnej ochrany.

Uvedený multifunkčný systém umožňuje monitorovať pohyb v detegovanom priestore, rozoznávať jednotlivé monitorované vagóny, odčítať identifikačné čísla vagónov, vykonáva korekciu na tienenie pozadia samotnými vagónmi, vykonáva tzv. Q^2 analýzu žiarenia gama (súčasne kvantitatívnu aj kvalitatívnu analýzu), je schopný vykonať približnú lokalizáciu potencionálneho záchytu rádioaktívneho materiálu (ZRAM) v rámci vagóna a jeho prvotnú rádionuklidovú analýzu. Zariadenie môže pracovať bez obmedzenia prevádzky na železnici 24 hodín denne.

Na Slovensku sa jedná sa o pilotný projekt tohto druhu v systéme ZRAM. Zabezpečuje radiačnú kontrolu prepravovaných materiálov po železnici na území SR aj smerujúcich do tých krajín EÚ, z ktorých na Slovensko bolo v minulosti vrátených najviac vagónov zo skrytou rádioaktivitou. V budúcnosti sa uvažuje inštalovať podobné systémy aj na ďalšie dôležité železničné uzly na Slovensku.

(Zdroj: Tlačová správa MDVRR SR, 28. 07. 2011)



METRA, s.r.o. • Matejkova 30, Bratislava, SK - 841 05, EU

Bankové spojenie : Tatra banka, a.s., číslo účtu: 2926854404/1100

TP +421 (903) 206 006 • TP +421 (903) 374 555

office@metra.sro.sk • www.metra.sro.sk



2. POPIS ZARIADENIA

2.1. Komerčné zariadenie

Zariadenie na monitorovanie rádioaktivity železničných vagónov je nainštalované na železničnej stanici Bratislava – východ (RENDEZ). Je založené na komerčnej signálnej bráne od výrobcu Eberline Erlangen (teraz THERMO), ktoré je tvorené dvojicou veľkoplošných detektorov na báze plastických scintilátorov s vysokou citlivosťou, riadiacou jednotkou na spúšťanie alarmov, optickými senzormi na sledovanie pohybu vagónov a manipulačnou jednotkou na akustickú signalizáciu a jej vypínanie. Uvedené komerčné zariadenia boli projektované ako kontrolná vstupno-výstupná brána na monitorovanie rádioaktivity materiálov pre prevádzky ako sú železiarne, prevádzky na spracovanie šrotu, prevádzky jadrove-energetických zariadení a pod. Môže byť inštalovaná pre cestnú alebo železničnú variantu.

Základnou funkciou signálnej brány je signalizovať obsluhu zariadenia prípadné zvýšenie úrovne rádioaktivity oproti prirodzenému pozadiu. Z tohto dôvodu je zariadenie vybavené možnosťou vykonávať korekcie prirodzeného pozadia na tienenie samotným meraným objektom. Okrem akustickej signalizácie alarmu sa zaznamenáva jeho poradové číslo, čas a výška prekročenia záznamových (alarmových) úrovní. Pre vyvolanie alarmu je možno nastaviť viacero sledovaných kanálov. Merajú sa početnosti impulzov z jednotlivých detektorov v sekundových intervaloch (imp/s, CPS – Count Per Second). V súčasnosti sú nastavené nasledovné meracie kanály:

K1 – Detektor 1 pre žiarenie gama s energiou nad 150 keV

K2 – Detektor 1 pre žiarenie gama s energiou do 150 keV

K3 – Detektor 2 pre žiarenie gama s energiou nad 150 keV

K4 – Detektor 2 pre žiarenie gama s energiou do 150 keV

K5 – Suma kanálov K1 a K3

Pre každý kanál je možno osobitne nastaviť až 2 alarmové úrovne. Po prekročení ktorejkoľvek úrovne sa spúšťa akustická signalizácia alarmu, ktorý dáva pokyn obsluhu na zastavenie a preverenie meraného objektu. Z tohto dôvodu zariadenie vyžaduje permanentnú obsluhu a preto je vhodné len pre prevádzky s nízkou alebo strednou frekvenciou premávky.

Pre prevádzky s vyššou frekvenciou premávky ako sú napr. hraničné prechody alebo hlavné železničné uzly vzniká nová limitujúca požiadavka – minimálne obmedzenie dopravnej prevádzky. Táto požiadavka vyžaduje vyššiu úroveň automatizácie meraní a riadenia monitorovacieho procesu akú poskytuje komerčná signálna brána pri jej štandardnej funkčnosti.

2.2. Nadstavbové zariadenie vyvinuté spoločnosťou METRA, s.r.o.

Pre účely vysokofrekvenčných dopravných prevádzok bolo preto nevyhnutné doplniť komerčné zariadenie dodatočnými zariadeniami a implementovať ich do jedného funkčného celku, ktorý spĺňa požiadavku minimálneho obmedzenia prevádzky. Jedná sa o nasledovné systémy:

- kamerový systém pre snímanie pohybu vagónov a identifikáciu vagónov
- samostatný spektrometrický systém na kvalitatívnu analýzu žiarenia gama
- riadiaci a vyhodnocovací systém pre automatizáciu monitorovacieho procesu

Kamerový systém bol potrebný pre doplnenie komerčných optických senzorov pohybu pretože pri zvýšenej frekvencii vykazovali značnú nespoľahlivosť a nepresnosť v stanovení presnej polohy vagóna, najmä pri sťažených poveternostných podmienkach (sneh, hmla, dážď).





Iné komerčne dostupné zariadenia tohto typu, napr. elektromagnetické snímače na počítanie náprav, nebolo možné aplikovať, pretože v priestore brány sa nachádza železničná výhybka. Navyše tieto zariadenia neriešia problémy spojené s jednoznačnou identifikáciou vagónov.

Kamerový záznamový systém zaznamenáva, kedy sa meraný vagón nachádza v detekčnom priestore monitorovacej brány, vyhotovuje o tom záznam, ktorý navyše umožňuje následne identifikovať vagón podľa jeho identifikačného čísla. Systém tvoria dve kamery, jedna je nastavená na snímanie pohybu a polohy vagóna v monitorovanom priestore, druhá kamera je určená pre odčítanie identifikačného čísla vagóna. Kamery sú spustené nepretržite 24 hodín denne. Záznamové zariadenie začína vyhotovovať záznam vždy 5 sekúnd pred zaregistrovaním pohybu a končí záznam 5 sekúnd po ukončení pohybu. Kamerový systém pri spustení video záznamu súčasne spúšťa spektrometrické zariadenie.

Spektrometrický systém spracováva signál z komerčného detekčného zariadenia vždy keď je registrovaný pohyb v monitorovanom priestore a navyše vykonáva stanovený počet kontrolných meraní prirodzeného pozadia vždy medzi jednotlivými meraniami vagónov, keď kamerový systém neidentifikuje žiadny objekt v detegovanom priestore. Signál je spracovaný a podľa energie analyzovaný pomocou mnohokanálového analyzátora vo zvolených časových intervaloch (5s). Získané prístrojové energetické spektrá sú časovo zaznamenané na pamäťovom médiu. Spektrometrický systém pracuje v plne automatickom režime, pre účely pravidelných kalibračných meraní sa dá prepnúť do manuálneho režimu.

Riadiaci a vyhodnocovací softvérový modul zabezpečuje následné spracovanie uložených spektrálnych a video dát pre stanovenie metrologických veličín vhodných pre hodnotenie úrovne rádioaktivity v konkrétnom monitorovanom objekte (vagóne). Synchronizácia alarmových dát zo signálneho zariadenia (čas a úroveň alarmu), video dát z kamerového systému (identifikačné číslo vagóna, vstupný a výstupný čas vagóna) a spektrálnych dát (prístrojové spektrá) sa vykonáva podľa času. Časovo spárované (synchronizované) dáta sa následne vyhodnocujú. Je možné vyhodnotiť ľubovoľný vagón, ktorý bol zaznamenaný záznamovým zariadením, ako aj ľubovoľný alarm, hlásený signálnym zariadením. Vyhodnocujú sa nasledovné monitorované parametre:

- prirodzené pozadie
- vagónové pozadie (prirodzené pozadie tienené vagónom)
- meraný vagón
- zaregistrovaný alarm

Uvedené parametre je možné pomocou tzv. celospektrálneho spracovania WSP (*Whole Spectrum Processing*) kvantifikovať viacerými indikátormi.

Štandardne sa v systémoch monitorovacích brán používajú nasledovné veličiny:

- **početnosť impulzov za sekundu od oboch detektorov** (CPS – *Count Per Second*) – veličina je vhodná ako pomerne presný relatívny ukazovateľ pre záchyt zvýšenej rádioaktivity (malá štatistická disperzia), súčasne sa ukladajú aj príslušné 256 kanálové energetické prístrojové spektrá
- **príkon dávkového ekvivalentu** (nSv/h – nano Sievert za hodinu) – táto veličina je potrebná na hodnotenie vagóna alebo alarmu z hľadiska radiačnej ochrany, na základe nej sa hodnotí stupeň radiačného rizika a stanovujú sa základné kritériá pre ďalší postup
- **fluenčný príkon fotónov** (počet fotónov za 1 sekundu na 1 cm², PPS/cm² – *Photon Per Second / cm²*) – veličina je vhodná pre dolný odhad emisného príkonu zdroja a pri spektrálnej analýze zdroja na prvotnú identifikáciu jeho izotopového zloženia



METRA, s.r.o. • Matejkova 30, Bratislava, SK - 841 05, EU

Bankové spojenie : Tatra banka, a.s., číslo účtu: 2926854404/1100

TP +421 (903) 206 006 • TP +421 (903) 374 555

office@metra.sro.sk • www.metra.sro.sk



Okrem integrálnych hodnôt sa v tomto zariadení zaznamenávajú aj spektrálne hodnoty uvedených veličín: prístrojové energetické spektrá a spektrálne hodnoty príkonu dávkového ekvivalentu a fluenčného príkonu, ktoré kvantifikujú dané veličiny pre základné energetické skupiny rádioizotopov.

Základné energetické oblasti pre prvotnú izotopovú analýzu sú nasledovné:

E1 – (0 -300) keV – napr. ^{241}Am , ^{226}Ra (ionizačné požiarne hlásiče, ciferníky)

E2 – (300 – 600) keV – napr. ^{133}Ba , ^{85}Sr (kalibračné zdroje)

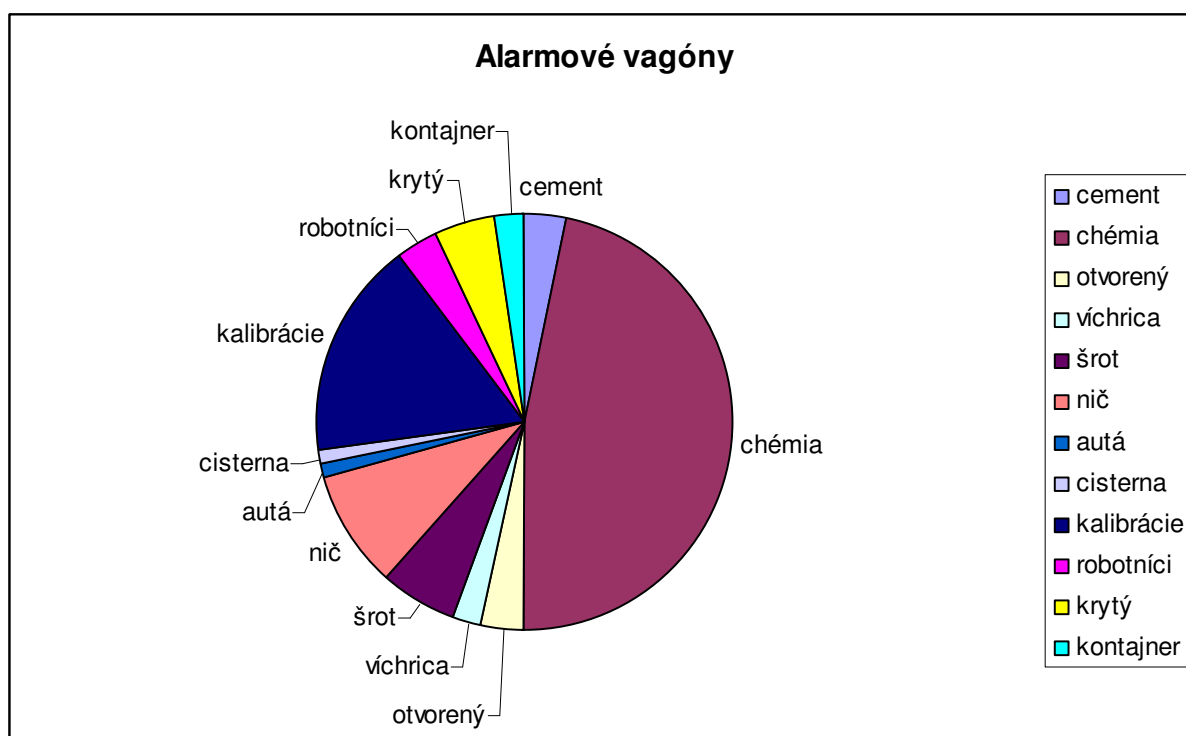
E2 – (600 – 900) keV – napr. ^{137}Cs (priemyselné žiariče)

E3 – (900 – 1200) keV – napr. ^{60}Co (priemyselné žiariče, terapia)

E4 – (1200 – 1500) keV – napr. ^{60}Co , ^{40}K (stavebné materiály, umelé hnojivá)

3. TESTOVANIE SIGNÁLNEHO MONITORA

V auguste tohto roku bola spustená skúšobná prevádzka uvedenej stacionárnej monitorovacej brány pre monitorovanie rádioaktivity železničných vagónov. V prvej etape bola testovaná signálna časť monitorovacieho zariadenia, založená na komerčnom signálnom monitore. Spektrometrický systém nebol do monitorovania zapojený a v tom období bol podrobený opakovaným kalibračným meraniam pre konečné nastavenie operátora odozvy monitorovacieho zariadenia.



Obr. 1 Zloženie zaregistrovaných alarmov podľa prepravovaného materiálu



METRA, s.r.o. • Matejkova 30, Bratislava, SK - 841 05, EU

Bankové spojenie : Tatra banka, a.s., číslo účtu: 2926854404/1100

TP +421 (903) 206 006 • TP +421 (903) 374 555

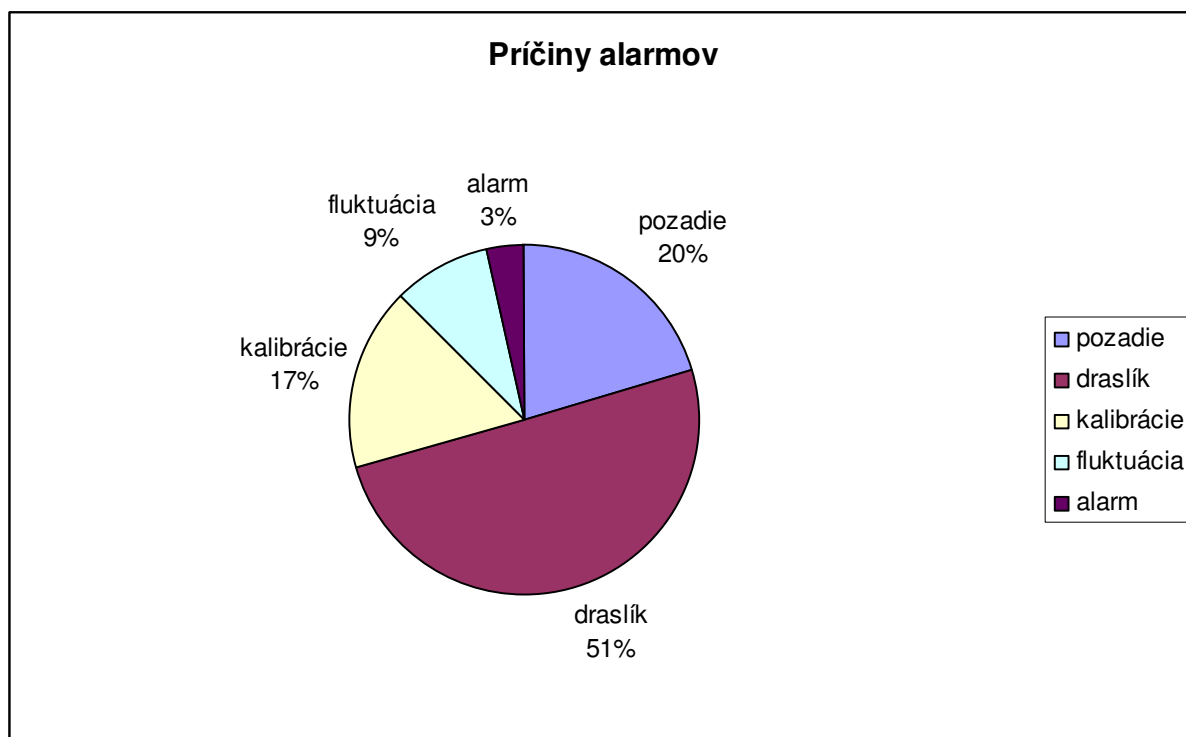
office@metra.sro.sk • www.metra.sro.sk



Následne bolo vyhodnotené monitorovanie vagónov za obdobie od 1.8.2011 do 31.8.2011. Za toto obdobie bolo skontrolovaných približne 11 000 železničných vagónov a celkovo bolo zaregistrovaných 88 prekročení záznamovej úrovne (alarmov), ktorá bola stanovená veľmi nízko – len 10 % nad úrovňou prirodzeného vagónového pozadia. Na obrázku č. 1 sú graficky znázornené prípady prekročenia záznamovej úrovne z hľadiska prepravovaného materiálu.

Typ vagónov a druh prepravovaného materiálu bol zisťovaný pomocou kamerového systému. Približne 50 % alarmov bolo zaznamenaných pri vagónoch s cementom (Ladce) a so sypkou chémiou (Duslo Šaľa). Početné kontrolované alarmy boli vyvolané pri vykonávaní hore spomínanej technologickej kalibrácii zariadenia. Okrem identifikovaných alarmových vagónov boli zaznamenané prekročenia záznamovej úrovne aj v niektorých prípadoch bez vagónov. Tieto prípady boli spôsobené prevádzkovou údržbou na železnici, zlými poveternostnými podmienkami a prirodzenou štatistickou fluktuáciou monitorovania. Príčiny alarmov sú vyhodnotené graficky na obrázku č. 2.

Aj keď spektrometer pri testovaní nebol v monitorovacom režime, dajú sa príčiny niektorých alarmov vyhodnotiť pomocou kamerového systému. Takto možno zistiť podľa typu zaregistrovaných vagónov, že polovica alarmov bola spôsobená prekročením záznamovej úrovne z dôvodu prirodzeného nuklidu ^{40}K , ktorý sa nachádza vo zvýšenej koncentrovanej podobe v niektorých prepravovaných materiáloch (najmä niektoré stavebné materiály a draselné hnojivá). Tieto vagóny spôsobujú prevýšenie pozadia s pomerne konštantným koeficientom, ktorý sa pohybuje od 1,2 do 1,3. Draslíkové alarmy zaraďujeme do triedy tzv. „nevinných“ (*innocent*) alarmov. Presnú identifikáciu draslíkových alarmov na základe prvotnej izotopovej analýzy ako aj vyhodnotenie monitorovania z hľadiska dávkových príkonov je možné vykonať len na základe simultánných spektrometrických analýz.



Obr. 2 Vyhodnotenie príčin zaregistrovaných alarmov za mesiac august



METRA, s.r.o. • Matejkova 30, Bratislava, SK - 841 05, EU

Bankové spojenie : Tatra banka, a.s., číslo účtu: 2926854404/1100

TP +421 (903) 206 006 • TP +421 (903) 374 555

office@metra.sro.sk • www.metra.sro.sk



Kalibračné merania počas testovania spôsobili skupinu kalibračných alarmov, ktoré dosahovali rádovo vyššie úrovne alarmov. Skupina alarmov označených pod príčinou „pozadie“ zodpovedá skupine falošných alarmov, ktoré sú vyvolané nesprávnym nastavením vagónového pozadia, ktoré je referenčnou hodnotou pre spustenie alarmu. Jedná sa o situácie bez vagóna v monitorovacom priestore, keď je umelo aktivovaný jeden z dvojice komerčných optických senzorov na detektoroch. To môže spôsobiť akýkoľvek pohyb pred senzorom (napr. železničný pracovník vykonávajúci pravidelnú údržbu, poveternostné podmienky ako dážď, sneh alebo vietor a pod.).

Senzor tento prípad nedokáže rozoznať a vyhodnocuje to ako „vagón“ a uvažuje zníženú úroveň tzv. vagónového pozadia. Úroveň vagónového pozadia sa bežne pohybuje viac ako 10 % pod úrovňou prirodzeného pozadia, čo môže splniť podmienku pre spustenie alarmu. Tieto alarmy je možno eliminovať použitím dokonalejšieho monitora pohybu (kamerový systém) alebo detailnejšou analýzou vagónového pozadia.

Pri pravdepodobnostnej analýze štatistiky meraných početností sa dá zistiť, že pri 10 % záznamovej úrovni pre alarmy, by mala byť pravdepodobnosť fluktuálneho (náhodného) prekročenia alarmovej úrovne na hodnote cca 5 %. Vyšší výskyt fluktuálnych alarmov („fluktácie“ 9 %) možno vysvetliť malým štatistickým výberovým súborom (88 alarmov).

Po filtrácii zistených alarmov pomocou nastavbového kamerového systému bolo zistené, že reálne alarmy nepresiahli hodnotu 3 %. Uvedené štatistiky boli približne dosiahnuté aj pri následnej analýze príčin alarmov za mesiac september.

Na základe vykonaného testovania komerčného signálneho zariadenia možno konštatovať, že použitie komerčnej signálnej brány bez „dodatočnej nadstavby“ je v podmienkach prevádzky na danej železničnej stanici pri danej frekvencii posunovaných vagónov veľmi problematické. S veľkou pravdepodobnosťou by často dochádzalo k výraznému obmedzeniu prevádzky stanice z dôvodu vysokého počtu falošných a nevinných alarmov, ktoré komerčné zariadenie nedokáže odfiltrovať.

4. TESTOVANIE SPEKTROMETRA

Z dôvodov uvedených v predchádzajúcej časti bola komerčná monitorovacia brána vybavená nastavbovým zariadením (kamerový, spektrometrický a vyhodnocovací systém), ktorej funkcionality je podrobne popísaná v časti 2.2. V druhej etape testovania brány bola nadstavba implementovaná do monitorovacieho procesu a podrobená následnému testovaniu. Výsledky skúšobnej prevádzky vedú ku finálnej konkretizácii prevádzkových podmienok brány a zabezpečeniu súčinnosti s ďalšími zložkami kooperujúcich pri záchytní nedeklarovanej aktivity. Skúšobná prevádzka bola zameraná na základné ukazovatele funkčnosti monitorovacej brány ako je meranie prirodzeného a vagónového pozadia, meranie vagónov a vyhodnotenie alarmov.

4.1. Prirodzené pozadie

Prirodzené pozadie je základným parametrom, ktorý určuje správny chod monitorovacej brány. Od prirodzeného pozadia sa odvíjajú ďalšie parametre monitorovacej brány ako vagónové pozadie a teda v konečnom dôsledku aj konkrétne merané rádiologické hodnoty monitorovaných železničných vagónov.

Zmeny prirodzeného pozadia sú spôsobené štatistickým charakterom rádioaktívneho rozpadu, variáciami jednotlivých zložiek prirodzeného pozadia a interferenciami prístrojového vybavenia s prostredím, najmä teplotnou závislosťou fotonásobiča, ktorý je umiestnený vo vonkajšom prostredí pri detektore.



METRA, s.r.o. • Matejkova 30, Bratislava, SK - 841 05, EU

Bankové spojenie : Tatra banka, a.s., číslo účtu: 2926854404/1100

TP +421 (903) 206 006 • TP +421 (903) 374 555

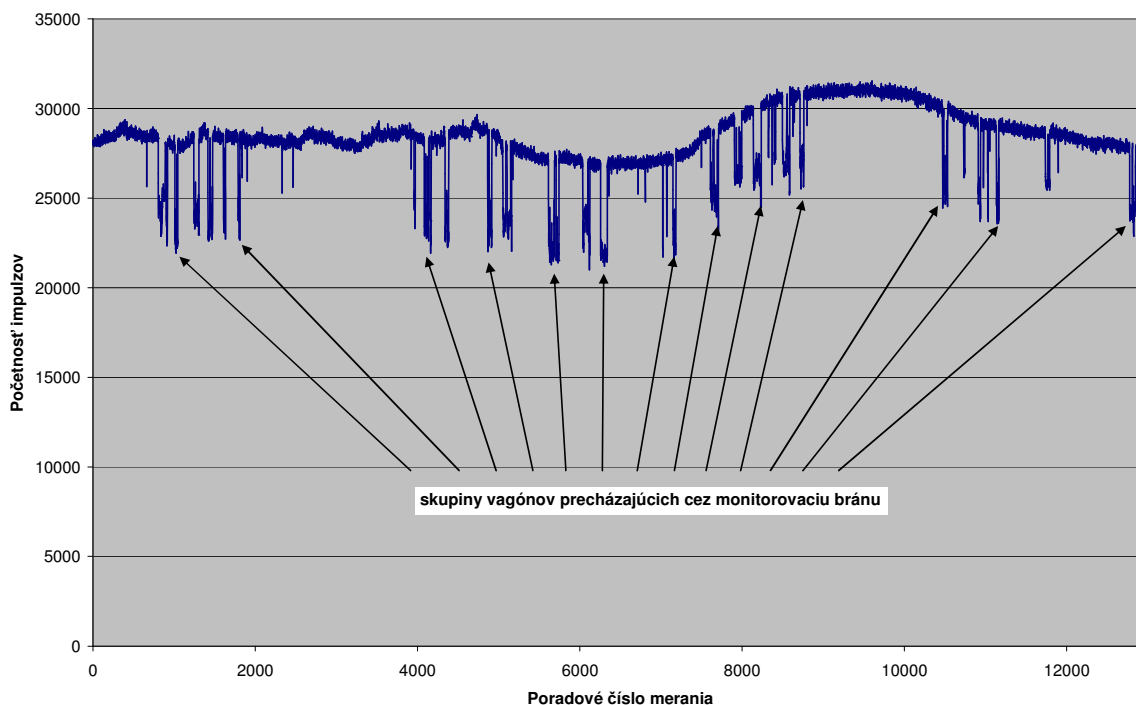
office@metra.sro.sk • www.metra.sro.sk

Charakteristika jednotlivých zmien prírodného pozadia je nasledovná:

- štatistické fluktuácie** – náhodné zmeny nemajú merateľnú závislosť, majú len pravdepodobnostné závislosti, ktoré vieme zohľadniť použitím metód matematickej štatistiky,
- variácie kozmického žiarenia** – ich frekvencia prevyšuje monitorovaciu frekvenciu meraní, zmeny kozmického žiarenia sú relatívne pomalé,
- variácie solárneho žiarenia** – antikorelačný vplyv tzv. slnečného vetra na zmeny pozadia má 11 ročnú periódu,
- variácie terestriálneho žiarenia** – geologické zloženie podložja sa s časom nemení,
- variácie antropogénneho žiarenia** – sú predmetom predmetného monitorovania,
- variácie prístrojového pozadia** – sú spôsobené najmä teplotnou závislosťou prístrojov, rozoznávame predovšetkým denné a ročné variácie.

Popri štatistických fluktuáciách sú teda zmeny prirodzeného pozadia pri monitorovacích meraniach dané predovšetkým variáciami prístrojového pozadia. Denné variácie vieme sledovať pravidelnými meraniami pozadia medzi jednotlivými meraniami vagónov, kde sa používajú hodinové priemery. Ročné variácie vieme zohľadniť pravidelnými kalibračnými meraniami, na základe ktorých korigujeme ročné teplotné variácie.

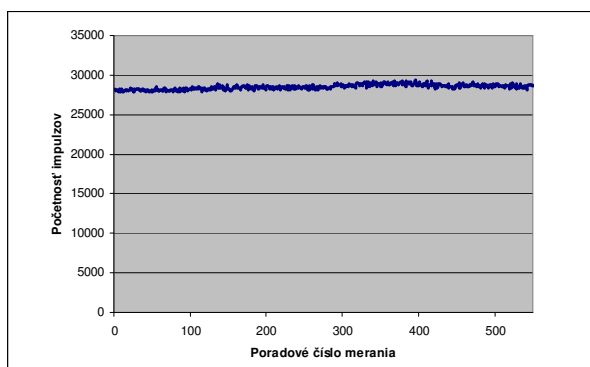
Počas skúšobnej prevádzky bol interval monitorovania nastavený na 5 sekúnd. Variácie prirodzeného pozadia namerané na monitorovacej bráne za jeden vybraný deň sú zobrazené na obr. 3. Zobrazené hodnoty sú sumárne početnosti impulzov od oboch detektorov merané za 5 sekúnd postupne od 00:00:00 do 24:00:00 hod.



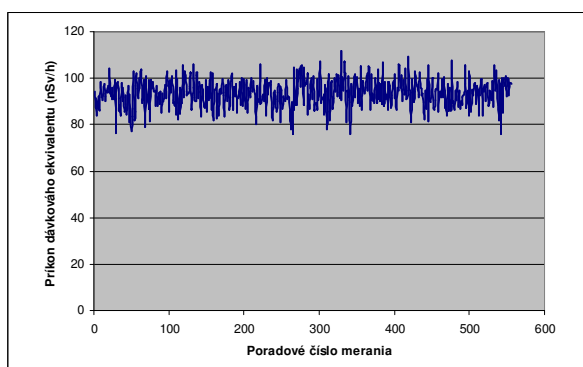
Obr. 3 Denný priebeh pozadia (1. 10. 2011)



Okrem štatistických fluktuácií pozadia a teplotných variácií prístrojového pozadia vidieť na priebehu lokálne diskkrétne poklesy pozadovej úrovne odpovedajúcim prechodom zoraďovaných skupín vagónov. Veľkosť poklesu závisí predovšetkým od hmotnosti vagóna, ktorá určuje jeho tieniace vlastnosti. Variácie prirodzeného pozadia sa sledujú automaticky jeho pravidelným meraním, keď sa v bráne nenachádza žiadny objekt. Tieto pozadové merania sú automaticky riadené kamerovým systémom, ktorý vyhodnocuje pohyb v detekčnom priestore brány. Merania sú spriemerované na hodinový časový interval. Hodinový priebeh prirodzeného pozadia bez vagónov je zobrazený na obr. 4. Teplotné variácie v priebehu hodiny sú už nie dominantné a rozhodujúce sa stávajú štatistické fluktuácie. Na obr. 5 je znázornený hodinový priebeh 5 sekundových meraní príkonov dávkových ekvivalentov. Priemerný príkon dávkového ekvivalentu je 92 nSv/h. Príkon dávkového ekvivalentu je počítaný z nameraných prístrojových spektier metódou operátora odozvy, kde matica operátora odozvy bola získaná kalibráciou pomocou metódy hlavných komponent osobitne pre každý detektor.



Obr. 4 Hodinový signálny priebeh pozadia



Obr. 5 Hodinový dávkový priebeh pozadia

4.2. Vagónové pozadie

Pre efektívny záchyt rádioaktívneho materiálu je rozhodujúce tzv. vagónové pozadie, ktoré možno vidieť na obr. 3 pri prechode vagónov cez monitorovací priestor brány. Jedná sa o prirodzené pozadie, ktoré je odtienené samotným vagónom. Odtienená je predovšetkým terestriálna zložka prirodzeného pozadia. Vagónové pozadie sa stanovuje sledovaním časového priebehu poklesu prirodzeného pozadia v okolí meraného vagóna a jeho interpoláciou na meraný vagón. Optimálne nastavenie každej interpolačnej metódy je vhodná voľba interpolačného kroku tak, aby v maximálnej miere interpolácia fungovala pre všetky extrémne prípady, ktoré môžu pri monitorovaní nastať. V prípade monitorovania vagónov sa jedná najmä o nasledovné tri kritické prípady:

- vagóny s vysokou tieniacou schopnosťou** a nízkou úrovňou rádioaktívneho signálu (kritické pre tento prípad sú vagóny s kovovým šrotom, kde vďaka veľkej mernej hmotnosti môže aj silný defektoskopický žiarič dávať nízky signál pod úrovňou prírodného pozadia)
- vagóny s nižšou tieniacou schopnosťou** ale s významným kontinuálnym signálom nad úrovňou netieneného prirodzeného pozadia (typickým príkladom sú stavebné materiály a draselné hnojivá s obsahom prírodného izotopu ^{40}K)
- všeobecne všetky **vagóny na začiatku a na konci** posunovanej skupiny vagónov (ideálnym pre meranie je súvislý reťazec vagónov s diskretným rádioaktívnym signálom)

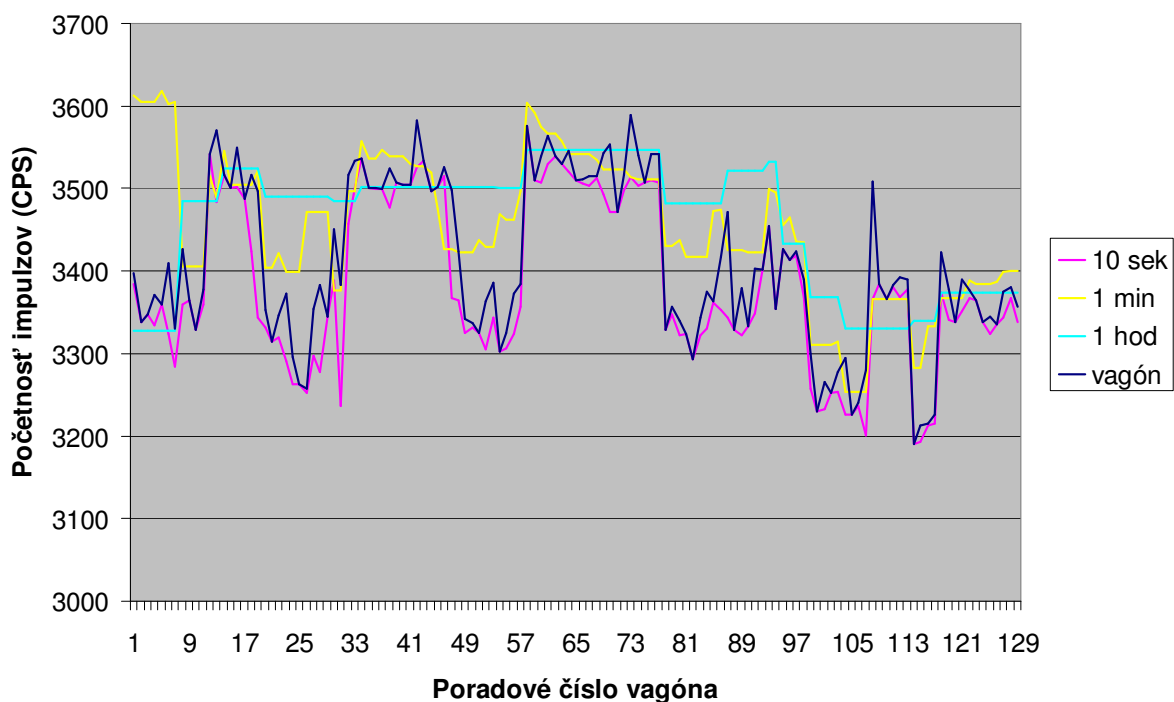




V rámci skúšobnej prevádzky sme testovali 3 časové interpolačné kroky: krok odpovedajúci priemernej časovej dĺžke monitorovaného vagóna (10 sekúnd), interpolácia s krokom 1 minúta a interpolácia s krokom 1 hodina. Testovanie sa uskutočnilo pre dve kritické skupiny nákladov: nízkoaktívne vagóny s kovovým šrotom a alarmové vagóny s cementom a draselnými hnojivami.

Na obr. 6 je vynesené vagónové pozadie získané interpoláciou s krokom 10 sek, 1 min a 1 hod. Interpolované hodnoty vagónového pozadia sú porovnané so skutočným vagónovým pozadím, získaním meraním vybraných čistých vagónov so šrotom. Hoci najlepšie výsledky sú v tomto prípade získané 10 sekundovou interpoláciou, pre viaceré vagóny za sebou s radiáciou nad prirodzeným pozadím, nie je táto interpolácia použiteľná pretože signálna diskretnosť so šírkou nad 30 sekúnd sa už vyhodnotí ako vagónové pozadie (viď ďalej obr. 9).

Na obr. 7 až 9 sú znázornené typické priebehy vagónového pozadia pre monitorovaný reťazec vagónov. Súčasne s priebehom vagónového pozadia („VP“) je v grafoch ukázaná priemerná hodinová úroveň prirodzeného pozadia pre daný úsek monitorovania („PP“), interpolovaná hodnota vagónového pozadia pre meraný vagón („vagón“) získaná s krokom „10 sek“ a „1 hod“ a aktuálna alarmová úroveň pre meraný vagón („alarm“) stanovená na základe 10 sekundovej interpolácie.



Obr. 6 Vagónové pozadia získané interpoláciou s krokom 10 sek, 1 min a 1 hod porovnané so skutočným nameraným vagónovým pozadím čistých vagónov

Prvý prípad (obr. 7) ukazuje monitorovanie čistého vagóna so železným šrotom s vysokou tieniacou schopnosťou bez rádioaktívneho signálu. Obidve interpolované vagónové pozadie sú približne na rovnakej úrovni a od nich odvodená alarmová úroveň pre záchyt je približne v polovici vagónového tienenia. Napriek silnému potlačeniu prirodzeného pozadia pri meraní vagóna je brána schopná detegovať aj minimálne zvýšenia rádioaktivity pomerne hlboko pod prirodzeným pozadím.

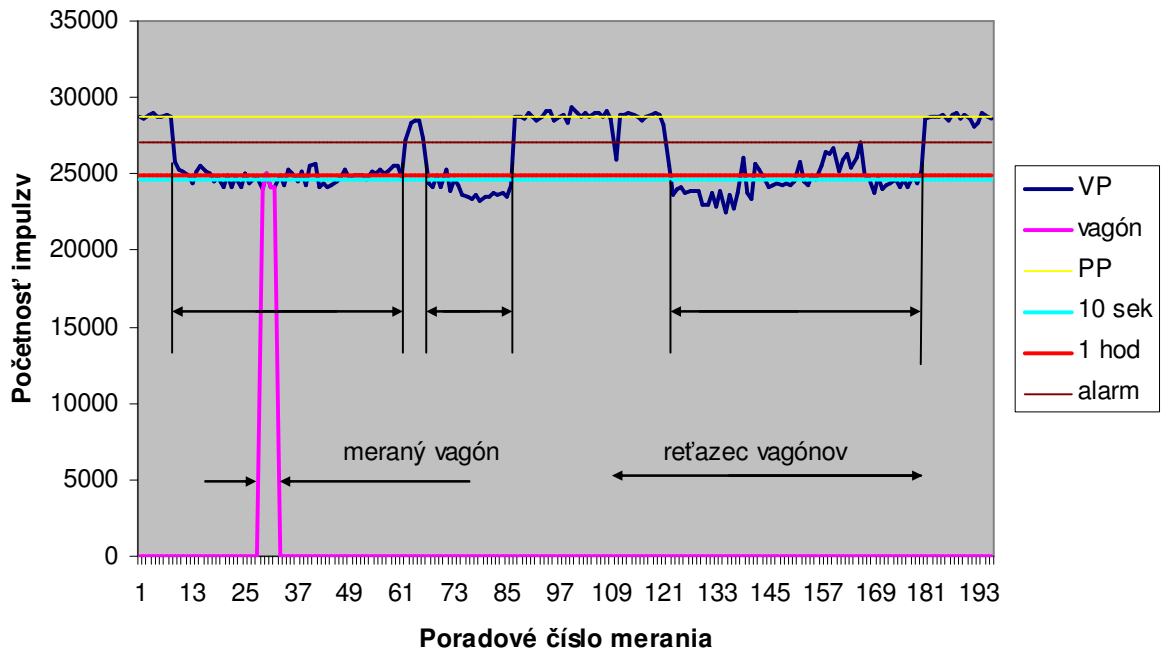


METRA, s.r.o. • Matejkova 30, Bratislava, SK - 841 05, EU

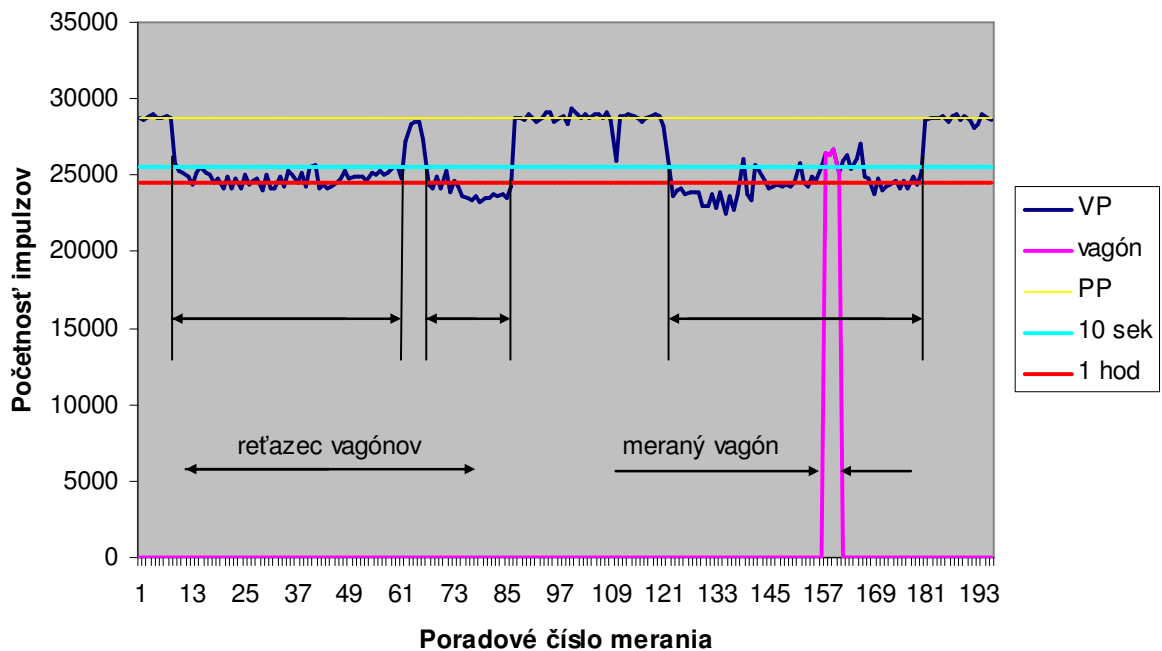
Bankové spojenie : Tatra banka, a.s., číslo účtu: 2926854404/1100

TP +421 (903) 206 006 • TP +421 (903) 374 555

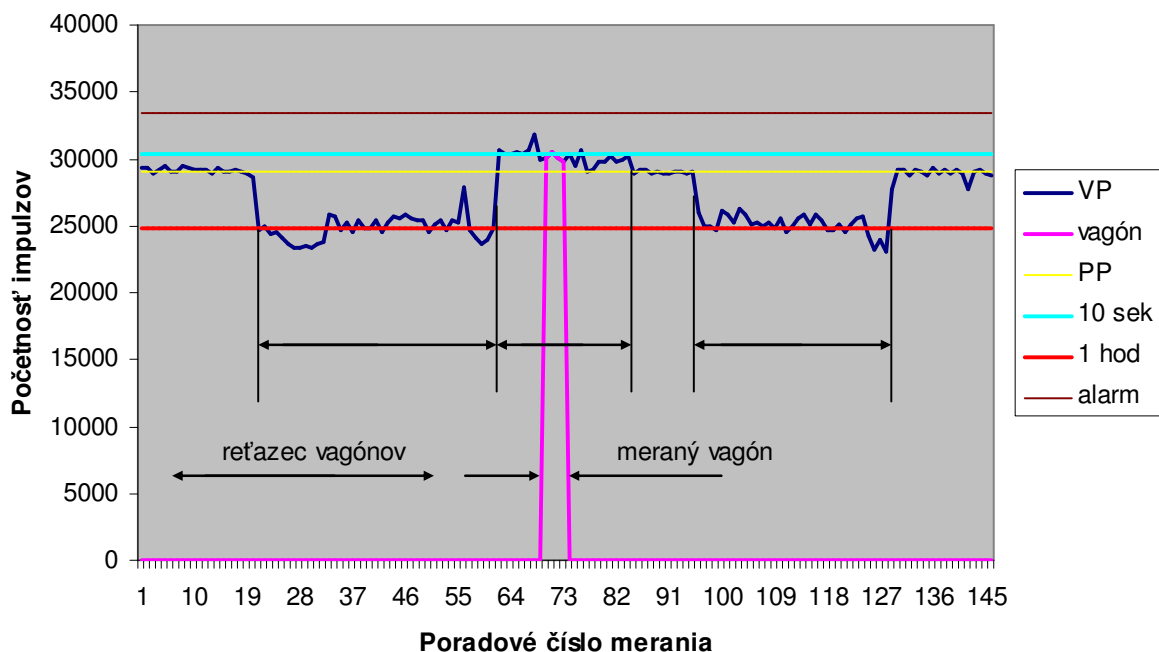
office@metra.sro.sk • www.metra.sro.sk



Obr. 7 Priebeh vagónového pozadia pre vagón s vysokou tieniacou schopnosťou



Obr. 8 Priebeh vagónového pozadia pre vagón so strednou tieniacou schopnosťou



Obr. 9 Priebeh vagónového pozadia pre vagón s nízkou tieniacou schopnosťou

Druhý prípad (obr. 8) s vagónom so strednou tieniacou schopnosťou je už menej ideálny. Nameraná hodnota meraného vagóna je síce ešte pod úrovňou prirodzeného pozadia, ale je ťažšie rozhodnúť, či zodpovedá nižšej tieniacej schopnosti vagóna alebo mierne zvýšenej rádioaktivity vagóna. Krátkodobá interpolácia vagónového pozadia signalizuje prvý prípad, kým dlhodobá druhý. Napriek tomu alarmová úroveň odvodená od krátkodobej interpolácie je stále pod úrovňou pozadia. V týchto indiferentných prípadoch sa pri automatickom vyhodnocovaní uprednostňuje prísnejšie nastavenie podľa dlhodobej interpolácie.

Opodstatnenie tohto princípu sa plne potvrdzuje pri treťom vzorovom prípade s vagónom s nižšou tieniacou schopnosťou (umelé hnojivá), ktorý je zobrazený na obr. 9. Meraný signál je dokonca nad úrovňou prirodzeného pozadia, ale pretože aj príslušné vagóny tiež vykazujú zvýšenú rádioaktivitu (^{40}K), krátkodobá interpolácia chybné interpretuje toto zvýšenie ako prirodzené vagónové pozadie a nastavuje alarm vysoko nad úroveň prirodzeného pozadia. Uplatnenie dlhodobého kritéria naproti tomu spúšťa alarm a posúva hodnotenia na následnú vizuálnu a spektrometrickú analýzu.

Opačný prípad, keď krátkodobé kritérium signalizuje alarm a dlhodobé nie, sme počas skúšobnej prevádzky nezaregistrovali. Tento prípad je ale teoreticky možný v prípade, že v priebehu vyhodnocovanej hodiny prejde cez bránu minimálny počet vagónov a kamerový systém je napriek tomu spustený aj bez vagónov, napr. z dôvodu zlých poveternostných podmienok. Vtedy dlhodobé vagónové pozadie bude oveľa vyššie ako krátkodobé, ktoré sa nastaví len na merané vagóny. Dôvodom absencie takého prípadu pri skúšobnej prevádzke mohli byť dobré poveternostné podmienky (babie leto) počas skúšobnej prevádzky, ale najmä možnosť optimálneho bodového nastavenia registrácie pohybu na kamerovom systéme.

Napriek tomu koncepcia viackriteriálneho hodnotenia monitoringu testovaného počas skúšobnej prevádzky viedlo minimálne k zvýšeniu citlivosti monitorovania vo väčšine prípadov. Ukazuje sa byť dôležitým nástrojom pri optimalizácii vzťahu „citlivosť vs. počet falošných alarmov“ v automatickom režime.



4.3. Meranie vagónov

Optimálne nastavenie kritérií pre efektívne sledovanie vagónového pozadia je veľmi dôležitou parciálnou podmienkou správneho fungovania monitorovacej brány. V konečnom dôsledku je však rozhodujúce, aby brána fungovala ako celok so správnou funkčnosťou celého monitorovacieho reťazca od zaregistrovania pohybu, identifikácie vagóna, alarmového signálneho filtra, spektrometrických meraní, efektívnej automatizácie a riadenia, presnej synchronizácie a ukladania dát, až po vyhodnotenie údajov a vyhotovenie reportov.

Pre overenie celkovej funkčnosti sa merali v priebehu 2 týždňov od 1. 10. 2011 do 15. 10. 2011 všetky vagóny so železným šrotom. Výber a identifikácia šrotových vagónov sa robili orientačne pomocou kamerového systému podľa typu vagóna. Merali sa vagóny ako s ochrannou sieťovinou tak aj bez nej. Za toto obdobie boli vybrané šrotové vagóny signálne monitorované a súčasne boli všetky spektrálne zmerané a vyhodnotené bez ohľadu nato, či bol hlásený alarm, alebo nie. Celkový počet meraných šrotových vagónov bol 1150 vagónov. Z celkového počtu malo 502 vagónov ochrannú sieťovinu.

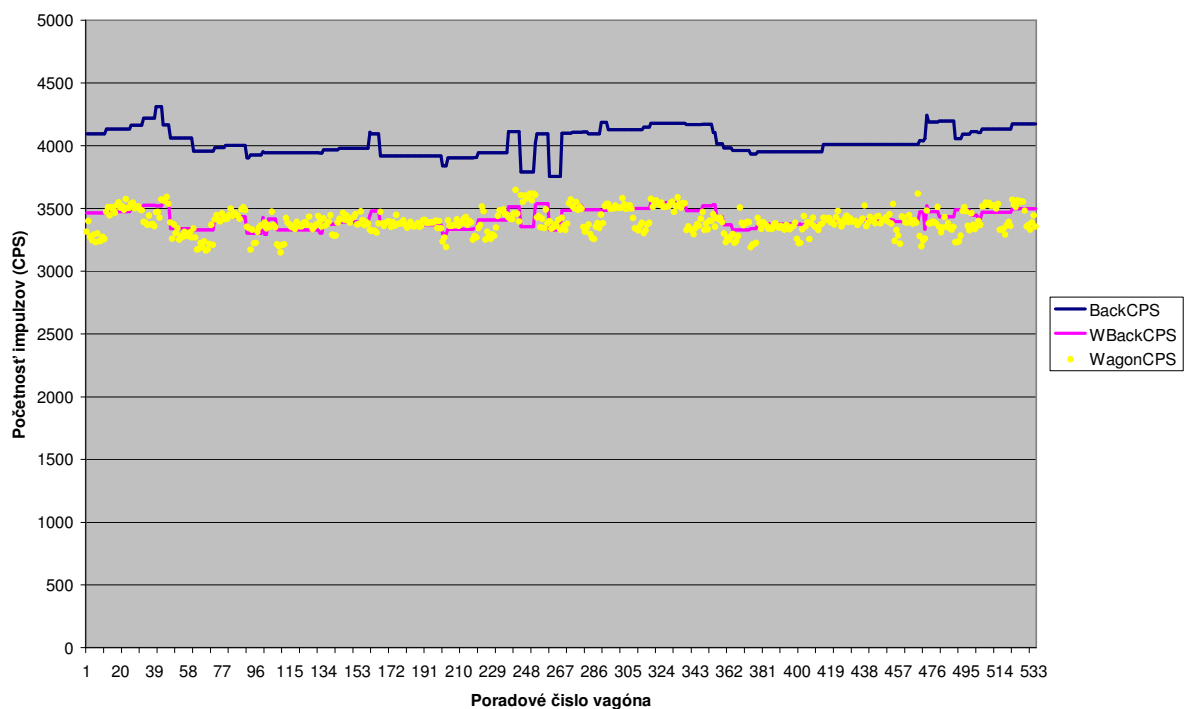
Cieľom testovania bolo komplexne preveriť funkčnosť celej brány (tak signálneho monitora ako aj spektrometra) pri maximálnej záťaži a zistiť pre tento prípad reálnu technickú a vyhodnocovaciu odozvu zariadenia, ktorá umožňuje odhadnúť skutočný reakčný čas na prípadnú alarmovú situáciu.

Výsledky monitorovania vybraných šrotových vagónov sú prezentované na obr. 10 a 11, kde sú zobrazené sumárne hodnoty nameraných početností impulzov od oboch detektorov a vypočítané hodnoty príkonov dávkových ekvivalentov pre jednotlivé monitorované vagóny. Súčasne s nameranými hodnotami („Wagon“) sú vynesené odpovedajúce hodnoty prirodzeného pozadia („Back“) a taktiež vagónového pozadia („WBack“). Hodnoty prirodzeného pozadia sú spriemerované pre danú hodinu, v ktorej sa uskutočnilo meranie daného vagóna, a podobne vagónové pozadie bolo získané interpoláciou susedných vagónov zaregistrovaných v tejto dobe (1 hodinová interpolácia).

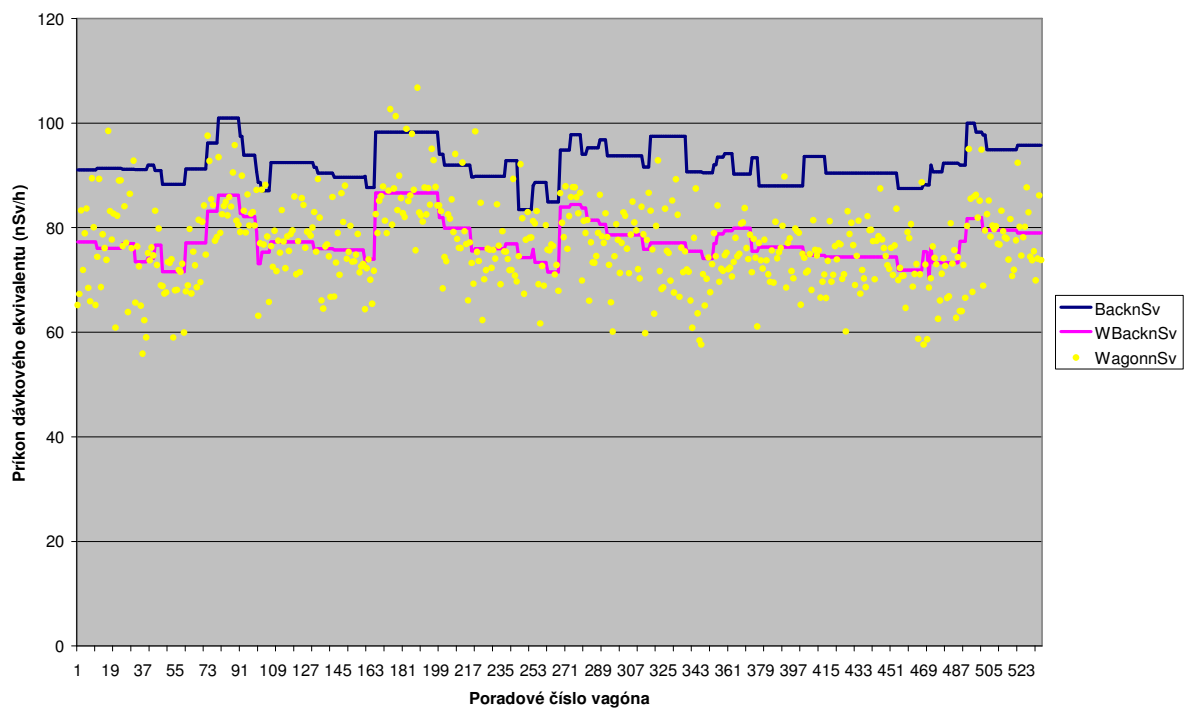
Merané vagóny prechádzali cez monitorovaciu bránu v priebehu dvoch testovaných týždňov v rozdielnych denných dobách. Z tohto dôvodu prirodzené pozadie vykazuje zmeny spôsobené dennými teplotnými variáciami. Keďže sa jednalo o pomerne „čisté“ vagóny bez alarmov, namerané hodnoty pre jednotlivé vagóny ako aj vagónových pozadií približne kopírujú tieto variácie. Odchýlky od priebehu prirodzeného pozadia sú spôsobené predovšetkým rozdielnymi hmotnosťami meraných vagónov a teda ich rozdielnymi tieniacimi schopnosťami. Štatistické fluktuácie sú pri stanovených príkonoch dávkové ekvivalentu vyššie oproti signálnym fluktuáciám, pretože zahrňujú aj neurčitost' použitého modelu na výpočet dávok.

Z hľadiska testovanej funkčnosti monitorovacieho systému možno konštatovať, že vďaka pomerne vysokému stupňu automatizácie riadenia a vyhodnotenia monitoringu, systém umožňuje kontinuálne vyhodnocovať monitorovanie vagónov s vysokými frekvenciami. Kritickým prvkom pri úplnej automatizácii monitoringu sa ukazuje identifikácia polohy a čísla vagónov, ktorú je v súčasnosti možné vykonávať len vizuálne z video záznamu operátorom monitorovacej brány. Tento bod sa ukazuje limitujúci najmä pri vyhodnocovaní alarmov, kde sa vyžaduje rýchla odozva zariadenia.





Obr. 10 Signálne merania vybraných šrotových vagónov



Obr. 11 Meranie dávok pre vybrané šrotové vagóny



METRA, s.r.o. • Matejkova 30, Bratislava, SK - 841 05, EU

Bankové spojenie : Tatra banka, a.s., číslo účtu: 2926854404/1100

TP +421 (903) 206 006 • TP +421 (903) 374 555

office@metra.sro.sk • www.metra.sro.sk



4.4. Vyhodnotenie alarmov

Signálny monitor na sledovanie alarmov bol aktívny hneď od začatia skúšobnej prevádzky. Štatistické vyhodnotenie a štruktúra alarmov za mesiac august sú uvedené v časti. 3, kde bolo zistených 88 alarmov s vysokým počtom falošných alarmov. Tento trend sa zaznamenal aj v mesiaci september, kedy bolo zaregistrovaných 102 alarmov s podobnou štruktúrou. Počas skúšobnej prevádzky sa alarmy vyhodnocovali raz denne podľa relatívnej úrovne oproti pozadiu zaznamenatej signálnym monitorom a vizuálne pomocou video záznamu zaznamenanom kamerovým systémom. Od 1. 10. 2011 sa všetky alarmy vyhodnocovali aj pomocou spektrometra.

Do tohto termínu bolo registrovaných 5 reálnych alarmov. Všetky boli zaregistrované pri pravidelných denných kontrolách našimi pracovníkmi až v dobe, keď už vagóny opustili železničnú stanicu. Štyri z nich nedosahovali z hľadiska radiačnej ochrany významné hodnoty. Piaty vagón vykazoval 5-násobné zvýšenie požadovej úrovne, preto sme ho hneď po tomto zistení spektrometricky analyzovali a neodkladne oznámili na ÚVZ MDVRR SR číslo podozrivého vagóna, čas prechodu cez monitorovaciu bránu, veľkosť prekročenia požadovej úrovne, dávkový príkon a izotopové zloženie skrytého zdroja. Na základe nášho oznámenia bol vagón zachytený a odstavený v Kozárovciach.

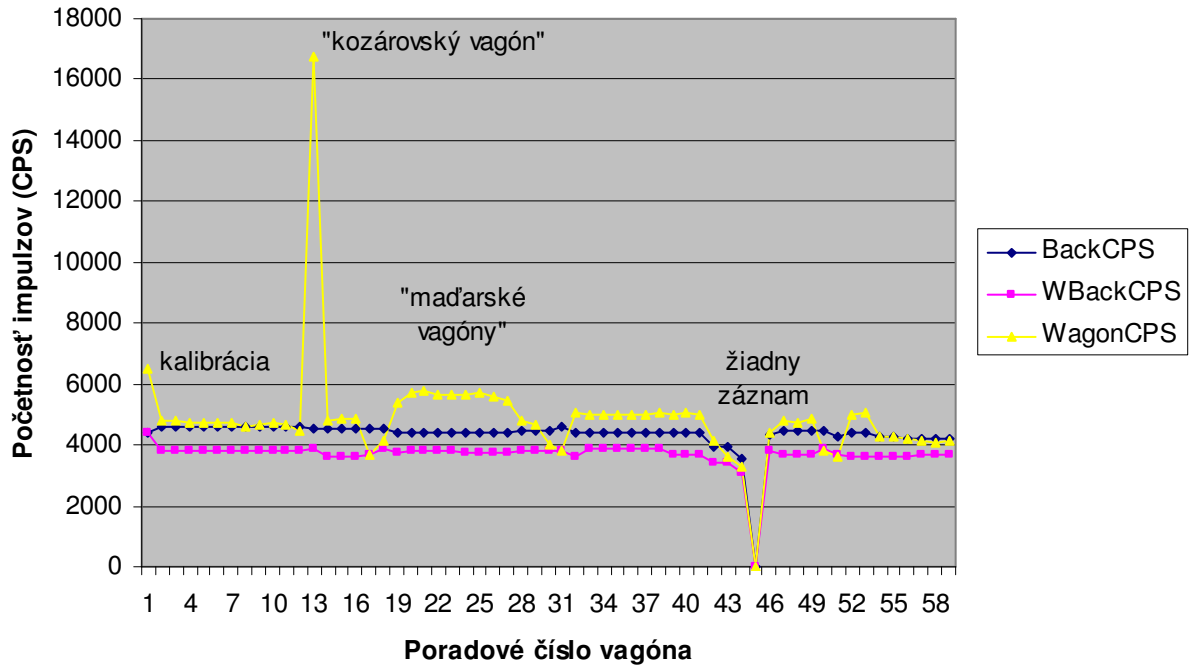
Za prvé 2 týždne mesiaca október bolo signálnym monitorom zaregistrovaných 58 alarmov. Všetky alarmy boli zaregistrované pomocou signálneho monitora a následne vyhodnotené aj spektrometricky. Výsledky merania alarmových vagónov sú sumarizované na obr. 12 a 13 analogicky ako je to pri šrotových vagónoch na obr. 10 a 11 (hodnoty meraných vagónov „Wagon“, hodinové priemery prirodzeného pozadia „Back“ a hodinové interpolácie vagónového pozadia „WBack“).

Oproti čistým šrotovým vagónom však alarmové vagóny vykazujú výrazne vyššie hodnoty monitorovných ukazovateľov. Namerané početnosti pri čistých vagónoch sa pohybovala na úrovni okolo 3500 imp/s (CPS), pri alarmových vagónoch až do úrovne 15000 imp/s (CPS). Kým pri čistých šrotových vagónoch sa príkon dávkového ekvivalentu pohyboval na úrovni približne 10% pod úrovňou prirodzeného pozadia, ktorého priemerná hodnota bola 92 nSv/h, pri alarmoch to bolo nad úrovňou prirodzeného pozadia až do hodnoty 300 nSv/h.

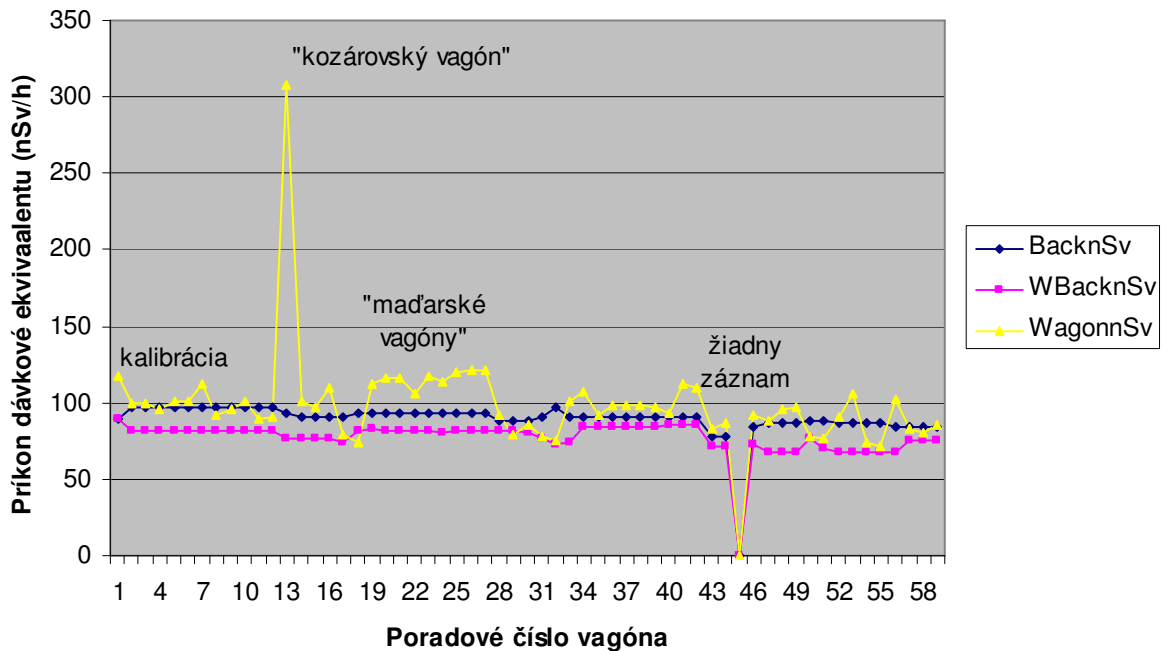
Okrem zachyteného „kozárovského vagóna“ na uvedených obrázkoch reprezentujúcich výsledky vyhodnotenia alarmov, je možno pozorovať významnejšie úrovne pri alarme č. 1, keď bolo vykonané štandardné kontrolné kalibračné meranie na začiatku spustenia spektrometrického systému. Ďalšou významnejšia skupina alarmov prináležali vagónom č. 19 až 28. Zaujímavé na nich bolo, že sa jednalo o skupinu vagónov od toho istého maďarského prepravcu, ktoré išli tesne za sebou. Ďalšie alarmy boli identifikované ako typické „nevinné“ draslíkové alarmy a v 17 ostatných prípadoch sa jednalo o falošné alarmy.

Medzi nimi má osobitné postavenie alarm č. 45. Bol spustený signálnym monitorom v čase, keď nebol vyhotovený žiadny video záznam, a teda ani žiadny spektrometrický záznam, nakoľko nebol registrovaný v monitorovanom priestore žiadny pohyb. Z tohto dôvodu majú všetky vyhodnocované veličiny na obr. 12 a 13 pre alarm č. 45 nulové hodnoty.





Obr. 12 Vyhodnotenie signálu pre zaregistrované alarmové vagóny



Obr. 13 Vyhodnotenie dávkových príkonov pre zaregistrované alarmové vagóny



METRA, s.r.o. • Matejkova 30, Bratislava, SK - 841 05, EU

Bankové spojenie : Tatra banka, a.s., číslo účtu: 2926854404/1100

TP +421 (903) 206 006 • TP +421 (903) 374 555

office@metra.sro.sk • www.metra.sro.sk



4.5. Spektrálna analýza

Spektrometrický systém ukladá na rozdiel od komerčného signálneho zariadenia nameraný signál za monitorovací časový interval (5 s) vo forme 256 kanálového prístrojového energetického spektra (distribúcia meraných impulzov podľa energie). Zo spektrálneho záznamu je možno získať integrálne hodnoty jednoducho sumáciou celého spektra. Pre spracovanie spektier sa používa technika WSP, ktorá je založená na metóde operátora odozvy. Spektrálna analýza je nevyhnutná pri výpočte základných veličín poľa žiarenia gama (dávkový a fluenčný príkon), ktoré sme doteraz v tichosti používali pri prezentácii výsledkov monitorovania. Okrem integrálnych hodnôt uvedených veličín je výhodné používať pre účely monitorovacej brány aj spektrálne hodnoty pre zvolené energetické oblasti. Oblasti sú definované v časti 2.2. Tieto umožňujú v prípade záchytu nedeklarovanej aktivity stanoviť prvotnú rádioizotopovú analýzu zdroja.

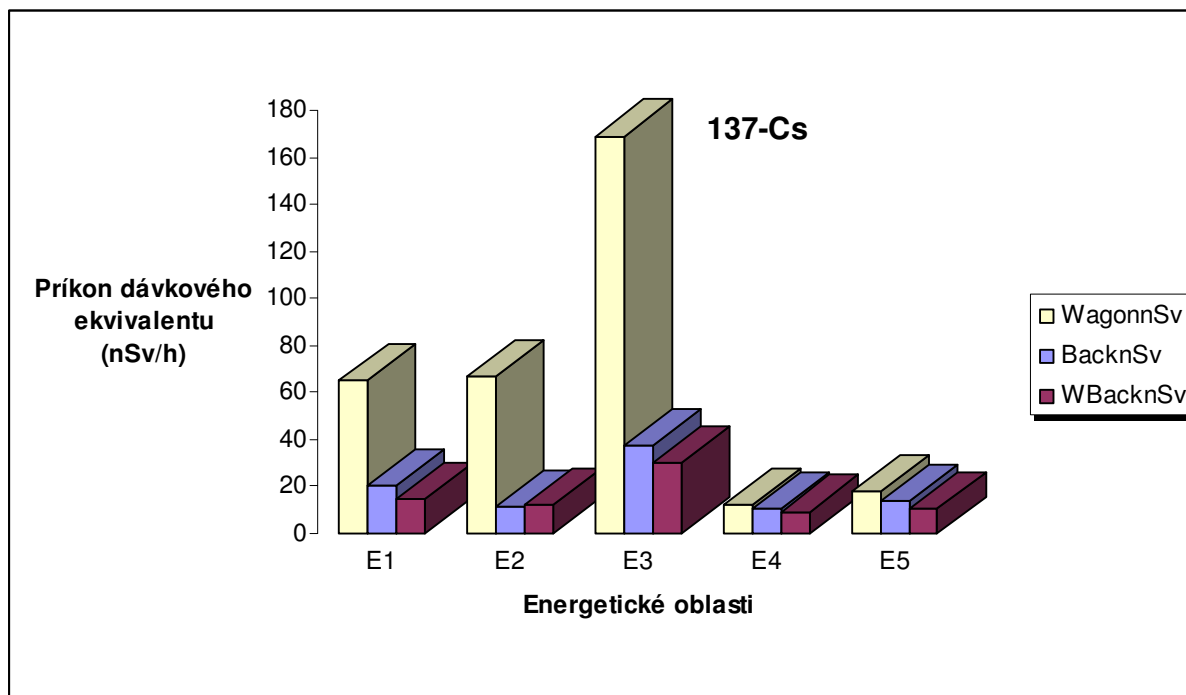
Ako príklad pre použitie spektrálnej analýzy pre účely monitorovacej brány sme zvolili „kozárovský vagón“. Výsledky spektrálnej analýzy sú prezentované na obr. 14 a 15, kde sú graficky znázornené spektrálne príkony dávkového ekvivalentu a spektrálne príkony fluencie pre vybraný alarmový vagón.

Spolu s príkonom dávkového ekvivalentu od vagóna („WagonnSv“) je už tradične zobrazený aj dávkový príkon od prirodzeného pozadia (BacknSv) a príkon od interpolovaného vagónového pozadia (WBacknSv) pre jednotlivé energetické oblasti. Jedná sa vlastne o spektrálny rozklad integrálneho bodu č. 45 z obr. 13 do jednotlivých oblastí. Viac ako polovica príspevku do integrálnej dávky pochádza od priamych fotónov z céziovej oblasti E3 s energiou od 600 do 900 keV. Príspevky dávok v oblastiach E1 a E2 pochádzajú od rozptýlených fotónov v náklade vagóna. Zdroj teda možno pomerne jednoznačne identifikovať ako izotop ^{137}Cs .

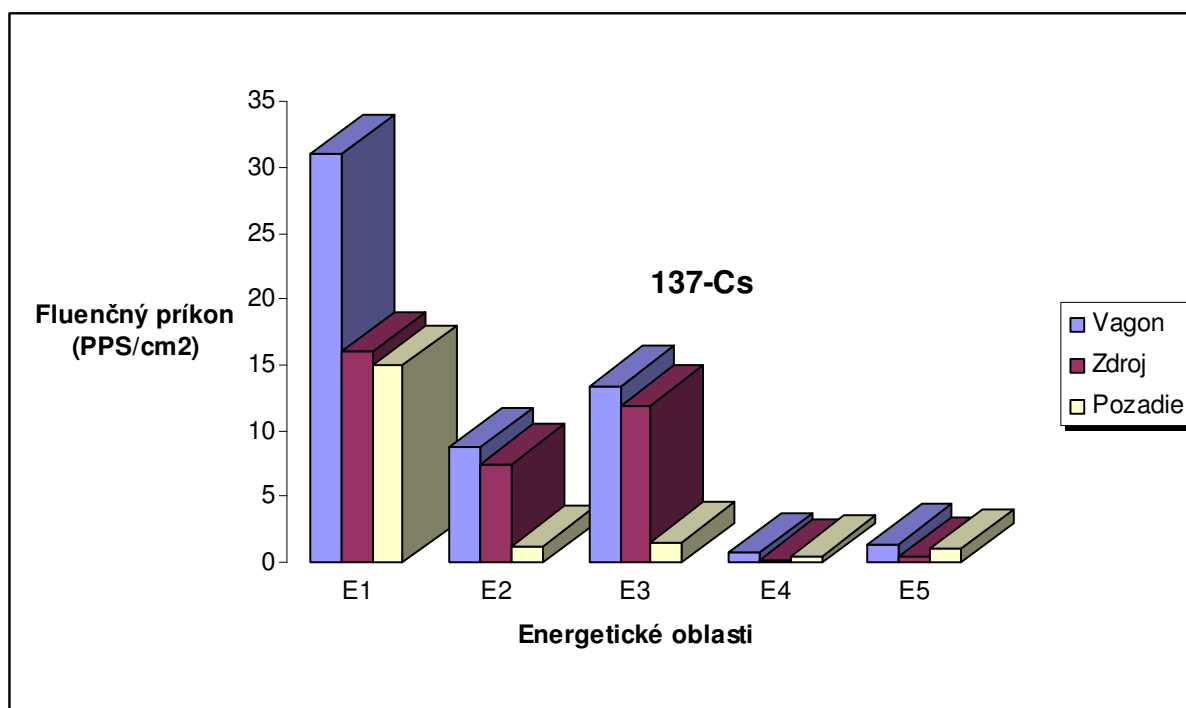
Signál od rádioaktívneho vagóna je pomerne vysoko nad prirodzeným vagónovým pozadím. Pre prípad slabších zdrojov je výhodnejšie použiť analýzu pomocou príkonu spektrálnej fluencie fotónov, ktorý je pre uvedený zdroj zobrazený na obr. 15. Hodnoty „vagón“ prináležia fotónom od celého rádioaktívneho vagónu, hodnoty „zdroj“ sú fotóny od identifikovaného zdroja a „pozadie“ patrí označeniu pre fotóny od prirodzeného pozadia. V tomto prípade je síce príspevok od rozptýlených fotónov vyšší oproti dávkovým príspevkom, ale výsledky fluenčných príkonov majú menšiu neistotu stanovenia (väčšiu presnosť), čo pre slabé zdroje je prínosnejšie ako lepšia čistota spektra dávkových príkonov.

Päť kanálová spektrálna analýza sa ukazuje pre účely monitorovacej brány dostačujúca, pretože pri záchyťte rádioaktívnych zdrojov sa predpokladá obmedzený počet známych rádionuklidov a komplexná spektrometrická analýza s veľkým počtom kanálov nie je potrebná, chyby výsledkov dávkových príkonov sa pohybujú do 15 % a sú stanovené s dostatočnou presnosťou pre porovnanie s meraniami pomocou ručných prístrojov. Na druhej strane podstatným prínosom sa ukazuje jednoduchá kalibrácia, výrazne zvýšená rýchlosť výpočtov a jednoduchšie vyhodnocovanie pre ďalšiu automatizáciu monitorovacieho procesu.





Obr. 14 Spektrálny príkon dávkového ekvivalentu pre alarmový vagón č. 13



Obr. 15 Spektrálny flučný príkon pre alarmový vagón č. 13



6. ZÁVER

Predložená správa podáva základné informácie zo skúšobnej prevádzky stacionárnej meracej brány na monitorovanie rádioaktivity železničných vagónov, ktorá prebiehala v období od 1. 8. 2011 do 15. 11. 2011. Brána je inštalovaná na železničnej stanici Bratislava – východ.

Brána sa skladá z komerčnej časti, ktorú tvorí signálny monitor alarmov, a z nadstavbovej časti, ktorú tvorí kamerový systém, spektrometrický systém a riadiaci a vyhodnocovací systém. Testovanie komerčného signálneho systému v priebehu skúšobnej prevádzky vykazovalo vysoký počet falošných a nevinných alarmov, čo obmedzuje funkčnosť brány pri vysokofrekvenčnej prevádzke na uvedenej lokalite. V priemere je registrovaných mesačne do 100 alarmov, z toho reálnych je iba 3%. Brána z tohto dôvodu musela byť doplnená o uvedený nadstavbový systém.

Testovanie nadstavbového spektrometrického systému prebiehalo od 1. 10. do 15. 11. 2011. Bola urobená detailná analýza prirodzeného pozadia. Spektrometricky boli monitorované všetky šrotové vagóny, bez ohľadu, či bol hlásený alarm alebo nie. Výsledky umožnili optimálne nastavenie používaných interpolácií vagónových pozadií. Spektrometrické monitorovanie šrotových vagónov preverilo fungovanie brány pri maximálnych objemov a frekvencii monitorovaných vagónov.

V rámci testovania spektrometrického systému boli okrem šrotových vagónov vyhodnocované spektrometricky aj všetky alarmy hlásené signálnym monitorom. Spektrometrický systém umožňuje merania ohodnotiť absolútnymi hodnotami dávkových príkonom, ktoré sa používajú v radiačnej ochrane. To umožňuje porovnávať namerané úrovne radiácie priamo s hodnotami z ručných dozimetrov, získané inými zložkami pri radiačnom záchyťe. Používať „spoločný jazyk“ v procese záchyťu rádioaktívneho materiálu (ZRAM) je základným predpokladom efektívnej funkčnosti záchyťnej siete.

Spektrometrická analýza navyše poskytuje rýchlu prvotnú rádioizotopovú analýzu podozrivého zdroja, alebo kategóriu zdroja. Táto možnosť nie je ešte komerčne dostupná. Spektrálna analýza nielen podstatne zvyšuje kvalitu monitoringu, ale umožňuje do veľkej miery dokázať odfiltrovať skupinu tzv. nevinných alarmov spôsobených prirodzenými rádionuklidmi (^{40}K), ktoré tvoria viac ako polovicu falošných alarmov.

Skúšobná prevádzka preverila funkčnosť monitorovacej brány pri plnej prevádzke na železničnej stanici, umožnila nastaviť optimálne technologické parametre a stanovila všeobecný rámec pre efektívne zapojenie tohto zariadenia do systému ZRAM. Základné výsledky skúšobnej prevádzky sú:

1. Komerčný signálny monitor nie je bez doplnenej nadstavby vhodný pre vysokofrekvenčnú plynulú prevádzku na uvedenej železničnej stanici.
2. Spektrometrický systém významne zvyšuje kvalitu monitoringu železničných vagónov.
3. Vzhľadom na lokalizáciu monitorovacej brány, objemu a frekvencie železničných vagónov môže byť prevádzka brány významným aktívnym prvkom v systéme ZRAM.
4. Kapacita monitorovacej brány je dostatočná na pokrytie monitorovania všetkých vagónov vrátane identifikácie vagónov, spektrálnych meraní a vyhodnotenia alarmov vrátane odfiltrovania nevinných a falošných alarmov.
5. Monitorovacie zariadenie bolo odskúšané pri plnej prevádzke a je po technologickej stránke pripravená na riadnu prevádzku.
6. Pre plnohodnotnú funkčnosť monitorovacej brány je nevyhnutné zabezpečiť 24 hodinovú operatívnu prevádzku s priamym alebo vzdialeným prístupom operátorov.



METRA, s.r.o. • Matejkova 30, Bratislava, SK - 841 05, EU

Bankové spojenie : Tatra banka, a.s., číslo účtu: 2926854404/1100

TP +421 (903) 206 006 • TP +421 (903) 374 555

office@metra.sro.sk • www.metra.sro.sk



7. PRÍLOHY

7.1. Stručné vysvetlenie niektorých použitých pojmov (podľa výskytu v texte)

Indikátor (ukazovateľ) – veličina kvantifikujúca určitú vlastnosť alebo stav

Monitorovanie – pravidelné, opakované sledovanie zvolených indikátorov

Monitor – meracie zariadenie alebo systém pre pravidelné, opakované sledovanie indikátorov

Rádioaktivita – vlastnosť látok emitovať rádioaktívne žiarenia

Aktivita – fyzikálna veličina kvantifikujúca vlastnosť *rádioaktivita*

Dávka – fyzikálna veličina kvantifikujúca množstvo absorbovanej energie v látke

Fluencia – fyzikálna veličina kvantifikujúca tok fotónov cez nekonečne malú plochu

Fluktuácie – náhodné (štatistické) zmeny určitého indikátora

Variácie – deterministické (nenáhodné) zmeny určitého indikátora

Záznamová úroveň – pravdepodobnostný limit pre fluktučné zmeny monitorovaného indikátora

Zásahová úroveň – pravdepodobnostný limit pre variačné zmeny monitorovaného indikátora

Signál – priamo meraná (prístrojová) hodnota kvantifikujúca určitý indikátor

Spektrum – distribúcia určitého indikátora spravidla podľa energie

Prístrojové spektrum – distribúcia signálu podľa energie

Spektrálna hodnota – jedna hodnota v spektre

Integrálna hodnota – suma všetkých hodnôt v spektre

Pozadie – suma všetkých sprievodných signálov pri meranom signáli

Prírodné (prírodné) pozadie – sprievodné signály pochádzajúce z prírodného prostredia

Prístrojové pozadie (elektronický šum) – sprievodné signály pochádzajúce z meracieho prístroja

Vagónové pozadie – prírodné pozadie znížené o jeho tienenie meraným vagónom

Interpolované vagónové pozadie – vagónové pozadie stanovené pomocou vedľajších vagónov

Alarm – prekročenie stanovenej úrovne určitého indikátora pre hlásenie monitora o jej prekročení

Falošný alarm – prekročenie alarmovej úrovne, ktoré nepochádza od monitorovaného indikátora

Technologický alarm – falošný alarm spôsobený monitorovacím zariadením

Nevinný alarm – skutočný alarm určitého indikátora, ktorý je nepodstatný z hľadiska monitorovanej vlastnosti alebo stavu

Šrotový vagón – vagón používajúci sa na prepravu šrotu

Alarmový vagón – vagón, pri ktorom monitorovacie zariadenie hlásilo prekročenie stanovenej úrovne



METRA, s.r.o. • Matejkova 30, Bratislava, SK - 841 05, EU

Bankové spojenie : Tatra banka, a.s., číslo účtu: 2926854404/1100

TP +421 (903) 206 006 • TP +421 (903) 374 555

office@metra.sro.sk • www.metra.sro.sk



7.2. Zoznam alarmov od 1.10. do 15.10.2011

P.č.	Dátum	Čas alarmu	Pomer W/B	Čas vstup.	Čas výst.	Predčíslenie	EVČ vagóna	Poznámka
1	02-10-2011	11:08:50	2.71					skuška
2	04-10-2011	21:09:25	1.15	21:09:18	21:11:02	31RIV56SK-ZSSKC	6677025-2	sypka chemia
3	04-10-2011	21:10:58	1.16	21:09:18	21:11:02	31RIV56SK-ZSSKC	6677025-2	sypka chemia
4	04-10-2011	21:11:11	1.17	21:11:02	21:11:23	31RIV56SK-ZSSKC	6682414-1	sypka chemia
5	04-10-2011	21:11:23	1.12	21:11:23	21:11:37	31RIV56SK-ZSSKC	6683307-6	sypka chemia
6	04-10-2011	21:11:30	1.14	21:11:23	21:11:37	31RIV56SK-ZSSKC	6683307-6	sypka chemia
7	04-10-2011	21:11:46	1.15	21:11:37	21:11:48	31RIV56SK-ZSSKC	6681545-3	sypka chemia
8	04-10-2011	21:11:58	1.09	21:11:48	21:12:00	31RIV56SK-ZSSKC	6633145-1	sypka chemia
9	04-10-2011	21:12:08	1.23	21:12:00	21:12:09	31RIV56SK-ZSSKC	6633117-0	sypka chemia
10	04-10-2011	21:12:18	1.15	21:12:09	21:12:18	31RIV56SK-ZSSKC	6676619-3	sypka chemia
11	04-10-2011	21:12:28	1.13	21:12:24	21:12:31	31RIV56SK-ZSSKC	6633019-8	sypka chemia
12	04-10-2011	21:12:39	1.13					nič
13	04-10-2011	22:36:15	1.1	22:36:06	22:36:17	31RIV56SK-ZSSKC	6633077-6	sypka chemia
14	04-10-2011	22:36:25	1.12	22:36:17	22:36:28	31RIV56SK-ZSSKC	6677013-8	sypka chemia
15	04-10-2011	22:36:42	1.14	22:36:40	22:36:48	31RIV56SK-ZSSKC	6675223-3	sypka chemia
16	04-10-2011	22:36:52	1.15	22:36:50	22:37:07	31RIV56SK-ZSSKC	4723129-1	drevo
17	04-10-2011	23:35:05	1.07	23:34:54	23:35:14	31RIV56SK-ZSSKC	2602617-5	potraviny
18	05-10-2011	14:10:59	1.34	14:10:52	14:11:06	31RIV55H-RCH	0810020-5	ako šrot
19	05-10-2011	14:11:14	1.38	14:11:06	14:11:22	31RIV55H-RCH	0810125-2	ako šrot
20	05-10-2011	14:11:30	1.4	14:11:22	14:11:36	31RIV55H-RCH	0810146-8	ako šrot
21	05-10-2011	14:11:44	1.33	14:11:36	14:11:48	31RIV55H-RCH	0810031-2	ako šrot
22	05-10-2011	14:11:56	1.31	14:11:48	14:11:57	31RIV55H-RCH	0810009-8	ako šrot
23	05-10-2011	14:12:06	1.31	14:11:57	14:12:06	31RIV55H-RCH	0810092-4	ako šrot
24	05-10-2011	14:12:16	1.34	14:12:15	14:12:22	31RIV55H-RCH	0810028-8	ako šrot
25	05-10-2011	14:12:26	1.38	14:12:22	14:12:27	31RIV55H-RCH	0810114-6	ako šrot
26	05-10-2011	14:12:36	1.36	14:12:27	14:12:33	31RIV55H-RCH	0810006-4	ako šrot
27	06-10-2011	4:40:22	1.09	4:40:18	4:40:33	31RIV56SK-ZSSKC	6992118-3	sypka chemia
28	06-10-2011	4:40:33	1.28	4:40:33	4:40:44	31RIV56SK-ZSSKC	6992247-0	sypka chemia
29	06-10-2011	4:40:45	1.18	4:40:44	4:41:06	31RIV56SK-ZSSKC	2772009-9	zatvoreny vagon
30	06-10-2011	23:13:20	1.23	23:13:16	23:13:33	31RIV56SK-ZSSKC	4717059-8	drevo
31	07-10-2011	3:30:06	1.1					nič
32	08-10-2011	4:11:03	1.31	4:10:56	4:11:09	31RIV56SK-ZSSKC	6992136-5	sypka chemia
33	08-10-2011	4:11:27	1.26	4:11:25	4:11:36	31RIV56SK-ZSSKC	6992455-9	sypka chemia
34	08-10-2011	4:11:53	1.22	4:11:50	4:12:02	31RIV56SK-ZSSKC	0530700-6	sypka chemia
35	08-10-2011	4:12:04	1.28	4:12:02	4:12:27	31RIV56SK-ZSSKC	0530702-2	sypka chemia
36	08-10-2011	4:12:04	1.28	4:12:02	4:12:27	31RIV56SK-ZSSKC	0530702-2	sypka chemia



METRA, s.r.o. • Matejkova 30, Bratislava, SK - 841 05, EU

Bankové spojenie : Tatra banka, a.s., číslo účtu: 2926854404/1100

TP +421 (903) 206 006 • TP +421 (903) 374 555

office@metra.sro.sk • www.metra.sro.sk



P.č.	Dátum	Čas alarmu	Pomer W/B	Čas vstup.	Čas výst.	Predčíslenie	EVČ vagóna	Poznámka
37	08-10-2011	4:12:04	1.28	4:12:02	4:12:27	31RIV56SK-ZSSKC	0530702-2	sypka chemia
38	08-10-2011	4:12:40	1.29	4:12:32	4:12:50	31RIV56SK-ZSSKC	6992300-7	sypka chemia
39	08-10-2011	4:12:51	1.11	4:12:50	4:13:01	31RIV56SK-ZSSKC	6997006-5	sypka chemia
40	08-10-2011	4:13:01	1.27	4:13:01	4:13:08	31RIV56SK-ZSSKC	6992567-9	sypka chemia
41	08-10-2011	4:13:14	1.27	4:13:08	4:13:14	31RIV56SK-ZSSKC	6992616-6	sypka chemia
42	08-10-2011	20:19:33	1.11	20:19:31	20:19:41	31RIV56SK-ZSSKC	9323409-7	cement
43	08-10-2011	20:19:43	1.15	20:19:42	20:19:55	37RIV80D-VTGF	7919011-2	cisterna
44	09-10-2011	4:49:07	1.46					nie je zaznam
45	11-10-2011	3:42:55	1.14					nič
46	12-10-2011	20:17:35	1.19	20:17:30	20:17:37	31RIV56SK-ZSSKC	6992628-1	sypka chemia
47	12-10-2011	20:17:46	1.21	20:17:37	20:17:48	31RIV56SK-ZSSKC	6992008-6	sypka chemia
48	12-10-2011	20:17:56	1.18	20:17:48	20:17:57	31RIV56SK-ZSSKC	6999605-2	sypka chemia
49	12-10-2011	21:43:51	1.01	21:43:38	21:43:53	31RIV56SK-ZSSKC	5377259-2	šrot bez sietky
50	15-10-2011	1:11:29	1.04	1:11:29	1:11:42	33RIV80D-GATX	7966649-5	cisterna 4-1,1
51	15-10-2011	9:53:08	1.29	9:53:00	9:53:18	31RIV54CZ-ČDC	3541052-9	plachtový 4-1,3
52	15-10-2011	9:53:27	1.3	9:53:18	9:53:27	31RIV54CZ-ČDC	3541016-4	plachtový 4-1,33
53	15-10-2011	12:25:22	1.07					človek 4-1,14
54	15-10-2011	12:32:36	1.03					človek 4-1,14
55	15-10-2011	13:01:33	1.08					človek 4-1,11
56	15-10-2011	13:08:06	1.12					človek 4-1,13
57	15-10-2011	13:08:31	1.1					človek 4-1,13
58	15-10-2011	13:08:47	1.1					človek 4-1,14



METRA, s.r.o. • Matejkova 30, Bratislava, SK - 841 05, EU

Bankové spojenie : Tatra banka, a.s., číslo účtu: 2926854404/1100

TP +421 (903) 206 006 • TP +421 (903) 374 555

office@metra.sro.sk • www.metra.sro.sk