

Technická správa

Predprevádzková bezpečnostná správa

Kapitola 11.04 Monitorovanie radiačných charakteristík

Stavba: Dostavba 3. a 4. blok JE Mochovce, stavenisko: Jadrová časť
Construction: 3&4 Unit NPP Mochovce Completion, site: Nuclear Island
Stavebník: Slovenské elektrárne, a.s., Bratislava, 3. a 4. blok JE Mochovce
Constructor: Slovenské elektrárne, a.s., Bratislava, 3&4 Unit NPP Mochovce

SE Rev	Date / Dátum	IS	Supervision Outcome / Stav schválenia	Supervised by / Overil		Checked by / Kontroloval	Approved by / Schválil
			Language / Jazyk	S	Safety Class / Bezpečnostná trieda	N	SEC. INDEX / INDEX utajenia
			Submitted to Client to / Predložené odberateľovi na:	Approval / Schválenie	A	Information Only / Len na informáciu	
The SE a.s. approval refers to the contract clauses only. All design responsibilities are charged to the Contractor / Schválenie SE a.s. sa vzťahuje iba na zmluvné náležitosti. Za vypracovanie projektu nesie dodávateľ plnú zodpovednosť.							
EPS No / Číslo EPS: PNM34365000		Revision index / Index revízie: 11		Size / Veľkosť	Activity Code / Aktivita	Type / Subtype / Typ / Podtyp	Discipline / Profesia
File name / Názov súboru:		SE doc. Code / SE číslo dokumentu: PNM34373967		A4	6.01	RS	Z
				Sheet / List	Of / z	Plant System / Systém elektrárne	Component / Komponent
				1	103		

SE Contract No. / Číslo zmluvy SE: 4600003952				VUJE Contract No. / číslo zmluvy VUJE: 1719/00/09			
Part name / Označenie časti: PNM3437396711_S_C00_V				Issued on / Vydané dňa: 03.06.2020			
Kód citlivosti ¹⁾ / Sensitivity code ¹⁾	3	Name / Meno	Organization / Organizácia	Dept. / Útvar	Date / Dátum	Signature / Podpis	
Author / Vypracoval:			VUJE, a.s.	0730	03.06.2020		
Co-author / Spolupracoval:			VUJE, a.s.	0730	03.06.2020		
Checked by / Kontroloval:			VUJE, a.s.	0220			
Verified by / Overil:			VUJE, a.s.	0720			
Approved by / Schválil:			VUJE, a.s.	1703			

Tento dokument je vlastníctvom Slovenských elektrární, a.s.. Tento dokument, ako aj informácie z neho, môžu byť použité, kopírované, rozmnožované alebo zverejňované iba so súhlasom Slovenských elektrární, a.s.. Uvedené riešenie je obchodným tajomstvom VUJE, a.s..

This document is property of Slovenské elektrárne, a.s. This document as well as information it contains can only be used, copied, reproduced or published with consent of Slovenské elektrárne, a.s. The solution presented is trade secret of VUJE, a.s.

[illegible]

List of document part

Zoznam častí dokumentu

Por. č. No.	Názov dokumentu Document name	Ev. č. súboru časti dokumentu / File ref. No. of document part	Číslo revízie / Revision No.
1.	• Predprevádzková bezpečnostná správa • Kapitola 11.04 Monitorovanie radiačných charakteristík	• PNM3437396711_S_C00_V	• 11
2.	• Predprevádzková bezpečnostná správa • Kapitola 11.04 Monitorovanie radiačných charakteristík	• PNM3437396711_S_C01_V	• 11
3.	•	•	•
4.	•	•	•
5.	•	•	•
6.	•	•	•
7.	•	•	•
8.	•	•	•
9.	•	•	•
10.	•	•	•
11.	•	•	•

OBSAH

OBSAH	4
ZOZNAM POUŽITÝCH SKRATIEK A OZNAČENÍ	5
ÚVOD	10
11.4 Monitorovanie radiačných charakteristík	11
11.4.1 Prehľad hlavných zmien systému radiačnej kontroly v porovnaní s ÚP	12
11.4.2 Prehľad zariadení radiačnej kontroly	13
11.4.3 Systém radiačnej kontroly	17
11.4.3.1 Radiačná kontrola pracovného prostredia	18
11.4.3.2 Monitorovanie plynných výpustí	33
11.4.3.3 Monitorovanie kvapalných výpustí	43
11.4.3.4 Monitorovanie rádioaktívnych odpadov	44
11.4.3.5 Monitorovanie zariadení a technologických procesov	45
11.4.3.6 Monitorovanie kontaminácie	79
11.4.3.7 Systémy havarijného a pohavarijného monitorovania	84
11.4.3.8 Laboratórne radiačné kontroly	97
11.4.4 Spoločné činnosti	98
LITERATÚRA	100
ZOZNAM TABULIEK	102

ZOZNAM POUŽITÝCH SKRATIEK A OZNAČENÍ

QA	zabezpečenie kvality (Quality Assurance)
TYVEK	Typ ochranného odevu
ALARA	Tak nízko ako je to rozumne dosiahnuteľné s uvažovaním sociálnych a ekonomických faktorov („as low as reasonably achievable, economic and social factors being taken into the account“)
ALI	Ročný limit príjmu (Annual Limit of Intake)
ATL	Priložené k potrubiu (Adjacent to line)
AZ	Aktívna zóna (jadrového reaktora)
BaPP	Budova aktívnych pomocných prevádzok
BD	Bloková dozorňa
BNS	Bezpečnostný návod ÚJD SR
BO	Bezpečnostné opatrenie
BSC	Bohunické spracovateľské centrum
BT	Bezpečnostná trieda
CDRK	Centrálna dozorňa radiačnej kontroly
COS	Centrálny odberový systém
COS CSRK	Centrálny odberový systém centralizovaného systému radiačnej kontroly
CSRK	Centralizovaný systém radiačnej kontroly
ČR	Česká republika
ČTON	Čistenie technologického odvodu vzduchu nádrží
DPS	Dielčí prevádzkový súbor
DRK	Dozorňa radiačnej kontroly
DRK12	Dozorňa radiačnej kontroly na 1. a 2. bloku
DRK34	Dozorňa radiačnej kontroly na 3. a 4. bloku
EBO, EDU	JE Jaslovské Bohunice, Dukovany
EBO34	Elektrárne Bohunice 3. a 4. blok
EGV Slovakia	Názov spoločnosti
EMC	Elektromagnetická kompatibilita
EMO	Jadrová elektrárňa Mochovce

EMO12	Jadrová elektrárň Mochovce 1. a 2. blok
EPD	Elektronický personálny dozimeter
EPDS	Systém EPD
ETE	Jadrová elektrárň Temelín
FS KRAO	Finálne spracovanie kvapalných rádioaktívnych odpadov
GSP	Gamaspektrometria, gamaspektrometrický
HČČ	Hlavné cirkulačné čerpadlo
HPGe	Polovodičový detektor založený na vysokočistom germániu (High Purity Germanium)
HS	Hygienická slučka
HSCHZ	Havarijný systém pre chladenie aktívnej zóny
HT	Ekvivalentná dávka, Sv
HVB	Hlavný výrobný blok
HW	Hardvér
HZ	Hermetická zóna
CHDIS	Chemický diagnostický a informačný systém
CHO	Centrum havarijnej odozvy
I.O.	Primárny okruh
IAEA	Medzinárodná agentúra pre atómovú energiu (International Atomic Energy Agency)
II.O.	Sekundárny okruh
IS	Informačný systém
ISRK	Informačný systém radiačnej kontroly
IŽ	Ionizujúce žiarenie
JE	Jadrová elektrárň
KF	Katexový filter
KO	Kompenzátor objemu
KP	Kontrolované pásmo
KRAO	Kvapalné rádioaktívne odpady
LAN	Lokálna počítačová sieť (Local Area Network)
LaP	Limity a podmienky bezpečnej prevádzky
LBB	Identifikácia úniku pred roztrhnutím potrubia (Leak Before Break)
LCD	Displej s tekutými kryštálmi (Liquid Crystal Display)
LPDU	Lokálna spracovateľská a zobrazovacia jednotka (Local Processing and Display Unit)

LPU	Lokálna spracovateľská jednotka (Local Processing Unit)
LRKO	Laboratórium radiačnej kontroly okolia
MD	mimobloková dozorňa (dozorňa spoločných zariadení)
MDA	Minimálna detekovateľná aktivita (=spodná hranica meracieho rozsahu)
MO34	Jadrová elektráreň Mochovce 3. A 4. Blok
MPH	Maximálna projektová havária
ND	Núdzová dozorňa
NR SR	Národná rada Slovenskej republiky
NUREG	Smernica NRC (úradu jadrového dozoru USA) „Nuclear Regulatory Guide“
NV	Nariadenie vlády
PAMS	Pohavarijný monitorovací systém (Post Accident Monitoring System)
PASS	Pohavarijný vzorkovací systém (Post Accident Sampling System)
PB	Prevádzková budova
PBS	Predbežná bezpečnostná správa
PC	Osobný počítač (Personal Computer)
PCL	Programovateľná riadiaca jednotka
PČ	Palivový článok
PD	Príkon dávky
PG	Parogenerátor
PICS	Počítačový informačný a riadiaci systém (Process Information and Control System)
PIPS	Polovodičový kremíkový detektor (Passived Implanted Planar Silicon)
PLC	Programovateľná riadiaca jednotka
PpBS	Predprevádzková bezpečnostná správa
PRAO	Pevné rádioaktívne odpady
PRO	Program radiačnej ochrany
PS	Prevádzkový súbor
PSA	Prepúšťacia stanica do atmosféry
PV	Poistný ventil
PV PG	Poistný ventil PG
PWR	označenie tlakovodných reaktorov JE (Pressure Water Reactor)
RAL	Rádioaktívne látky
RAO	Rádioaktívny odpad

RaS	Radiačná situácia
RČA	Rýchločinná armatúra
RG	Smernica NRC (úradu jadrového dozoru USA) „Regulatory guide“
RK	Radiačná kontrola
RN	Rádionuklid
RO	Radiačná ochrana
ROI	Oblasť záujmu (Region of interes)
RS	Reaktorová sála
RVP	Rádioaktívne vzácne plyny
SAMS	Systém monitorovania ťažkých havárií (Severe Accident Management System)
SAOZ	Systém havarijného chladenia aktívnej zóny
SE	Slovenské elektrárne
SE-EBO	Elektrárne Bohunice 3. a 4. blok
SEOD	Názov SW (Systém evidencie osobných dávok)
SICS	Bezpečnostný informačný a radiaci systém (Safety Information and Control System)
SJZ	Systém jednotného značenia
SK	Seizmická kategória
SKOV	Stanica kontroly odpadových vôd
SKR	Systém kontroly a riadenia
SO	Stavebný objekt
SORR	Systém ochrany a riadenia reaktora
SPIPS	Polovodičový kremíkový Si detektor („Spectrometryum Passivated Implanted Planar Silicon“)
SR	Slovenská republika
SRK	Systém radiačnej kontroly
SW	Softvér
ŠOV	Špeciálna očistka vody
ŠP	Štiepne produkty
TCP/IP	Typ prenosového protokolu (Transmission Control Protocol/Internet Protocol)
TDS	Teledozimetrický systém
TG	Turbogenerátor
TIS	Technologický informačný systém

TLD	Termoluminiscenčný dozimeter
TVD	Technická voda dôležitá
TVN	Technická voda nedôležitá
ÚJD SR	Úrad jadrového dozoru SR
ÚJV	Ústav jaderného výskumu, Řež u Prahy
ÚP	Úvodný projekt
ÚVZ SR	Úrad verejného zdravotníctva SR
VK	Ventilačný komín
VO	Vložený okruh
VP	Vykonávací projekt
VUJE	VUJE a.s. Trnava
VVER	Voronežský typ tlakovodného reaktora (vodo-vodný energetický reaktor)
VZT	Vzduchotechnika, vzduchotechnický
WANO	Svetová asociácia prevádzkovateľov jadrových elektrární (World Assotiation Nuclear Operations)
WP	Work package (pracovný balík)
ŽP	Životné prostredie

ÚVOD

Predkladaná technická správa je súčasťou PpBS MO34.

Je vypracovaná v súlade s [II.1], [II.9], [II.10] a [II.11]. Pritom bolo primerane prihliadnuté aj k [II.12].

Poskytuje informácie o monitorovacích zariadeniach použitých pre monitorovanie počas všetkých stavoch JE (normálne a abnormálne podmienky prevádzky, maximálne projektové havárie a kde je to vhodné aj pre nadprojektové/ťažké havárie) počas celého životného cyklu JE, všetkých hlavných zdrojov žiarenia, plyných výpustí, vplyvu na ŽP a obyvateľstvo v okolí JE a pre stanovenie dávkovej záťaže personálu a obyvateľstva v okolí JE.

Systém radiačnej kontroly ako celok spolu s ostatnými systémami a zariadeniami potrebnými pre zabezpečenie radiačnej ochrany (napr. tienenie a VZT systémy) je popísaný v [I.12].

Pri vypracovaní kapitoly boli zohľadnené a implementované pripomienky uvedené v rozhodnutí ÚJD SR č.267/2008.

11.4 Monitorovanie radiačných charakteristík

Monitorovacie systémy sú charakterizované z pohľadu základných parametrov monitorovacích systémov a vzorkovania prevádzkových médií. Monitorovacie systémy pre normálnu prevádzku ako aj pre havarijné podmienky sú popísané v príslušných podkapitolách PpBS. Popísané sú nasledovné monitorovacie systémy, inštalované v HVB a BaPP:

- Monitorovacie systémy pracovného prostredia,
- Monitorovacie systémy technologických systémov sledujúce tesnosť a integritu bariér proti šíreniu rádioaktívnych látok,
- Monitorovacie systémy kvapalných a plyných výpustí.

Monitorovanie ionizujúceho žiarenia je súčasťou radiačnej ochrany. Výraz „monitorovanie žiarenia“ možno chápať ako vykonanie všetkých činností, ktorých cieľom je:

- Charakterizovať a hodnotiť radiačnú situáciu v pracovnom prostredí,
- Identifikovať zdroje žiarenia,
- Monitorovať stav bariér proti šíreniu rádioaktívnych látok do pracovného prostredia a do ŽP a identifikovať a sledovať úniky cez jednotlivé bariéry.
- Riadiť prevádzku jednotlivých technologických systémov – inventár rádioaktívnych látok v technologických okruhoch,
- Monitorovanie povrchovej kontaminácie personálu a predmetov opúšťajúcich Kontrolované pásmo a areál JE,
- Radiačné monitorovanie plyných a kvapalných výpustí z JE do ŽP – hodnotenie vplyvu prevádzky JE na ŽP,
- Získavanie informácií nevyhnutných pre riadenie prevádzkových režimov reaktorového bloku,
- Radiačné monitorovanie jednotlivcov prevádzkového personálu JE (vplyv vnútorných a externých zdrojov ionizujúceho žiarenia),
- Hodnotenie závažnosti výpustí rádioaktívnych látok (ak sa vyskytujú) s cieľom poskytnúť nápravné opatrenia a opatrenia pre ochranu personálu a obyvateľov,
- Identifikácia a hodnotenie trendov radiačných charakteristík zdrojov ionizujúceho žiarenia (alebo radiačných charakteristík JE),
- Zohľadniť stav a prevádzkyschopnosť technologických zariadení.

Monitorovanie radiačnej situácie v pracovnom prostredí a technologických okruhov umožňuje trvalé sledovanie ožiarovania jednotlivcov personálu a obyvateľstva na úrovni tak nízkej, ako je to možné. Prevádzka JE týmto spôsobom spĺňa požiadavky definované v LaP a ďalších legislatívnych dokumentoch [II.1], [II.2].

Trvalé monitorovanie radiačnej situácie je podmienkou pre aplikáciu základných princípov ochrany proti ionizujúcemu žiareniu: princíp zdôvodnenia a princíp minimalizácie.

Technické prostriedky pre radiačné monitorovanie a rozmiestnenie týchto prostriedkov je dané projektovým riešením v ÚP a následne v spracovanej realizačnej dokumentácii PS 12 [I.6] a následne vypracovaných technických dokumentoch [I.5], [I.7].

11.4.1 Prehľad hlavných zmien systému radiačnej kontroly v porovnaní s ÚP

V rámci spracovania vykonávacieho projektu boli urobené zmeny oproti ÚP. Zmeny boli urobené z dôvodu vylepšenia procesu monitorovania a zvýšenia informačnej schopnosti SRK.

Spektrometrické monitory

Monitorovacie kanály so scintilačnými detekčnými blokmi mali podľa ÚP zadefinované meranie v široko kanálovom energetickom okne. Scintilačné spektrometre umožňujú selektívne meranie aktivity vybraných RN, typických pre danú aplikáciu.

Zmeny meracích rozsahov monitorov

Počas vypracovania vykonávacieho projektu bolo zistené, že požiadavky ÚP na rozsah merania niektorých monitorov DPS3.12.01 sú technicky nerealizovateľné. Na základe toho boli navrhnuté spresnené rozsahy merania vrátane zdôvodnenia a poukázania na súlad s medzinárodnými normami a predpismi. Tieto zmeny sa týkajú nasledovných meracích kanálov:

- objemová aktivita RVP vo ventilačnom komíne,
- objemová aktivita RVP vo ventilačnom komíne,
- havarijné meranie príkonu dávky vo ventilačnom komíne,
- havarijné meranie príkonu dávky,
- havarijné meranie príkonu dávky,
- havarijné meranie príkonu dávky,
- havarijné meranie príkonu dávky,
- havarijné meranie príkonu dávky,
- havarijné meranie príkonu dávky (ťažké havárie),
- havarijné meranie príkonu dávky (ťažké havárie),
- objemová aktivita aerosólov a jódov v BD a ND,
- objemová aktivita aerosólov a jódov v BD a ND.

Meranie prietoku plyno-vzdušnej zmesi v odvetraní jamy vývev TG

Podľa ÚP je v potrubí odvetrania jamy vývev (na ejektoroch) navrhnuté primárne merania PD, spôsobeného ejektorovými plynmi a odvodenie ich objemovej aktivity. Pri hodnotení tejto únikovej cesty sa uvažoval iba predpokladaný uvoľňovaný objem plyno-vzdušnej zmesi do atmosféry. Meranie aktuálneho prietoku nebolo v ÚP riešené. Zmena oproti ÚP spočíva v doplnení merania prietoku v odvetrávacom potrubí. To umožňuje spresniť hodnotenie úniku RAL do ŽP touto únikovou cestou.

Havarijné monitorovanie pre ťažké havárie

V HZ bol oproti ÚP doplnený nový havarijný monitor PD pre monitorovanie ťažkej havárie (určený pre SAMS).

Havarijné monitorovanie plynných výpustí v priebehu ťažkej havárie

Vykonávací projekt bol doplnený o nové monitory plynných výpustí (určené pre SAMS). Podrobnejší popis je uvedený v kap. 11.4.3.7.6.

Zmena spôsobu diskontinuálneho monitorovania RVP vo ventilačnom komíne

Zmena tohto monitorovania spočíva v modifikácii vzorkovacej tlakovej nádoby. Tlaková odberová nádoba má významne väčší objem a prevádzkový nižší tlak. Dosahuje sa tým zväčšenie objemu meranej vzorky a citlivosti merania a tým aj zníženie hodnoty MDA. Popis diskontinuálnej kontroly RVP vo výpustiach je v kap. 11.4.3.2.3.2.

Zmena miesta inštalácie celotelových monitorov kontaminácie Argos5-Zeus

Celotelové monitory Argos5-Zeus mali byť pôvodne inštalované v sanitárnych uzloch. Monitor vyžaduje pre svoju činnosť plynové hospodárstvo - inštalované v blízkosti monitorovacieho systému. Preto boli monitory nainštalované do priestoru hygienickej slučky pre kontrolu kontaminácie osôb opúšťajúcich priestory KP. Monitory typu RZB 04-04 pôvodne určené do HS boli premiestnené do sanitárnych uzlov. Umiestnenie monitorov Argos5-Zeus do HS je výhodnejšie aj vzhľadom na to, že v porovnaní s monitorom RZB 04-04 disponuje väčším počtom detekčných jednotiek, ktoré pokrývajú väčšiu časť povrchu tela čím sa dosahuje aj vyššia citlivosť merania.

Doplnenie zariadení ISRK

Vo ISRK boli v rámci spracovania VP doplnené zariadenia, ktoré majú za cieľ zvýšiť informačnú schopnosť systému RK.

11.4.2 Prehľad zariadení radiačnej kontroly

Ďalej je uvedený prehľad monitorovacích zariadení systému radiačnej kontroly MO34 podľa kap. 11.04.

Tabuľka 11.4 - 1 Monitorovanie RaS v priestoroch a okolí JE

Oblasť monitorovania	Meranie v SRK	Popis meracieho systému - referencia na kapitolu 11.4 tejto PpBS
Osobná dozimetria		11.4.4
RaS prostredia - monitorovanie nehavarijnej prevádzky	PD gama žiarenia v pracovných priestoroch JE a v areáli JE	11.4.3.1.1 11.4.3.1.6 11.4.4
	PD neutrónového žiarenia v priestoroch HVB	11.4.3.1.5
	PD v areáli JE - v blízkosti vybraných stavebných objektov	11.4.3.7.8 11.4.4
	Kontinuálne meranie objemovej aktivity rádioaktívnych aerosólov v ovzduší	11.4.3.1.2.1 11.4.3.1.6
	Kontinuálne meranie objemovej aktivity jódov v ovzduší	11.4.3.1.4.1 11.4.3.1.6
	Kontinuálne meranie objemovej aktivity RVP v ovzduší	11.4.3.1.3.1
	Diskontinuálne a operatívne meranie kontaminácie ovzdušia pracovných priestorov	11.4.3.1.2.2 11.4.3.1.3.2 11.4.3.1.4.2
	Meranie kontaminácie pracovných plôch a zariadení	11.4.3.6.1
	Meranie kontaminácie odevu a tela personálu	11.4.3.6.2
	Meranie kontaminácie predmetov, pracovných prostriedkov a vozidiel	11.4.3.6.3
Radičná kontrola plyných výpustí vo VK	Kontinuálna kontrola plyných výpustí vo VK	11.4.3.2.1.1 11.4.3.2.2.1 11.4.3.2.3.1
	Diskontinuálna a bilančná kontrola plyných výpustí vo VK	11.4.3.2.1.2 11.4.3.2.2.2

Oblasť monitorovania	Meranie v SRK	Popis meracieho systému - referencia na kapitolu 11.4 tejto PpBS
		11.4.3.2.3.2
		11.4.3.2.4
	Monitorovanie neradiačných parametrov vzdušnin v ventilačnom komíne	11.4.3.2
Monitorovanie havarijných stavov	PD externého gama žiarenia v BD aj v ND	11.4.3.1.6
	Objemová aktivita aerosólov a jódom v BD	11.4.3.1.6
	PD v hermetickej zóne	11.4.3.7.1
	PD v reaktorovej sále - monitorovanie SAMS	11.4.3.7.1
	Aktivita plyných výpustí vo VK - meranie PD	11.4.3.7.2
		11.4.3.7.6
	Gamaspektrometrické monitorovanie atmosféry HZ	11.4.3.7.3

Tabuľka 11.4 - 2 Monitorovanie RaS v technologických okruhoch JE

Oblasť monitorovania	Meranie v SRK	Popis meracieho systému - referencia na kapitolu 11.4 tejto PpBS
Radičná kontrola I.O.	Kontinuálna gamaspektrometria chladiča I.O.	11.4.3.5.1.1
	Kontinuálne meranie objemovej aktivity Kr v chladiči I.O.	11.4.3.5.1.2
	PD gama žiarenia od chladiča vo vzorkovacom potrubí I.O.	11.4.3.5.1.3
Radičná kontrola na II.O. (kontrola tesnosti tlakového rozhrania medzi I.O. a II.O. v PG)	Meranie aktivity odľahu z parogenerátorov	11.4.3.5.3.2
	Kontrola aktivity ¹⁶ N ostrej pary v hlavných parovodoch	11.4.3.5.3.1
	Havarijné monitorovanie integrity tlakového rozhrania v PG	11.4.3.7.4
	Kontrola aktivity parovzdušnej zmesi z jamy výlev TG	11.4.3.5.3.3 11.4.3.7.7
Radičná kontrola tesnosti vložených okruhov	Kontrola aktivity chladiča vložených okruhov HCČ a SORR	11.4.3.5.2

Oblasť monitorovania	Meranie v SRK	Popis meracieho systému - referencia na kapitolu 11.4 tejto PpBS
Radiačná kontrola na vzduchotechnických systémoch	Meranie objemovej aktivity aerosólov, jódu a RVP na výstupe filtračnej zostavy VZT systému KLC70	11.4.3.5.5
	Meranie objemovej aktivity aerosólov, jódu a RVP na výstupe filtračnej zostavy VZT systému KLC71	11.4.3.5.5
	Meranie objemovej aktivity aerosólov, jódu a RVP na výstupe filtračnej zostavy VZT systému KLC73	11.4.3.5.5
	Meranie objemovej aktivity RVP vo VZT systéme KLA10	11.4.3.5.5
	Meranie objemovej aktivity RVP vo VZT systéme KLA11	11.4.3.5.5
	Meranie objemovej aktivity RVP vo VZT systéme KLA13	11.4.3.5.5
Radiačná kontrola tesnosti tlakového rozhrania v systémoch technickej vody	Meranie aktivity TVD a TVN - prevádzkové meranie	11.4.3.5.4
	Havarijné monitorovanie objemovej aktivity TVD za chladičmi HSCHZ	11.4.3.7.5
Radiačná kontrola kvapalných prevádzkových médií	Kontrola RaS pri hydraulickom vyplavovaní filtrov (vo vybraných priestoroch technológie)	11.4.3.5.6.5
Radiačná kontrola funkcie čistiacich staníc	Monitorovanie aktivity kondenzátu vykurovacej pary odpariek	11.4.3.5.6.1
	Kontrola vody v kontrolných nádržiach čistiacej stanice odpadových vôd „ŠOV-3“	11.4.3.5.6.2
	Meranie aktivity RVP a jódu v čistiacej stanici plynov technologických odvetšnení (8KPM)	11.4.3.5.6.4
	Meranie PD, objemovej aktivity aerosólov a jódu v čistiacej stanici odvetšňavania nádrží ŠOV a nádrží kvapalných RAO (8KPP)	11.4.3.5.6.3

11.4.3 Systém radiačnej kontroly

Monitorovanie radiačnej situácie znamená permanentné meranie veličín ionizujúceho žiarenia, ktorými je charakterizovaná radiačná situácia príslušného priestoru alebo technológie.

Systém radiačnej kontroly „SRK“ monitoruje:

- radiačnú situáciu v pracovnom prostredí a v okolí,
- radiačnú situáciu v technologických okruhoch a systémoch JE a tesnosť príslušných bariér,
- kontamináciu personálu v HS,
- radiačné charakteristiky výpustí (plynných a kvapalných) a uvoľňovaných materiálov,
- radiačnú situáciu v areáli a okolí JE (TDS).

Základné kontrolované veličiny (radiačné charakteristiky) sú:

- príkon dávky externého žiarenia,
- objemová, resp. celková aktivita (kvapalnej a plynnej fázy) kontrolovaného média,
- povrchová kontaminácia.

Pre monitorovanie veličín ionizujúceho žiarenia sú v rámci SRK na MO34 využívané:

- stabilný informačný systém radiačnej kontroly (ISRK),
- autonómne, stabilne inštalované monitorovacie zariadenia,
- autonómne, prenosné, resp. mobilné monitorovacie zariadenia - pre inštaláciu v dočasne zriadených sanitárnych uzloch,
- súbor prenosných prístrojov pre operatívnu RK (monitorovanie priestorov, ktoré nie sú pokryté stabilnými meracími kanálmi SRK alebo špeciálne požiadavky na RK),
- stabilne inštalované odberové trasy – pre kontrolu kontaminácie vzduchu v určených priestoroch,
- prostriedky osobnej dozimetrie.

Uvedené prostriedky monitorovania sú dopĺňané odbermi vzoriek s následným vyhodnocovaním v laboratóriu. Jedná sa o odbery:

- oterov z povrchov stavebných a technologických konštrukcií,
- vzoriek vzduchu z príslušných priestorov (na stanovenie kontaminácie vzduchu aerosólmi, rádionuklidmi jódu a RVP),
- vzoriek kvapalných médií z technologických systémov a priestorov.

Prístrojové vybavenie rádiochemických laboratórií a laboratórií RK patrí k systémom monitorovania žiarenia.

Základným systémom radiačného monitorovania je ISRK, ktorý predstavuje systém monitorovacích systémov s integrovanou inteligenciou a systém získavania, spracovania a prenosu dát do centralizovanej informačnej nadstavby. Určený je k permanentnej kontrole radiačnej situácie stabilne inštalovanými monitorovacími, resp. detekčnými zariadeniami. Je to priestorovo rozsiahly systém - pokrýva monitorovanie HVB (oboch reaktorových blokov) a BaPP.

Hlavnou črtou štruktúry SRK je lokálne meranie (s úplným spracovaním a vyhodnotením) a prenos dát do požadovaných miest prezentácie nameraných hodnôt prostredníctvom počítačovej siete. Funkcie SRK sú distribuované do troch úrovní:

- dolná úroveň (úroveň merania),
- stredná úroveň - úroveň pre riadenie zberu dát,
- horná úroveň - úroveň nadstavbového ISRK.

Spracovanie, záznam nameraných hodnôt a styk s inými informačnými systémami JE zabezpečuje ISRK. Štruktúra systému ISRK a spôsob prenosu dát v systéme RK sú uvedené v [I.12]. HW a SW prostriedky ISRK sú inštalované v DRK. V DRK sa prostredníctvom ISRK uskutočňuje prezentácia integrovaných informácií o radiačnej situácii. Všetky merania RK, vrátane ovládania odberových systémov a ventilov a odblokovania vstupov do HZ, sú prepojené aj na DRK pre 1. a 2. blok (DRK12). To umožňuje prevádzkovať systémy RK centrálnne, s jednou DRK, a s jedným zmenovým majstrom resp. jednou zmenou radiačnej kontroly.

Prezentácia informácií z jednotlivých monitorovacích kanálov je možná aj na dolnej úrovni ISRK (meracej úrovni) - displejom na monitore (LPDU) alebo pripojeným prenosným počítačom do koncentrátora alebo prepojovacej skrinky. Takýmto spôsobom je zaistená dostupnosť informácie o radiačnej situácii v JE aj v prípade výpadku systémov strednej, resp. hornej úrovne ISRK.

11.4.3.1 Radiačná kontrola pracovného prostredia

Monitorovanie radiačných polí, kontaminácie ovzdušia a plôch stavebných a technologických konštrukcií má za cieľ získať informácie o radiačnej situácii pre plánovanie pobytu a pohybu pracovníkov v konkrétnych pracovných priestoroch alebo identifikovať neštandardnú radiačnú situáciu.

Radiačná situácia v pracovných priestoroch KP je monitorovaná:

- meraním príkonu dávky gama žiarenia,
- meraním príkonu dávky od neutrónového žiarenia,
- meraním objemovej aktivity aerosólov, jódov a vzácných plynov v ovzduší pracovných priestorov KP,
- kontrolou kontaminácie povrchov stavebných a technologických konštrukcií.

11.4.3.1.1 Monitorovanie príkonu dávky gama žiarenia v pracovnom prostredí

Kontrola úrovne príkonu dávky a príkonu dávkového ekvivalentu gama žiarenia v pracovných priestoroch KP MO34 (reaktorovňa, BaPP) a v areáli JE je vykonávaná:

- stabilne inštalovaným systémom monitorovacích zariadení – kontinuálne diaľkové merania,
- operatívnymi prostriedkami RK - pomocou prenosných meracími prístrojov RK – periodické merania,
- prenosnými, dočasne inštalovanými monitorovacími zariadeniami.

Kontinuálna a periodická kontrola úrovne príkonu dávky žiarenia gama je vykonávaná:

- na chodbách v KP (neaktívna časť KP),
- v miestnostiach meracích prístrojov SKR a systému RK,
- v priestoroch technologických zariadení,
- v miestach so zvýšenou pravdepodobnosťou expozície personálu,
- vo vybraných miestach areálu JE.

Vzhľadom k špecifiku je samostatne riešená problematika merania príkonu dávky v BD a ND - kap.11.4.3.1.6. Monitorovanie PD gama žiarenia v havarijných podmienkach je popísané v samostatnej kapitole 11.4.3.7.1.

11.4.3.1.1.1 Kontinuálne monitorovanie PD gama žiarenia

Je zabezpečená pomocou monitorov GIM204-K1 rozmiestnených v miestnostiach, na chodbách KP a v areáli JE. Monitorovanie je uskutočňované permanentne, s kontinuálnou signálovou odozvou. Zostavu monitora tvorí detekčná jednotka a lokálna procesná jednotka LPU, resp. LPDU (so zobrazovacou jednotkou). Základné parametre monitora GIM204-K1 sú uvedené v Tabuľka 11.4 - 3. Dolná hranica rozsahu merania je na úrovni reálneho pozadia v uvažovanom priestore, t.j. na úrovni $1 \cdot 10^{-7}$ Sv/hod.

Referenčné úrovne pre monitorovanie PD sú odvodzované z charakteru priestoru KP, plánovaných činností a skúseností z prevádzky referenčnej JE (EMO12). Pre monitory určené pre monitorovanie radiačnej situácie počas normálnej prevádzky sú nastavené nasledovne:

- varovný prah: $1,0 \cdot 10^{-5}$ Sv/hod.
- havarijný prah: $2,0 \cdot 10^{-5}$ Sv/hod.

Namerané hodnoty aj informácie o prevýšení referenčných úrovní sú zaznamenávané v ISRK.

Na miestach dlhšie predpokladaného pobytu personálu (v obsluhovaných miestnostiach) sú monitory vybavené displejom pre miestne zobrazenie meranej veličiny. Všetky monitory sú vybavené optickou a akustickou signalizáciou normálneho stavu (zelené svetlo), prekročenia referenčných úrovní (žlté prípadne červené svetlo).

Počet inštalovaných monitorov príkonu dávky na MO34 uvádza Tabuľka 11.4 - 4 Monitory GIM204-K1 sú vhodne umiestnené na stenách.

Tabuľka 11.4 - 3 Základné parametre monitorovacieho systému GIM204-K1

Detekčná jednotka	Typ SG/Si11
Energetický rozsah merania	60 keV ÷ 3 MeV
Rozsah merania PD	$1,0 \cdot 10^{-7}$ až $1,0 \cdot 10^2$ Sv/h
Celková integrovaná dávka - detekčná jednotka	500 Gy
Celková integrovaná dávka - LPU	100 Gy
Napájanie	230 VAC
Teplotný pracovný rozsah	0°C ÷ +55°C
Maximálna vlhkosť	100% bez kondenzácie

Pozn.: Časť havarijných meraní PD je určená aj pre PAMS. Havarijné merania PD sú popísané v kap. 11.4.3.7.

Tabuľka 11.4 - 4 Počet inštalovaných monitorov príkonu dávky v stavebných objektoch MO34

Objekt	Počet inštalovaných monitorov PD
HVB - 3. blok	74
HVB - 4. blok	44
BaPP	14
areál MO34	6

11.4.3.1.1.2 Operatívne a periodické monitorovanie PD pomocou prenosných prístrojov

Operatívne prenosné prístroje RK sú využívané pre monitorovanie radiačných charakteristík v tých priestoroch, ktoré nie sú pokryté stabilným systémom, alebo na spresňovanie radiačnej situácie, resp. plnenie špeciálnych požiadaviek, vyplývajúcich z radiačnej ochrany. Je nimi zabezpečovaná:

- periodická kontrola PD vo vytipovaných meracích bodoch v HVB, na základe ktorých sa charakterizuje stabilita, resp. zmeny radiačnej situácie v priestoroch KP,
- mapovanie radiačných polí v pracovných priestoroch,
- monitorovanie radiačnej situácie a stanovenie podmienok práce na R-príkaz,
- vyhľadávanie zdrojov IŽ,
- kontrola materiálu a pracovných prostriedkov pri výstupe z KP mimo HS - napr. vlečkový koridor.

Záznamy z meraní operatívnymi prostriedkami RK sú vedené v písomnej forme v knihe mapovania radiačnej situácie.

Prenosné prístroje sú umiestené v DRK MO34 a operatívne používané podľa potreby prevádzky. K

Základné parametre prenosných meracích prístrojov pre meranie PD obsahuje Tabuľka 11.4 - 5.

Poznámka: Medzi prostriedky operatívneho monitorovania PD možno zaradiť aj elektronické personálne dozimetre vybavené displejom indikujúcim individuálnu efektívnu dávku.

Tabuľka 11.4 - 5 Základné parametre prenosných meracích prístrojov RK pre meranie PD

Typ prístroja	Typ detektora	Detegované žiarenie	Energetický rozsah	Merací rozsah
FH 40 G	Proporcionálny, plynový	gama	30 keV – 1,3 MeV	10 nSv/h – 1 Sv/h
Smart-Ion 2140S	Ionizačná komora Citlivý objem: 450 cm ³	gama, beta, X	22 keV – 2,5 MeV	1 µSv/h – 0,5 Sv/h
FH 40 TG (teleskopická externá sonda + FH 40 G)	2 x GM (typ FHZ 612)	gama	82 keV – 1,3 MeV	0,1 µSv/h – 10 Sv/h

Typ prístroja	Typ detektora	Detegované žiarenie	Energetický rozsah	Merací rozsah
G 64	polovodičový kremíkový gama	gama, X	50 keV – 7 MeV	0,1 μ Sv/h – 100 mSv/h
Inspector1000	externý : NaI(Tl) 2"x 2" interný: GM	gama	30 keV – 3 MeV	10 nSv/h – 100 mSv/h

11.4.3.1.2 Monitorovanie rádioaktívnych aerosólov

Kontrola objemovej aktivity aerosólov je zabezpečená:

- Kontinuálnym monitorovaním pomocou stabilných monitorov pripojených do ISRK,
- Operatívny a periodický monitorovaním pomocou mobilných prístrojov a na základe vzorkovania a laboratórnej analýzy vzorky.

11.4.3.1.2.1 Kontinuálne meranie objemovej aktivity aerosólov pomocou stabilných monitorov

Kontinuálne monitorovanie aktivity aerosólov v ovzduší pracovných priestorov je uskutočňované monitormi firmy MGPI: ABPM201L (v HVB), resp. ABPM203K (v BaPP). Určené sú na meranie objemovej α a β aktivity aerosólov. Oba tieto monitory využívajú rovnakú metodiku monitorovania. Okrem tienenia detekčného bloku je rozdiel medzi nimi v tom, akým spôsobom sa dosahuje prietok vzorky cez detekčný blok monitora. Monitory ABPM201L sú napojené na centrálny odberový systém vzoriek vzduchu RK (COS), monitory ABPM203K majú v zostave vlastné dýchadlo¹. Základné parametre aerosólových monitorov ABPM201L a ABPM203K sú uvedené v Tabuľka 11.4 - 6.

Odberovou trasou je privádzaná vzorka vzduchu z konkrétneho priestoru. Vzorka je presávaná cez statickú filtračnú pásku, umiestnenú v meracej polohe - v priebehu akumulácie aerosólov na páske a merania ich aktivity je páska v detekčnej hlavici monitora nehybná. Doba akumulácie aerosólov na páske je autonómne upravovaná na základe merania aktuálnej tlakovej straty na filtri. K tomu slúžia dva tlakové spínače $\Delta P_{\min}$ a $\Delta P_{\max}$, ktoré indikujú stavy filtračnej pásky, vrátane jej zanesenia (zväčšenia tlakovej straty na nej). Po sekvencii akumulácie a merania je filtračná páska automaticky posunutá na neexponovanú časť.

Monitor typu ABPM201L (ABPM203K) poskytuje kontinuálnu informáciu o objemovej aktivite umelých β rádionuklidov, zachytených na filtračnej páske zo vzorky vzduchu. Cez prepojovacie skrinky a príslušné koncentrátory sú monitory ABPM201L, resp. ABPM203K pripojené na ISRK. Prezentácia nameraných údajov a signalizácia stavov (prevádzka/porucha, prevýšenie nastavenej úrovne) sú prostriedkami ISRK v DRK.

Zostava monitora je tvorená detekčným blokom a procesnou jednotkou. Detekčná zostava je tvorená detekčnou jednotkou a mechanizmom posuvu filtračnej pásky.

Detekčná jednotka pozostáva z dvoch veľkoplošných kremíkových detektorov typu PIPS (450 mm²) (s predzosilňovačmi), umiestnených nad filtračnou páskou. Prvý detektor deteguje žiarenie α , β a γ ,

¹ Na základe skúseností z prevádzky EMO12 nebol v ÚP navrhnutý centrálny odberový systém RK pre budovu pomocných prevádzok.

emitované aerosólmi z exponovanej časti filtračnej pásky. Druhý detektor, umiestnený za ním, deteguje iba žiarenie gama z filtračnej pásky a z pozadia. To umožňuje vykonávať dynamickú kompenzáciu pozadia.

Poznámka: Princíp merania je rovnaký aj v prípade mobilných monitorov ABPM203M. Na rozdiel od ABPM203K monitor ABPM201L obsahuje masívne oceľové tienenie detekčného bloku.

V zostave aerosólových monitorov ABPM201L, resp. ABPM203K je zabudované meranie prietoku vzorkovacou trasou - hmotnostným prietokomerom. Pre nezaťažný filter je nominálny prietok 35 l/min. Nastavovaný je manuálnym regulačným ventilom. Výstupné údaje prietokomeru sú spracovávané v LPDU3/SPIPS a použité v algoritme na výpočet objemovej aktivity.

Aerosólové monitorovacie zariadenia sú prevažne umiestnené na chodbách obsluhy.

Signalizácia prevýšenia nastavenej referenčnej úrovne je lokálna a diaľková v DRK, prostriedkami ISRK. Nastavené referenčné úrovne sú v Tabuľka 11.4 - 7.

Tabuľka 11.4 - 6 Základné parametre monitorovacieho systému ABPM201L (ABPM203K) pre meranie objemovej aktivity aerosólov

Detekčná jednotka	PIPS detektor, 450 mm ²
Detegované žiarenie	α , β , γ
Energetický rozsah merania α žiarenia	2 ÷ 10 MeV
Energetický rozsah merania β a γ	80 keV – 2.5 MeV
Rozsah merania α žiarenia	$5,0 \cdot 10^{-2} \div 3,7 \cdot 10^6$ Bq/m ³
Rozsah merania β žiarenia	0,95 - $3,7 \cdot 10^6$ Bq/m ³
Celková integrovaná dávka - SPIPS	100 Gy
Celková integrovaná dávka - LPU	100 Gy
Napájanie	230 VAC
Dĺžka filtračnej pásky	cca. 2 mesiace (normálnej prevádzky)
Hmotnosť ABPM201L	cca. 160 kg

Tabuľka 11.4 - 7 Referenčné úrovne pre kontrolu objemovej aktivity aerosólov v ovzduší

Signalizačná úroveň	Nastavená hodnota objemovej aktivity [Bq/m ³]
Varovný prah	4,1E+01
Havarijný prah	1,1E+02

11.4.3.1.2.2 Diskontinuálne a operatívne monitorovanie objemovej aktivity aerosólov

Je zabezpečené:

- **Diskontinuálnym monitorovaním aktivity „meracích“ aerosólových filtrov.** Tento druh kontroly je uskutočňovaný periodickým meraním pomocou združených odberov. Vzorka aerosólov je trvale odoberaná na pevných „meracích, resp. čistiach“ aerosólových filtroch typu AFA-RMP-20 zaradených v odberových trasách. Jedná sa o odbery z HZ - tzv. samostatné odbery, a čistiace filtre z odberových trás monitorovania RVP - združených odberov. Odberové trasy pripojené z rôznych priestorov sú

pripojené k centrálnemu odberovému systému RK (COS), prietok odoberanej vzorky cez merací filter je cca. 35 l/min.. Pomocou elektromagnetických ventilov je vzorkovacie potrubie pripájané periodicky na rôzne miesta. Celková doba vzorkovania príslušného priestoru je daná súčtom časových intervalov, ktoré zodpovedajú harmonogramu prepínania združených odberov. Táto celková doba odberu, resp. perióda výmeny filtrov je závislá od charakteru kontrolovaného priestoru (niekoľko dní až dva týždne). Aktivita aerosólov na filtri je vyhodnocovaná laboratórnymi metodikami merania - stanovenie sumárnej α , β aktivity, alebo selektívne stanovenie aktivity jednotlivých RN (gamaspektrometricky).

- **Operatívnym diskontinuálnym meraním pomocou odberu vzorky.** Monitorovanie je realizované odberom aerosólov na pevný filter pomocou prenosných odberových systémov (vzorkovačov typu VOPV-10 a VOPV-12)², s vysokým vzduchovým výkonom, resp. prietokom. Prietok bude závisieť od miesta odberu: zo VZT potrubia, alebo z otvoreného priestoru kontrolovanej miestnosti. Pre odber zo VZT potrubí sa počíta s prietokom cca. 80 m³/h - pre takýto prietok boli navrhované izokinetické odberové sondy. V priestoroch HVB a BaPP budú vykonávané kontroly pomocou odberov pred a za VZT filtrami - pozri kap. 11.4.3.5.5. Aerosóly sú zachytávané na pevný filter, ktorý je následne vyhodnocovaný v laboratóriu. Základné parametre vzorkovačov VOPV10 a VOPV12 sú uvedené v Tabuľka 11.4 - 8 a v Tabuľka 11.4 - 9.
- **Operatívnym monitorovaním pomocou mobilného monitora aerosólov typu ABPM203M.** Mobilný aerosólový monitor je určený na kontinuálne monitorovanie objemovej α a β aktivity aerosólov a na signalizáciu prevýšenia nastavených prahov ich objemovej aktivity. V režime operatívneho monitora je prevádzkovaný ako „stand-alone“ zariadenie³. Základom metodiky monitorovania je záchyt aerosólov z kontrolovanej vzorky vzduchu na statickej filtračnej páske⁴ a detekcii žiarenia, emitovaného aerosólmi, zachytenými na tejto páske. V detekčnej zostave monitora sú dva veľkoplošné Si detektory. Jeden je umiestnený pred filtrom - deteguje α , β a γ žiarenie emitované aerosólovými časticami, zachytenými na filtri. Detegovaná početnosť impulzov je úmerná aktivite zachytenej na filtri. Identický druhý detektor je umiestnený za prvým detektorom - deteguje iba γ žiarenie z okolia (pozadia) - to umožňuje dynamickú korekciu externého poľa gama žiarenia. Na základe merania tohto druhého detektora možno stanovovať dávkový príkon pozadia (vztiahnutý na ¹³⁷Cs). Monitor uskutočňuje kompenzáciu prírodných RN (dcérskych produktov Radónu a Thorónu). Pre každý merací kanál (α , β) je určený algoritmus, ktorým sú spracovávané signály z detektorov (početnosť impulzov). Výsledkom je objemová aktivita umelých α a β rádionuklidov - v Bq/m³. Prietok vzduchovej vzorky cez filtračnú pásku má hodnotu 35 l/min. Táto rýchlosť prúdenia vzduchu cez filter je väčšia ako rýchlosť ľudského dýchania. Z toho dôvodu má monitor dostatočne rýchlu odozvu na to, aby operátora (monitorovacieho zariadenia, alebo všeobecne personálu v KP) upozornil dostatočne rýchlo na prítomnosť nebezpečnej koncentrácie rádioaktívnych aerosólov vo vzduchu. Prietok detekčnou zostavou monitora je vytváraný vlastným dýchadlom. Základné parametre monitora ABPM203M sú uvedené v Tabuľka 11.4 - 10.

² Prenosný veľkoobjemový vzorkovač aerosólov a jódu - poskytuje rozsah regulovaného prietoku 20 ÷ 160 m³/h

³ Okrem toho môže byť integrovaný v systéme SRK

⁴ Filter z celulózných vlákien

Tabuľka 11.4 - 8 Základné parametre vzorkovača VOPV-10

Prietok v odberovej trase (vzduch)	1 až 3 m ³ /hod.
Parametre odoberanej vzorky	Neagresívne plyny (bez mechanických nečistôt) teplota: -10 °C až +40 °C (nekondenzujúca vlhkosť)
Maximálny dosiahnuteľný podtlak	10kPa
Stupeň krytia vzorkovača	IP 30
Hmotnosť vzorkovača	4,2 kg
Prevádzková teplota prostredia	+5 °C až +40 °C pri max. 75 % nekondenzujúcej vlhkosti
Napájanie	24V, max. 10A

Tabuľka 11.4 - 9 Základné parametre vzorkovača VOPV-12

Presávané médium	Vzduch
Prietok v odberovej trase	20 až 160 m ³ /hod. (bez prídavných odporov v sacej a výfukovej trase)
Parametre odoberanej vzorky - teplota	+5 °C až +40 °C (pri max. 75% nekondenzujúcej vlhkosti)
Parametre odoberanej vzorky - maximálny podtlak	10kPa
Stupeň krytia vzorkovača	IP 30
Hmotnosť vzorkovača	13 kg (bez filtra)
Elektrické napájanie	230V/ 50Hz, max. 2000VA
Pohon odstredivého čerpadla	asynchrónny motor
Riadenie prietoku	zmenou otáčok motora
Meranie aktuálneho prietoku	turbínou (s korekciou na tlak a teplotu média: v rozsahu 5°C až 50°C a v tlaku v sacom potrubí 70kPa - 110kPa)
Spôsob ovládania	Lokálne z klávesnice 4x4 znaky
Zobrazovanie údajov	Lokálny LCD displej 2 x16 znakov
Rozmery bez držiaka filtra	380 x 200 x 320mm

Tabuľka 11.4 - 10 Základné parametre monitorovacieho systému ABPM203M

Detekčná jednotka	Dvojitý veľkoplošný detektor PIPS - 450 mm ²
Detegované žiarenie	prvý detektor: α, β druhý detektor: gama
Energetický rozsah merania	α: 2,0 ÷ 10 MeV β: 0,08 ÷ 2.5 MeV γ: 0,08 ÷ 2.5 MeV
Typ filtra	FSLW2 (MILLIPORE)
Dĺžka pásky	10m filtračnej pásky na rolke - na cca. 3 mesiace prevádzky

Účinnosť záchytu aerosólov - ϕ 0,15 μm	99,59 %
Účinnosť záchytu aerosólov - ϕ 0,4 μm	99,63 %
Účinnosť záchytu aerosólov - ϕ 4,0 μm	> 99,99 %
Rozsah merania ^{239}Pu , ^{233}U , ^{238}Pu	$1,0 \cdot 10^{-2} \div 3,7 \cdot 10^6 \text{ Bq/m}^3$
Rozsah merania ^{137}Cs , ^{60}Co , $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$, ^{147}Pm , ^{36}Cl	$1,0 \div 3,7 \cdot 10^6 \text{ Bq/m}^3$
Regulácia prietoku	10 l/min $\div$ 50 l/min
TID - detektor (PIPS)	100 Gy
TID - LPDU3	100 Gy
Prevádzkové podmienky - teplota	+10 °C až +40 °C
Prevádzkové podmienky - tlak	860 až 1060 hPa
Prevádzkové podmienky - relatívna hustota	85 % bez kondenzácie
Napájanie LPDU3	230 V/50 Hz
Elektrický príkon	500 VA
Rozmery v prevádzke	1270 x 360 x 303 mm (výška x šírka x hĺbka)
Rozmery pri transporte	660 x 360 x 303 mm (výška x šírka x hĺbka)
Hmotnosť monitora	26 kg

11.4.3.1.3 Monitorovanie rádioaktívnych vzácnych plynov

Meraním objemovej aktivity RVP sú sledovaná tesnosť bariér proti šíreniu RAL a ich šírenie do pracovných priestorov v prípade vzniku netesností.

Monitorovanie RVP je zabezpečené:

- Kontinuálnym a sekvenčným monitorovaním objemovej aktivity RVP pomocou stabilne inštalovaných monitorov pripojených do ISRK,
- Operatívny monitorovaním pomocou prenosných meracích prístrojov.

11.4.3.1.3.1 Kontinuálne meranie objemovej aktivity RVP

Kontinuálne meranie aktivity RVP je uskutočňované monitormi RVP - NGM (typ NGM204K v HVB a typ NGM209K v BAPP), určenými pre meranie objemovej aktivity beta vzácnych plynov. Monitor je zapojený v samostatných odberových trasách, alebo sekvenčne v odberových trasách z viacerých priestorov - postupne pripájaných k monitorovaciemu zariadeniu. Monitorovaná je objemová aktivita RVP vo vzduchu kontrolovaných miestností.

Monitorovacie systémy NGM204K sú napojené na centrálny odberový systém COS, ktorý zabezpečuje prietok vzorky vzduchu cez meraciu komoru monitorovacieho systému. U monitorov NGM209K sa prietok cez meraciu komoru vytvára pomocou vlastného dúchadla. Vzorka vzduchu je pred vstupom do meracej komory monitora RVP zbavená aerosólov. K tomu sú využívané samostatné „čistiace“ aerosólové filtre, alebo monitorovaniu RVP je predradený monitor aerosólov. Čistiace filtre sú zároveň využívané na

diskontinuálnu kontrolu aktivity aerosólov v miestnostiach, kde je uskutočňovaná kontinuálna kontrola aktivity RVP. Perióda výmeny čistiacich filtrov je uvedená v príslušnej pracovnej inštrukcii pre radiačnú kontrolu.

Prietok je nastavený na hodnotu 35 l/min a je kontrolovaný prietokomerom.⁵ V odberových trasách sú nainštalované plavákové prietokomery, umožňujúce lokálne nastavenie požadovaného prietoku vzorky kontrolovaného vzduchu regulačným vlnovcovým ventilom. Okrem toho majú monitory NGM204K a NGM209K v zostave zabudovaný hmotnostný prietokomer. Správna funkcia systému odberu vzorky je kontrolovaná v LPU a signalizovaná do ISRK. Namerané hodnoty sú prezentované v DRK34 a v DRK12. Nastavené referenčné úrovne sú v Tabuľka 11.4 - 11.

U sekvenčných monitorov je odoberaná vzorka podľa potreby, vždy iba z jedného odberu, resp. miestnosti. Riadenie sekvenčných odberov sa uskutočňuje elektromagnetickými ventilmi - jeden ventil, resp. jemu príslušná trasa, je otvorený, ostatné odberové línie danej skupiny odberov sú elektromagnetickými ventilmi uzavreté. Aby nedochádzalo k ovplyvňovaniu nameranej informácie, je meracia komora monitora prefúknutá čistým vzduchom vždy po prepnutí miesta odberu. Prepínaním odberov sa kontroluje prítomnosť RVP vo vzduchu:

- periodickým odberom v neobsluhovaných miestnostiach, kde je umiestnené technologické zariadenie, ktoré môže byť zdrojom kontaminácie ovzdušia RVP; harmonogram prepínania odberov z miestností jednotlivých skupín združených odberov je súčasťou prevádzkového predpisu pre radiačnú kontrolu,
- odberom vzduchu zo zvolenej miestnosti skupiny sekvenčných odberov na požiadavku operátora SRK.

Prepínanie odberov pre kontrolu aktivít v jednotlivých miestnostiach sa vykonáva automaticky, alebo manuálne. V oboch prípadoch je prepínanie diaľkovo z DRK, prostredníctvom zariadení ISRK. Odbery pre periodickú kontrolu prostredia v miestnostiach (sekvenčné monitory) sú združené v skupinách. V automatickom režime prepínania sekvenčných odberov je doba odberu z jednej miestnosti nastavená na základnú hodnotu 10 min. Interval prepínania odberov možno nastaviť na 5, 10, 30 a 60 min. Vzhľadom na to, že existujú skupiny 6, 4 a 3 odbermi (vzorkovanými miestnosťami), celková perióda pre všetky skupiny je úmerná základnému intervalu prepínania odberov a je rovná 60 minút, 120 minút, 6 hodín alebo 12 hodín.

Samostatné odberové trasy zabezpečujú kontinuálnu kontrolu v miestach pobytu obsluhy, alebo v priestoroch s technológiou, ktorá vyžaduje trvalú radiačnú kontrolu.

Poznámka: COS z hermetických priestorov je v prípade inicializačnej udalosti (zemetrasenia, zvýšenia tlaku v HZ alebo MPH) automaticky odpojený z dôvodu zábrany šírenia RAL do obsluhovaných priestorov.

Zostavu monitorovacieho systému tvorí monitor aktivity vzácnych plynov a odberová trasa.

Zostavu monitora RVP, typu NGM204K, resp. NGM209K tvoria základné komponenty:

- detekčná zostava, tvorená dvomi kremíkovými detektormi, s predzosilňovačom,
- Pb tienenie, geometria tienenia 4π ,
- dúchadlo (s riadením) - ak je inštalácia monitora bez využívania COS,
- lokálna procesná jednotka LPDU3/SPIPS,

⁵ Hodnota prietoku vyplýva z požiadavky monitora RVP a tiež z požiadavky spoľahlivej filtrácie aerosólov čistiacim filtrom.

- elektrotechnická jednotka - pre rozvod napájania, ochranu elektrických obvodov (príp. dýchadla),
- hmotnostný prietokomer - meranie prietoku vzorky,
- prepojovacia skriňa.

V systéme sekvenčných odberov trasa zahŕňa:

- odberovú sondu,
- dve rýchločinné armatúry - ak je odber z miestností HZ,
- čistiaci filter a odkalovač,
- elektromagnetické ventily - riadenie výberu kontrolovaného priestoru,
- plavákový prietokomer,
- manuálne ventily - na odstavenie odberovej trasy pre servisné účely (guľový kohút) a reguláciu prietoku (regulačný vlnovcový ventil).

Pre odbery z priestorov mimo HZ vypadávajú z uvedeného zoznamu komponentov rýchločinné armatúry.

Súčasťou systému monitorovania RVP je aj riadiaci systém (PLC systém) ovládania elektromagnetických ventilov. Tvoria ho skrine pre PLC systém.

Meracia komora monitora NGM204K (s objemom 0,3 litra) je spolu s detektormi osadená v olovenom tienení hrúbky 50 mm, meracia komora monitora NGM209K (s objemom 0,076 litra) je osadená v tienení 30 mm. K meracej komore monitora sú priložené dva veľkoplošné kremíkové PIPS detektory, oddelené od komory tenkou titánovou fóliou. Prvý detektor deteguje žiarenie beta a gama z meracej komory a okolia, druhý detektor deteguje iba žiarenie gama z meracej komory a okolia. Detekčná zostava tak umožňuje vykonávať dynamickú kompenzáciu pozadia (gama žiarenia). Meranie je nepretržité.

Princíp detekcie a monitorovania je v oboch monitoroch rovnaký. Základné parametre monitorov RVP sú uvedené v Tabuľka 11.4 - 12.

Tabuľka 11.4 - 11 Referenčné úrovne pre kontrolu objemovej aktivity RVP v ovzduší

Signalizačná úroveň	Nastavená hodnota objemovej aktivity [Bq/m ³]
Varovný prah	2,0E+05
Havarijný prah	1,0E+06

Tabuľka 11.4 - 12 Základné parametre monitorovacieho systému NGM204K (NGM209K) pre meranie objemovej aktivity rádioaktívnych vzácných plynov

Detekčná jednotka	2 x PIPS detektor, 450 mm ²
Detegované žiarenie	β, γ
Geometria tienenia	4π (otvárateľná konštrukcia)
Energetický rozsah merania β a γ	80 keV ÷ 2.5 MeV
Rozsah merania NGM204K (pre ⁸⁵ Kr)	3,7.10 ⁴ ÷ 1,0.10 ¹⁰ Bq/m ³
Rozsah merania NGM209K	3,7.10 ⁴ ÷ 1,0.10 ¹⁰ Bq/m ³

TID – PIPS	100 Gy
TID - PIPS + Pb tienenie (50 mm)	1000 Gy
Napájanie	230 VAC
Prevádzková teplota	< + 50 °C

11.4.3.1.3.2 Operatívne meranie objemovej aktivity RVP

Operatívne monitorovanie objemovej aktivity RVP je zabezpečené mobilným monitorom RVP typu FHT59EF.

Monitor FHT59EF je autonómne monitorovacie zariadenie. Je určený na operatívne monitorovanie RN vzácných plynov vo vzduchu. Meria sa ním neselektívne objemová aktivita RVP, t.j. získava sa sumárna aktivita všetkých ich RN v kontrolovanom vzduchu.

Vzorka kontrolovaného vzduchu preteká meracou komorou, prietok je zabezpečovaný vlastným dúchadlom. K meracej komore sú priložené dva veľkoplošné proporcionálne detektory - v sendvičovej geometrii, v antikoincidenčnom zapojení. Toto zapojenie umožňuje korekciu pozadia gama žiarenia.

Metodika merania je založená na detekcii β žiarenia, emitovaného rádionuklidmi vzácných plynov z konštantného meracieho objemu - meracej komory.

Monitor FHT59EF pozostáva z nasledujúcich komponentov:

- Detekčná zostava - tvorená je
 - blokom dvoch identických proporcionálnych detektorov, typu FH427F,
 - meracou komorou - nádoba z nerezovej ocele, o meracom objeme cca. 900 ml,
 - olovené tienenie, hrúbky 25 mm,
- aerosólový „čistiaci“ filter,
- blok meracej elektroniky FHT 1100,
- prepojovacia skriňa - obsahuje: hlavný spínač elektrického napájania monitora, poistky, spínač dúchadla, monitor a riadenie prietoku,
- dúchadlo,
- špeciálny kolesový vozík, pre možný transport po schodisku,
- nosná konštrukcia - zváraná z oceľových trubiek.

Základné parametre monitora FHT59EF sú zhrnuté v Tabuľka 11.4 - 13.

Tabuľka 11.4 - 13 Základné parametre monitorovacieho systému FHT59EF

Detekčná jednotka	dva veľkoplošné proporcionálne detektory - pracovný plyn: Ar/CH ₄
Detekčné okienko detektora	plocha: 170x100 mm hustota: cca. 4,5 mg/cm ²
Detegované žiarenie	β
Typ filtra	FSLW2 (MILLIPORE)
Čistiaci aerosólový filter	typ DELBAG DKB plocha filtra: 140 x 194 mm
Prietok kontrolovaného vzduchu	cca. 2 m ³ /hod.
Teplota kontrolovanej vzorky	-10 °C až +45 °C
Prevádzkové podmienky - teplota	+10 °C až +40 °C
Prevádzkové podmienky - tlak	860 až 1060 hPa
Prevádzkové podmienky - relatívna vlhkosť	85 % bez kondenzácie
Rozsah merania (pre ¹³³ Xe a dobu merania 600 s)	5.0E+03 – 3,7E+08 Bq/m ³
Napájanie monitora	187 ÷ 253 V/50 Hz
Elektrický príkon	cca. 200 VA
Dĺžka prípojného kábla napájania	cca. 6 m
Rozmery	48 x 130 x 65 cm (šírka x výška x hĺbka)
Hmotnosť monitora	cca. 103 kg

11.4.3.1.4 Monitorovanie jódu

Je zabezpečené:

- Kontinuálnym monitorovaním objemovej aktivity RN jódu pomocou stabilne inštalovaných monitorov pripojených do ISRK,
- Operatívny monitorovaním, na základe odberu vzorky a následnej laboratórnej analýzy.

11.4.3.1.4.1 Kontinuálne meranie objemovej aktivity RN jódu v ovzduší

Na kontinuálne meranie objemovej aktivity jódu v ovzduší sledovaných priestorov slúži monitor IM201L. Určený je na prevádzku v nehavarijných podmienkach reaktorového bloku. V SRK MO34 je inštalovaný na odberových trasách spolu s monitormi aerosólov, resp. RVP.

Objemová aktivity RN jódu je kontrolovaná vo vzduchu:

- v priestore BD, kap. 11.4.3.1.6, zoznam meracích kanálov je v Tabuľka 11.4 - 15,
- odoberanom z vybraných filtračných VZT systémov, kap.11.4.3.5.5,
- v čistiacej stanici technologického odvzdušnenia nádrží – ČTON, kap. 11.4.3.5.6.3, zoznam meracích kanálov je v Tabuľka 11.4 - 50,

– v čistiacej stanici plynov, kap. 11.4.3.5.6.4.

Vzorka kontrolovaného vzduchu je odvádzaná zo VZT potrubí, resp. pri monitorovaní v BD priamo z priestoru dozorne. Nameranú hodnotu možno považovať za sumárnu aktivitu jódu vo vzduchu všetkých ventilovaných priestorov daným VZT systémom. Vzorka kontrolovaného vzduchu prúdi cez patrónu so sorbentom na zachyt organickej aj anorganickej formy plynnej fázy (pár) jódu. Sorbentom je aktívne uhlie, impregnované jodidom draselným. Pri nominálnom prietoku 35 l/min, ktorý je kontrolovaný prietokomerom, a normálnych podmienkach prostredia (teplota, vlhkosť) je účinnosť zachytu RN jódu > 99 %.

Prietok vzorky kontrolovaného vzduchu je zabezpečovaný pripojením monitora k centrálnemu odberovému systému. V prípade inštalácie v BD má monitor vlastné dúchadlo (vrátane nevyhnutných obvodov v elektrotechnickej jednotke).

Základ monitorovacieho systému tvorí scintilačný gama spektrometer. Objemová aktivita rádiojódu sa stanovuje na základe merania nárastu integrálnej aktivity ^{131}I na meracej patrónu za známy časový interval.

Bol navrhnutý špeciálny algoritmus, zabezpečujúci vysokú citlivosť monitorovania jódu v BD a ND.

Monitor lokálne zobrazuje meranú objemovú aktivitu. Namerané údaje (vrátane informácie o prevýšení prahov signalizácie) a prevádzkové stavy zo stabilne inštalovaných monitorov sú prenášané do DRK a prezentované prostriedkami ISRK v DRK.

Monitor IM201L pozostáva z modulárnych komponentov, ktoré sú namontované na rámovej konštrukcii, inštalovanej na stenách v príslušných priestoroch KP, resp. v blokovej dozorni (oboch blokov).

Zostava monitora obsahuje:

– blok detekcie - tvorí ho:

- scintilačná detekčná jednotka,
- vzorkovací systém - patróna so sorpčným materiálom na zachyt jódu, prívod a odvod kontrolovanej vzdušiny
- Pb tienenie,
- lokálnu procesnú jednotku (LPDU3/SAS),
- dúchadlo - ak je monitor určený pre inštaláciu bez využitia COS
- monitor prietoku vzorky - hmotnostný senzor prietoku,
- manuálny regulačný ventil - nastavenie nominálneho prietoku,
- elektrotechnickú jednotku - rozvod napájania pre komponenty monitora.

Súčasťou monitorovacieho systému je odberová trasa, spoločná s monitorovaním aerosólov. Filter aerosólového monitora má zároveň funkciu čistiaceho filtra pre jódomý monitor.

Základné parametre jódomého monitora sú uvedené v Tabuľka 11.4 - 14.

Tabuľka 11.4 - 14 Základné parametre monitorovacieho systému IM201L

Detekčná jednotka	scintilačný detektor NaI(Tl) ø1,25" x 1"
Detegované žiarenie	Gama

Energetický rozsah merania	0,1 ÷ 3 MeV
Sorbent na záchyt jódu	aktívne uhlie, impregnované KI
Patróna so sorbentom	ø 57,7 x 26.8 mm
Rozsah merania	$3,7 \cdot 10 \div 3,7 \cdot 10^6$ Bq/m ³
TID - detektor v tienení (50 mm)	10 ⁺³ Gy
TID - LPDU3	10 ⁺² Gy
Napájanie LPU	230 V/50 Hz
Elektrický príkon	500 VA (s dúchadlom) 50 VA max (bez dúchadla)
Teplotný pracovný rozsah	0°C ÷ +55°C
Maximálna vlhkosť	100% bez kondenzácie

11.4.3.1.4.2 Operatívne meranie objemovej aktivity jódu

Je realizované odberom vzorky vzduchu z kontrovaného priestoru na jódomú patrónu pomocou odberového zariadenia VOPV10 alebo VOPV-12. Základné parametre týchto vzorkovačov sú v Tabuľka 11.4 - 8 a Tabuľka 11.4 - 9. Objemová aktivita je stanovená na základe laboratórneho merania aktivity jódomovej patróny a objemu presateho vzduchu podľa vzorkovača.

11.4.3.1.5 Kontrola polí neutrónového žiarenia

Meranie príkonu dávky od neutrónov nie je trvalou kontrolou (preto v SRK nie sú inštalované stabilné meracie kanály). Zabezpečované je len prenosným prístrojom RK, FH 40 G-L s externou detekčnou jednotkou typ FHT 752.

Meranie neutrónového žiarenia je vykonávané:

- v miestach KP, ktoré sú definované monitorovacím plánom JE,
- v miestach, kde bude vykonávaná manipulácia s vyhoreným palivom - operatívne monitorovanie,
- v okolí reaktora,
- v identifikovaných miestach so zvýšeným príkonom dávky od neutrónov („priestrelý“ z technológie).

Merania, archiváciu nameraných hodnôt a hodnotenie radiačnej situácie zabezpečuje prevádzkový personál útvaru RO.

Neutrónová sonda typu FHT 752 je externou sondou pripojiteľnou k rádiometru typu FH 40 G-L. Sonda je vybavená neutrónovým detektorom (proporcionálny detektor plnený plynom BF₃) detegujúcim neutróny v energetickom rozsahu 0,25 eV ÷ 10 MeV. Merací rozsah sondy je 0,01 – 100 000 imp/s, pri citlivosti merania 1,8 (μSv/h)/(imp/s) pre rádionuklid ²⁵²Cf. Odozva na gama žiarenie je < 10⁻⁵ (imp/s)/(μSv/h). Pozadie je na úrovni 0,001 imp/s.

11.4.3.1.6 Monitorovanie prostredia v blokovej a núdzovej dozorni

Hlavným cieľom tejto kontroly je zabezpečiť a sledovať bezpečné pracovné podmienky obslužného personálu v BD a ND 3. a 4. bloku. Tieto priestory musia byť v plnom rozsahu funkčné aj za abnormálnej prevádzky JE i pri havarijných a pohavarijných situáciách

Základným aktívnym technologickým prostriedkom pre vytváranie bezpečných pracovných podmienok sú prírodné VZT systémy. Vhodný režim VZT musí byť zvolený skôr, než je kontaminovaný vzduch nasatý prírodnými VZT systémami a zavedený do dozorní.

Monitorovanie radiačnej situácie v blokovej dozorni je z týchto dôvodov viazané na VZT systém BD. Monitorovanie pozostáva z kontroly:

- príkonu dávky (gama žiarenia) - po jednom monitore v BD a ND každého reaktorového bloku,
- objemovej aktivity aerosólov a jódu v ovzduší BD každého reaktorového bloku.

Všetky uvedené radiačné kontroly sú kontinuálne a permanentné, uskutočňované stabilne inštalovanými monitormi pripojenými do ISRK.

Monitorovanie objemovej aktivity RVP a jódu v BD a ND je realizované meraním vzorky vzduchu odberanej iba v BD.

Príkon dávky je monitorovaný stabilne inštalovanými monitormi typu GIM204-K1 v miestnostiach BD a ND oboch blokov. Základné charakteristiky monitora GIM204-K1 sú v Tabuľka 11.4 - 3. Operatívne monitorovanie PD je zabezpečené tiež systémom elektronických personálnych dozimetrov.

Vzorka vzduchu je odoberaná z priestoru blokových dozorní z VZT systému. Odberová trasa je spoločná pre monitorovanie aerosólov a jódu. Objemová aktivita aerosólov je kontrolovaná monitorom typu ABPM201L, ktorého filtračná páska tvorí zároveň „čistiaci“ filter jóduvého monitora IM201L. Základné charakteristiky monitorov typu ABPM201L a IM201L sú v Tabuľka 11.4 - 6 a Tabuľka 11.4 - 14. Zoznam meraní RK v BD a ND a ich prevádzkové parametre sú v Tabuľka 11.4 - 15.

Na základe analýzy spektier bol navrhnutý algoritmus monitorovania na základe dvoch energetických okien v nameranom spektre gama žiarenia z meracej jóduvej patróny: $0,3 \div 0,45$ MeV (pre ^{131}I) a $0,3 \div 0,6$ MeV (pre sumu RN ^{131}I + ^{133}I). V prípade zvýšených aktivít ^{131}I v privádzanom vzduchu sa selektívne pomocou štandardného postupu a čistej plochy píku stanovuje priamo merateľná objemová aktivita ^{131}I .

Vhodné energetické okná umožňujú detekciu príslušných RN jódu s maximálnou odozvou na čo najnižšom pozadí a bez výrazných rušivých vplyvov, aby ostala zachovalá určitá selektivita meraní ^{131}I .

Výberom energetického okna (^{131}I + ^{133}I) sa zaisťuje hlavne detekcia krátkodobého ^{133}I , nameraná aktivita ktorého sa prepočíta príslušným prevodovým koeficientom citlivosti na efektívnu aktivitu ^{131}I .

Hodnoty namerané hore uvedenými monitormi sú cez tieto koncentrátores prenášané do ISRK. Prekročenie referenčných úrovní je na mieste signalizované od monitorov príkonu dávkového ekvivalentu a monitora aerosólov.

Tabuľka 11.4 - 15 Zoznam meraní RK v BD a v ND

Názov merania	Jedn.	Prah varovný	Prah havarijný
Príkon dávky (ND, 3.blok)	Sv/h	1,00E-05	2,00E-05
Príkon dávky (BD, 3.blok)	Sv/h	1,00E-05	2,00E-05
Objemová aktivita aerosólov (BD, 3.blok)	Bq/m ³	4,10E+01	1,10E+02

Objemová aktivita jódu (BD, 3.blok)	Bq/m ³	3,10E+01	3,10E+02
Objemová aktivita aerosólov (BD, 4.blok)	Bq/m ³	4,00E+01	1,00E+02
Objemová aktivita jódu (BD, 4.blok)	Bq/m ³	3,10E+01	3,10E+02
Príkon dávky (ND, 4.blok)	Sv/h	1,00E-05	2,00E-05
Príkon dávky (BD, 4.blok)	Sv/h	4,00E-05	1,00E-04

Poznámka: Varovný a havarijný prah pre jód a aerosóly sa v priebehu prevádzky reaktorového bloku môže meniť pre účely možnosti riadenia VZT systémov a ochrany personálu.

Tabuľka 11.4 - 16 Rozsahy merania monitora IM201L v BD (pre dobu merania a presávania 3600 s)

Hranice meracieho rozsahu	¹³¹ I 0,3 – 0,45 MeV	¹³¹ I _{ef} 0,3 – 0,45 MeV	¹³¹ I _{ef} 0,3 - 0,6 MeV
MDA [Bq/m ³]	2,1	5,9E-01	3,6E-01
Spodná hranica rozsahu merania [Bq/m ³]	2,1	5,9E-01	3,6E-01
Horná hranica rozsahu merania [Bq/m ³]	3,7E+05	3,7E+05	3,7E+05

11.4.3.2 Monitorovanie plynných výpustí

Monitorovanie aktivity plynných výpustí z ventilačného komína je základom pre sledovanie a hodnotenie radiačnej situácie v okolí JE. Dva reaktorové bloky MO34 majú spoločný ventilačný komín, cez ktorý sú uvoľňované vzdušniny do ŽP. Cez VK sú odvedené vzdušniny z odvodných VZT systémov z HVB 3. a 4. bloku a BaPP. Objem uvoľňovanej vzdušniny je závislý na prevádzkových režimoch reaktorového bloku, resp. VZT systémov zaústených do ventilačného komína. Ide o normálnu prevádzku, GO aj havarijnú situáciu.

Z metrologického hľadiska má monitorovací systém VK klasifikáciu „určeného meradla“. V prípade havarijných situácií (v HZ) sú vzduchotechnické systémy HZ odpojené od ventilačného komína s cieľom zabrániť šíreniu aktivity do okolia. V prípade vzniku ťažkej havárie sa predpokladá prevádzkovať odťahový VZT systém vzduchotesnej zóny.

Vzdušniny z väčšiny VZT systémov sú pred vyústením do ventilačného komína filtrované aerosólovými, príp. aj jódovými filtermi. Vzdušniny zo systému technologických odvodušnení (vrátane systému spaľovania vodíka) sú pred vyústením do ventilačného komína čistené v systéme čistiacej stanice technologických odvodušnení, hlavne od krátkodobých rádionuklidov vzácnych plynov Xe, Ar).

Subsystém radiačnej kontroly plynných výpustí zabezpečuje kontinuálnu a diskontinuálnu kontrolu - bilančné merania. Monitorované sú aktivity hlavných kontaminantov vzdušniny uvoľňovanej cez ventilačný komín do ŽP: aerosólov, jódu, RVP, trícia a ¹⁴C. Bilancovanie výpustí je založené na diskontinuálnom meraní. Vzorky

jednotlivých zložiek výpustí sú kumulované na vhodných filtračných materiáloch v optimálnych periódach. Odobraté vzorky sú merané v laboratóriu, metodikami s vysokou citlivosťou. Odberové zariadenia sú súčasťou SRK, ich charakteristiky a stavy sú monitorované v subsystéme RK. .

Monitorovanie plyných výpustí je zabezpečené:

- systémom kontinuálneho monitorovania pomocou monitorov pripojených do ISRK:
 - kontinuálne meranie objemovej aktivity aerosólov (monitor BAI9100D s redundanciou 2 x 100%),
 - kontinuálne meranie objemovej aktivity jódom (monitor BAI9103-21 s redundanciou 2 x 100%),
 - kontinuálne meranie objemovej aktivity RVP (monitor NGM215 s redundanciou 2 x 100%)
- systémom diskontinuálneho a bilančného monitorovania:
 - diskontinuálne meranie aerosólov a jódom na základe odberu vzorky (vzorkovače VOPV-10),
 - diskontinuálne veľkoobjemové bilančné meranie aerosólov a jódom vzorkovače na základe odberu vzorky (vzorkovače VOPV-12),
 - diskontinuálne bilančné meranie objemovej aktivity RVP na základe odberu vzorky (odberové zariadenie pre vysokotlakové vzorkovanie RVP typu OZ-01),
 - diskontinuálne bilančné meranie objemovej aktivity ^3H a ^{14}C na základe odberu vzorky (odberové zariadenie pre vzorkovanie V3H14C)

Zoznam meracích kanálov RK vo ventilačnom komíne je uvedený v Tabuľka 11.4 - 17. Zoznam meracích kanálov monitorovania parametrov vzdušiny uvoľňovanej cez ventilačný komín je v Tabuľka 11.4 - 18.

Spoločnou časťou subsystému monitorovania plyných výpustí (pre kontinuálne aj diskontinuálne merania normálnej prevádzky) je autonómny primárny odberový systém. Zabezpečuje reprezentatívny a izokinetický odber vzorky vzduchu z telesa ventilačného komína, privod odobratej vzorky do miestnosti merania k jednotlivým meracím a vzorkovacím zariadeniam a návrat vzoriek späť do komína.

Primárny odberový systém je tvorený:

- odberový hrebeň s izokinetickými odberovými tryskami,
- vertikálnym odberovým potrubím,
- zálohovanými dúchadlami s riadiacou automatikou,
- redundantným systémom merania klimatických parametrov vzdušnej vzorky a jej prietoku v primárnom odberovom systéme
- redundantným systémom merania klimatických parametrov uvoľňovanej vzdušiny cez VK a jej prietoku v telese komína,
- vyhrievacími prvkami - ich účelom je zamedzenie prípadnej kondenzácie vodných pár na stenách potrubí. Ohrev primárneho odberového potrubia zabezpečuje stálu teplotu vzorky odobratej vzdušiny.

Sekundárne odbery majú autonómne dúchadlá. Ústie odberových trysiek je vo výške 74 m. V tejto výške sa predpokladá, že vzorka vzduchu je odoberaná z významne homogenizovaného prúdu, vytvoreného zo všetkých VZT systémov zaústených do ventilačného komína (vrátane systémov technologických

odvzdušnení). Prietok v primárnom odberovom potrubí je regulovaný v rozsahu cca. 400 – 800 m³/hod., t.j. 1/1000 prietoku vzduchu ventilačným komínom. Riadený je automatikou, na základe nameraných hodnôt celkového prietoku telesom ventilačného komína.

Vyhotovenie odberového systému, vrátane odberových sond zo vzorkovaného potrubia je v súlade s ISO 2889 tak, aby bol odber vzorky reprezentatívny a bol minimalizovaný záchyt na stenách potrubných trás.

Straty v prenose odobratého spektra aerosólov v primárnom odberovom systéme vyjadruje potrubný faktor, resp. faktor celkovej straty, stanovený na základe merania pred uvedením systému monitorovania vo VK do prevádzky⁶.

Vertikálnym potrubím (najdlhšou časťou primárneho odberu) sa privádza vzorka z odberového do meracej miestnosti ventilačného komína. V meracej miestnosti nadväzuje na primárne odberové potrubie sekundárne odberové potrubie (SOP), ktoré zabezpečuje prívod vzorky vzduchu z k jednotlivým monitorom a vzorkovačom - zabezpečujú izokinetický odber vzorky pre aerosóly a jód.

Subsystém monitorovania neradiačných parametrov vo ventilačnom komíne zahŕňa meranie:

- prietoku vzdušiny cez teleso ventilačného komína,
- teploty, tlaku a relatívnej vlhkosti vzdušiny v telese ventilačného komína,
- prietoku vzorky v primárnom odberovom potrubí,
- teploty, tlaku a relatívnej vlhkosti vzorky v primárnom odberovom potrubí.

Tieto merania sú z dôvodu koncepcie zálohovania merania a napájania zdvojené.

Informácie o poruche všetkých pomocných meraní parametrov vzduchu spolu s poruchami dýchadiel, vzorkovačov a vyhrievacieho systému sú prenášané do ISRK cez PLC.

Meranie prietoku vzduchu v komíne slúži ako referenčné meranie pre riadenie veľkoodberových dýchadiel odberového systému vzoriek z telesa komína a pre riadenie dýchadiel monitorov a vzorkovačov. V m. č. 4 je zobrazovaná nameraná hodnota, ktorá je cez PLC prenášaná do ISRK. Signál slúži pre bilancovanie plyných exhalátov.

Meranie prietoku vzduchu v primárnom odberovom potrubí slúži k prevereniu funkcie a riadenia odberového systému. Veľkosť prietoku v odberovom potrubí je kontinuálne porovnávaná s hodnotou prietoku vzduchu v telese komína a je udržiavaná na hodnote 1/1000 prietoku v telese komína. Hodnoty sú cez PLC prenášané do ISRK.

Meranie teploty, tlaku a vlhkosti vzduchu slúži k riadeniu vyhrievania primárneho odberového potrubia. Hodnoty z merania sú cez PLC prenášané do ISRK.

Havarijné monitorovanie plyných výpustí je popísané v samostatnej kapitole 11.4.3.7.6.

Tabuľka 11.4 - 17 Zoznam monitorov radiačnej kontroly plyných výpustí vo ventilačnom komíne (monitory pripojené do ISRK)

Popis	Typ monitora	Merací rozsah
Monitor aerosólov	BAI-9100	α : 1,0E-01 ÷ 1,0E+06 Bq/m ³
		β : 1,0E-01 ÷ 1,0E+06 Bq/m ³

⁶ Podľa KTA 1503.1

Popis	Typ monitora	Merací rozsah
Monitor aerosólov	BAI-9100	α : $1,0\text{E}-01 \div 1,0\text{E}+06 \text{ Bq/m}^3$
		β : $1,0\text{E}-01 \div 1,0\text{E}+06 \text{ Bq/m}^3$
Monitor jódu	BAI9103-21	$1,2\text{E}+00 \div 5,0\text{E}+06 \text{ Bq/m}^3$
Monitor jódu	BAI9103-21	$1,2\text{E}+00 \div 5,0\text{E}+06 \text{ Bq/m}^3$
Monitor RVP	NGM215	$5,5\text{E}+02 \div 2,1\text{E}+09 \text{ Bq/m}^3$
Monitor RVP	NGM215	$5,5\text{E}+02 \div 2,1\text{E}+09 \text{ Bq/m}^3$
Havarijný monitor príkonu dávky	GIM206	$1,1\text{E}-03 \div 1,1\text{E}+05 \text{ Gy/h}$

* PAMS havarijný monitor PD inštalovaný v telese VK je popísaný kap. 11.4.3.7.2. Monitor ťažkých havárií SAMS (monitorovanie plyných výpustí v prípade ťažkých havárií alebo havárií spojených so seizmickou udalosťou) je popísaný v kap.11.4.3.7.6.

Tabuľka 11.4 - 18 Zoznam meracích kanálov RK - monitorovania parametrov vzdušiny vo VK

Názov merania	Typ snímača	Rozsah merania
Monitor prietoku v telese komína	KIMO Instruments CP302	$0 \div 500 \text{ Pa}$
Monitor prietoku v telese komína	KIMO Instruments CP302	$0 \div 500 \text{ Pa}$
Monitor teploty v telese komína	KIMO Instruments TH 200	$0 \div 50 \text{ }^{\circ}\text{C}$
Monitor teploty v telese komína	KIMO Instruments TH 200	$0 \div 50 \text{ }^{\circ}\text{C}$
Monitor relatívnej vlhkosti v telese komína	KIMO Instruments TH 200	$0 \div 100 \text{ } \%$
Monitor relatívnej vlhkosti v telese komína	KIMO Instruments TH 200	$0 \div 100 \text{ } \%$
Monitor prietoku v primárnom odberovom potrubí	KIMO Instruments CTV 210	$3,1 \div 30 \text{ m/s}$
Monitor prietoku v primárnom odberovom potrubí	KIMO Instruments CTV 210	$3,1 \div 30 \text{ m/s}$
Monitor teploty v primárnom odberovom potrubí	KIMO Instruments TH 200	$0 \div 50 \text{ }^{\circ}\text{C}$
Monitor teploty v primárnom odberovom potrubí	KIMO Instruments TH 200	$0 \div 50 \text{ }^{\circ}\text{C}$
Monitor relatívnej vlhkosti v primárnom odberovom potrubí	KIMO Instruments TH 200	$0 \div 100 \text{ } \%$
Monitor relatívnej vlhkosti v primárnom odberovom potrubí	KIMO Instruments TH 200	$0 \div 100 \text{ } \%$

11.4.3.2.1 Monitorovanie rádioaktívnych aerosólov vo ventilačnom komíne

11.4.3.2.1.1 Kontinuálne monitorovanie objemovej aktivity aerosólov

Kontinuálne monitorovanie sumárnej aktivity α a β aerosólov je zabezpečované monitorovacím systémom BAI 9100. Základné parametre monitora sú v Tabuľka 11.4 - 19.

Zostava pre meranie objemovej aktivity aerosólov je súčasťou zostavy, ktorá je kombináciou monitorovacieho zariadenia aerosólov a monitorovacieho zariadenia jódu. Zostavu systému monitorovania tvorí:

- stojan monitora aerosólov typ BAI 9850-74 - hlavné komponenty:
 - podzostava pohyblivého filtra - typ BAI 9100,
 - beta detektor typ BAI 9300B,
 - alfa/beta detektor - typ BAI 9300AB,
 - Pb tienenie bloku detektorov (12 kg),
 - blok dúchadla typ BAI 9457-11,
 - PLC jednotka a displej,
 - Blok spracovania dát - typ LB9000.
- stojan monitor jódu typ BAI 9850-231 - hlavné komponenty:
 - menič adsorpčných kaziet BAI 9103-21,
 - blok dúchadla typ BAI 9452,
 - Pb tienenie.

Spracovanie signálov aerosólového a jódogového monitora zabezpečuje elektronika spracovania dát (LB9000 Data logger) a riadenie procesu merania oboch monitorov (pretočenie filtračnej pásky, výmena kazety, ohrev vzorkovacej trasy) zabezpečuje PLC jednotka pre každý monitor.

Izokinetickým odberom z primárneho odberového potrubia je odoberaná vzorka aerosólov a je kumulovaná na posuvnej filtračnej páske. V zostave sú inštalované dva identické monitorovacie systémy. Prietok v sekundárnom odberovom potrubí je riadený na základe merania signálu z merania prietoku v primárnom odberovom systéme - s cieľom dodržania podmienok izokinetického odberu.

Výstupná informácia monitora prezentuje sekundárne (odvodené) veličiny:

- objemovú aktivitu aerosólov (Bq/m^3),
- rýchlosť výpusť aerosólov ($\text{Bq}/\text{hod.}$) - stanovená na základe nameranej hodnoty prietoku vzduchu cez ventilačný komín.

Aerosólový monitor používa na záchyt aerosólov sekvenčne pohybujúcu sa filtračnú pásku. Vzorka vzduchu je presávaná cez túto filtračnú pásku, posúvanú navíjacím mechanizmom. Priamy alfa/beta detektor deteguje okamžité alfa a beta žiarenie aerosólov, zachytených na filtračnej páske. Je to scintilačná detekčná jednotka s plastickým sendvičovým scintilátorom s povrchovou vrstvou scintilátora ZnS. Separácia signálov

od alfa a beta žiarenie sa robí pomocou diskriminátorov. Druhý detektor deteguje iba beta žiarenie s periódou oneskorenia, nastaviteľnou až na 120 hodín.

Tabuľka 11.4 - 19 Základné parametre aerosólového monitorovacieho systému BAI 9100

α, β scintilačná detekčná jednotka	Typ BAI 9300AB ZnS + plastický scintilátor + predzosilňovač LB2030
Detegované žiarenie	α, β
Energetický rozsah alfa žiarenia	250 keV ÷ 10 MeV
Energetický rozsah beta žiarenia	50 ÷ 2 500 keV
Geometria tienenia detekčnej zostavy	4 π Pb
β scintilačná detekčná jednotka	typ BAI 9300B - plastický scintilátor + integrovaný predzosilňovač BAI9207-1
Filtračná páska	tkanina zo sklenených vlákien
Vzduchový výkon dúchadla	25 m ³ /hod.
Napájanie BAI 9850-74	400V / 50Hz 3-fázy + N + uzemnenie
Teplotný pracovný rozsah	0°C až +40°C.
Relatívna vlhkosť	10 ÷ 95% (nekondenzujúca)

11.4.3.2.1.2 Diskontinuálne bilančné monitorovanie objemovej aktivity aerosólov

Bilančné merania sú uskutočňované odberom vzorky a následným laboratórnym meraním. Pre bilancovanie aktivity aerosólov plyných výpusť sú odoberané vzorky:

- pre hodnotenie výpusť v priebehu normálnej prevádzky. Odber je robený veľkoobjemovým vzorkovačom aerosólov a jódu typu VOPV-12 (popis zariadenia v Tabuľka 11.4 - 8). V sekundárnych odberových trasách odberového systému sú inštalované dva identické vzorkovače. Určené sú pre trvalý odber aerosólov na veľkoplošný aerosólový filter a následné laboratórne vyhodnotenie vzoriek. Odber je izokinetický, s regulovateľným prietokom vzduchu 40 ÷ 120 m³/hod. (dúchadlá vzorkovačov sú riadené signálom od systému merania prietoku v primárnom odberovom systéme). Vzorkovače sú vybavené meraním prietoku a pretečeného objemu vzorky vzduchu.
- Pre hodnotenie výpusť aj v prípade radiačnej havárie. Odber je robený pomocou vzorkovača VOPV-10 (popis zariadenia v Tabuľka 11.4 - 9) s periódou výmeny filtra cca. 2 týždne (podľa prevádzkových skúseností z EMO12 - Technologický predpis TP/8431.5). Aerosólový filter a jódomá patróna havarijného vzorkovača sú zaradené do sekundárneho odberu odberového systému pred kontinuálne (tzv. prevádzkové) monitory RVP. Zabezpečujú čistenie vzorky (záchyt aerosólov a jódu) pre monitory RVP. V systéme monitorovania výpusť sú inštalované dva vzorkovače. Vzorkovače majú odber vzduchu v rozsahu 1,5 ÷ 3 m³/hod., s meraním prietoku a integrálneho prietoku za určitú dobu. Odber je riadený na základe signálu z merania prietoku vzduchu v komíne.

Súčasne s bilančným odberom aerosólov je uskutočňovaný aj odber pre bilancovanie jódu (na patrónu so sorbentom pre záchyt jódu).

Exponovaný aerosólový filter je analyzovaný a vyhodnocovaný v laboratóriu:

- Stanovenie α a β aktivity vzorky aerosólov,
- gamaspektromerické stanovenie rádionuklidového zloženia aerosólov zachytených na filtri.

11.4.3.2.2 Monitorovanie rádioaktívnych jódu vo ventilačnom komíne

11.4.3.2.2.1 Kontinuálne monitorovanie objemovej aktivity jódu

Prevádzková kontinuálna kontrola objemovej aktivity jódu v plynných výpustiach je uskutočňovaná monitorom jódu BAI 9103-21 (s meničom kaziet).

Základom meracieho kanál monitora je scintilačný gamaspektrometer, s tromi nastavenými energetickými oknami (ROI) [III.2]:

- 320 - 400 keV - detekcia gama žiarenia 364,48 keV, generovaného ^{131}I ,
- 280 - 420 keV - kompenzačné okno pre kompenzáciu pozadia pri stanovení aktivity ^{131}I ,
- 475 - 735 keV - energetické okno pre stanovenie sumárnej aktivity RN ^{130}I , ^{132}I a ^{133}I

Scintilačným gama spektrometrom je meraný rádionuklid ^{131}I . Jódový monitor využíva na záchyt RN jódu sorpčnú patrónu s aktívnym uhlím, impregnovaným TEDA⁷. Na sorbente sú kumulované organické aj anorganické formy jódu. Gama žiarenie emitované rádionuklidmi jódu, zachytenými sorbentom sú detegované scintilačnou detekčnou jednotkou s NaI(Tl) detektorom. Detekčná zostava (patróna + detekčná jednotka) je uložená v tieniacej konštrukcii, ktorá je súčasťou meniča adsorpčných kaziet (BAI 9103-21). Tento menič môže obsahovať až 21 kaziet na záchyt organickej aj elementárnej formy jódu.

V zostave monitorovania jódu sú inštalované dva identické monitorovacie systémy, zapojené do okruhov sekundárnych odberov.

Monitorovacie zariadenie je vybavené kontrolným žiaričom, ohrievacím systémom vzorky vzduchu a kompenzáciou pozadia. Prietok vzorky vzduchu v sekundárnom odberovom potrubí je konštantný - 3 m³/hod. Stabilita meracieho reťazca je dosahovaná udržovaním konštantnej teploty detekčnej zostavy - pomocou ohrievacieho zariadenia.

Výstupná informácia monitora prezentuje sekundárne (odvodené) veličiny:

- objemovú aktivitu jódu ^{131}I (Bq/m³),
- sumárnu objemovú aktivitu RN ^{130}I , ^{132}I a ^{133}I (Bq/m³),
- emisnú rýchlosť výpustí jódu ^{131}I (Bq/hod.) - stanovená na základe nameranej hodnoty prietoku vzduchu cez ventilačný komín.

Spracovanie signálov aerosólového a jódového monitora zabezpečuje elektronika spracovania dát (LB9000 Data logger) a riadenie procesu merania oboch monitorov (pretočenie filtračnej pásky, výmena kazety, ohrev vzorkovacej trasy) zabezpečuje PLC jednotka pre každý monitor. Základné parametre jódového monitora vo ventilačnom komíne je v Tabuľka 11.4 - 20.

⁷ Triethylenediamine

Tabuľka 11.4 - 20 Základné parametre jódového monitorovacieho systému BAI 9103-21

Detegované žiarenie	gama
Scintilačná detekčná jednotka	Nal(Tl) scintilátor + predzosilňovač LB2030
Energetický rozsah	50 ÷ 2 500 keV
Geometria tienenia detekčnej zostavy	4π Pb, hrúbka 50 mm
Sorbent	typ sorbentu BG-300
Prietok sorpčnou patrónou	3 m ³ /hod.
Napájanie BAI 9850-231	230 V/ 50Hz
Teplotný pracovný rozsah	0°C až +40°C.
Relatívna vlhkosť	10 ÷ 95% (nekondenzujúca)

11.4.3.2.2.2 Diskontinuálne bilančné monitorovanie objemovej aktivity jódu

Bilančné merania sú uskutočňované odberom vzorky a následným laboratórnym meraním. Pritom sú využité tie isté odberové zariadenia ako v prípade bilančného monitorovania aerosólov, kap. 11.4.3.2.1.2.

Pre bilancovanie aktivity jódu plyných výpustí sú odoberané vzorky:

- pre hodnotenie výpustí v priebehu normálnej prevádzky. Odber je robený veľkoobjemovým vzorkovačom aerosólov a jódu typu VOPV-12 (popis zariadenia v Tabuľka 11.4 - 8). V sekundárnych odberových trasách odberového systému sú inštalované dva identické vzorkovače. Určené sú pre trvalý odber a jódu vo veľkoobjemovej jódovej patróna a následné laboratórne vyhodnotenie vzoriek. Odber je izokinetický, s regulovateľným prietokom vzduchu 40 ÷ 120 m³/hod. (dúchadlá vzorkovačov sú riadené signálom od systému merania prietoku v primárnom odberovom systéme). Vzorkovače sú vybavené meraním prietoku a pretečeného objemu vzorky vzduchu.
- Pre hodnotenie výpustí aj v prípade radiačnej havárie. Odber je robený pomocou vzorkovača VOPV-10 (popis zariadenia v Tabuľka 11.4 - 9) s periódou výmeny filtra cca. 2 týždne (Podľa prevádzkových skúseností z EMO12). Aerosólový filter a jódová patróna havarijného vzorkovača sú zaradené do sekundárneho odberu odberového systému pred kontinuálne (tzv. prevádzkové) monitory RVP. Zabezpečujú čistenie vzorky (záchyt aerosólov a jódu) pre monitory RVP. V systéme monitorovania výpustí sú inštalované dva vzorkovače. Vzorkovače majú odber vzduchu v rozsahu 1,5 ÷ 3 m³/hod., s meraním prietoku a integrálneho prietoku za určitú dobu. Odber je riadený na základe signálu z merania prietoku vzduchu v komíne.

Vzorkovače pre normálnu aj havarijnú prevádzku sú pripojené na izokinetický odber (dúchadlá sú riadené signálom od merania prietoku v komíne).

Exponované jódové patróny sú následne vyhodnocované v laboratóriu. Selektívne stanovuje aktivita ¹³¹I (gamaspektrometricky). Vzorkovače pre normálnu aj havarijnú prevádzku sú pripojené na izokinetický odber (dúchadlá sú riadené signálom od merania prietoku v komíne).

11.4.3.2.3 Monitorovanie rádioaktívnych vzácnych plynov vo ventilačnom komíne

11.4.3.2.3.1 Kontinuálne monitorovanie objemovej aktivity rádioaktívnych vzácnych plynov

Prevádzková kontinuálna kontrola objemovej aktivity RVP v plynných výpustiach je uskutočňovaná monitorom NGM215. Monitor je určený na kontinuálnu kontrolu objemovej aktivity beta vzácnych plynov (^{85}Kr , ^{133}Xe , ^{41}Ar ...), t.j. poskytuje informáciu o sumárnej aktivite všetkých RN vzácnych plynov v plynných výpustiach. Z metrologického hľadiska má monitorovací systém klasifikáciu „určeného meradla“.

Na primárny odberový systém sú pripojené dva redundantné monitorovacie systémy NGM215. Pred monitorovacie systémy NGM215 sú v odberovej trase zaradené filtre, resp. sorbenty pre vzorkovanie aerosólov a plynného jódu. Výstupnou informáciou monitorov sú:

- objemová aktivita vzácnych plynov (Bq/m^3) a
- emisná rýchlosť RVP (Bq/h).

Monitor pozostáva z meracej komory, detekčnej jednotky typu SB150 a lokálnej procesnej a vyhodnocovacej jednotky typu LPDU3/SAS. Vzorka vzduchu prechádza meracou nádobou s objemom 2,6 litra, pri prietoku 1 – 5 m^3/h . K meracej nádobe je priložená detekčná jednotka SB150 pozostávajúca z plastického scintilátora s rozmermi $\varnothing 150 \text{ mm}^2 \times 0,5 \text{ mm}$ a fotonásobiča. Detektor deteguje beta/gama žiarenie v energetickom rozsahu 0,1 – 2,2 MeV. Detekčná zostava je umiestnená v 4π olovenom tienení hrúbky 10 cm. Signál z detekčnej jednotky je spracovávaný v LPDU3/SAS, ktorá generuje a spracováva 1024 kanálové energetické spektrum. Zároveň zaisťuje autodiagnostické funkcie monitora. Kontrola správnej prevádzky je zabezpečená vstavaným zdrojom ^{90}Sr s aktivitou 400 kBq, ktorý sa aktivuje (uvedie do kontrolnej pozície) prostredníctvom LPDU3/SAS alebo pomocou servisného PC so SW MASS2.

Základné parametre monitora NGM215 sú uvedené v Tabuľka 11.4 - 21.

Monitorovanie RVP spĺňa požiadavky RG.1.97 rev. č.3 a KTA 1503.2 s rešpektovaním vlastného riešenia JE. Meracie komory monitorov sú vybavené kontrolným (diagnostickým) žiaričom. Informácie z tohto merania patria k základným informáciám z RK vstupujúcich do systému PAMS (KAT. 3). Signál z monitora NGM215 je vedený do systému PICS vo forme analógového prúdového signálu $4 \div 20 \text{ mA}$ a indikovaný ako PAMS signál kategórie 3.

Tabuľka 11.4 - 21 Základné parametre prevádzkového monitora RVP NGM215

Detegované žiarenie	beta, gama
Scintilačná detekčná jednotka	SB150 (plastický scintilátor)
Energetický rozsah merania	$0,1 \div 2,2 \text{ MeV}$
Rozsah merania	$1,5 \cdot 10^{+02} \div 1,5 \cdot 10^{+08} \text{ Bq}/\text{m}^3$
Geometria tienenia detekčnej zostavy	$4\pi \text{ Pb}$, hrúbka 100 mm
Objem meracej nádoby	2,6 litra
Prietok detekčným blokom	$1 \div 5 \text{ m}^3/\text{hod.}$
Napájanie	230 V/ 50Hz
TID detektor	100 Gy
TID - detektor + Pb tienenie (50 mm)	1000 Gy
Teplotný pracovný rozsah (dlhodobý)	10°C až $+40^\circ\text{C}$.
Rýchlosť teplotnej zmeny	$15^\circ\text{C}/\text{hod.}$
Relatívna vlhkosť	100% (bez kondenzácie)

11.4.3.2.3.2 Diskontinuálne bilančné monitorovanie objemovej aktivity RVP

Bilančné monitorovanie RVP vo výpustiach z ventilačného komína je v priebehu normálnej prevádzky zabezpečené periodickými odbermi vzoriek vzdušiny do tlakových fliaš s ventilom pomocou vysokotlakovej kompresorovej súpravy typu OZ-01, model K0431. Laboratórne sa vzorky RVP merajú polovodičovým gamaspektrometrom a stanovujú sa objemové aktivity jednotlivých analyzovaných rádionuklidov.

Kompresorová súprava typ OZ-01 je pripojená na jeden zo sekundárnych odberov primárneho odberového systému. Odberová nádoba má tvar Marineliho nádoby. Parametre kompresorovej súpravy sú uvedené v Tabuľka 11.4 - 22. Základné parametre tlakovej odberovej nádoby sú uvedené v Tabuľka 11.4 - 23.

Pri maximálnom prevádzkovom tlaku kompresora 12 bar⁸ je objem odobratej vzorky vzduchu cca. 120 litrov.

Na vstupe kompresora je v sekundárnom odbere zaradený aerosólový a jódomý filter. Vzorka s natlakovanou vzdušninou je v laboratóriu meraná polovodičovým spektrometrom s HPGe detektorom. Umožňuje to selektívne stanovovať aktivitu jednotlivých RN v zmesi RVP. MDA je určovaná parametrami laboratórneho spektrometra. Harmonogram odberov stanovuje prevádzkový predpis pre RO.

Odberová nádoba predstavuje tlakové technické zariadenie skupiny A - III. triedy⁹, pre ktoré platí: tlak > 0,2 MPa, objem > 10 litrov, bezpečnostný súčin¹⁰ > 20 ale < 500.

Tabuľka 11.4 - 22 Základné parametre kompresorovej súpravy pre odber vzoriek RVP

Odberové zariadenie	Typ OZ-01 model K0431
Maximálny tlak	12 bar
Prietok pri tlaku 12 bar	67 l/min
Hmotnosť	13 kg
Napájanie	230 V/50 Hz, 0,44 KW

Tabuľka 11.4 - 23 Základné parametre odberovej tlakovej nádoby

Objem tlakovej odberovej nádoby	10 litrov
Maximálny prevádzkový tlak (pre nádobu)	16 bar
Skúšobný tlak nádoby	24 bar
Max. dovolená teplota odobratého vzduchu	50 °C
Hmotnosť odberovej nádoby	cca. 8 kg
Vonkajšie rozmery nádoby	cca. ø 250 x 340 mm
Otvor pre detektor	cca. ø 100 x 120 mm

⁸ 12 bar ≈ 12 atm.

⁹ Príloha č.1 k vyhl. č. 718/2002 z.z., I. Časť rozdelenie technických zariadení tlakových, bod A, odsek b2.

¹⁰ Objem x tlak

11.4.3.2.4 Monitorovanie objemovej aktivity ^3H a ^{14}C vo ventilačnom komíne

Monitorovanie rádionuklidov ^3H a ^{14}C je uskutočňované vzorkovačom $^3\text{H}/^{14}\text{C}$, ktorý je súčasťou systému monitorovania rádioaktívnych plynných výpustí vo ventilačnom komíne JE. Vzorkovač sa skladá z odberovej trasy vzorky, aerosólového filtra, dúchadla a záchytnéj jednotky $^3\text{H}/^{14}\text{C}$.

Vzorkovač $^3\text{H}/^{14}\text{C}$ zabezpečuje odber vzorky ^3H v oxidovanej aj neoxidovanej forme a ^{14}C v anorganickej i organickej forme. Vzorkovač za účelom bilancovania exhalátov ^3H a ^{14}C odoberá proporcionálne vzorku vzdušniny z primárneho odberového potrubia a je riadený od signálu prietoku komínom. Vzorkovač automaticky monitoruje a riadi svoju činnosť. Umožňuje kontrolu informácií z procesu vzorkovania (ako celkové množstvo pretečeného - odobraného vzduchu, aktuálne prietoky vzorky trasami, doba činnosti a taktiež namerané hodnoty ako sú teplota, tlak, vlhkosť v trase a teplota v katalyzátore), pre ktoré je možné nastaviť signalizačné úrovne. Poruchové stavy vzorkovača, prekročenie signalizačných úrovní, prípadne ďalšie zvolené informácie z procesu vzorkovania sú prenášané do ISRK.

Základné parametre vzorkovacieho zariadenia $^3\text{H}/^{14}\text{C}$ sú uvedené v Tabuľka 11.4 - 24.

Objemová aktivita ^3H a ^{14}C je určená na základe laboratórnej analýzy odobraných vzoriek.

Tabuľka 11.4 - 24 Základné parametre vzorkovacieho systému ^3H a ^{14}C

Prietok vzduchu	
Trasa s katalyzátorom	50 až 500 ml/min
Trasa bez katalyzátora	50 až 500 ml/min
Celkový	max. 100 až 1000 m l/min
Parametre odoberanej vzorky	
Teplota	5°C až 40°C
Tlak	96 až 106 kPa
Relatívna vlhkosť	max. 80%
Katalyzátor	
Teplota katalyzátora	460°C (nastaviteľná 250°C až 550°C)
Dátový výstup vzorkovača	RS 485, konektor - typ CANON 9
Hmotnosť	cca 50 kg
Napájanie	230 V, 50Hz TN-S sústava
Maximálny príkon	140 VA
Prevádzkové podmienky	
Teplota okolia	+5°C až +40 °C
Tlak vzduchu	86 až 106 kPa
Relatívna vlhkosť	10 až 80%
Krytie	IP 30

11.4.3.3 Monitorovanie kvapalných výpustí

Systém monitorovania kvapalných výpustí je spoločný systém pre všetky štyri bloky JE Mochovce. Pre monitorovanie kvapalných výpustí je v areáli JE vybudovaná stanička kontroly odpadových vôd (SKOV). SKOV bola uvedená do prevádzky v priebehu spúšťania 1. reaktorového bloku JE EMO. Súčasný stav

systému monitorovania zodpovedá riešeniu podľa BO OP 11/6 pre EMO12. Je zabezpečená kontinuálna aj diskontinuálna kontrola aktivity odpadových vôd na ich výtok v spoločnom zberači z územia EMO. Systém monitorovania zahŕňa aj kontinuálne meranie prietoku (resp. množstva) odpadovej vody (vo Venturiho žľabe).

Kontinuálne monitorovanie gama objemovej aktivity odpadných vôd je zabezpečené monitorom typu BAI9125 (2 x 100% redundancia). Výstup informácií z monitorovania v SKOV je priamo vyvedený do DRK12. V rámci projektu SRK MO34 zabezpečený prenos informácií z SKOV aj do DRK34. To umožní realizovať uzatváranie vypúšťacej trasy odpadových vôd z BaPP MO34 pri prekročení limitu aktivity vypúšťanej vody zo SKOV.

Bilancovanie kvapalných výpustí je založené na **diskontinuálnom monitorovaní**. Proporcionálny odber priemerných aj okamžitých vzoriek do rôznych nádob podľa meranej objemovej aktivity vody je zabezpečený vzhľadom na zariadením typu PP 92 VAR. Na základe laboratórnych analýz odobraných vzoriek sa stanovuje objemová aktivita:

- koróznych a štiepných produktov (gamaspektrometrická analýza),
- trícia ^3H (kvapalinová scintilačná spektrometria),
- stroncia ^{89}Sr , ^{90}Sr (rádiochemická analýza),
- transuránov ^{238}Pu , $^{239+240}\text{Pu}$, ^{241}Am (alfaspektrometrická analýza).

11.4.3.4 Monitorovanie rádioaktívnych odpadov

Vo všeobecnosti sa s väčšinou materiálu na JE zaobchádza ako s rádioaktívnym odpadom len preto, že bol v priestore, kde mohol byť kontaminovaný. Rovnako aj drahé súčiastky sú občas vyradené ako kontaminované, pretože majú neprístupné plochy, na ktorých sa nedá zmerať kontaminácia. Tejto veľmi drahej praxi sa v MO34 zabraňuje inštaláciou a využívaním citlivého nízkopozadového systému pre kvalitatívnu a kvantitatívnu analýzu odpadov.

V rámci radiačnej kontroly nakladania s RAO je zabezpečené:

- **meranie PD pre hrubé roztriedenie RAO** pri ich vzniku - tieto merania sú zabezpečované prenosnými prístrojmi pre meranie PD typu FH 40 G, Smart-Ion 2140S, FH 40 TG, G64, InSpector 1000. Podrobnejší popis týchto zariadení je v kap. 11.4.3.1.1.2,
- **meranie povrchovej kontaminácie RAO**, prípadne ich obalov - overuje sa, či potenciálne neaktívny materiál plní požiadavky na uvoľnenie do ŽP z hľadiska povrchovej kontaminácie. Kontrola sa vykonáva prenosnými prístrojmi typu LB 124 SCINT, FHZ 742, FHZ 742 BP17B-F, ktorých podrobnejší popis je uvedený v kap. 11.4.3.6.1.
- **výstupné gamaspektrometrické meranie** tzv. potenciálne neaktívnych odpadov pre overenie, že tieto odpady plnia limit pre uvoľnenie do ŽP a meranie aktívnych RAO určených pre transport do BSC. V súlade s požiadavkami na uvádzanie RAL do ŽP sa uskutočňuje kvalitatívna¹¹ aj kvantitatívna¹² analýza - na základe gamaspektrometrie je stanovovaný RN vektor a kontrolované sú kritéria pre uvádzanie materiálov do ŽP, uvedené v [II.2]¹³.

¹¹ stanovenie RN vektoru v kontrolovanom materiáli

¹² stanovenie aktivity jednotlivých RN

¹³ Príloha č. 8

Výstupná kontrola potenciálne neaktívnych materiálov pri uvádzaní materiálov do ŽP je uskutočňovaná gamaspektrometrickým monitorovacím systémom, typ WM2110 (firmy Canberra). Umožňuje kvalitatívnu a kvantitatívnu analýzu gama žiarenia z odpadu v štandardných 200 l MEVA sudoch - pomocou 3 kusov HPGe detektorov s vysokým rozlíšením a relatívnou účinnosťou > 20%. Zostava tohto monitorovacieho systému obsahuje:

- meraciu tieniacu komoru - meraný priestor je odtienený 10 cm nízkopozadovej ocele v 4π geometrii, na vnútorných stenách je komora pokrytá nerezovou výstelkou (pre ľahšiu dekontamináciu vnútorného priestoru)
- tri polovodičové HPGe detektory po tretinách výšky suda - znižuje to vplyv výškového rozdelenia aktivity na výsledok merania a zvyšuje citlivosť zariadenia,
- rotujúca plošinu, ktorá nesie kontrolovaný sud,
 - plošina je umiestnená na vnútornej strane dverí,
 - zabezpečuje jednoduchú manipuláciu so sudmi pri ich vkladaní do zariadenia,
 - rotácia meraného suda okolo vertikálnej osi zabezpečuje spriemerovanie odozvy detektorov na excentricky rozdelenú aktivitu v sude
- automatický systém váženia sudov s rozsahom do 500 kg,
- digitálnu spektrometrickú elektroniku - vyhotovenú v medzinárodnom modulárnom štandarde NIM, v typizovanom 19" ráme.

Citlivosť zariadenia dovoľuje merať odpady s mernou aktivitou ^{137}Cs pod 10 Bq/kg a minimálna detekovateľná aktivita v sude je pri 15 min. meraní lepšia než 1 kBq pre efektívne hustoty materiálu do 1,8 g/cm³ (s homogénnou distribúciou hmoty aj aktivity).

Softvérová platforma pre analýzu gama spektier je Genie-2000. Tento SW balík je využívaný aj s aplikačným softvérom pre riadenie systému merania a vyhodnocovanie meraní sudov - „NDA-2000“.

Pre manipuláciu so sudmi (odpady a RAO) - vloženie na meraciu stolicu, resp. vytiahnutie z nej - sú k dispozícii manipulačné prostriedky (transportér sudov VVR 1000/1600).

Monitorovací systém WM2110 je umiestnený v samostatnej miestnosti (z dôvodu minimalizácie pozadia). Monitorovací systém je vybavený externou informačnou a riadiacou jednotkou

11.4.3.5 Monitorovanie zariadení a technologických procesov

Radiačnými kontrolami technologických médií sa sleduje pohyb rádioaktívnych látok v kvapalných a plynových technologických systémoch elektrárne. Okrem toho majú tieto merania aj diagnostickú funkciu, t.j. majú za cieľ sledovať tesnosť bariér a na základe veľkosti prieniku posudzovať charakter a úroveň porušenia integrity.

Kontrola radiačnej situácie na technologických zariadeniach zahŕňa monitorovanie ionizujúceho žiarenia:

- na primárnom okruhu (kap.11.4.3.5.1),
- vložených okruhoch (kap.11.4.3.5.2),
- na sekundárnom okruhu (kap.11.4.3.5.3),
- na okruhoch technickej vody dôležitej a nedôležitej (kap.11.4.3.5.4),

- na vzduchotechnických systémoch (kap.11.4.3.5.5),
- na zariadeniach čistiacich staníc (kap.11.4.3.5.6).

11.4.3.5.1 Monitorovanie primárneho okruhu

Radiačnou kontrolou na primárnom okruhu sa sleduje aktivita chladiva I.O.. Obsah a aktivita jednotlivých RN v chladive nesie informáciu o stave pokrytia palivových článkov (1. bariéra proti šíreniu rádioaktívnych látok), o chemickom režime primárneho okruhu a obsahu korózných produktov. Monitorovanie aktivity chladiva je uskutočňované kontinuálnymi meracími systémami a odberom vzoriek s následným laboratórnym vyhodnotením. Diskontinuálne monitorovanie („off line“) so vzorkovaním chladiva je súčasťou chemického monitorovacieho systému.

Kontinuálne monitorovacie zariadenia sú inštalované na štyroch nezávislých bypass-ových odberových trasách k obojstrannému systému čistenia chladiva primárneho okruhu ŠOV-1. Po znížení teploty je chladiaca voda I.O. vedená na filtre systému KBF a z potrubí tohto systému je odoberaná a vedená do monitorovacích zariadení SRK. Prietok vody primárneho okruhu cez filtre v jednotlivých linkách systému KBF je zabezpečovaný tlakovým spádom na HCČ. Prívod vzorky k meracím systémom (a tým aj radiačná kontrola chladiva) je preto možný iba v priebehu prevádzky reaktorového bloku (prevádzky HCČ). Všetky kontinuálne monitorovacie systémy sú preto určené iba pre normálnu a abnormálnu prevádzku reaktorového bloku.

Prietok vody v odberových trasách je zabezpečený tlakovým spádom na technologických filtroch, resp. tepelných výmenníkoch. Transportná doba vzorky z aktívnej zóny je dostatočne veľká (niekoľko minút) na to, aby sa eliminoval vplyv rádionuklidu ^{16}N .

Odberové potrubia sú vybavené obmedzovačmi výtoku (gulôčkový odpojovací ventil) pre uzavretie potrubia v prípade vzniku netesnosti odberového potrubia. Gulôčkové ventily sa otvárajú pomocou tlakovej vody, privedenej zo systému PS06.

Meracie systémy inštalované na primárnom okruhu vo všeobecnosti predstavujú ATL typ detekčnej jednotky (detektor je priložený k potrubiu s kontrolovaným médiom) - z kontrolovaného potrubia nie je odoberaná vzorka. Vo všetkých prípadoch monitorov na primárnom okruhu sa jedná o detekciu γ žiarenia.

Z hľadiska bezpečnosti prevádzky a tiež monitorovania predstavujú odberové trasy 2. bariéru proti šíreniu RAL. Preto dôležitým parametrom pre ňu (vrátane jej prvkov - ventilov, prírub) je jej integrita.

Kontinuálna radiačná kontrola I.O. je vykonávaná v nasledujúcom rozsahu:

- polovodičová gamaspektrometria I.O. - kontinuálne sledovanie aktivity rádionuklidov v chladive I.O. (kap.11.4.3.5.1.1),
- scintilačná gamaspektrometria - aktivity RVP (^{88}Kr) v chladive I.O. - identifikácia počiatočných štádií porušenia paliva (kap.11.4.3.5.1.2),
- meranie PD na odberovom potrubí chladiva I.O. - sledovanie celkovej aktivity chladiva a dynamiky porušenia paliva (kap. 11.4.3.5.1.3).

Polovodičový gamaspektrometer, spolu s Kr- monitorom a monitorom PD tvoria diverzifikovaný systém RK primárneho okruhu.

Zoznam monitorovacích systémov kontroly I.O. je uvedený v Tabuľka 11.4 - 25. Výstupy meraní sumárnej gama aktivity (monitory PD) sú prenášané do PAMS.

Tabuľka 11.4 - 25 Zoznam meracích kanálov kontinuálneho monitorovania primárneho okruhu pripojených do ISRK

Popis	Typ monitora	Merací rozsah
Gamaspektrometria I.O.	HPGe + LYNX + PC	-
Gamaspektrometria I.O.	HPGe + LYNX + PC	-
Objemová aktivita ^{88}Kr v I.O.	SAM201 + 4 π Pb	4,70E+07 - 2,00E+12 Bq/m ³
Objemová aktivita ^{88}Kr v I.O.	SAM201 + 4 π Pb	4,70E+07 - 2,00E+12 Bq/m ³
Objemová aktivita ^{88}Kr v I.O.	SAM201 + 4 π Pb	4,70E+07 - 2,00E+12 Bq/m ³
Objemová aktivita ^{88}Kr v I.O.	SAM201 + 4 π Pb	4,70E+07 - 2,00E+12 Bq/m ³
Sumárna gama aktivita I.O. KBF51	GIM204-K4	1,00E-07 - 1,00E+02 Gy/h
Sumárna gama aktivita I.O. KBF11	GIM204-K4	1,00E-07 - 1,00E+02 Gy/h
Sumárna gama aktivita I.O. KBF51	GIM204-K4	1,00E-07 - 1,00E+02 Gy/h
Sumárna gama aktivita I.O. KBF11	GIM204-K4	1,00E-07 - 1,00E+02 Gy/h

Celá meracia linka (vrátane odberových potrubí a ventilov) je zahrnutá do bezpečnostnej triedy III. Vzorkovacie potrubia až po odpojovacie guľové ventily (vrátane) sú klasifikované v seizmickej kategórii 1b. Zvyšok vzorkovacích potrubí a všetky meracie systémy sú klasifikované v seizmickej kategórii 2b. Hranica medzi seizmickými kategóriami 1b a 2b je na výstupe odpojovacieho guľového ventilu.

11.4.3.5.1.1 Polovodičová gamaspektrometria I.O.

Táto kontrola je založená na detekcii γ žiarenia štiepných produktov (ŠP), uvoľňovaných cez netesnosti pokrytia palivových článkov. Hodnotenie stavu pokrytia paliva na základe detekcie plyných ŠP v chladive v priebehu počiatočných fáz poruchy umožňuje predchádzať vážnym poruchovým stavom. Gamaspektrometrickým monitorom je zabezpečovaná prevádzková kontrola hermetičnosti paliva. Limituje sa tým rozsah poškodenia pokrytia paliva a zabraňuje sa zvýšeniu objemovej aktivity chladiva I.O. počas normálnej prevádzky reaktorového bloku.

Okrem kontroly stavu pokrytia paliva polovodičový monitor poskytuje informácie o aktivite produktov aktivácie chladiva aj aktivite produktov korózie materiálov I.O.. Výsledkom merania je objemová aktivita RN v chladive I.O..

Na každom reaktorovom bloku je jeden merací systém (spoločný je pre obe vetvy systému KBF) - polovodičový spektrometrický systém.

Vzorka chladiacej vody primárneho okruhu je odoberaná pred technologickými filtrami, s návratom za filter. Prietok cez odberovú trasu je zabezpečovaný tlakovým spádom na filtri. Z dôvodu technologických režimov systému KBF sú do meracej miestnosti privádzané vzorky chladiva I.O. z oboch vetiev.

Prípadná nefunkčnosť polovodičovej gama spektrometrie I.O. má vplyv na frekvenciu vzorkovania chladiva I.O., uskutočňovaného v rámci chemického monitorovania. Pre takéto prípady je harmonogram vzorkovania upravovaný prevádzkovou dokumentáciou pre chemickú kontrolu.

Gama žiarenie emitované zo vzorky kontrolovaného chladiva je detekované HPGe detektorom, vyhodnocované je energetické spektrum gama žiarenia.

Stav pokrytia palivových článkov je posudzovaný na základe pomerov aktivít určitých rádionuklidov, definovaných prevádzkovým ukazovateľom bezpečnosti - „Spoľahlivosť paliva (WANO)“ [I.9].

Energetické spektrá sa zaznamenávajú s 8 hodinovým cyklom, pričom priebežné hodnoty objemovej aktivity vybraných RN sú poskytované aj s 10 min. periódou. Perióda 10 min. merania umožňuje sledovať dynamiku zmien aktivity jednotlivých RN v chladive I.O., napr. vývoj poruchy pokrytia paliva. Monitorovací systém poskytuje údaje o objemovej aktivite týchto RN:

- RN udávané s 10 min. periódou - zoznam meracích kanálov s priebežne vyhodnocovanými RN z 10 minútového merania je uvedený v Tabuľka 11.4 - 26,
- RN udávané s 8 hod. periódou - ich zoznam je uvedený v Tabuľka 11.4 - 27,
- sumárna objemová aktivita rádionuklidov jódu, xenónu, kryptónu - ich zoznam je uvedený v Tabuľka 11.4 - 28
- sumárna objemová aktivita všetkých RN v nameranom spektre - uvedená v Tabuľka 11.4 - 28.

Monitorovanie sumárnych objemových aktivít RVP a jódu vyplýva z požiadaviek stanovených v „Rozhodnutí ÚVZ SR pre povolenie uvádzania RAL do ŽP“ pre referenčnú JE (EMO12). Meranie sumárnej objemovej aktivity RN jódu vyplýva aj z požiadavky LaP pre objemovú aktivitu chladiva I.O. Sumárna aktivita všetkých RN v meraných energetických spektrách (sumárna „gama aktivita“) poskytuje informácie pre hodnotenie dávok personálu pri údržbe technológie JE.

Zvláštny význam vo vyhodnocovaných spektrách má anihilačný pík 511 keV (pík pozitronových rádionuklidov). Pri normálnej prevádzke systému KBF a tým aj monitorovacieho systému (so stabilným prietokom vzorky chladiva vzorkovacím odberovým potrubím) je v spektre veľmi výrazný. V systéme GSP monitorovania chladiva I.O. je indikátorom prietoku kontrolovanej vzorky chladiva odberovou trasou. Strata prietoku znamená pokles objemovej aktivity pozitronových žiaričov, čo je indikované významným znížením, resp. zánikom anihilačného píku v spektre.

Účinnosť kalibrácia spektrometra pre ATL geometriu merania sa robí pomocou „vzorkopodobnej“ kalibračnej trubky o rozmeroch DN25 x 3 mm a dĺžky 0,25 m, naplnenej fixačným géлом s prímiesou kalibračných RN o známej aktivite: ^{152}Eu ($3,0\text{E}+05$ Bq) a ^{241}Am ($6,0\text{E}+05$ Bq). Tieto dva RN dostatočne husto pokrývajú sledovaný energetický interval v rozsahu 0,08 až 1,7 MeV.

Tabuľka 11.4 - 26 Zoznam priebežne vyhodnocovaných RN v chladiči I.O. - Gama spektrometria I.O., 10 minútové meranie

Vyhodnocovaný rádionuklid	Spodná hranica meracieho rozsahu (MDA)	Horná hranica meracieho rozsahu	Jednotka
Pozitronové žiariče (511keV)	2.14E+07	3.86E+11	Bq/m ³
CL-38	2.91E+07	1.25E+09	Bq/m ³
AR-41	1.86E+07	5.56E+09	Bq/m ³
K-42	4.48E+07	2.78E+11	Bq/m ³
CO-60	1.41E+07	4.99E+10	Bq/m ³
KR-88	8.24E+07	2.54E+09	Bq/m ³
AG-110M	2.13E+07	5.85E+10	Bq/m ³
SB-124	1.06E+07	4.02E+09	Bq/m ³
I-131	3.23E+07	1.18E+09	Bq/m ³
XE-133	1.42E+08	4.50E+09	Bq/m ³
I-134	1.69E+07	2.40E+09	Bq/m ³
XE-135	2.93E+07	3.17E+09	Bq/m ³
XE-138	6.75E+07	5.50E+10	Bq/m ³

Tabuľka 11.4 - 27 Zoznam vyhodnocovaných RN v chladiči I.O. - Gama spektrometria I.O., 8 hodinové meranie

Vyhodnocovaný rádionuklid	Spodná hranica meracieho rozsahu (MDA)	Horná hranica meracieho rozsahu	Jednotka
Na-24	1.71E+06	1.20E+10	Bq/m ³
Cl-38	2.93E+06	1.97E+09	Bq/m ³
Ar-41	2.27E+06	5.90E+09	Bq/m ³
K-42	7.59E+06	2.64E+11	Bq/m ³
Cr-51	4.26E+07	1.33E+10	Bq/m ³
Mn-54	1.42E+06	1.43E+10	Bq/m ³
Co-58	1.77E+06	9.31E+10	Bq/m ³
Fe-59	3.36E+06	2.69E+09	Bq/m ³
Co-60	1.81E+06	9.95E+09	Bq/m ³
Kr-85m	4.41E+06	2.06E+09	Bq/m ³
Kr-87	6.03E+06	1.56E+09	Bq/m ³
Kr-88	1.32E+07	4.01E+09	Bq/m ³
Kr-89	5.87E+07	1.06E+09	Bq/m ³
Nb-95	1.55E+06	2.99E+10	Bq/m ³

Vyhodnocovaný rádionuklid	Spodná hranica meracieho rozsahu (MDA)	Horná hranica meracieho rozsahu	Jednotka
Zr-95	3.34E+06	1.75E+10	Bq/m ³
Ag-110m	1.67E+06	9.77E+09	Bq/m ³
Sb-124	1.78E+06	1.93E+09	Bq/m ³
I-131	4.99E+06	1.87E+09	Bq/m ³
I-132	1.68E+06	4.09E+09	Bq/m ³
I-133	1.85E+06	1.37E+09	Bq/m ³
Xe-133	3.35E+07	7.12E+09	Bq/m ³
Xe-133m	3.27E+07	4.93E+09	Bq/m ³
Cs-134	2.32E+06	3.80E+08	Bq/m ³
I-134	1.99E+06	8.83E+09	Bq/m ³
I-135	6.54E+06	2.87E+09	Bq/m ³
Xe-135	3.96E+06	5.01E+09	Bq/m ³
Cs-137	1.88E+06	2.93E+09	Bq/m ³
Xe-137	3.19E+07	1.52E+10	Bq/m ³
Cs-138	1.98E+06	1.17E+09	Bq/m ³
Xe-138	9.15E+06	8.68E+10	Bq/m ³
La-140	1.16E+06	6.17E+10	Bq/m ³
Np-239	2.24E+07	1.23E+09	Bq/m ³

Tabuľka 11.4 - 28 Zoznam vyhodnocovaných sumárnych objemových aktivít v chladive I.O. - Gama spektrometria I.O., 8 hodinové meranie

Vyhodnocované rádionuklidy	Jednotka
Sumárna „gama aktivita“	Bq/m ³
Sumárna aktivita RN kryptónu	Bq/m ³
Sumárna aktivita RN xenónu	Bq/m ³
Sumárna aktivita RN jódu	Bq/m ³
Čas vyčítania údajov	s

Pre každý blok je gamaspektrometrický systém riešený samostatne (autonómne). Gamaspektrometrický systém meria na dvoch potrubných trasách odberu vzoriek a to vždy iba jednu. Systém je vybavený otočným diaľkovo riadeným kolimátorom, ktorý umožňuje voľbu meracej trasy. Ovládanie kolimátora gamaspektrometra spolu s voľbou meranej trasy je vykonávané z DRK (ISRK). Výsledky z merania na oboch blokoch sú prenášané do ISRK a do chemického informačného systému.

Monitor je založený na gama spektrometrickej zostave, ktorú tvorí:

- polovodičový HPGe detektor, základné parametre spektrometrickej zostavy sú v Tabuľka 11.4 - 29,

- jednotka elektrického chladenia detektora, typ Cryo-Pulse5,
- olovený dom s otočným trojpolohovým kolimátorom pre tienenie (a kolimovanie) detektora, s hrúbkou tienenia 70 mm (diaľkovo ovládaný),
- mnohokanálový analyzátor, typ Lynx (4096 kanálové spektrum) a SW balík Genie 2000,
- dva redundantne prepojené riadiace a vyhodnocovacie PC,
- nezávislá optická sieť Ethernet zaisťujúca prepojenie GSP jednotky a dvojice riadiacich PC,
- komunikačný uzol LAN a dátové konvertory zaisťujúce dátové prepojenie GSP jednotky so sieťovým rozhraním,
- riadiaca jednotka kolimátora,
- prepojovacia skrinka na rozvod elektrického napájania pre kolimátor, jednotku LYNX a LAN komunikačný uzol a pre dátové prepojenie GSP systému s ostatnými komponentmi ISRK.

Tabuľka 11.4 - 29 Základné parametre polovodičového spektrometra I.O.

Detegované žiarenie	Gama
Detekčná jednotka	polovodičový detektor HPGe, typ GC 1518
Predzosilňovač	typ TRP (2101P)
Energetický rozsah merania	75 keV ÷ 1,7 MeV
Energetické rozlíšenie pri 1332 keV	1,8 keV
Energetické rozlíšenie pri 122 keV	0,8 keV
Relatívna účinnosť detekcie	15 %
Typ chladiacej jednotky	Cryo-Pulse 5
Teplota chladenia	- 196 °C
Elektrický príkon chladiacej jednotky	325 W max.
Prevádzková teplota	-15 ÷ +35 °C

Softwarové a hardwarové monitorovacieho systému zabezpečuje:

- riadenie gamaspektrometrického merania - automatické získavanie, zobrazenie a ukladanie spektier,
- uloženie úplných spektrálnych a kalibračných parametrov na pevný disk,
- kvalitatívnu a kvantitatívnu analýzu,
- snímanie dát o stave GSP systému
- programový balík pre kvalitatívnu a kvantitatívnu analýzu,

- dátovú komunikáciu s ISRK (prenos dát a riadenie),
- automatický prenos spektier pre potreby chemickej kontroly do informačného systému CHDIS,
- redundanciu pri výpadku jedného z dvojice PC,
- autodiagnostiku a hlásenie porúch GSP systému.

Otočný kolimátor má dva otvory rôznych veľkostí zaisťujúcich rôznu účinnosť detekcie a tým aj rôzne meracie rozsahy. Požadovaný merací rozsah sa nastavuje otočením kolimátora do príslušnej polohy (príslušný otvor) v závislosti od úrovne aktivity kontrolovaného chladiča.

Zoznam polovodičových spektrometrických meracích kanálov je uvedený v Tabuľka 11.4 - 25.

Vzhľadom k umiesteniu detektora (priestor HZ) má systém elektrickú chladiacu jednotku polovodičového detektora, ktorá nevyžaduje obsluhu.

11.4.3.5.1.2 Monitorovanie objemovej aktivity RVP v chladiči I.O.

Monitor RVP v chladiči deteguje gama žiarenie emitované rádionuklidmi vzácnych plynov v chladiči I.O. Kontrolovaná vzorka chladiča je odoberaná za technologickými filtrami systému KBF, čím je zabezpečená tepelná aj radiačná úprava vzorky pred prívodom do detekčného bloku.

Na každej filtračnej linke systému KBF je jeden monitorovací systém (dva monitory na blok).

Monitor RN kryptónu v chladiči I.O. je založený na monitore kvapalín SAM201. SAM201 je scintilačný spektrometer - umožňuje selektívne meranie vybraných plyných RN, hlavne ^{87}Kr a ^{88}Kr . Identifikácia týchto RN a ich objemová aktivita signalizujú vznik plynových netesností paliva. Scintilačný detektor je v ATL geometrii s meranou časťou odberového potrubia.

Meria sa objemová aktivita RVP plynov v chladiči I.O., hlavne ^{88}Kr a ^{87}Kr , za účelom zistenia počiatočných štádií porušenia pokrytia paliva – tzv. plynové netesnosti.

Prietok chladiacej vody primárneho okruhu odberovým potrubím je zabezpečovaný tlakovým spádom na tepelných výmenníkoch vetiev čistiacej stanice. Indikátorom prietoku kontrolovanej vzorky vody v odberovom potrubí je plocha anihilačného píku (511 keV) v energetickom spektre. Anihilačný pík je generovaný pozitronovými žiaričmi s dostatočne dlhou konštantou polpremeny (napr. ^{13}N , ^{18}F).

Monitor aktivity RVP v chladiči I.O. je založený na scintilačnej gama spektrometrii. Zaznamenávané energetické spektrá sú analyzované nezávisle v troch energetických intervaloch (oknách) - Tabuľka 11.4 - 30.

Energetický interval 0,15 – 2,5 MeV pre meranie sumárnej objemovej aktivity RVP zohľadňuje maximálnu citlivosť merania a minimalizáciu pozadia od zabudovaného stabilizačného zdroja ^{241}Am .

Pre meranie objemovej aktivity ^{88}Kr a ^{87}Kr bol navrhnutý energetický interval 1,7 – 2,5 MeV, ktorému zodpovedá maximálny príspevok odozvy od týchto RN a zároveň rušivý príspevok od ďalších RN je minimálny.

Selektívne meranie objemovej aktivity ^{88}Kr v energetickom intervale 2,1 – 2,65 MeV pokrýva energetickú oblasť intenzívneho píku ^{88}Kr (2,4 MeV) s minimálnym príspevkom od ďalších RN s nižšími energiami

žiarenia gama. Do tohto energetického okna s malou významnosťou prispieva aj ^{87}Kr a na filtroch nezachytená časť ^{132}I . Rušivý vplyv ^{24}Na je na veľmi nízkej úrovni.

Primárnou meranou veličinou je početnosť impulzov v definovanom energetickom okne. Kalibračné koeficienty, resp. citlivosti merania, pre výpočet objemovej aktivity, boli stanovené na základe simulácií Monte-Carlo, s využitím SW produktu MCNP5. Na základe citlivosti merania bola stanovená MDA, ktorá je zároveň spodnou hranicou príslušného meracieho rozsahu.

Tabuľka 11.4 - 30 Zoznam sledovaných RN pri meraní sumárnej objemovej aktivity RVP v chladiči I.O.

Názov meracieho kanála	Energetické okno [MeV]	Spodná hranica meracieho rozsahu (MDA)	Jednotka
Kryptónový monitor - suma	0,15 - 2,5	2,00E+08	Bq/m ³
Kryptónový monitor - okno Kr-88+87	1,7 - 2,5	1,32E+07	Bq/m ³
Kryptónový monitor - okno Kr-88	2,1 - 2,65	4,07E+07	Bq/m ³
Kryptónový monitor - okno An 511 keV	0,461 – 0,561	2,5	s ⁻¹
Kryptónový monitor - suma	0,15 - 2,5	2,00E+08	Bq/m ³
Kryptónový monitor - okno Kr-88+87	1,7 - 2,5	1,32E+07	Bq/m ³
Kryptónový monitor - okno Kr-88	2,1 - 2,65	4,07E+07	Bq/m ³
Kryptónový monitor - okno An 511 keV	0,461 – 0,561	2,5	s ⁻¹
Kryptónový monitor - suma	0,15 - 2,5	2,00E+08	Bq/m ³
Kryptónový monitor - okno Kr-88+87	1,7 - 2,5	1,32E+07	Bq/m ³
Kryptónový monitor - okno Kr-88	2,1 - 2,65	4,07E+07	Bq/m ³
Kryptónový monitor - okno An 511 keV	0,461 – 0,561	2,5	s ⁻¹
Kryptónový monitor - suma	0,15 - 2,5	2,00E+08	Bq/m ³
Kryptónový monitor - okno Kr-88+87	1,7 - 2,5	1,32E+07	Bq/m ³
Kryptónový monitor - okno Kr-88	2,1 - 2,65	4,07E+07	Bq/m ³
Kryptónový monitor - okno An 511 keV	0,461 – 0,561	2,5	s ⁻¹

Monitor SAM201 pozostáva z nasledovných komponentov:

- scintilačná detekčná jednotka v olovenom tienení,
- lokálna jednotka pre spracovanie dát – LPU3/SAS, je meracou elektronikou pre scintilačný spektrometer, uskutočňuje analýzu nameraných spektier gama žiarenia,
- prepájacia skriňa.

Detekčná jednotka je inštalovaná na vzorkovacom potrubí a v olovenom tienení. Energeticky je nastavená pre detekciu gama žiarenia v rozsahu 0,1 – 3,4 MeV. Zvyšná časť jej energetického rozsahu je rezervovaná

pre účely stabilizácie spektrometra - detekciu žiarenia zabudovaného referenčného žiariča ^{241}Am . Základné parametre monitora sú uvedené v Tabuľka 11.4 - 31.

Zoznam meracích kanálov kryptónového monitora je uvedený v Tabuľka 11.4 - 25.

Tabuľka 11.4 - 31 Základné parametre kryptónového monitora na I.O.

Detegované žiarenie	Gama
Detekčná jednotka	scintilačný detektor NaI(Tl) $\varnothing 1,25'' \times 1''$
Teplotná stabilizácia meracieho kanálu	pomocou zabudovaného zdroja ^{241}Am (70 Bq) + teplotný senzor
Typická hodnota energetického rozlíšenia (pri záťaži do $1,0 \cdot 10^4 \text{ s}^{-1}$)	7,5 % (pre 661 keV)
Energetický rozsah merania	100 keV - 7,0 MeV
Tienenie detekčnej jednotky	Pb, 75 mm, geometria 4π
Rozsah merania	$3,7 \cdot 10^{+2}$ - $3,7 \cdot 10^{+12} \text{ Bq/m}^3$
TID (detektor v Pb)	10^{+3} Gy
Napájanie LPU	230 V _{AC} /50 Hz
Rozsah prevádzkových teplôt	+10 °C ÷ +40 °C
Maximálna relatívna vlhkosť	100% bez kondenzácie

11.4.3.5.1.3 Monitorovanie PD na odberovom potrubí chladiwa I.O.

Okrem stanovenia aktivity konkrétnych RN v chladiwe I.O. sa vykonáva aj meranie príkonu dávky gama žiarenia od chladiwa I.O.. Je to neselektívne meranie, PD prezentuje celkovú aktivitu chladiwa I.O.. Cieľom tohto merania je sledovanie aktivity štiepných produktov a stupňa porušenia obalu palivových článkov. Preto sú odbery realizované na oboch vetvách čistiacej stanice pred filtrami, t.j. inštalované sú dva monitory na reaktorový blok.

Monitor PD meria kontinuálne PD na vzorkovacom potrubí chladiwa I.O.. Úroveň PD gama žiarenia, emitovaného zo vzorkovacieho potrubia nesie informáciu o celkovej aktivite RN v chladiwe I.O., ktorá je tvorená:

- indukovanou aktivitou korózných produktov,
- indukovanou aktivitou prímiesí chladiwa,
- aktivitou štiepných produktov uvoľnených do chladiwa z porušených palivových článkov.

Meranie je realizované pomocou monitora príkonu dávky žiarenia gama GIM204-K4 (v zostave s LPU), ktorého detekčná jednotka je priložená k vzorkovaciemu potrubiu I.O.. Detekčná jednotka monitora PD je

inštalovaná na rovnakom odberovom potrubí ako detekčný blok pre GSP I.O., na ktorom je inštalované aj gamaspektrometrické monitorovanie chladiva I.O.

Vzorka chladiva je odoberaná pred technologickými filtrami systému KBF. Každá filtračná linka má svoje odberové (vzorkovacie) potrubia. Vzorkovacie potrubia sú odvedené do miestnosti, kde sú inštalované dva meracie kanály PD. Na každom odberovom potrubí, za detekčným blokom monitora GSP je inštalovaný jeden monitor GIM204-K4.

V priebehu normálnej prevádzky reaktorového bloku môžu byť filtračné linky prevádzkované samostatne alebo obe súčasne. S tým súvisia aj výrazné zmeny nameraných údajov monitorov PD. Po odstavení filtračnej linky bude príslušný monitor merať PD vzorky chladiva I.O., ktorá je bez prietoku „uzavretá“ v meracej trase. Úroveň nameranej hodnoty PD bude postupne klesať

Poznámka: Informáciu o odstavení filtračnej linky poskytujú kontinuálne spektrometre chladiva I.O. – polovodičový GSP aj scintilačný Kr monitor.

Pre aplikáciu monitora PD na vzorkovacom potrubí chladiva I.O. je zostava GIM204-K4 charakterizovaná nasledovne:

- detekčná jednotka je oddelená od LPU3 („remote“ verzia),
- detekčnú jednotku tvorí detekčná zostava SG/Si21 (LPU3/Si21R),
- PD je meraný v jednotkách Gy/hod,
- signalizačná úroveň:
 - varovná signalizačná úroveň: $2,0 \cdot 10^{-4}$ Gy/hod,
 - havarijná signalizačná úroveň: $5,0 \cdot 10^{-3}$ Gy/hod.

Celá monitorovacia trasa (vrátane odberových trás a ventilov) je zaradená do bezpečnostnej triedy BT III.

Základné parametre monitorovacieho systému GIM204-K4 sú uvedené v Tabuľka 11.4 - 32.

Zoznam meracích kanálov PD chladiva I.O. a príslušné vzorkovacie trasy sú uvedené v Tabuľka 11.4 - 25 .

Tabuľka 11.4 - 32 Základné parametre monitorovacieho systému GIM204-K4

Detekčná jednotka	Typ SG/Si21
Energetický rozsah merania	60 keV ÷ 3 MeV
Rozsah merania PD (podľa IEC 532)	$1,0 \cdot 10^{-6}$ až $1,0$ Gy/h
Potenciálny rozsah merania PD	$1,0 \cdot 10^{-8}$ ÷ $1,0 \cdot 10^{+2}$ Gy/h
Celková integrovaná dávka - detekčná jednotka	100 Gy
Celková integrovaná dávka - LPU	100 Gy
Napájanie	230 VAC
Teplotný pracovný rozsah	0°C ÷ +55°C
Maximálna vlhkosť	100% bez kondenzácie

11.4.3.5.2 Monitorovanie chladiva vložených okruhov

Vložené okruhy tvoria uzavreté cirkulačné chladiace okruhy. Zabezpečujú chladenie príslušných technologických zariadení, ktoré prichádzajú do kontaktu s chladivom primárneho okruhu. Radiačnou kontrolou vložených okruhov sa sleduje tesnosť tlakového rozhrania I.O. v technologických zariadeniach primárneho okruhu.

Kontrola únikov z I.O. do vložených okruhov hlavných cirkulačných čerpadiel (HCČ) a systému ochrany a riadenia reaktora (SORR) sa uskutočňuje meraním objemovej aktivity chladiva týchto vložených okruhov. Základom monitorov je monitorovacie zariadenia na meranie objemovej aktivity kvapalín LM211S.

VO HCČ zaisťuje chladenie HCČ, dochladzovača ŠOV-1, barbotážnej nádrže KO, chladiča organizovaných únikov a chladiča odberu vzoriek.

Na VO HCČ je inštalovaný jeden monitorovací systém na blok. Prietok vzorky vody cez detekčné zariadenie je zabezpečovaný tlakovým spádom na čerpadle vloženého okruhu¹⁴. Z výtlaku tohto čerpadla je voda z VO vedená do dvojcestného chladiča a privedená k detekčnému zariadeniu. Chladič je napojený na jeden z okruhov TVD. Odvodnou trasou je vzorka vody po prechode detekčným zariadením vedená späť do vloženého okruhu, na sanie čerpadla VO HCČ.

Systém VO SORR tvorí uzatvorený cirkulačný okruh, určený k chladeniu pohonov systémov ochrán a riadenia reaktora - SORR. VO pozostáva z troch čerpadiel o výkone 30 t/hod., dvoch tepelných výmenníkov, vyrovnávacej nádrže o objeme 1 m³, dvoch filtrov a spojovacieho potrubia a armatúr.

Na VO SORR je inštalovaný jeden monitorovací systém na blok. Prietok vzorky vody cez detekčné zariadenie je zabezpečený tlakovým spádom na čerpadlách vloženého okruhu. Vzorka vody je pred prívodom do detekčného zariadenia ochladená v dvojcestnom chladiči. Chladiče sú napojené na systém TVD. Odvodnou trasou je vzorka vody po prechode detekčným zariadením vedená späť do vloženého okruhu, na sanie čerpadiel VO SORR.

Strojná časť meracej linky je klasifikovaná v bezpečnostnej triede III. Monitor a jeho strojná časť sú klasifikované v seizmickej kategórii 1b.

Monitor má seizmickú klasifikáciu 2b a jeho strojná časť je zaradená do bezpečnostnej triedy BT III.

Zoznam meracích kanálov na vložených okruhoch 3. a 4. bloku je uvedený v Tabuľka 11.4 - 33.

Tabuľka 11.4 - 33 Zoznam kontinuálnych meraní objemovej aktivity chladiva vložených okruhov HCČ a SORR pripojených do ISRK

Názov merania	Prah signalizácie	
	varovný	havarijný
objemová aktivita VO HCČ 3.blok	7,0E+04	1,0E+05
objemová aktivita VO HCČ 4.blok	7,0E+04	1,0E+05
objemová aktivita VO SORR 3.blok	7,0E+04	1,0E+05
objemová aktivita VO SORR	7,0E+04	1,0E+05

¹⁴ Zostava troch zálohovaných čerpadiel

4.blok		
--------	--	--

Z vloženého okruhu je odoberaná vzorka chladiacej vody, ktorá je pred vstupom do detekčného bloku dochladzovaná v chladiči, zaradenom v odberovej trase. V oboch prípadoch VO je teplota kontrolovanej kvapaliny na vstupe do detekčného bloku max. 45 °C. Prietok vzorky je regulovateľný v rozsahu 60 až 600 l/hod.. Monitorovanie je kontinuálne a trvalé - v priebehu normálnej prevádzky reaktorového bloku. Monitorovacie systémy sú identické pre oba bloky MO34, na dvojbloku MO34 sú inštalované 4 monitorovacie systémy.

Monitorovací systém chladiča VO pozostáva z:

- monitora kvapalín LM211S,
- potrubnej odberovej trasy (DN15),
- chladiča kontrolovanej vzorky kvapaliny,
- prietokomeru,
- uzatváracieho a regulačného ventilu.
- preplachového potrubia s ventilmi.

Zostavu monitorovacieho systému LM211S tvorí:

- detekčný blok:
 - detekčná jednotka,
 - meracia nádoba,
 - olovené tienenie,
- blok meracej elektroniky - lokálna procesná jednotka LPU3/SAS,
- interná kabeláž, externá kabeláž (pripojenie monitora ku koncentrátoru).

Monitor LM211S je prietočný scintilačný monitor aktivity kvapalín. Scintilačná detekčná jednotka je umiestnená v meracej nádobe, cez ktorú preteká kontrolované médium. Detekčná jednotka s meracou nádobou je osadená v 4π olovenom tienení hrúbky 5 cm. Teplotná stabilita energetického spektra je zaistená vstavaným RN zdrojom ^{241}Am s aktivitou cca. 70 Bq. Monitorovací systém LM211S má zabudovaný prietokomer, ktorým je diaľkovo (v ISRK) kontrolovaný prietok vzorky.

Základné parametre monitora LM211S sú uvedené v Tabuľka 11.4 - 34.

Tabuľka 11.4 - 34 Základné parametre monitora aktivity kvapalín LM211S

Detegované žiarenie	gama
Detekčná jednotka	scintilačný detektor NaI(Tl) $\varnothing 1,25'' \times 1''$
Teplotná stabilizácia detektora	pomocou zabudovaného zdroja ^{241}Am (70 Bq) + teplotný senzor
Typická hodnota energetického rozlíšenia (pri záťaži do $1,0 \cdot 10^4 \text{ s}^{-1}$, energia 661 keV)	7,5 %
Energetický rozsah merania	0,1 ÷ 2,2 MeV

Kalibrácia	referenčný RN ^{137}Cs
Tienenie detekčnej jednotky	Pb, 50 mm, geometria 4π
Meracia komora	oceľová nádoba, objem 4,5 litra
Rozsah merania	$3,1 \cdot 10^{+3} \div 3,7 \cdot 10^{+9} \text{ Bq/m}^3$
Prietok kvapaliny cez meraciu nádobu monitora	$1 \div 10 \text{ l/min.}$
TID (detektor v Pb tienení)	10^{+3} Gy
Napájanie LPDU3	230 VAC/50 Hz
Prevádzkové teploty pre vzorkovací systém	$+10 \text{ }^\circ\text{C} \div +40 \text{ }^\circ\text{C}$
Rozsah prevádzkových teplôt (elektronika monitora)	$+10 \text{ }^\circ\text{C}$ až $+55 \text{ }^\circ\text{C}$
Max. rýchlosť zmeny teploty kontrolovanej kvapaliny	$15 \text{ }^\circ\text{C/hod.}$
Maximálna relatívna vlhkosť	100% bez kondenzácie

Vzhľadom na pokrytie možných zdrojových členov v chladive vložených okruhov boli zvolené tri energetické oblasti v sledovanom spektre gama žiarenia, implementované v monitore LM211S. Parametre meraní sú uvedené v Tabuľka 11.4 - 35.

Tabuľka 11.4 - 35 Parametre spektrometrického merania aktivity vložených okruhov

Názov meracieho kanála	Energetické okno [MeV]	Sledovaný RN	Spodná hranica meracieho rozsahu (MDA) [Bq/m ³]
3. blok			
Monitor VO SORR - SUM	$0,1 \div 2,5$	^{137}Cs	$1,0\text{E}+04$
Monitor VO SORR - okno K-42	$1,2 \div 1,7$	^{42}K	$5,5 \cdot 10^{+5}$
Monitor VO SORR - okno Na-24	$1,7 \div 2,5$	^{24}Na	$2,5 \cdot 10^{+4}$
Monitor VO HČČ - SUM	$0,1 \div 2,5$	^{137}Cs	$1,0\text{E}+04$
Monitor VO HČČ - okno K-42	$1,2 \div 1,7$	^{42}K	$5,5 \cdot 10^{+5}$
Monitor VO HČČ - okno Na-24	$1,7 \div 2,5$	^{24}Na	$2,5 \cdot 10^{+4}$
4. blok			
Monitor VO SORR - SUM	$0,1 \div 2,5$	^{137}Cs	$1,48 \cdot 10^{+4}$
Monitor VO SORR - okno K-42	$1,2 \div 1,7$	^{42}K	$5,47 \cdot 10^{+5}$
Monitor VO SORR - okno Na-24	$1,75 \div 2,5$	^{24}Na	$2,55 \cdot 10^{+4}$
Monitor VO HČČ - SUM	$0,1 \div 2,5$	^{137}Cs	$1,48 \cdot 10^{+4}$
Monitor VO HČČ - okno K-42	$1,2 \div 1,7$	^{42}K	$5,47 \cdot 10^{+5}$
Monitor VO HČČ - okno Na-24	$1,75 \div 2,5$	^{24}Na	$2,55 \cdot 10^{+4}$

Spodná hranica meracieho rozsahu bola stanovená pre dobu merania 600 s. To je zároveň doba merania spektra v monitoroch aktivity vložených okruhov.

11.4.3.5.3 Monitorovanie sekundárneho okruhu

Cieľom radiačných kontrol na sekundárnom okruhu JE je predovšetkým kontrola tesnosti tlakového rozhrania v PG a súvisiacich technologických zariadení z hľadiska radiačnej bezpečnosti. Rôznymi meracími systémami a metodikami sa radiačnou kontrolou médií sekundárneho okruhu sleduje ten istý parameter

technológie - tesnosť tlakového rozhrania medzi primárnym a sekundárnym okruhom v PG. Aktivita vybraných rádionuklidov v týchto médiách je mierou poruchy tesnosti rozhrania medzi primárnym a sekundárnym okruhom. Monitorovanie aktivity médií sekundárneho okruhu je uskutočňovaná kontinuálnymi meracími systémami a odberom vzoriek s následným laboratórnym vyhodnotením. Jedná sa o meranie:

- aktivity ostrej pary (kap.11.4.3.5.3.1),
- aktivity odluhov z PG (kap.11.4.3.5.3.2),
- aktivity parovzdušnej zmesi (odvetranie jamy vývev TG) (kap.11.4.3.5.3.3).

Radiačná kontrola tlakového rozhrania medzi I.O. a II.O v PG je riešená diverzifikovane - týmito tromi nezávislými monitorovacími systémami pre normálnu prevádzku reaktorového bloku.

Havarijné úniky chladiva I.O. cez tlakové rozhranie PG (rádu 100 m³/hod.) sú kontrolované havarijným systémom monitorovania PD inštalovaným na hlavných parovodoch, ktorý je popísaný v kap. 11.4.3.7.4.

Poznámky:

1. Monitorovanie médií II.O. je zálohované aj odbermi v rámci chemickej kontroly (podľa harmonogramu odberov vzoriek zo II.O.). Takýmto spôsobom sa kontroluje sumárna objemová aktivita beta RN v odluhoch PG a sumárna objemová aktivita „gama“ v kondenzáte.
2. V SRK referenčnej JE sú výstupy monitorov dopĺňané periodickým laboratórnym meraním aktivity trícia vo vzorkách odluhov. Vzhľadom na vysokú citlivosť laboratórneho stanovenia umožňuje indikovať počiatočné fázy poruchy tesnosti ešte pred tým, než to signalizujú ostatné monitorovacie systémy na sekundárnom okruhu.

Zoznam meracích kanálov monitorov na sekundárnom okruhu, typy monitorov, miesta ich inštalácie a meracie rozsahy sú uvedené Tabuľka 11.4 - 36. Informačné výstupy monitorovacích systémov na sekundárnom okruhu sú vyvedené do ISRK.

Tabuľka 11.4 - 36 Zoznam kontinuálnych meraní radiačnej kontroly sekundárneho okruhu počas normálnej prevádzky

Popis	Typ monitora	Merací rozsah
Objemová aktivita odluhu PG	LM211S	$3,7 \cdot 10^{+03} \div 3,7 \cdot 10^{+09}$ Bq/m ³
Objemová aktivita odluhu PG	LM211S	$3,7 \cdot 10^{+03} \div 3,7 \cdot 10^{+09}$ Bq/m ³
Monitor ¹⁶ N v ostrej pare PG31 až PG36	SGLM202	$1,0 \cdot 10^{-01} \div 5,0 \cdot 10^{+03}$ l/h
Monitor ¹⁶ Nv ostrej pare PG41 až PG46	SGLM202	$1,0 \cdot 10^{-01} \div 5,0 \cdot 10^{+03}$ l/h
Objemová aktivita jamy vývev TG	GIM204-K4	$1,0 \cdot 10^{-07} - 1,0 \cdot 10^{+02}$ Gy/h

Poznámka: Súčasťou monitorovania sekundárneho okruhu je aj havarijné monitorovanie ostrej pary, určené pre PAMS. Havarijné monitorovanie ostrej pary je popísané v kap. 11.4.3.7.4.

11.4.3.5.3.1 Monitorovanie netesnosti PG - meranie aktivity ¹⁶N v ostrej pare v hlavných parovodoch

Monitorovací systém ¹⁶N je určený na sledovanie tesnosti (resp. integrity) tlakového rozhrania medzi I.O. a II.O v parogenerátoroch. Toto tlakové rozhranie tvorí 2. fyzickú bariéru proti úniku RAL. Meraním sa hodnotí

prienik [l/hod] chladiva I.O. cez tlakové rozhranie v PG. Monitorované sú netesnosti, resp. prieniky podlimitných režimov (0,1 l/hod.), limitných režimov (cca. 1 l/hod.) až po hodnoty indikujúce začiatok vážnej poruchy tlakového rozhrania (cca. 5 000 l/hod.). Ďalšie štádia straty integrity sú monitorované havarijným monitorom PD, kap. 11.4.3.7.4. Rozsahy merania havarijného monitora a monitora aktivity ^{16}N sa prekrývajú - v hornej časti prevádzkového monitora a dolnej časti havarijného monitora.

Prienik cez tlakové rozhranie PG je určený na základe merania objemovej aktivity ^{16}N a ďalších technologických parametrov. Rádionuklid ^{16}N je produktom aktivácie chladiva, t.j. nezávisí na stupni poškodenia tesnosti pokrytia palivových článkov. Jeho produkcia v AZ je závislá na úrovni neutrónového toku - detekcia ^{16}N je možná len v dobe keď je reaktor na výkone.

Aktivita rádionuklidu ^{16}N v ostrej pare, v hlavných parovodoch, nesie informáciu o prieniku ^{16}N z chladiacej vody primárneho okruhu do parnej fázy sekundárnej časti PG. Primárnou meranou veličinou je aktivita rádionuklidu ^{16}N , z nej odvodenou veličinou je rýchlosť prieniku chladiva primárneho okruhu do sekundárneho okruhu v jednotkách l/hod.. Kalibračné koeficienty¹⁵, pomocou ktorých sa počíta hodnota prieniku v l/hod, boli stanovené výrobcom monitorovacieho systému. Zohľadňované boli pritom charakteristiky technológie I.O. a II. O. a optimálne uloženie každého detekčného bloku monitora. Algoritmus výpočtu prieniku, zahrňujúci kalibračné koeficienty aj technologické parametre, bol implementovaný do monitora vo výrobnom závode.

Pri odstavenom reaktore, resp. pri výkone < 20 % je možné sledovať tesnosť bariéry na základe aktivity RVP. Interpretácia nameraných hodnôt je komplikovanejšia, pretože aktivita RVP v I.O. súvisí so stupňom porušenia paliva aj so zmenou aktivity RVP v dôsledku ra-premeny. Expertíza v tomto prípade vyžaduje znalosť aktuálneho inventáru RN v primárnom okruhu. Z tohto dôvodu je prienik, hodnotený na základe aktivity RVP v hlavnom parovode, iba orientačný.

Základ metodiky monitorovania tesnosti tlakového rozhrania tvorí scintilačná gama spektrometria - postavená na báze monitorovacieho systému SGLM202, fy MGPI. Monitor má nastavené energetické „meracie“ okná:

- 4,5 ÷ 7,0 MeV, hlavné monitorovacie okno pre meranie objemovej aktivity ^{16}N (meranie prieniku v rozsahu 0,1 – 5000 l/hod.),
- 0,2 ÷ 2,5 MeV, pre meranie príspevku od RVP.

Každé meracie energetické okno je považované za spektrometrický merací kanál. Zoznam spektrometrických meracích kanálov je v Tabuľka 11.4 - 37.

Teplotne stabilizovaná scintilačná detekčná jednotka v olovenom tienení je v geometrii ATL priložená ku každému potrubiu ostrej pary (bez prídavného chladenia). Z dôvodu správnych pracovných podmienok (potlačenie rušivých vplyvov) sú detektory umiestnené vo vzdialenosti cca. 1 m od kolien parovodov a ostatných zariadení.

Vzhľadom na projektové umiestnenie hlavných parovodných potrubí v pozdĺžnej etažérke a miest inštalácie detekčných blokov bolo zhodnotené vzájomné ovplyvňovanie monitorov susednými parovodmi. Z analýzy vplyvu okolitej technológie vyplýva, že v prípade úniku RAL cez PG bude kontaminovaná para v potrubí ovplyvňovať aj výsledky merania monitora SGLM202, inštalovaného na susednom parovode PG s neporušeným tlakovým rozhraním. Monitor inštalovaný na parovode tesného PG bude indikovať falošný

¹⁵ Kalibračné koeficienty boli stanovené zvlášť pre každý každý parovod, resp. monitorovací systém na ňom.

signál na úrovni okolo 1 % až 12 % hodnoty indikovanej monitorom na parovode s netesným PG, v závislosti od polohy osadenia detekčného bloku na potrubí.

Zaznamenané 1024 kanálové energetické spektrá sú spracovávané a vyhodnocované jednotkou LPU3/SAS/NaI. Teplotná stabilizácia energetického spektra je zabezpečovaná korekčným algoritmom, ktorý využíva vstavaný teplomer a RN zdroj ^{241}Am .

Tabuľka 11.4 - 37 Zoznam meracích kanálov spektrometrov SGLM202, inštalovaných na hlavných parovodoch

Názov merania	Energetický interval	Rozsah merania		Jednotka
		Spodná hranica	Horná hranica	
Monitor PG - N16	4.5 - 7.0 MeV	1.00E-01	5.00E+03	l/hod
Monitor PG – RVP	0.1 – 2.5 MeV	88.7	3.00E+04	s ⁻¹
Monitor PG - N16	4.5 - 7.0 MeV	1.00E-01	5.00E+03	l/hod
Monitor PG – RVP	0.1 – 2.5 MeV	88.7	3.00E+04	s ⁻¹
Monitor PG - N16	4.5 - 7.0 MeV	1.00E-01	5.00E+03	l/hod
Monitor PG – RVP	0.1 – 2.5 MeV	88.7	3.00E+04	s ⁻¹
Monitor PG - N16	4.5 - 7.0 MeV	1.00E-01	5.00E+03	l/hod
Monitor PG – RVP	0.1 – 2.5 MeV	88.7	3.00E+04	s ⁻¹
Monitor PG - N16	4.5 - 7.0 MeV	1.00E-01	5.00E+03	l/hod
Monitor PG – RVP	0.1 – 2.5 MeV	88.7	3.00E+04	s ⁻¹
Monitor PG - N16	4.5 - 7.0 MeV	1.00E-01	5.00E+03	l/hod
Monitor PG – RVP	0.1 – 2.5 MeV	88.7	3.00E+04	s ⁻¹
Monitor PG - N16	4.5 - 7.0 MeV	1.00E-01	5.00E+03	l/hod
Monitor PG – RVP	0.1 – 2.5 MeV	88.7	3.00E+04	s ⁻¹
Monitor PG - N16	4.5 - 7.0 MeV	1.00E-01	5.00E+03	l/hod
Monitor PG – RVP	0.1 – 2.5 MeV	88.7	3.00E+04	s ⁻¹
Monitor PG - N16	4.5 - 7.0 MeV	1.00E-01	5.00E+03	l/hod
Monitor PG – RVP	0.1 – 2.5 MeV	88.7	3.00E+04	s ⁻¹
Monitor PG - N16	4.5 - 7.0 MeV	1.00E-01	5.00E+03	l/hod
Monitor PG – RVP	0.1 – 2.5 MeV	88.7	3.00E+04	s ⁻¹
Monitor PG - N16	4.5 - 7.0 MeV	1.00E-01	5.00E+03	l/hod
Monitor PG – RVP	0.1 – 2.5 MeV	88.7	3.00E+04	s ⁻¹
Monitor PG - N16	4.5 - 7.0 MeV	1.00E-01	5.00E+03	l/hod
Monitor PG – RVP	0.1 – 2.5 MeV	88.7	3.00E+04	s ⁻¹
Monitor PG - N16	4.5 - 7.0 MeV	1.00E-01	5.00E+03	l/hod
Monitor PG – RVP	0.1 – 2.5 MeV	88.7	3.00E+04	s ⁻¹

* v okne RVP je meraná iba početnosť impulzov [s⁻¹], hodnota početnosti 88,7 s⁻¹ predstavuje minimálnu hodnotu početnosti rozlíšiteľnú od početnosti pozadia (88 s⁻¹) stabilizačného zdroja ^{241}Am , pre dobu merania 3600 s. Hodnota početnosti pozadia bola poskytnutá výrobcom (MIRION MGPI).

Monitorovací systém ^{16}N pozostáva zo zostavy 6 identických monitorovacích zariadení SGLM202. Na každom parovode je umiestnený detekčný blok tohto monitorovacieho zariadenia. To umožňuje selektívne monitorovať stav tlakového rozhrania jednotlivých PG. SGLM202 realizuje vlastnú procedúru (resp. algoritmus vyhodnotenia) monitorovacieho procesu.

Monitorovací systém ^{16}N na jeden reaktorový blok pozostáva z:

- detekčného bloku (6 ks),
- nosnej konštrukcie detekčného bloku (6 ks),
- zostavy 6 ks bloku elektroniky - LPU3/SAS,
- zostavy 6 ks prepojovacích skriň,
- držiaku zostavy (LPU3 + prepojovacia skriňa) na stene - 3 ks,
- internej kabeláže SGLM202 - signálny a napájací kábel medzi DB a LPU3 a medzi LPU3 a prepojovacími skriňami,
- externej kabeláže - napájacia a signálna kabeláž medzi prepojovacími skriňami a koncentrátorom.

Zostavy monitorovania ^{16}N na parovodoch sú na 3. a 4. reaktorovom bloku identické.

Základné parametre monitora SGLM202K sú uvedené v Tabuľka 11.4 - 38.

Zoznam monitorovacích kanálov monitora ^{16}N na 3. a 4. bloku je uvedený v Tabuľka 11.4 - 36. Všetky detekčné bloky monitora ^{16}N (pre 3. a 4. blok) sú inštalované v pozdĺžnej etažérke (potrubný priestor), na hlavných parovodoch, pred PSA a PVP. Umiestnenie blokov meracej elektroniky (LPU3) je riešené s ohľadom na systémovosť zabezpečeného napájania a zabezpečenie inštalácie s minimálnymi vibráciami. Signalizačné úrovne pre monitor ^{16}N sú uvedené v Tabuľka 11.4 - 39 (stanovené na základe prevádzkových skúseností referenčnej JE - EMO12).

Tabuľka 11.4 - 38 Základné parametre monitora SGLM202K pre meranie aktivity ^{16}N ostrej pary

Detekčný blok	
Detegované žiarenie	gama
Detekčná jednotka	Scintilačný detektor NaI(Tl) $\varnothing$ 3" x 2"
Vysoké napätie - napájanie detekčnej jednotky	max. 900 V js
Zabudovaný referenčný ra-zdroj	^{241}Am cca. 300 Bq
Energetický rozsah - režim monitora ^{16}N	4,5 ÷ 7,0 MeV
Energetický rozsah - režim monitora RVP	0,2 ÷ 2,2 MeV
Ekvivalentná energia „gama“, generovaná ^{241}Am	2,7 ÷ 3,0 MeV
Tienenie detekčnej jednotky	Pb tienenie, hrúbky 50 mm,

	geometria 2π
Počet kanálov v energetickom spektre	1024
TID (pre detekčnú jednotku)	10^{+2} Gy
Hmotnosť detekčného bloku	230 kg
Rozsah merania	
Merací rozsah - v režime monitora ^{16}N	$0,1 \div 5000$ l/hod
Merací rozsah - v režime RVP	$0,5 \div 1,0 \cdot 10^{+5}$ s $^{-1}$
Elektrické parametre	
Elektrické napájanie LPU	230 V/ 50 Hz
elektrický príkon LPU	100 VA
Charakteristiky prostredia	
Prevádzková teplota	$10 \div 55$ °C
Relatívna vlhkosť	max. 100 %

Tabuľka 11.4 - 39 Referenčné signalizačné úrovne monitora ^{16}N

Signalizačné prahové úrovne - režim monitora ^{16}N	
Varovný prah	0,5 l/hod
Havarijný prah	1,0 l/hod
Signalizačné prahové úrovne - režim monitora RVP	
Varovný prah	50 s $^{-1}$
Havarijný prah	150 s $^{-1}$

11.4.3.5.3.2 Monitorovanie objemovej aktivity odluhov z PG

Meraním aktivity odluhov z PG je monitorovaný prienik chladiva primárneho okruhu do kvapalnej fázy sekundárnej časti PG. Pri porušení tesnosti teplovýmenných plôch parogenerátorov dochádza k prieniku RAL (z I.O.) do odluhu parogenerátorov.

Na každom reaktorovom bloku je inštalovaný jeden monitorovací systém LM211S, ktorým je meraná aktivita odluhov zo šiestich PG reaktorového bloku. Monitorovací systém odluhov PG kontroluje aktivitu „sumárnej“ vzorky odluhov, tvorenej z odluhov všetkých šiestich PG reaktorového bloku. Preto táto radiačná kontrola poskytuje iba globálnu informáciu o poruche tlakového rozhrania niektorého PG (alebo viacerých). Na identifikáciu PG s poruchou tesnosti teplovýmenných trubiek, slúži informácia z monitora ^{16}N resp. výsledky laboratórnych kontrol na základe odberu vzoriek z jednotlivých PG.

Meranie je kvalifikované v súlade s RG 1.97. Informácie z monitorov sú vyvedené do systému ISRK, I&C a PAMS (KAT.2) príslušného bloku. Do systému PAMS sú namerané hodnoty prenášaného vo forme analógového prúdového signálu $4 \div 20$ mA. Meranie je zaradené do bezpečnostnej triedy BT III a seizmickej kategórie 2b.

„Sumárna“ vzorka odluhov je odoberaná z kolektora, odvádzajúceho vodu zo všetkých šiestich parogenerátorov na filtre čistiacej stanice odluhov, na výtlaku čerpadla odluhu.

Prietok odberovými trasami je zaistený tlakovým spádom na škrtiacej clone.

V odberovej trase sú zaradené:

- dvojcestný chladič,
- monitor aktivity kvapalín,
- regulačný ventil,
- plavákový prietokomer.

Po vychladení v dvojcestnom chladiči je odoberaná vzorka meraná monitorom aktivity kvapalín typu LM211S. Prietok meracou trasou sa nastavuje lokálne regulačným ventilom (podľa plavákového rotametru) na cca. 16 l/min. Veľkosť prietoku má vplyv iba na rýchlosť odzvy monitora pri zmenách aktivity kontrolovanej kvapaliny (odluhu). Prietok vzorky je diaľkovo (v ISRK) kontrolovaný prietokomerom, zabudovaným v monitorovacom systéme LM211S.

Konštrukcia odberovej trasy umožňuje dekontamináciu meracieho objemu v detekčnom bloku monitora LM211S. To umožní udržiavať nízku úroveň pozadia v detekčnom bloku (pri potenciálnej možnosti kontaminácie meracej nádoby). Odtok preplachovej kvapaliny je vedený do špeciálnej kanalizácie.

Popis monitora LM211S aj jeho základné parametre sú uvedené v kap. 11.4.3.5.2 a v Tabuľka 11.4 - 34.

Kontrola aktivity odluhov je uskutočňovaná meraním aktivity v troch energetických oknách nameraného spektra gama žiarenia:

- selektívne meranie aktivity ^{24}Na ,
- selektívne meranie aktivity ^{42}K ,
- sumárne meranie v širokom energetickom okne, kalibrované na RN ^{137}Cs .

Doba naberaťia spektra je nastavená na 600 s. Zaznamenané energetické spektrá sú spracované procesnou jednotkou typu LPU3/SAS. V LPU je zároveň robený prepočet nameranej početnosti v jednotlivých oknách na objemové aktivity príslušných rádionuklidov. Zoznam spektrometrických meracích kanálov a základné parametre merania sú uvedené v Tabuľka 11.4 - 40.

Umiestnenie detekčných blokov a prislúchajúcich blokov elektroniky je uvedené v Tabuľka 11.4 - 36. Lokálna procesná jednotka LPU odovzdáva dátové informácie do ISRK.

Tabuľka 11.4 - 40 Zoznam meracích kanálov a parametre merania aktivity odluhov PG

Názov merania	Energetický interval [MeV]	Spodná hranica meracieho rozsahu (MDA) [Bq/m ³]
Monitor odluhu PG - suma - 3. blok	0,1 - 2,5	1,48E+04
Monitor odluhu PG - okno ^{42}K - 3. blok	1,2 - 1,7	5,47E+05
Monitor odluhu PG - okno ^{24}Na - 3. blok	1,7 - 2,5	2,55E+04
Monitor odluhu PG - suma - 4. blok	0,1 - 2,5	1,48E+04
Monitor odluhu PG - okno ^{42}K - 4. blok	1,2 - 1,7	5,47E+05
Monitor odluhu PG - okno ^{24}Na - 4. blok	1,7 - 2,5	2,55E+04

V tabuľke je uvedená hodnota MDA pre dobu merania $T = 600$ s. Horná hranica meracieho rozsahu je pre všetky tri okná: $4,7E+09$ Bq/m³.

11.4.3.5.3.3 Monitorovanie aktivity vzácnych plynov v ejektoroch z jamy vývev TG

Toto meranie zabezpečuje trvalú kontrolu aktivity RVP, uvoľňovaných do okolitého prostredia v prípade netesnosti rozhrania medzi primárnou a sekundárnou časťou PG. Jama vývev je odvetrávaná prirodzeným ťahom, ktorý je spôsobený rozdielom tlakov na oboch otvorených koncoch odvetrávacieho potrubia.

Odvetrávanie predstavuje jednu z potenciálnych ciest úniku RAL do ŽP. V podstate znamená bypass 3. bariéry - hermetickej zóny (primárneho kontajneru). Účelom merania je preto signalizovať prítomnosť rádionuklidov vo vzduchu uvoľňovanom do ŽP.

Na každom odvetracom potrubí je umiestená jedna detekčná jednotka pre meranie PD typu GIM204-K4. Umiestnená je vo vnútri potrubia (ϕ 324 x 8 mm), v oceľovom puzdre - „meracej studni“.

Primárne je kontrola aktivity ejektorových plynov realizovaná kontinuálnym meraním PD [Gy/h] v odvetrávacom potrubí jamy vývev. Jeho zvýšenie môže byť spôsobené zvýšením aktivity beta vzácnych plynov (⁴¹Ar, ⁸⁵Kr, ⁸⁶Kr, ⁸⁷Kr, ¹³⁷Xe a ¹³⁸Xe) potenciálne uvoľňovaných z kondenzátu. Na základe konverzného koeficientu¹⁶ je nameraná hodnota PD (s rozsahom merania $1 \cdot 10^{-8} \div 1 \cdot 10^{+3}$ Gy/h¹⁷) konvertovaná na sumárnu objemovú aktivitu RVP v parovzdušnej zmesi odvádzanej z jamy vývev TG.

Rozsah merania objemovej aktivity RVP je $3,7 \cdot 10^4 \div 3,7 \cdot 10^{15}$ Bq/m³ ¹⁸. Široký rozsah merania (11 rádov) umožňuje radiačnú kontrolu v normálnej aj havarijnej prevádzke. Meranie je kvalifikované v súlade s RG 1.97.

Výpočet objemovej aktivity je realizovaný v procesnom bloku merania (LPU) a tieto hodnoty sú prenášané na hornú úroveň ISRK, kde sú prezentované. Touto radiačnou kontrolou je monitorovaná potenciálna úniková cesta RAL do ŽP. Preto je signál s informáciou o meranej veličine okrem hornej úrovne ISRK vedený aj do havarijného do systému I&C a PAMS (KAT.2). Namerané hodnoty sú do systému PAMS prenášaného formou analógového prúdového signálu $4 \div 20$ mA.

Vzhľadom k tomu, že sa jedná o prirodzený ťah odvetrávacím potrubím, nie je objem uvoľňovanej vzdušiny stabilný a je závislý na poveternostných podmienkach. V potrubí je preto inštalovaný tiež prietokomer, pripojený k procesnej jednotke LPU3/Si21R. Na základe hodnôt prietoku v tomto potrubí je robený odhad celkovej uvoľnenej aktivity do ŽP.

Základ monitorovacieho systému GIM204-K4 tvorí zostava: detekčná jednotka SG/Si21 + LPU/SiR. Popis monitora so základnými charakteristikami je uvedený v Tabuľka 11.4 - 32 v kap. 11.4.3.5.1.3.

V súlade s prevádzkovými skúsenosťami referenčnej JE sú navrhnuté prahy signalizácie uvedené v Tabuľka 11.4 - 41.

¹⁶ Konverzný koeficient bol stanovený pomocou modelovacieho programu pre výpočet príkonu dávky od žiarenia gama „VISIPLAN“

¹⁷ Spodná hranica meracieho rozsahu vyplýva z meracej schopnosti, udávanej výrobcom

¹⁸ Spodnej hranici rozsahu merania zodpovedá zdrojový člen, ktorý charakterizuje neporušené palivo - parovzdušná zmes potenciálne obsahuje iba ⁴¹Ar.

Tabuľka 11.4 - 41 Prahy signalizácie monitora ejektorových plynov

Prah signalizácie	Primárna veličina - PD [Gy/h]	Objemová aktivita [Bq/m ³]
varovný prah	$1,5 \cdot 10^{-6}$	$1,2 \cdot 10^{+7}$
havarijný prah	$3,5 \cdot 10^{-6}$	$2,8 \cdot 10^{+7}$

11.4.3.5.4 Kontrola objemovej aktivity technickej vody

Kontrola aktivity vody v okruhoch systémov technickej vody dôležitej a nedôležitej predstavuje kontrolu na rozhraní so ŽP v priebehu normálnej (nehavarijnej) prevádzky. Toto rozhranie je bariérou, zabráňujúcou šíreniu rádioaktívnych látok do ŽP.

Systém technickej vody je uzatvorený systém a technická voda sa vracia k opätovnému použitiu. Technická voda je určená na chladenie zariadení I.O..

Systém technickej vody je tvorený:

- systémom technickej vody dôležitej (TVD),
- systémom technickej vody nedôležitej (TVN).

Cieľom kontroly aktivity v technickej chladiacej vode je zistenie prípadnej netesnosti chladených technologických zariadení, ktoré obsahujú aktívne médium. Meranie poskytuje globálnu informáciu o tesnosti tlakového rozhrania všetkých technologických zariadení I.O., napojených na konkrétny okruh TVD, resp. TVN. To znamená obmedzenie monitorovacieho systému - nemožno dostatočne spoľahlivo a rýchle detegovať spotrebiče I.O. s poruchou tlakového rozhrania. Vzhľadom k tomu, že tieto meracie kanály sú určené pre kontrolu v priebehu normálnej prevádzky reaktorového bloku, nie je uvedené obmedzenie významné.

Metodika monitorovania je identická pre TVN aj pre TVD. Metodika monitorovania je založená na scintilačnej gama spektrometrii, pomocou monitora typu SAM201 (fy MGPI). Spektrometer je energeticky nastavený pre detekciu gama žiarenia v rozsahu 0,1 až 3,4 MeV. Zvyšná časť jej energetického rozsahu je rezervovaná pre účely stabilizácie spektrometra - detekciu žiarenia zabudovaného referenčného žiariča ²⁴¹Am. Základné parametre monitora sú uvedené v Tabuľka 11.4 - 44.

Pri normálnej prevádzke reaktorových blokov je kontrolovaná objemová aktivita vody na odvodných kolektoroch jednotlivých systémov TVD a TVN z HVB. Na každej vetve TVD a TVN je inštalovaný monitor.

Kontrola tesnosti rozhrania medzi chladenými zariadeniami I.O. a systémami TVD a TVN je uskutočňovaná meraním celkovej objemovej aktivity a selektívnym meraním objemovej aktivity rádionuklidov ²⁴Na + ⁴²K a ⁸⁷Kr + ⁸⁸Kr.

Meraním sú získavané 1024 kanálové energetické spektrá gama žiarenia, emitovaného z kontrolovanej TVD alebo TVN. Informácia z merania je získavaná spracovaním troch energetických okien v zosnímanom spektre gama žiarenia:

- 0,15 ÷ 2,0 MeV (celková objemová aktivita korózných a štiepných produktov [Bq/m³], s kalibráciou na ¹³⁷Cs),

- 1,7 ÷ 2,5 MeV (príspevok rádionuklidov $^{87}\text{Kr} + ^{88}\text{Kr}$ v $[\text{Bq}/\text{m}^3]$),
- 1,35 ÷ 1,7 MeV (príspevok rádionuklidov $^{42}\text{K} + ^{24}\text{Na}$ v $[\text{Bq}/\text{m}^3]$).

Dve selektívne energetické okná charakterizujú úniky chladiwa I.O. pre dva stavy pokrytia paliva - okno $^{42}\text{K} + ^{24}\text{Na}$ (pre tesné palivo) a okno $^{87}\text{Kr} + ^{88}\text{Kr}$ (palivo s porušeným hermetickosti - s plynovou netesnosťou). Rozsahy merania sú uvedené v Tabuľka 11.4 - 42. Spodná hranica meracieho rozsahu je totožná s MDA.

Zaznamenané počtynosti v jednotlivých energetických intervaloch $[\text{s}^{-1}]$ sú na základe príslušných prevodových koeficientov prepočítané na jednotky objemovej aktivity $[\text{Bq}/\text{m}^3]$.

Doba cyklu naberania a vyhodnotenia spektra je premenlivá a závislá na úrovni objemovej aktivity kontrolovanej vody v TVD, resp. TVN systéme. Cyklus obnovovania údajov je 60 s (1 min).

Pre aplikáciu monitorovania technickej vody má spektrometrický scintilačný monitor SAM201 zjednodušenú zostavu. Nevyžaduje tieniacu konštrukciu. Meraciu zostavu tvorí:

- scintilačná detekčná jednotka, NaI(Tl),
- lokálna jednotka pre spracovanie dát – LPU3/SAS,
- prepojovacia skriňa,
- nosná konzola (prepojovacia skriňa + LPU3/SAS),
- interná a externá kabeláž,
- koncentrátor.

Tienenie detekčnej jednotky voči externému žiareniu z pozadia tvorí samotná kontrolovaná voda, ktorá v rozšírenej časti odtokového potrubia vytvára dostatočnú tieniacu vrstvu.

Detekčné bloky sú umiestnené na kolektorových potrubiach v systémoch.

Priestory, v ktorých sú inštalované meracie nádrže na potrubiach TVD a TVN, sú uvedené v Tabuľka 11.4 - 43. Meracia elektronika týchto kanálov je inštalovaná na stenách, v blízkosti meracích nádrží.

Tabuľka 11.4 - 42 Rozsahy merania monitora TVD, TVN (pre dobu merania 600 s)

Okno Energetický interval [MeV]	Suma „gama“ 0,15 - 2,0	$^{87}\text{Kr} + ^{88}\text{Kr}$ 1,7 - 2,5	$^{42}\text{K} + ^{24}\text{Na}$ 1,35 - 1,7
MDA $[\text{Bq} \cdot \text{m}^{-3}]$	2,2E+03	2,5E+04	1,8E+04
Spodná hranica rozsahu merania $[\text{Bq} \cdot \text{m}^{-3}]$	2,2E+03	2,5E+04	1,8E+04
Horná hranica rozsahu merania $[\text{Bq} \cdot \text{m}^{-3}]$	3,7E+08	3,7E+08	3,7E+08

Tabuľka 11.4 - 43 Zoznam meracích kanálov kontinuálneho prevádzkového monitorovania technickej vody

Popis	Typ monitora	Merací rozsah $[\text{Bq}/\text{m}^3]$
Objemová aktivita TVD v okruhoch 3. bloku	SAM201 + NaI(Tl)	3,70E+03 - 3,70E+09

Popis	Typ monitora	Merací rozsah [Bq/m ³]
Objemová aktivita TVD v okruhoch 4. bloku	SAM201 + NaI(Tl)	3,70E+03 - 3,70E+09
Objemová aktivita TVN okruh PCB28	SAM201 + NaI(Tl)	3,70E+03 - 3,70E+09

Poznámka: Súčasťou monitorovania objemovej aktivity TVD sú aj havarijné merania určené pre PAMS. Havarijné monitorovanie objemovej aktivity TVD je popísané v kap. 11.4.3.7.5.

Tabuľka 11.4 - 44 Základné parametre prevádzkového monitora technickej vody typu SAM201

Detegované žiarenie	Gama
Detekčná jednotka	scintilačný detektor NaI(Tl) ø1,25" x 1"
Teplotná stabilizácia meracieho kanálu	pomocou zabudovaného zdroja ²⁴¹ Am (70 Bq) + teplotný senzor
Typická hodnota energetického rozlíšenia (pri záťaži do 1,0.104 s⁻¹) pre energiu 661 keV	7,5 %
Energetický rozsah merania	100 keV - 7 MeV
Rozsah merania	3,7.10 ⁺² - 3,7.10 ⁺¹² Bq/m ³
Napájanie LPU	230 V AC
Rozsah prevádzkových teplôt	+10 °C ÷ +40 °C
Maximálna relatívna vlhkosť	100% bez kondenzácie

11.4.3.5.5 Monitorovanie ionizujúceho žiarenia na vzduchotechnických systémoch

VZT systémy vo všeobecnosti zaisťujú v HVB a v BaPP vytvorenie vhodného pracovného prostredia pre technologické zariadenia (chladenie, odvod parovzdušnej zmesi) a pre personál (výmena vzduchu s vhodnými parametrami teploty a vlhkosti a zlepšovanie radiačnej situácie). Okrem toho sú určené na likvidáciu následkov havarijných stavov na hlavnom technologickom zariadení. Popis VZT systémov a ich parametre (z hľadiska strojnej technológie a funkcií) - sú uvedené v [I.3], [I.4].

Radiačné monitorovanie na VZT systémoch predstavuje väzbu medzi PS12 a VZT systémami.

Radiačnou kontrolou na vzduchotechnických systémoch sú sledované dva aspekty:

- **radiačný** - monitorovania aktivity v ovzduší priestorov z potenciálnym výskytom RAL (HZ a vzduchotesná zóna HVB, BaPP).

- **diagnostický** - na základe informačných výstupov z radiačnej kontroly možno:
 - posudzovať účinnosť vybraných technologických filtrov (aerosólových, jódomých) ako tretej bariéry proti šíreniu RAL. Vo filtračných VZT systémoch sú kontinuálne monitory inštalované za technologickými filtermi - vzdušina je monitorovaná na výstupe filtračného systému, t.zn., že radiačná kontrola kontroluje proces filtrácie
 - posudzovať stav tesnosti, resp. integrity technologických okruhov a zariadení I.O. - monitorovanie aktivity vzduchu odťahovaného z priestorov HZ.

Radiačná kontrola aktivity vzdušín sa na MO34 uskutočňuje na:

- odsávacích VZT systémoch a čistiacich staniciach, v oboch prípadoch s odvodom vzdušiny do ventilačného komína
- cirkulačných VZT systémoch HZ,
- prírodných VZT systémoch vzduchu do BD a ND.

Ostatné prírodné VZT systémy na MO34 nemajú inštalovanú stabilnú RK.

Sledovanou radiačnou charakteristikou vzduchu vo vzduchotechnických systémoch je objemová aktivita RAL vo vzduchu: RVP, aerosólov a jódu.

Kontinuálne monitorovanie je zabezpečené stabilnými monitorovacími systémami SRK pripojenými do ISRK:

- aerosóly – monitory typu ABPM201L, ABPM203K,
- jódy - monitory typu IM201L,
- RVP - monitory typu NGM204K (v HVB) a NGM209K (v BaPP).

Spôsob monitorovania závisí od typu VZT systému, t.j. od toho, či VZT obsahuje technologické filtre a od toho, aké typy technologických filtrov sú inštalované (aerosólové, jódomé). Stabilné monitorovacie systémy RK sú inštalované:

- na odberových trasách vyvedených z odťahových VZT systémov
 - kontrolovaná je objemová aktivita RVP a aerosólov, resp. aj pár jódu ,
 - na základe merania objemovej aktivity aerosólov a jódu možno posudzovať stav filtračnej zostavy,
 - kontrola objemovej aktivity RVP predstavuje kontrolu kontaminácie ovzdušia RVP vo ventilovaných priestoroch,
- na odberových trasách vyvedených z cirkulačných VZT systémoch,
- v príslušnom priestore BD - kontrolovaná je kontaminácia ovzdušia BD.

Prietok vzorky cez odberovú trasu a detekčný blok je zabezpečený centrálnym odberovým systémom (pre VZT systémy v HVB) alebo samostatným dúchadlom, ktoré je súčasťou monitorovacieho systému (pre VZT systém KLE 90 v BaPP). Samostatným vlastným dúchadlom je zabezpečovaný odber pre monitorovanie kontaminácie vzduchu v BD a ND.

Vo všetkých prípadoch kontinuálnej RK na VZT systémoch sa jedná o off line monitorovanie - odber vzorky vzduchu z príslušného vzduchovodu, prechod cez detekčný blok a odvod vzorky buď systémom COS do ventilačného komína alebo návrat vzorky do VZT potrubia.

Ak sú u kontinuálneho odberu vzorky vyhodnocované všetky tri zložky kontaminácie ovzdušia, monitorovacie zariadenia na meranie aerosólov, jódu a RVP sú zapojené za sebou, v príslušných spoločných odberových trasách. Okrem efektivity použitia COS sa tým zároveň zabezpečuje úprava vzorky pre monitory jódu a RVP.

Aerosólové odberové trasy sú riešené s ohľadom na izokinetický odber - t.j. uskutočniť odber aerosólov s čo najširším veľkostným spektrom. Na začiatku odberovej trasy je izokinetická odberová sonda, pevne zabudovaná do potrubného vzduchovodu (zváraným spojom). Pomery izokinetiky vychádzajú z rýchlostného profilu prúdenia v kontrolovanom vzduchovode a z projektovanej hodnoty prietoku odberovou trasou (monitorom) - 35 l/min. S cieľom zníženia strát v spektre aerosólov sú optimálne navrhované celé odberové trasy, vrátane ich dĺžky a tvarovania. V konečnom dôsledku aj výber umiestnenia detekčného bloku monitora zodpovedá takejto optimalizácii. Odberové trasy sú vybavené odlučovačmi vlhkosti, plavákovými prietokomermi, regulačnými a uzatváracími ventilmi.

Odberové miesto, miesto osadenia odberovej sondy vyhovuje požiadavkám na odbery, uvedeným v [II.8]. Splnenie týchto podmienok zabezpečujú reprezentatívnosť odberu vzorky. Odberové miesta (vo vzduchovode zavarená odberová sonda) musí vyhovovať podmienkam tesnosti vzduchovodu, preukázanej tesnostnými skúškami.

Okrem spracovania nameraných hodnôt objemových aktivít všetkých troch zložiek kontaminácie vzduchu (pri kontinuálnom monitorovaní) sú v systéme ISRK signalizované aj stavy prekročenia nastavených prahov signalizácie, uvedené sú v Tabuľka 11.4 - 45.

Základné charakteristiky jednotlivých monitorov pre kontinuálne monitorovanie sú súhrnne uvedené v Tabuľka 11.4 - 46.

Diskontinuálne monitorovanie VZT systémov je uskutočňované:

- diskontinuálnymi odbermi aerosólov na pevné filtre, s následným laboratórnym meraním. Takýmto spôsobom sú kontrolované:
 - odbery zo vzduchotechniky.
 - „čistiace filtre“ samostatných odberov, ktoré sú predradené kontrole aktivity RVP vo VZT systémoch
 - „čistiace filtre“, predradené kontrole aktivity RVP v sekvenčných monitoroch (HVB a BaPP
- operatívnu, resp. periodickou kontrolou aerosólov a jódu - vzorkovanie s následnou laboratórnou analýzou (vzorkovač VOPV-12).
- operatívnu kontrolou pomocou mobilných monitorov RVP (typ FHT 59 EF), resp. aerosólov (typ ABPM203M).

Pri diskontinuálnej kontrole sú odobraté vzorky vyhodnocované laboratórnymi metódami (stanovenie sumárnej α , β aktivity, γ spektrometria)

Tabuľka 11.4 - 45 Referenčné signalizačné prahy pre kontinuálne monitorovacie zariadenia SRK na VZT systémoch

Monitor	varovný prah [Bq/m ³]	havarijný prah [Bq/m ³]	Poznámka
NGM 204K	4,0E+05	1,0E+06	monitorovanie RVP
ABPM201L	1,0E+02	2,0E+02	monitorovanie aerosólov
IM201L	1,0E+03	5,0E+03	monitorovanie pár jódu

Tabuľka 11.4 - 46 Základné parametre monitorovacích zariadení SRK na VZT systémoch

Typ monitora	monitor aerosólov ABPM201L	monitor jódu IM201L	monitor RVP NGM 204K
detegované žiarenie	Alfa, beta žiarenie	gama žiarenie	Beta žiarenie
energetický rozsah merania, resp. kontrolované RN	Alfa: 2 000 ÷ 10 000 keV Beta: 80 ÷ 2 500 keV	¹³¹ I	300 ÷ 3 000 keV ⁸⁵ Kr, ⁸⁷ Kr, ⁸⁸ Kr ¹³³ Xe, ⁴¹ Ar
rozsah merania	1.10 ⁰ ÷ 3,7.10 ⁶ Bq/m ³	2,1.10 ⁰ ÷ 3,7.10 ⁵ Bq/m ³	1.10 ⁴ ÷ 1.10 ¹⁰ Bq/m ³

11.4.3.5.5.1 Monitorovanie objemovej aktivity aerosólov a jódu

Vo vybraných VZT systémoch a čistiacich staniciach systému nakladania s RAO (odvetrania nádrží kvapalných RAO) sú inštalované filtračné stanice, ktoré pozostávajú z aerosólovej a jódovej sekcie. Stav týchto filtračných staníc je kontrolovaný meraním aktivity aerosólov a jódu na výstupe príslušnej sekcie. Cieľom kontroly je zabezpečiť trvale vysokú účinnosť filtrácie jednotlivých kontaminantov ovzdušia pred odvedením vzdušiny do ventilačného komína.

Kontinuálne meranie objemovej aktivity aerosólov a jódu je uskutočňované monitormi ABPM201L, ABPM203K (podrobnejší popis v Tabuľka 11.4 - 6 v kap. 11.4.3.1.2.1), resp. IM201L (podrobnejší popis v Tabuľka 11.4 - 14 v kap. 11.4.3.1.3.1). Týmto meraním možno detegovať iba stav zníženej účinnosti filtrácie, bez kvalitatívneho ocenenia.

Diskontinuálna kontrola aerosólov a jódu je vykonávaná pomocou vysoko výkonného odberového zariadenia VOPV-12 (podrobnejší popis v Tabuľka 11.4 - 9). Uskutočňuje sa odber vzorky aerosólov alebo jódu v relatívne krátkom čase. Odber aerosólov sa robí na pevný filter, odber jódu na vzorkovaciu nádobu so sorbentom¹⁹. Na VZT potrubiach sú inštalované pevné odberové miesta pred a za filtračnými zostavami príslušných VZT systémov. Odberové miesto pozostáva z izokinetickej odberovej sondy, zabudovanej do vzduchovodu [II.8] a uzatváracieho guľového ventilu²⁰. Vzorkovač VOPV-12 sa k odberovému miestu pripája

¹⁹ Zvyčajne na báze aktívneho uhlia, impregnovaného KI.

²⁰ Z dôvodu optimalizácie, dodržania vždy rovnakých bezpečnostných požiadaviek transportu odoberaných aerosólov, je v každom odberovom mieste iba jeden spoločný oddeľovací ventil (namiesto pôvodne navrhovaných dvoch - osobitne pre VZT a RK).

hadicou s rýchlospojkou. Podmienky izokinetického odberu sú vypočítané pre prietok odberovou trasou cca. 80 m³/hod.²¹

„Diskontinuálne“ odbery sú na VZT systémoch inštalované pred a za filtračnými jednotkami a spĺňajú podmienky požadované na odbery v [II.8]. Takýmto spôsobom sa kontroluje kontaminácia ovzdušia v miestnostiach, z ktorých je odľahovaný vzduch príslušným VZT systémom. Zároveň možno robiť aj prevádzkovú (orientačnú) kontrolu aerosólových technologických filtrov. Na základe vzorkovania vzdušiny pred a za príslušnou filtračnou sekciou je možné orientačne stanoviť aj úroveň účinnosti filtrácie²².

Operatívne monitorovanie objemovej aktivity aerosólov je zabezpečené aj pomocou prenosného monitora typu ABPM203M, ktorého základný popis je v Tabuľka 11.4 - 10 v kap.11.4.3.1.2.2.

11.4.3.5.5.2 Monitorovanie objemovej aktivity RVP

Kontinuálnym monitorovaním RVP vo VZT systémoch (bez ohľadu na to či sú to systémy s filtračnými stanicami alebo bez nich) sa sleduje aktivita vo ventilovaných priestoroch, s cieľom včas zistiť netesnosti príslušných technologických zariadení, t.j. neorganizované úniky v hermetických priestoroch. Informácie z týchto meraní slúžia tiež na ocenenie príspevkov jednotlivých priestorov (ventilačných systémov) k celkovým exhalátom z ventilačného komína.

Kontinuálne monitorovanie je zabezpečené pomocou monitorov typu NGM204K a NGM209K. Ich podrobnejší popis je v Tabuľka 11.4 - 12 v kap. 11.4.3.1.3.1. Operatívne monitorovanie je zabezpečené pomocou prenosného monitora typu FHT 59 EF, ktorého základné charakteristiky sú uvedené v Tabuľka 11.4 - 13 v kap.11.4.3.1.3.2.

11.4.3.5.6 Monitorovanie ionizujúceho žiarenia na čistiacich staniciach

Účelom radiačnej kontroly na čistiacich staniciach je kontrola tesnosti technologického zariadenia čistiacich staníc a kontrola funkcie zariadení. V SRK je monitorovaná aktivita technologických médií:

- kondenzát vykurovacej pary odpariek,
- voda odvádzaná do kontrolných nádrží čistiacej stanice odpadových vôd,
- vzdušina z okruhu technologického čistenia odvodu vzdušenia nádrží čistiacej stanice vôd,
- vzdušina v okruhoch stanice čistenia technologických odvodu vzdušenia.

11.4.3.5.6.1 Monitorovanie aktivity kondenzátu vykurovacej pary odpariek

Aktivita kondenzátu vykurovacej pary je indikátorom stavu bariéry proti šíreniu RAL v odpadkách, spoločných zariadeniach 3. a 4. bloku. Meracím kanálom je kontinuálne sledovaný prienik RAL do vykurovacej pary odpariek – monitorovaním aktivity kondenzátu na výstupe z chladičov kondenzátu. Cieľom monitorovania je rozhodovanie o smerovaní odvodu kondenzátu: do nádrže čistého kondenzátu sekundárneho okruhu, alebo do prepadu nádrží nečistého kondenzátu.

Monitorom kvapalín LM211S je meraná objemová aktivita kondenzátu off line spôsobom.

²¹ Je to približne stred výkonového rozsahu odberového zariadenia VOPV-12

²² Toto prevádzkové „testovanie“ účinnosti filtrácie nahrádza testovanie filtračných staníc (aerosólových vložiek, resp. sorpčných materiálov jódu), uskutočňované za presne definovaných podmienok, pozri [I.4].

Základ metodiky monitorovania je v scintilačnej spektrometrii. Zostavu monitorovacieho systému kondenzátu vykurovacej pary tvorí:

- monitor kvapalín LM211S,
- odberová trasa kondenzátu s ventilmi,
- chladič vzorky kondenzátu.

Popis a základné charakteristiky monitora LM211S sú uvedené v Tabuľka 11.4 - 34 v kap. 11.4.3.5.2.

Aktivita kondenzátu je monitorovaná na základe detekcie γ žiarenia v troch energetických oknách, uvedených v Tabuľka 11.4 - 47. Selektívne energetické okná umožňujú sledovať aktivitu vybraných RN s dostatočne dlhou dobou polpremeny²³, vzhľadom na technológiu spracovania KRAO.

Tabuľka 11.4 - 47 Zoznam meracích kanálov a základné parametre merania monitora aktivity kondenzátu vykurovacej pary (pre dobu merania 600 s)

Názov meracieho kanála	Energetické okno [MeV]	Kontrolovaný rádionuklid	Spodná hranica meracieho rozsahu (MDA) [Bq/m ³]	Horná hranica meracieho rozsahu [Bq/m ³]
Monitor kondenzátu vykurovacej pary odpariek - suma „gama“	0,1 - 1,5	¹³⁷ Cs	8,9.10 ⁺⁰³	4,70.10 ⁺⁰⁹
Monitor kondenzátu vykurovacej pary odpariek - okno ⁶⁰ Co	1,0 - 1,5	⁶⁰ Co	4,39.10 ⁺⁰⁴	4,70.10 ⁺⁰⁹
Monitor kondenzátu vykurovacej pary odpariek - okno ⁵⁴ Mn+ ⁵⁸ Co	0,75 - 0,95	⁵⁴ Mn+ ⁵⁸ Co	7,63.10 ⁺⁰⁵	4,70.10 ⁺⁰⁹

Hodnoty MDA a hranice rozsahu merania boli stanovené na základe vypočítaných citlivostí. Výpočet citlivosti merania bol vykonaný Monte Carlo simuláciou energetického spektra od vybraných RN pomocou kódu MCNP5.

Vzorka kondenzátu (60 až 600 l/hod) je odoberaná z výstupu chladiča vzorky v priebehu prevádzky odparky. Prietok v odberovej trase je zabezpečený tlakovým spádom na škrtiacej clone, zaradenej v potrubí na výstupe chladičov kondenzátu vykurovacej pary. Vzorka kondenzátu je pred vstupom na detekčné zariadenie chladená dvojcestným chladičom vzoriek na teplotu vhodnú pre monitor LM211S. Prietok kontrolovanej kvapaliny cez meraciu komoru monitora je trvale meraný prietokomerom, ktorý je súčasťou monitora LM211S.

Nameraná hodnota prietoku spolu s hodnotami objemových aktivít sú prenášané do ISRK.

²³ ⁵⁴Mn: T_{1/2} = 312,2 dňa, ⁵⁸Co: T_{1/2} = 70,78 dňa, ⁶⁰Co: T_{1/2} = 5,27 roku

11.4.3.5.6.2 Kontrola vody v kontrolných nádržiach čistiacej stanice odpadových vôd „ŠOV-3“

Kontrolné sú súčasťou dvoch identických paralelných filtračných liniek KRAO, navzájom zameniteľných. Obe kontrolné nádrže sú určené k zhromažďovaniu kondenzátu z destilačnej stanice - umožňujú rádiochemickú a radiačnú kontrolu kondenzátu pred prečerpaním do nádrží čistého kondenzátu. Na základe monitorovania (kontinuálneho v SRK aj diskontinuálneho v rámci rádiochemie) sa kondenzát prečerpáva do nádrží čistého kondenzátu, alebo je vypúšťaný ako nadbilančná tríciová voda, alebo je vrátený do odpadných nádrží k opätovnej filtrácii.

Kontinuálna „off line“ kontrola nátokovej vody sa uskutočňuje v oboch paralelných filtračných linkách na výstupe filtra vo vetve:

- čistenia drenážnych vôd primárneho okruhu,
- čistenia a hromadenia odpadových vôd z HVB a BaPP.

Meranie v každej vetve je samostatné. Kontinuálne monitorovacie systémy sú v oboch vetvách identické - monitor kvapalín LM211S. Popis a základné charakteristiky monitora LM211S sú uvedené v Tabuľka 11.4 - 34 v kap. 11.4.3.5.2.

Monitorovanie je na základe detekcie γ žiarenia v troch energetických oknách, uvedených v Tabuľka 11.4 - 48. Selektívne energetické okná umožňujú sledovať aktivitu vybraných RN s dostatočne dlhou polpremenou, vzhľadom na technológiu spracovania KRAO.

Tabuľka 11.4 - 48 Zoznam a parametre meracích kanálov RK vody pred vstupom do kontrolných nádrží

Názov merania	Energetické okno [MeV]	Sledovaný rádionuklid	Signalizačný prah	
			Varovný [Bq/m ³]	Havarijný [Bq/m ³]
Monitor vody ŠOV -3 - suma	0,1 - 1,5	suma „gama“	1,36E+04	4,70E+09
Monitor vody ŠOV -3 - okno Co60	1,0 - 1,5	Co-60	4,39E+04	4,70E+09
Monitor vody ŠOV -3 - okno Mn54	0,75 - 0,95	Mn-54+Co58	7,63E+05	4,70E+09
Monitor vody ŠOV -3 - suma	0,1 - 1,5	suma „gama“	1,36E+04	4,70E+09
Monitor vody ŠOV -3 - okno Co60	1,0 - 1,5	Co-60	4.39E+04	4.70E+09
Monitor vody ŠOV -3 - okno Mn54	0,75 - 0,95	Mn-54+Co-58	7.63E+05	4.70E+09

11.4.3.5.6.3 Kontrola čistiacej stanice odvzdušnenia nádrže ŠOV-3 a úložiska kvapalných odpadov (ČTON)

Systém ČTON je tvorený dvomi nezávislými prevádzkovými systémami:

- čistenie technologických odvzdušení nádrží s kvapalnými RAO,
- čistenie vzdušniny z evakuácie monžíkov.

Podrobnejší popis systému čistiacej stanice je uvedený v kap. 6.4.4 tejto PpBS [I.4].

Radiačná kontrola je vykonávaná s cieľom sledovať funkcie jednotlivých častí čistiacej stanice. Rozsah radiačnej kontroly je nasledovný:

- kontinuálna kontrola aktivity vzduchu na výstupe z čistiacej stanice,
- kontinuálna kontrola PD na povrchu nádrže zásad podsystému,
- kontinuálne meranie PD na vstupnom potrubí do čistiacej stanice,
- diskontinuálna kontrola funkcie aerosólových filtrov čistiacej stanice.

Kontinuálna kontrola vzdušiny je zabezpečená v nasledovnom rozsahu:

- monitorovanie objemovej aktivity aerosólov - monitor ABPM203K (popis v Tabuľka 11.4 - 6 v kap. 11.4.3.1.2.1),
- monitorovanie objemovej aktivity jódu - monitor IM201L (popis v Tabuľka 11.4 - 14 v kap.11.4.3.1.4.1),
- monitorovanie objemovej aktivity RVP - monitor NGM209K (popis v Tabuľka 11.4 - 12 v kap.11.4.3.1.3.1).

Kontinuálne monitorovacie systémy (aktivita vzduchu) sú inštalované v odberovej trase - prietok kontrolovanej vzdušiny v nej je zabezpečený tlakovým spádom na dúchadlách systému.

Kontinuálna kontrola PD je zabezpečená monitormi GIM204-K1 a GIM204-K4, ktorých základný popis je v Tabuľka 11.4 - 3 v kap.11.4.3.1.1.1 a v Tabuľka 11.4 - 32 v kap.11.4.3.5.1.3.

Hodnoty namerané kontinuálnymi meracími kanálmi sú spracovávané a prezentované v ISRK.

Pre dobu merania 3600 s a pre zanedbateľný vplyv externého pozadia gama žiarenia sú MDA pre monitorovanie aktivity zložiek plyných výpustí uvedené v Tabuľka 11.4 - 49.

Prahy signalizácie pre kontinuálne monitorovanie v čistiacej stanici ČTON sú uvedené v Tabuľka 11.4 - 50.

Tabuľka 11.4 - 49 MDA monitorov aktivity zložiek plyných výpustí pre dobu merania 3600 s

Monitorovaná veličina	MDA [Bq/m ³]
objemová aktivita aerosólov	$6,66 \cdot 10^{-1}$
objemová aktivita jódu	4,02
objemová aktivita RVP	$5,75 \cdot 10^3$

Tabuľka 11.4 - 50 Prahy signalizácie pre monitory SRK, inštalované v ČTON

Názov merania	Varovný prah signalizácie	Havarijný prah signalizácie
Objemová aktivita aerosólov v ČTON	$1,0 \cdot 10^{+2}$ Bq/m ³	$2,0 \cdot 10^{+2}$ Bq/m ³
Objemová aktivita jódu v ČTON	$1,0 \cdot 10^{+3}$ Bq/m ³	$5,0 \cdot 10^{+3}$ Bq/m ³
Objemová aktivita plynov v ČTON	$2,0 \cdot 10^{+5}$ Bq/m ³	$1,0 \cdot 10^{+6}$ Bq/m ³
Príkon dávky na prívode	$1,0 \cdot 10^{-5}$ Gy/h	$2,0 \cdot 10^{-5}$ Gy/h
Príkon dávky na nádrži zásad	$1,0 \cdot 10^{-4}$ Gy/h	$2,0 \cdot 10^{-4}$ Gy/h

11.4.3.5.6.3.1 Kontinuálna kontrola aktivity vzduchu na výstupe z čistiacej stanice

Vzorka vzduchu je kontinuálne odoberaná z potrubia na výtlaku dúchadiel systému. Kvôli minimalizácii strát aerosólov má odberové miesto zabudovanú izokinetickú odberovú sondu, z nerezovej ocele. Po prechode vzorky všetkými tromi monitormi je odberová trasa zaústená na sanie dúchadiel. Prietok kontrolovanej vzorky vzduchu v odberovej trase je 35 l/min. Subsystem kontroly aktivity vzduchu na výstupe poskytuje informáciu o:

- objemovej aktivite každej z troch základných zložiek plyných výpustí,
- prietoku v odberovej trase - meranie tromi nezávislými prietokomermi, každý z monitorov má inštalovaný vlastný prietokomer (SJZ týchto prietokomeroz sú uvedené v Tabuľka 11.4 - 50),
- stave dúchadiel monitora ABPM203K a monitora NGM209K.

11.4.3.5.6.3.2 Kontrola úrovne žiarenia od nádrží so zásadami v subsystéme

Systém je pomocný systém čerpania roztoku hydroxidu sodného v skruberoch - v prvom stupni filtrácie. Hydroxid sodný je tam ako médium, ktoré zaisťuje chemickú sorpciu látok obsiahnutých vo filtrovanej vzdušnine. Kontrola príkonu dávky na nádrži hydroxidu sodného poukazuje na účinnosť filtrácie v skruberi.

PD je meraný monitorom GIM204-K4, nameraná hodnota je v Gy/hod.

11.4.3.5.6.3.3 Kontrola úrovne žiarenia vstupnom potrubí do čistiacej stanice

PD na prívodnom potrubí je mierou kontaminácie vzduchu privádzaného na filtráciu do čistiacej stanice. Kontrola príkonu dávky je zabezpečená monitorom GIM204-K1.

11.4.3.5.6.3.4 Diskontinuálna kontrola funkcie aerosólových filtrov čistiacej stanice 8KPP70.

Cieľom tejto kontroly je posúdenie prevádzkovej kontroly účinnosti filtrácie²⁴ aerosólových filtrov.

Pomocou prenosného odberového zariadenia VOPV-12 (popis v Tabuľka 11.4 - 9) je uskutočňovaný odber vzorky aerosólov na pevný filter. „Exponované“ filtre sú vyhodnocované v laboratóriách, kde je stanovovaná objemová aktivita β , resp. α aktivita aerosólov.

Poznámka: Vzhľadom na RO, vzorka vzduchu z výstupu VOPV-12 je privádzaná naspäť do systému pred filter.

Frekvencia diskontinuálnej kontroly aerosólových filtrov systému je uvedená v príslušnom prevádzkovom predpise.

²⁴ Z jedného odberu, za filtrom nemožno stanoviť účinnosť filtrácie

11.4.3.5.6.4 Kontrola zariadenia v čistiacej stanici plynov technologických odvdzušení

Čistiaca stanica technologických odvdzušení je určená k čisteniu plyno-vzdušnej zmesi, privádzanej zo systémov technologických odvdzušení (zo systému spaľovania vodíka a z nádrží nečistého kondenzátu). Je spoločným zariadením pre obidva reaktorové bloky. 8KPM redukuje únik rádioaktívnych produktov vo forme aerosólov, pár jódu a hlavne RVP. Podrobný popis zostavy a funkcie čistiacej stanice 8KPM je v kap. 6.7.4.3. tejto PpBS [I.15].

Čistiaca stanica technologických odvdzušení tvorí jeden z prvkov 3. bariéry JE (hermetický priestor) proti šíreniu ra-látok do pracovného a životného prostredia. Radiačnou kontrolou funkčnosti čistiacej stanice je kontrolovaná tesnosť tejto bariéry. Jej tesnosť je daná aj úrovňou filtračnej schopnosti oneskorovacích liniek. Radiačná kontrola v čistiacej stanici plynov je zameraná hlavne na sledovanie funkcie adsorbérov. V systéme sú preto inštalované monitory:

- objemovej aktivity RVP na vstupoch každej čistiacej linky (t.j. na vstupe do adsorbéru) – monitor NGM204L ex.,
- objemová aktivita RVP a jódu na výstupe každej čistiacej linky – monitory NGM204L ex. a IM201L,
- objemová aktivita RVP a jódu na spoločnom kolektore všetkých troch liniek, pred odvodom vzdušiny do ventilačného komína – monitory NGM204L a IM201L.

Konštrukcia a zostava oneskorovacích liniek, vrátane objemu sorbentu v adsorbéri zabezpečujú, že v priebehu nominálnych režimov sa na ich výstupoch nemôže vyskytnúť aerosólová zložka plyných RAO z technologických odvdzušení. Preto v systéme nie je inštalované monitorovanie aerosólov. V kontrolovanej vzorke sa však môže vyskytovať uhlový prach, tzv. „výprach“ z adsorbéru, spôsobený degradáciou sorbentu.

V aplikácii čistiacej stanice technologických odvdzušení sú monitory NGM204L bez vlastného dúchadla. Prietok v odberovej trase (z výstupu jednotlivých liniek aj z výstupného kolektora 8KPM) je zabezpečený napojením na COS. V systéme čistiacej stanice plynov sú 4 kusy monitora NGM204K (3 kusy na výstupe každej linky a jeden na spoločnom kolektore).

NGM204L ex je modifikovaný monitor NGM204L s cieľom rozšírenia meracieho rozsahu smerom k vysokým hodnotám, do $10E+13$ Bq/m³. Na MO34 je inštalovaný (v HVB) na meraní aktivity RVP pred vstupom kontrolovanej vzdušiny do adsorbéru. Vzhľadom na pravdepodobnosť dosiahnutia vysokých hodnôt aktivity na vstupe do adsorbéru, prietok v odberovej trase je zabezpečený tlakovým spádom na komponentoch jednotlivých liniek systému. Návrat vzorky je vedený späť do čistiacej linky. V systéme čistiacej stanice plynov sú 3 kusy monitora NGM204L ex. (na vstupe každej linky).

11.4.3.5.6.4.1 Kontinuálne meranie aktivity RVP na vstupe adsorbéru

Na vstupe každej oneskorovacej linky (v časti pred adsorbérom) je vzorka plyno-vzdušnej zmesi odoberaná za samočistiacim aerosólovým filtrom.

11.4.3.5.6.4.2 Diskontinuálne meranie aktivity aerosólov na výstupe samočistiaceho filtra

V odberovej trase je pred monitorom NGM204L ex. zaradený čistiaci aerosólový filter..

11.4.3.5.6.4.3 Kontinuálne meranie aktivity RVP a jódu na výstupe adsorbéru

Vzorka vzdušniny je odoberaná na výtlaku dúchadiel každej oneskorovacej linky (odber za adsorbérom) - v odberových miestach. Prietok odberovou trasou je zabezpečovaný centrálnym odberovým systémom RK. V odberovej trase sú za sebou zaradené monitory jódu (IM201L) a RVP (NGM204L). Sorbent jódu monitora tvorí zároveň „čistiaci filter“ pre monitor RVP. Monitor jódu meria aktivitu ¹³¹I.

Pripojenie odberov z výstupov adsorbérov na COS zabezpečuje trvalý odber, nezávisle na stave dúchadiel oneskorovacích liniek. Má to význam hlavne pre možnosť režimu, keď oneskorovacie linky pracujú s pretlakom plyno-vzdušnej zmesi zo systému spaľovania vodíka 3(4)KPL²⁵. Odoberatá vzorka je cez COS odvádzaná do ventilačného komína.

Vzhľadom na typ sorpcie v adsorbéri (fyzikálna sorpcia) nemožno vylúčiť prítomnosť RN jódu na výstupe oneskorovacej linky, preto je inštalovaný aj monitor jódu.

Poznámka: Jódový monitor má predradený aerosólový filter, ktorý má zachycovať uhlový výprach z adsorbéru. Tým sa bráni zväčšovaniu tlakovej straty na patrónne jódového monitora.

11.4.3.5.6.4.4 Kontinuálne meranie aktivity RVP a jódu na kolektore všetkých troch oneskorovacích liniek

Vzorka plynovzdušnej zmesi je odoberaná z kolektora všetkých troch liniek, za spoločným jódovým filtrom. V odberovej trase sú zaradené monitory jódu a RVP. Monitor jódu meria aktivitu ¹³¹I. Odberová trasa je pripojená k COS.

Monitor RVP vytvára redundanciu monitorovania RVP na výstupe jednotlivých adsorbérov. Monitor jódu je inštalovaný hlavne kvôli režimu regenerácie zeolitových filtrov čistiacej stanice. Pri regenerácii je vedený čistý vzduch z miestnosti cez zeolitové filtre, pričom je možné uvoľnenie jódu zo zeolitového sorbentu, potenciálne zachyteného v nominálnom režime oneskorovacej linky. Aj v tomto prípade monitorovacej zostavy slúži pevný aerosólový filter (predradený sorpčnej patrónne jódového monitora) ako čistiaci filter kvôli potenciálnemu výprachu z adsorbérov.

11.4.3.5.6.5 Kontrola procesu hydraulického vyplavovania filtrov

Monitorovanie sa vykonáva kontinuálnym meraním príkonu dávky žiarenia gama v miestnostiach filtračných systémov. Na monitorovanie sa používajú monitory typu GIM204-K1. Podrobnejší popis monitora je v Tabuľka 11.4 - 3. Príslušná signalizačná jednotka je umiestnená na chodbe obsluhy, pred miestnosťou, kde je monitor umiestnený.

Rozsah merania PD je 1E-07 – 1E+02 Gy/h. Meracie kanály majú nastavený varovný prah na hodnotu 1E-04 Gy/h a havarijný prah na hodnotu 2E-04 Gy/h.

²⁵ V tomto režime sa optimalizuje sorpcia RVP - minimalizuje sa prietok filtrovaného vzduchu cez adsorbér.

11.4.3.6 Monitorovanie kontaminácie

Kontrola kontaminácie RAL pozostáva z kontroly povrchovej kontaminácie:

- plôch pracovných priestorov (vrátane podláh) a technologických konštrukcií, resp. zariadení,
- odevu a tela personálu v KP a na hranici areálu JE,
- predmetov, nástrojov a pracovných prostriedkov vynášaných z KP a vodíel na hranici areálu JE,

Kontrola povrchovej kontaminácie (spolu stierateľnej aj nestierateľnej) sa uskutočňuje priamym meraním pomocou:

- stabilne inštalovaných monitorovacích zariadení – autonómne zariadenia,
- prenosných meracích prístrojov.

Stierateľná forma kontaminácie sa kontroluje pomocou oteru a následným meraním aktivity oteru v laboratóriu, alebo pomocou prenosného meracieho prístroja.

11.4.3.6.1 Monitorovanie kontaminácie pracovných plôch a zariadení

Cieľom monitorovania je:

- operatívne meranie kontaminácie plôch stavebných a technologických konštrukcií - stanovenie podmienok na činnosti v rámci R- príkazu,
- spresňovanie radiačnej situácie v priebehu neštandardných stavov,
- periodické meranie kontaminácie plôch vo vybraných bodov v KP (kontrolné body sú definované v prevádzkovej dokumentácii RK),
- kontrola kontaminácie materiálu a pracovných prostriedkov pri výstupe z KP mimo HS - napr. vlečkový koridor.

Operatívne aj periodické meranie kontaminácie je vykonávané pomocou prenosných (operatívnych) meracích prístrojov RK a odberom vzorky kontaminácie povrchov - otermi s následným meraním aktivity oteru (laboratórnym vyhodnotením, alebo prenosnými prístrojmi).

Prenosné prístroje sú umiestené v DRK MO34 a operatívne používané podľa potreby prevádzky. K dispozícii sú:

- 9 ks meracích sond pre alfa - beta kontamináciu typu FHZ 742 (externé detekčné jednotky k FH40 G),
- 5 ks prenosných meračov kontaminácie typu LB 124 scint,
- 2 ks meračov kontaminácie podláh typu FHZ742 BP 17B-F (externé detekčné jednotky k FH40 G),
- 2 ks digitálnych ručných mnohokanálových analyzátorov typu InSpector 1000, so scintilačným detektorom,
- 3 ks prenosných prístrojov na meranie aktivity aerosólových filtrov a oterov, typu i-Solo

Základné parametre prenosných meracích prístrojov obsahuje Tabuľka 11.4 - 51.

Tabuľka 11.4 - 51 Základné parametre prenosných meracích prístrojov RK

Typ prístroja	Typ detektora	Detegované žiarenie	Energetický rozsah	Merací rozsah
FHZ 742 (externá sonda + FH 40 G)	ZnS scinitlačný detektor, citlivá plocha 125 cm ²	alfa, beta	-	0 – 100 000 im/s
LB 124 scint	ZnS:Ag scintilátor, citlivá plocha 170 cm ²	alfa, beta	-	Alfa: 0 – 5000 imp/s Beta: 0 – 50 000 imp/s
FHZ742 BP17B-F (externá eľkoploš. sonda k FH 40 G)	Plastický scintilátor citlivá plocha 600 cm ²	beta, gama	-	0,01 – 100 000 imp/s
Inspector1000	externý : NaI(Tl) 2“x 2“ interný: GM	gama	30 keV – 3 MeV	10 nSv/h – 100 mSv/h
iSolo PIPS alfa	PIPS	alfa, beta	alfa: 3 – 9,6 MeV beta: 0,125 – 2,2 MeV	-

11.4.3.6.2 Monitorovanie kontaminácie odevu a tela personálu

Monitorovanie je zabezpečené hlavne stacionárnymi autonómnymi prístrojmi. Pre upresnenie miesta a rozsahu identifikovanej kontaminácie sa používajú aj prenosné meracie prístroje. Základné charakteristiky monitorovacích zariadení sú uvedené v Tabuľka 11.4 - 52. Prehľad účelu a umiestnenia jednotlivých monitorov je uvedený v Tabuľka 11.4 - 53.

Monitorovanie osôb pri výstupe z KP do HS

Monitorovanie je zabezpečené celovými monitormi alfa, beta a gama kontaminácie typu Argos-5AB Zeus, doplnené čítačkou čiarového kódu a výstupnou závorou. Čítačka čiarového kódu slúži na identifikáciu kontrolovanej osoby.

Hlavným účelom monitorovania kontaminácie osôb a predmetov v HS je zabezpečiť dostatočne citlivé a kvalitné meranie kontaminácie osôb a predmetov na výstupe z KP v súlade s požiadavkami legislatívy. Má byť preukázateľné, že osoba, ktorá opustila KP spolu s drobnými predmetmi nie je povrchovo kontaminovaná.

Stacionárne monitorovacie systémy v HS sú autonómne vzhľadom na ISRK. Pripojené sú do informačného systému elektronickej osobnej dozimetrie SEOD. Informácia o ich stave je vyvedená do DRK, informácia

o úrovni kontaminácie je prezentovaná lokálne (zvuková a svetelná signalizácia) a zároveň v DRK, resp. v mieste riadenia a dohľadu nad činnosťou v HS (šatniar HS).

Povrchová kontaminácia je kontrolovaná na úrovni 0,4 Bq/cm².

Monitorovanie osôb v hygienických uzáveroch

Je zabezpečené portálovými monitormi typu RZB 04-04. Používané sú na kontrolu povrchovej kontaminácie na prechode v hygienických uzloch v KP. Detekčné jednotky monitora pokrývajú prednú a zadnú časť tela monitorovanej osoby. Monitory sú inštalované:

- na výstupe z reaktorovej sály.
- na výstupe z boxu PG.

Povrchová kontaminácia je kontrolovaná na úrovni 4 Bq/cm².

Monitorovanie osôb v sanitárnych uzloch

V dočasne zriadených sanitárnych uzloch v KP a v priestoroch, kde sa pracuje s otvorenými zdrojmi IŽ, vrátane priestorov spracovania RAO, sú inštalované monitory povrchovej kontaminácie ruky/nohy typu LB 147. Kontrola sa uskutočňuje s cieľom zabrániť kontaminácii priestorov a predmetov mimo pracovísk s otvorenými zdrojmi IŽ. Miesta inštalácie monitora ruky/nohy LB 147 sú v Tabuľka 11.4 - 53.

Monitorovanie osôb na sociálnych zariadeniach v KP

Cieľom monitorovania je kontrola povrchovej kontaminácie rúk na WC a pri zdrojoch pitnej vody pred ich použitím. Pre tento účel sú v týchto zariadeniach stabilne inštalované meracie prístroje typu LB 124 Scint.

Povrchová kontaminácia je kontrolovaná na úrovni 0,4 Bq/cm².

Monitorovanie osôb na osobnej vrátnici

Monitorovanie osôb na výstup z areálu JE je zabezpečené celotelovým monitorom gama žiarenia typu GEM-5 + GEM5RAMP. K dispozícii sú aj 2 ks prenosných prístrojov α , β kontaminácie typu LB124 scint.

Tabuľka 11.4 - 52 Základné charakteristiky stabilne inštalovaných monitorovacích prístrojov pre kontrolu povrchovej kontaminácie osôb v priestoroch JE

Typ prístroja / Účel	Typ detektora	Detegované žiarenie
Argos-5AB Zeus , celotelový monitor alfa, beta, gama povrchovej kontaminácie pracovníkov, inštalovaný v hygienickej slučke na výstupe z KP	23 x trojkomorový proporcionálny plynový detektor LFP-579D s citlivou plochou 579 cm ² , 2 x plastický scintilačný detektor 4 208 cm ² , 2 x plastický scintilačný detektor 510 cm ² (nohy, hlava)	alfa, beta, gama
RZB 04-04 , celotelový monitor beta povrchovej kontaminácie pracovníkov, nainštalovaný v hygienických	15 GM detektorov typu SBT-10 s aktívnou plochou 1071 cm ² , umiestnených v prednom a zadnom panely	Beta, Energetický rozsah: 0.15 – 2.5 MeV Rozsah merania: 5 – 15 000 min ⁻¹ cm ⁻²
GEM-5 , celotelový monitor kontaminácie osôb opúšťajúcich areál JE na vrátniciach	8 x veľkoplošný plastický scintilačný detektor (3 na každej strane, 1 naspodku a 1 navrchu), celková citlivá plocha 16 968 cm ²	gama, Účinnosť detekcie na bodový zdroj: 24 % (⁶⁰ Co), resp. 12 % (¹³⁷ Cs), MDA pri prechode a bežnom pozadí 80 nGy/h: 830 Bq (⁶⁰ Co), resp. 1850 Bq (¹³⁷ Cs).
LB 147 SCINT , monitor povrchovej kontaminácie rúk a nôh v sanitárnych uzloch a WC	2 +2 plastické scintilačné ZnS(Ag) s citlivou plochou 345 cm ² (ruky), 555 cm ² (nohy)	alfa, beta merací rozsah: 0 – 50 000 imp/s Účinnosť detekcie (na zdroj s plochou 100 cm ²): Ruky: alfa: 15% (²⁴¹ Am) beta: 30% (³⁶ Cl) Nohy: alfa: 8% (²⁴¹ Am) beta: 30% (³⁶ Cl)

Tabuľka 11.4 - 53 Prehľad a umiestnenie monitorovacích zariadení kontaminácie osôb v priestoroch JE (3. a 4. blok)

Popis merania	Typ monitora	Popis umiestnenia monitora
Celotelový monitor β povrchovej kontaminácie	RZB 04-04	výstup z reaktorovej sály
		výstup z boxu PG
Celotelový monitor α , β , γ povrchovej kontaminácie	Argos-5AB Zeus	HS, podlažie +18,9 m
		HS, podlažie +23,1 m
Celotelový monitor γ kontaminácie	GEM-5	osobná vrátnica
Meranie povrchovej kontaminácie predmetov	LB 124 SCINT	vrátnica, resp. DRK
Meranie povrchovej kontaminácie rúk	LB 124 SCINT (stacionárne prevedenie s úchytom na stenu)	sociálne zariadenia
Meranie povrchovej kontaminácie rúk a nôh	LB 147 SCINT	Sála zavážania RA odpadov Miestnosť spracovania RAO Reaktorová sála - 3. blok Reaktorová sála - 4. blok Miestnosť pre opravy čerpadiel Dielňa opráv transport. zariadenia Dielňa pre opravy armatúr

11.4.3.6.3 Monitorovanie predmetov, pracovných prostriedkov a vozidiel

Kontrola kontaminácie materiálu, nástrojov a pracovných prostriedkov vynášaných z KP je zabezpečené monitormi umiestnenými v priestoroch HS:

- SKDP-100 (3 ks) - určené sú pre kontrolu a signalizáciu kontaminácie drobných predmetov, rozsah signalizačnej úrovne je 0,3 kBq až 30 kBq.
- Cronos4 (2 ks) - určené sú ku kontrole kontaminácie predmetov väčších rozmerov.

Informácie z monitorov celotelovej kontaminácie a monitorov predmetov sú vedené do existujúceho informačného systému SEOD.

Kontrola kontaminácie vozidiel opúšťajúcich areál JE je zabezpečená monitormi typu Rad Sentry (SP 1000), 2 ks. Monitory sú inštalované na nákladnej vrátnici.

Základné charakteristiky monitorovacích zariadení pre kontrolu kontaminácie predmetov vynášaných z KP a vozidiel opúšťajúcich areál JE sú uvedené v Tabuľka 11.4 - 54.

Tabuľka 11.4 - 54 Základné charakteristiky monitorovacích prístrojov pre kontrolu kontaminácie pracovných predmetov vynášaných z KP a vozidiel opúšťajúcich areál JE

Typ prístroja / Účel	Typ detektora	Detegované žiarenie / Merací rozsah
SKDP-100, kontrola kontaminácie drobných predmetov	plastický scintilátor, citlivá plocha 95 x 215 mm ²	Beta (0,1 – 1,5 MeV)
Cronos4, kontrola kontaminácie predmetov väčších rozmerov	6 plastických scintilátorov na vnútorných stenách tienenej komory s objemom 128.5 l	Gama (> 50 keV)
RadSentry, kontrola kontaminácie vozidiel na nákladnej vrátnici	2 veľkoplošné plastické scintilačné detektory SP1000	gama

11.4.3.7 Systémy havarijného a pohavarijného monitorovania

Havarijným monitorovaním sú získavané informácie potrebné pre zvyšovanie jadrovej bezpečnosti aj radiačnej ochrany. Charakteristika radiačnej situácie na vybraných technologických zariadeniach alebo objektoch v priebehu havarijnej situácie na JE je nutná pre:

- ocenenie stupňa havárie,
- ohodnotenie množstva RAL uniknutých za jednotlivé bariéry (hodnotenie stavu bariér),
- zhodnotenie zdrojového člena úniku,
- predpoveď následkov na okolie,
- zhodnotenie adekvátnych ochranných opatrení pre okolité obyvateľstvo.

Havarijné monitorovacie systémy sú integrované do pohavarijného monitorovacieho systému PAMS. Vybrané havarijné monitory sú integrované v systéme monitorovania SAMS. Okrem toho majú informácie o meraných veličinách vyvedené do ISRK. Výsledky monitorovania sú spracovávané, zobrazované a archivované v ISRK. Jedným z cieľov prezentácie havarijných meraní v DRK je kontrola správnej činnosti jednotlivých monitorovacích systémov a poskytovať údaje pre spresnenie odhadu veľkosti možného úniku rá-nuklidov, t.j. umožňuje prognózovať možné budúce následky havarijnej situácie.

V SRK na MO34 sú nasledovné prostriedky havarijného merania:

- havarijné monitorovanie PD v HZ a v RS, ťažké havárie (kap.11.4.3.7.1),
- havarijné monitorovanie plyných výpustí vo VK (kap.11.4.3.7.2),
- havarijné monitorovanie atmosféry HZ (kap.11.4.3.7.3),
- havarijné monitorovanie celkovej gama aktivity ostrej pary (kap.11.4.3.7.4),
- havarijný monitorovací systém TVD na tepelných výmenníkoch havarijného dochladzovania AZ (HSCHZ) (kap.11.4.3.7.5),
- havarijný monitorovací systém PD vo VZT koridore z HVB do ventilačného komína, ťažké havárie (kap. 11.4.3.7.6)
- monitorovanie plynov odsávaných z jamy výjev TG (kap.11.4.3.7.7),
- monitorovanie PD vonkajších priestorov HVB a BaPP (kap.11.4.3.7.8),

Riešenie havarijného monitorovania PAMS je založené na požiadavkách vychádzajúcich z RG 1.97 a NUREG-0737.

Tabuľka 11.4 - 55 Zoznam meraní radiačnej kontroly pripojených do systému PAMS/SAMS

Meranie	Počet ¹⁾	Rozsah merania	Klasifikácia				
			PAMS	Seizm.	1226	BT	kvalif.
Meranie PD – aktivita I.O., monitor GIM204-K4	4	1.0E-7 – 1.0E+2 Gy/h	PAMS Kat. 3	2a	-	-	áno
Meranie PD v HZ, monitor GIM206	4	1.1E-3 – 1.1E+5 Gy/h	PAMS Kat. 1	1a	C	III	áno
Meranie PD v HZ (ťažké havárie), monitor GIM206	2	1.1E-3 – 1.1E+5 Gy/h	SAMS	1a	C	III	áno
Meranie aktivity ostrej pary, monitor GIM202	12	1.0E-7 - 1.0E+2 Gy/h	PAMS Kat. 1	1a	C	III	áno
Objemová aktivita odluhov PG, monitor LM211	2	3.7E+3 – 3.7E+9 Bq/m ³	PAMS Kat. 2	2b	C	III	áno
Objemová aktivita odvetrania jamy vývev turbogenerátorov, monitor GIM204	4	1.0E-7 – 1.0E+2 Gy/h	PAMS Kat. 2	2b	C	III	áno
Objemová aktivita TVD za chladičmi HSCHZ, monitor SAM201	6	2.0E+3 – 2.0E+9 Bq/m ³	PAMS Kat. 2	1a	C	III	-
Meranie PD v RS (ťažké havárie), monitor GIM206	1	1.1E-3 – 1.1E+5 Gy/h	SAMS PAMS Kat. 3	1a	C	III	áno
Objemová aktivita RVP vo ventilačnom komíne, monitor NGM215	2	5,5E+2 - 2,1E+9 Bq/m ³	PAMS Kat. 3	2b	C	III	áno
Objemová aktivita aerosólov vo ventilačnom komíne, monitor BAI 9100D	2	1.0E-1 – 1.0E+6 Bq/m ³	PAMS Kat. 3	2b	C	-	-
Objemová aktivita jódu vo ventilačnom komíne, monitor BAI 9103-21	2	1.2E+0 – 5.0E+6 Bq/m ³	PAMS Kat. 3	2b	C	-	-
Meranie PD vo ventilačnom komíne, monitor GIM206	1	1.0E-3 - 1.0E+5 Gy/h	PAMS Kat. 2	2b	C	III	áno
Havarijné meranie plyných výpustí (ťažké havárie), monitor GIM204-K4	2	do 1.0E+15 Bq/m ³	SAMS	1a	C	III	áno

1) počet meraní sa vzťahuje na dvojblok

11.4.3.7.1 Havarijné monitorovanie PD v HZ a v RS

Havarijné merania v HZ a v reaktorovej sále sú určené na detekciu významných únikov RAL do priestorov HZ a ich hodnotenie (predovšetkým odhad zdrojového člena). Na základe nameraných hodnôt sa v prípade

havárie upresňuje rozsah havárie, veľkosť možného úniku RAL do okolia JE a prognózy následkov havárie. Toto meranie má tiež indikovať, že hrozí alebo že nastal únik RAL do ovzdušia.

Poznámka: Informácie z havarijného monitorovania PD v HZ a RS sú jedným zo vstupov pre tvorbu signálu pre obsluhu BD a ND, na základe čoho sa vykonáva ručné riadenie VZT systémov týchto dozorní.

Monitorovací systém PD meria kontinuálne úroveň príkonu dávky vo vytipovaných priestoroch JE. V prevádzke je trvale - kontinuálne poskytuje signál, nesúci informáciu o radiačnej situácii v týchto priestoroch t.j. musí byť v prevádzke za normálnej a abnormálnej prevádzky JE i za havarijných stavov reaktorového bloku.

Z dôvodu nezávislosti havarijných monitorovacích systémov pripojených do PAMS a SAMS, sú v HZ inštalované identické a fyzicky oddelené monitorovacie systémy, u ktorých je výstupný signál vedený iba do PAMS alebo SAMS vo forme prúdového signálu $4 \div 20$ mA. V prípade monitora ťažkých havárií na RS je výstupný signál pripojený do SAMS (vo forme analógového prúdového signálu $4 \div 20$ mA) a aj do systému PAMS kat.3 (vo forme dátového signálu).

Základom havarijného systému monitorovania príkonu dávky sú nezávislé vysoko rozsahové monitory typu GIM206K (firmy MGPI). Určené sú do prostredia s drsnými klimatickými podmienkami.

Zostava monitora GIM206 pre aplikáciu v HZ pozostáva z:

- detekčnej jednotky - ionizačnej komory typu KG50SEC,
- bloku meracej elektroniky - procesnej jednotky LPU/IC,
- prepojovacej skrine,
- signálovej priechodky,
- kombinovanej internej kabeláže - prepojenie detekčnej jednotky a bloku meracej elektroniky,
- mechanického úchyty detekčnej jednotky na vnútornej stene HZ.

Prepojenie detekčnej jednotky a meracej elektroniky (LPU/IC) je realizované dvomi typmi kabeláže:

- vo vnútri HZ (od detekčnej jednotky po signálovú priechodku²⁶) dvomi koaxiálnymi káblami s minerálnou izoláciou a s opláštením z nerezovej ocele. V havarijných klimatických podmienkach má technika merania nízkych prúdov zvýšené nároky na signálovú kabeláž - preto sú signály z detekčnej jednotky v HZ vedené minerálnymi káblami.
- mimo HZ (od signálovej priechodky po LPU) metalickými káblami, určenými na prenos veľmi malých prúdov.

Ionizačná komora KG50SEC má zabudovaný rádioaktívny zdroj, ktorý generuje tzv. nulový signál ($\sim 10^{-12}$ A), využívaný na trvalú prevádzkovú diagnostiku meracieho kanálu GIM206K. Detekčné jednotky sú odolné voči havarijným podmienkam prostredia. Základné parametre monitora GIM206K sú uvedené v Tabuľka 11.4 - 56. Varovná úroveň je nastavená na hodnotu $1.5E-03$ Gy/h, alarmová úroveň je nastavená na hodnotu $1.0E-02$ Gy/h.

²⁶ Koaxiálna hermetická káblová priechodka

Záznamová úroveň monitora je nastavená na hodnotu 1,0E-04 Gy/h, zásahová úroveň na 1.0E-03 Gy/h.

Tabuľka 11.4 - 56 Základné parametre havarijného monitorovacieho systému GIM206K

Detegované žiarenie	gama
Detekčná jednotka - ionizačná komora	Typ KG50SEC
Citlivý objem detekčnej jednotky	0,1 litra
Plynová náplň detekčnej jednotky	kompozitný plyn (dusík + argón)
Energetický rozsah merania pre $\pm 20\%$ citlivosti	100 keV – 3 MeV
Energetický rozsah merania pre $\pm 50\%$ citlivosti	60 keV – 7 MeV
Zabudovaný diagnostický ra-zdroj	^{241}Am (cca. 1kBq)
Rozsah merania PD	1.10^{-3} až 1.10^5 Gy/h
TID - detekčná jednotka + minerálne káble	2.10^6 Gy
Celková integrovaná dávka - LPU/IC	25 Gy
Napájanie LPU/IC	230 VAC
teplotný prevádzkový rozsah (pre detekčnú jednotku)	+0 °C až +135 °C
prevádzková vlhkosť (pre detekčnú jednotku)	100%
Max. teplota detekčnej jednotky pri LOCA	+165 °C maximum 205°C počas 3 hodín

Výstupná informácia je z nich vedená do systému SAMS. Tvorí monitorovací systém, nezávislý od systému PAMS. Ostatné monitory PD v HZ majú signály vedené do systému PAMS.

Havarijné monitory PD majú dva druhy výstupov:

- analógový prúdový signál 4 - 20 mA, vedený do havarijného monitorovacieho systému PAMS alebo SAMS
- dátový signál (so signálovým rozhraním RS485), vedený do ISRK v dozorni RK. Táto informácia slúži pre diagnostiku meracích kanálov, hlavne v priebehu normálnej prevádzky. V prípade ťažkej havárie sa nepredpokladá, že DRK bude obývateľná.

Havarijný monitor merania PD v RS, určený na monitorovanie ťažkých havárií, je spoločným monitorom pre oba reaktorové bloky MO34. Monitor pozostáva z rovnakých komponentov ako monitor v HZ, okrem signálovej priechodky a kombinovanej internej kabeláže. Využíva iba organickú internú kabeláž. Tiež metodika merania je tá istá. Navyše je prepojovacia skriňa vybavená opticko-akustickou signalizačnou jednotkou. Odlišnosť v zostave vyplýva z toho, že kompletný monitorovací systém je umiestnený v RS, t.j. mimo HZ.

Monitory PD, pripojené k systému PAMS majú detekčné jednotky inštalované v barbotážnych koridoroch oboch blokov, monitory PD, pripojené k systému SAMS majú detekčné jednotky inštalované v barbotážnych vežiach oboch blokov.

11.4.3.7.2 Havarijné monitorovanie plynných výpustí vo VK

Havarijný systém monitorovania plynných výpustí je určený pre detekciu významných (nadlimitných) plynných výpustí a únikov RAL cez VK a ich zhodnotenie - získaná informácia umožní upresniť rozsah havárie, rýchly odhad veľkosti možného úniku do okolia JE a prognózy budúcich následkov havárie.

Primárnou monitorovanou veličinou je dávkový príkon gama – žiarenia, s kontinuálnou odozvou. Prenos nameraných hodnôt do ISRK je zabezpečovaný v on-line režime. V ISRK je na základe údajov PD a prietoku vzduchu vo VK realizovaný výpočet parametrov úniku RAL do ŽP. Po prepočte, so známou hodnotou prietoku ventilačným komínom a predpokladaným scenárom havarijného RN zloženia výpustí, je stanovená celková objemová aktivita výpustí, rýchlosti uvoľňovania RAL do ŽP a celková bilancia výpustí. Informácie z merania vstupujú do systému PAMS (KAT. 2) vo forme analógového prúdového signálu ($4 \div 20$ mA).

Konverzné faktory pre prepočet meranej hodnoty PD [Gy/h] na jednotky objemovej aktivity [Bq/m³] v závislosti od stavu reaktorového bloku sú nasledovné:

- S tavením paliva po nehode: $1,06E+11$ Bq.m⁻³/Gy.h⁻¹,
- Únik chladiva z primárneho okruhu: $1,97E+11$ Bq.m⁻³/Gy.h⁻¹,
- Úniky cez netesnosti: $7,78E+10$ Bq.m⁻³/Gy.h⁻¹.

Rozsah merania havarijného monitora je $1.1E-03 - 1.1E+05$ Gy/h. Varovná úroveň je nastavená na hodnotu $1.5E-03$ Gy/h, alarmová úroveň je nastavená na hodnotu $1.0E-02$ Gy/h.

Havarijné meranie exhalátov vo ventilačnom komíne je súčasťou subsystému monitorovania plynných exhalátov z ventilačného komína a tvorí s ním jeden systém. Havarijné meranie exhalátov vo ventilačnom komíne spĺňa požiadavky US NRC RG.1.97 (rev. č. 3), NUREG 0737 a KTA 1503.2. Z týchto legislatívnych dokumentov vyplýva, že musí byť v prevádzke trvale - za normálnej a abnormálnej prevádzky JE, aj za situácií, ktoré sú dôsledkom havárie nad otvoreným I.O.. Vzhľadom k tomu, že stavebný objekt SO803 (ventilačný komín) nie je seizmicky klasifikovaný, nie je seizmicky klasifikovaný ani v ňom inštalovaný havarijný monitorovací systém. Zostava monitorovacieho systému je rovnaká ako pri monitorovaní PD v reaktorovej sále - s organickým typom signálovej kabeláže (bez signálovej priechodky, celý monitor je mimo HZ).

Monitorovanie je zabezpečené monitorom typu GIM206K, ktorého podrobnejší popis je v Tabuľka 11.4 - 56 v kap.11.4.3.7.1.

Monitorovanie plynných výpustí v havarijných podmienkach je zabezpečené aj prostriedkami prevádzkového monitorovania plynných výpustí (kap.11.4.3.2). Informačný výstup z týchto monitorov je vyvedený do systémov PAMS nasledovne:

- Monitory objemovej aktivity aerosólov sú prostredníctvom dátového prepojenia pripojené do PICS - do PAMS (KAT.3).
- Monitory objemovej aktivity jódom sú prostredníctvom dátového prepojenia pripojené do PICS - do PAMS (KAT.3).
- Monitory objemovej aktivity RVP sú pripojené do PICS – do PAMS (KAT.3) vo forme analógového prúdového signálu $4 - 20$ mA.

11.4.3.7.3 Havarijné monitorovanie atmosféry HZ

Radiačné havarijné monitorovanie aktivity vzduchu HZ zabezpečuje funkciu systému PASS²⁷. Odberom vzdušiny a jej meraním sa v prípade havárie získava základná informácia o aktivite a rádionuklidovom zložení atmosféry v HZ.

Monitorovanie je založené na odbere vzorky havarijnej atmosféry. Odberové potrubie vytvára meraciu slučku. Slučka vystupuje cez priechodku von z hermetickej zóny a vzápätí sa do nej vracia. Meracia slučka je trvale tienená Pb krytom, s kolimačným otvorom. K tomuto otvoru je v ATL geometrii priložený polovodičový detektor. Vzorka atmosféry z HZ je odoberaná iba pri samotnom meraní. Vzhľadom na havarijnú situáciu je možné uvažovať, že odberom je k HPGe monitoru privádzaná nefiltrovaná vzdušnina, čo sa týka zložiek (aerosóly, jód aj RVP) aj RN inventáru. Je to sumárna vzorka RN: aerosólov, jódom a vzácnych plynov. Polovodičovým gamaspektrometrom s HPGe detektorom je uskutočňovaná kvalitatívna (RN vektor) a kvantitatívna (aktivita) analýza vzorky atmosféry HZ za havarijných a pohavarijných stavov. Polovodičový gamaspektrometer je spoločným zariadením pre oba bloky MO34. V mieste merania je tienenie usporiadané použitým spektrometrickému systému. Mobilný polovodičový gamaspektrometer je inštalovaný do pripravenej pracovnej pozície až v prípade potreby monitorovania.

Na mieste monitorovania, na 3. aj 4. bloku je dostupná LAN (voľná zásuvka), ktorá je využívaná systémom RK a môže byť na ňu pripojený aj havarijný spektrometrický systém. Po pripojení bude prenášať informácie z merania do ISRK.

Základné časti v zostave havarijného monitorovacieho systému atmosféry HZ sú:

- vzorkovací systém atmosféry HZ - pozostáva z odberovej trasy, dúchadla (pre prietok vzduchu cez monitorovací systém), systému vykurovania odberového potrubia, tienením časti vzorkovacieho systému a ochrannými štruktúrami,
- tieniaci blok - tieniaci vozík ISOXSHLD,
- transportný gamaspektrometrický systém s HPGe detektorom.
- PC s SW vybavením pre gama spektrometriu.

Konštrukcia odberovej trasy spĺňa bezpečnostné aspekty z hľadiska RO:

- odoberaná vzorka vzduchu je slučkou vedená naspäť do HZ,
- vzorkovacie potrubie z HZ aj naspäť do HZ je vedené potrubnou priechodkou (tou istou),
- časť odberovej trasy mimo HZ tvorí malú meraciu slučku - tienenú trvale inštalovaným tieniacim Pb blokom,
- tieniaci blok minimalizuje ožiarenie obsluhy,
- tieniaci blok vytvára ochranu meracej slučky - bráni jej poškodeniu a strate tesnosti. Strata tesnosti meracej slučky by znamenala aj stratu integrity HZ - s únikom havarijnej atmosféry priamo do obsluhovanej časti KP,

²⁷ Funkcia PASS: pohavarijný odber vzoriek z HZ s následnou laboratórnou analýzou

- všetky komponenty odberovej trasy (uzatváracie ventily, dúchadlo) sú umiestnené v HZ - na odberovej trase mimo HZ sa neuvažujú žiadne zásahy, ani prvky, ktoré by mohli spôsobiť stratu jej integrity,
- komponenty odberovej trasy sú vo vnútri HZ umiestnené, resp. chránené tak, aby nedošlo k ich deštrukcii (napr. letiacimi predmetmi).

Konštrukcia odberovej trasy zabezpečuje aj spoľahlivosť vzorkovania - bez vzniku sifónového efektu v odberovej trase. Zamedzenie vzniku sifónu vo vzorkovacom potrubí je dosahované:

- ohrevom časti vzorkovacieho potrubia mimo HZ - zamedzuje kondenzovanie vlhkosti z odoberanej vzorky
- spádovaním vzorkovacieho potrubia smerom do HZ.

Na vzorkovacom potrubí DN15 sú dve uzatváracie armatúry, dúchadlo a nátrubok pre prívod tlakového vzduchu. Obe armatúry aj dúchadlo sú ovládané manuálne. V priebehu normálnej prevádzky je trasa otvorená (otvorené armatúry), dúchadlo vypnuté. Armatúry spolu s nátrubkom pre tlakový vzduch sú určené ku kontrole tesnosti meracej slučky - v priebehu výstavby, resp. odstávky reaktorového bloku.

Poznámka: Systém ako celok nemusí byť funkčný po seizmickej udalosti – vyžaduje sa tesnosť odberovej trasy mimo HZ a hermetických potrubných priechodiek.

V základnom režime je polovodičový gamaspektrometer autonómny monitorovací systém, s lokálnym informačným výstupom. Z hľadiska konfigurácie a funkčnosti plní tento systém požiadavky RG 1.97 a NUREG – 0737. Jedná sa o diskontinuálne meranie, ktoré musí byť v prípade potreby prevádzkyschopné za normálnej a abnormálnej prevádzky JE a za havarijných a pohavarijných situácií.

11.4.3.7.4 Havarijné monitorovanie celkovej gama aktivity ostrej pary

V prípade straty integrity tlakového rozhrania medzi I.O. a II.O. sa cez PSA, resp. cez poisťovacie ventily (PV PG) dostáva do atmosféry rádionuklidový inventár chladiva I.O.. Cieľom merania je:

- identifikovať havarijný stav konkrétneho PG,
- ohodnotiť veľkosť úniku do ŽP,
- poskytnúť informácie pre výpočet odhadu aktivity uniknutej do životného prostredia cez s PSA a PV PG,
- spätne hodnotiť vážnosť poruchy tlakového rozhrania.

Radiačná kontrola aktivity RAL v hlavnom parovode je uskutočňovaná dvomi nezávislými systémami, s rozdielnym určením - prevádzkový monitor (kap. 11.4.3.5.3.1) a havarijný monitor a tiež s rozdielnym rozsahom merania. Napriek ich rozdielnemu určeniu monitorujú stav toho istého tlakového rozhrania v PG. Zostava oboch monitorov na jednom parovode pokrýva celý možný rozsah straty integrity tejto bariéry - od netesností tzv. podlimitného rádu (0,1 l/hod) cez limitné prieniky 1 l/hod (z hľadiska funkcie PG) až po havarijné prieniky, resp. úplnú stratu integrity tlakového rozhrania (prienik > 100 m³/hod).

V určitom rozsahu poruchy tlakového rozhrania sú to navzájom diverzifikované merania. Tento rozsah porúch je pokrývaný odozvou prevádzkového monitora v jeho hornej časti meracieho rozsahu a odozvou havarijného monitora v jeho dolnej časti meracieho rozsahu.

Na základe zjednodušujúcich predpokladov bol vykonaný hrubý odhad meracieho rozsahu havarijného monitora v jednotkách rýchlosti prieniku [I/h]. Porovnanie „unifikovaných“ rozsahov oboch monitorov je v Tabuľka 11.4 - 57. Z tejto tabuľky vyplýva, že horná hranica rozsahu prevádzkového monitora a dolná hranica rozsahu havarijného monitora sa prekrývajú vo viac ako jednom ráde. To znamená, že radiačné monitorovanie sekundárneho okruhu pokrýva celú škálu možného porušenia tlakového rozhrania v parogenerátore - od podlimitných až po havarijné prieniky chladiva z I.O..

Tabuľka 11.4 - 57 Porovnanie rozsahu merania prevádzkového monitora (^{16}N) a odhadnutého rozsahu merania havarijného monitora ostrej pary

Monitor	Merací rozsah	
	Dolná hranica [I/hod]	Horná hranica [I/hod]
Monitor ^{16}N	0,1	5 000
Havarijný monitor	47	-

Poznámka: Porovnanie bolo urobené pre prípad parnej fázy v hlavnom parovode.

Systém havarijného monitorovania PD na hlavných parovodoch je určený pre normálnu prevádzku a na monitorovanie havarijných situácií. Cieľom merania je identifikovať havarijný stav konkrétneho PG a kvantifikovať únik RAL do ŽP, resp. poskytnúť informácie pre výpočet odhadu aktivity uniknutej do životného prostredia cez s PSA a PVPG.

Havarijný monitorovací systém pozostáva zo šiestich meracích kanálov - monitorov GIM202K na reaktorový blok (merací kanál pre hlavný parovod každého PG). Na každom parovode je inštalovaná ionizačná komora KG220SEF (v geometrii „ATL“) – umiestnená pred PSA (mimo HZ). Detekčná jednotka zodpovedá požiadavkám RG 1.97 a je kvalifikovaná pre podmienky havárií spojených so seizmickou udalosťou. Havarijný monitorovací systém PD na hlavných parovodoch pozostáva z:

- detekčného bloku - DB (6 ks),
- nosnej konštrukcie detekčného bloku (6 ks),
- zostavy 6 ks LPU3/IC,
- zostavy 6 ks prepojovacích skríň,
- držiaku zostavy meracej elektroniky (LPU3 + prepojovacia skriňa) na stene (6 ks),
- internej kabeláže (s organickou izoláciou) - signálny a napájací kábel medzi DB a LPU3 a medzi LPU3 a prepojovacími skriňami,
- externej kabeláže - napájacia a signálna kabeláž medzi prepojovacími skriňami a koncentrátorom.

Z hľadiska havarijných podmienok je kritickým prvkom meracej aparatury detekčná jednotka a jej interná kabeláž. Detekčná jednotka je vyrobená z nehrdzavejúcej ocele. Masívna konštrukcia detektora, materiál a

osadené konektory (typ Fischer) zodpovedajú požiadavkám, kladeným prostredím a havarijnými podmienkami. Klimatické podmienky pre elektroniku GIM202K zodpovedajú všeobecným prevádzkovým charakteristikám procesných jednotiek LPU. Popis a základné parametre monitora GIM202 sú uvedené v Tabuľka 11.4 - 58.

Tabuľka 11.4 - 58 Základné parametre monitora GIM202K

Typ detekčnej jednotky	KG220SEF
Detegované žiarenie	gama
Energetický rozsah merania	80 až 3 000 keV
Rozsah merania	10^{-7} až 10^2 Gy/h
Citlivý objem detektora	2,3 litra
Plynová náplň detektora	argón, tlak 32 bar
Zabudovaný testovací zdroj	^{137}Cs (185 kBq)
Napájacie napätie detektora	+1400V
TID	$2,5 \cdot 10^5$ Gy
Priemerná dlhodobá teplota detekčnej jednotky	$-30\text{ °C} \div +100\text{ °C}$
Maximálna teplota detekčnej jednotky	120 °C počas 1 hodiny
Relatívna vlhkosť prostredia	max. 100 %
Napájanie LPU	230 VAC

Primárnou meranou veličinou je príkon dávky γ žiarenia na potrubí. Z nameranej hodnoty je pomocou konverzného faktora K_D vypočítavaná celková objemová aktivita unikajúcej parovzdušnej zmesi - v každej LPU3/IC sa uskutočňuje prevod hodnoty PD na objemovú aktivitu RAL.

Interpretácia nameraných hodnôt PD a výpočet objemových aktivít média v hlavnom parovode súvisí so stavom paliva aj stavom tlakového rozhrania, resp. s časovým scenárom poruchy tohto tlakového rozhrania.

Vzhľadom k tomu, že súčasne s monitorovaním PD nie je známe RN zloženie zdrojového člena, ani fázové zloženie zmesi v hlavnom parovode, je definovaných 6 scenárov, pre ktoré je paralelne uskutočňovaný výpočet aktivity RAL v médiu hlavného parovodu. Tieto scenáre sú dané:

- tromi prípadmi RN zloženia zodpovedajúceho rôznym stavom paliva v AZ reaktora pred haváriou:
 - RN zmesou, kde zastúpenie jednotlivých RN zodpovedá ich zastúpeniu v palive - prípad havarijného poškodenia paliva,
 - RN zmes, kde zastúpenie jednotlivých RN zodpovedá ich zastúpeniu pod pokrytím paliva - je to prípad tesného paliva s náhlou dehermetizáciou,
 - RN zmes, kde zastúpenie jednotlivých RN zodpovedá ich zastúpeniu v chladiči I.O. - t.j. prípad paliva s limitným (maximálne prípustným pre prevádzku) poškodením obalu palivových prútov.
- dvomi krajnými prípadmi zloženia kontrolovanej zmesi v hlavnom parovode - para alebo voda. Tieto dve fázy kontrolovanej zmesi sú uvažované pre každý prípad RN zloženia zdrojového člena.

Poznámka: Napriek tomu, že je uvažovaný aj druhý krajný fázový prípad zmesi v parovode - voda, je ukázané, že takýto prípad je málo pravdepodobný a vo výpočte uvoľneného objemu sa neuvažuje.

Všetky uvedené prípady (a ich kombinácie) môžu nastávať nezávisle na stave tlakového rozhrania v PG.

Pri signalizácii otvorenia ventilov PSA, resp. PV PG je súbežne s výpočtom objemovej aktivity počítaný objem uvoľňovanej parovzdušnej zmesi do ŽP. Na základe vypočítaných hodnôt sú stanovované únikové rýchlosti RAL (Bq/h) a bilancie únikov RAL (Bq) pre definované scenáre. Na základe znalosti priebehu havarijnej straty integrity PG je možné „post mortem“ expertné zhodnotenie výpustí RAL cez PSA a PV PG do životného prostredia.

Havarijný monitorovací systém je okrem systémov PAMS a ISRK prepojený aj na technologický informačný systém, ktorý o.i. poskytuje technologické údaje pre výpočet požadovaných odvodených veličín. Do systému PAMS (KAT.1) je vedený analógový prúdový signál $4 \div 20$ mA na seizmicky kvalifikované prostriedky. Tým sa zamedzí strate nameraných hodnôt pri seizmickej udalosti.

Inštalácia detekčného bloku a jej nosnej konštrukcie sú riešené pre každý konkrétny PG.

Umiestenie elektronických jednotiek je riešené s ohľadom na systémovosť zabezpečeného napájania a zabezpečenie inštalácie s minimálnymi vibráciami.

11.4.3.7.5 Havarijný monitorovací systém TVD na tepelných výmenníkoch havarijného dochladzovania AZ (HSCHZ)

Prevádzkový aj havarijný systém radiačného monitorovania kontinuálne kontrolujú aktivitu TVD. Na rozdiel od prevádzkového monitora inštalovaného na vratných potrubíach systému TVD (popis v kap.11.4.3.5.4), havarijný monitorovací systém selektívne sleduje tlakové rozhranie jednotlivých tepelných výmenníkov HSCHZ, ktoré sú kritickými spotrebičmi systému JMN (vzhľadom na únik RAL). Tlakové rozhranie tepelných výmenníkov HSCHZ (pri poruche jeho tesnosti) je potenciálnym zdrojom kontaminácie TVD v prípade zníženia tlaku v systéme TVD - v priebehu pohavarijného dochladzovania alebo seizmickej udalosti.

Sprchový systém je klasifikovaný ako aktívny bezpečnostný systém JE. Aktivita TVD je meraná na výstupoch týchto chladičov.

Cieľom monitorovania je:

- čo najrýchlejšie identifikovať únik z primárneho okruhu do okruhu TVD v priebehu havarijných udalostí,
- lokalizovať výmenník tepla, na ktorom sa objavila netesnosť tlakového rozhrania.

Monitorovaním sa má umožniť zamedzenie únikov RAL do chladiacich veží. Ide o kontrolu tesnosti bariéry proti šíreniu RAL do ŽP.

Radiačná kontrola je realizovaná spektrometrickými monitorovacími systémami SAM201, so scintilačnými detektormi gama žiarenia. Základné charakteristiky monitora SAM201 sú v Tabuľka 11.4 - 44 v kap. 11.4.3.5.4. V aplikácii havarijného monitora TVD je rozdiel v geometrii merania a konštrukcii detekčného bloku SAM201 v porovnaní s prevádzkovým meraním aktivity TVD (kap. 11.4.3.5.4).

Tienenie detekčnej jednotky má geometriu 2π . Detekčný blok je priložený k povrchu výstupného potrubia TVD ($\varnothing$ 500 mm) z každého chladiča HSCHZ - v geometrii „adjacent to line“. Na každom bloku sú inštalované tri nezávislé monitorovacie komplety v optimálnej polohe, vzhľadom na ostatné potrubia v systéme TVD - každý tepelný výmenník je monitorovaný samostatne.

Scintilačným gama spektrometrom je on line spôsobom selektívne monitorovaná aktivita charakteristických rádionuklidov v TVD. V bloku elektroniky sú nastavené meracie energetické okná pre meranie:

- sumárnej aktivity (v širokom energetickom okne gama žiarenia - ROI: $0,1 \div 2,5$ MeV),
- aktivity $^{131}\text{I} + ^{133}\text{I}$ (ROI: $0,3 \div 0,6$ MeV),
- aktivity $^{42}\text{K} + ^{24}\text{Na}$ (ROI: $1,35 \div 1,7$ MeV).

Monitorovací systém SAM201 je klasifikovaný ako vybrané zariadenie BT III. Zároveň je kvalifikovaný pre podmienky havárií spojených so seizmickou udalosťou (všetky komponenty meracieho reťazca, vrátane mechanických konštrukcií), klasifikovaný je v SK 1a.

Všetky výstupy z monitorov sú vedené do koncentrátorov a do ISRK (v DRK), kde sú zobrazované a archivované. Výstupy z meraní sú paralelne zavedené z prepojovacích skríň do systému PAMS (KAT. 2) na seizmicky kvalifikované prostriedky spracovania informácií. Namerané hodnoty sú do tohto systému prenášaného formou analógového prúdového signálu $4 \div 20$ mA.

Zoznam meracích kanálov havarijného radiačného monitorovania na výstupe chladičov HSCHZ je uvedený v Tabuľka 11.4 - 59.

Z hľadiska diagnostiky tlakového rozhrania monitorovací systém detekuje - stratu tesnosti bariéry (proti šíreniu RAL) už od počiatočných fáz poruchy. To umožňuje vysoká citlivosť merania. Prevádzkovému

personálu sa tým poskytuje spoľahlivé informácií na zásah, resp. odstavenie chladiča HSCHZ a zabránenia kontaminácie TVD. Na druhej strane, z hľadiska radiačnej bezpečnosti je žiaduce pokryť meracím rozsahom aj veľké havarijné netesnosti tlakového rozhrania kontrolovaných tepelných výmenníkov.

Tabuľka 11.4 - 59 Zoznam kontinuálnych meracích kanálov havarijnej RK v systémoch TVD

Názov merania	ROI [MeV]	MDA [Bq/m ³]
Havarijný monitor TVD - suma	0,1 - 2,5	2,14E+04
Havarijný monitor TVD - aktivita I-131 + I133	0,3 - 0,6	1,64E+04
Havarijný monitor TVD - aktivita K-42 + Na-24	1,35 - 1,7	1,76E+04
Havarijný monitor TVD - suma	0,1 – 2,5	2,14E+04
Havarijný monitor TVD - aktivita I-131 + I-133	0,3 - 0,6	1,64E+04
Havarijný monitor TVD - aktivita K-42 + Na-24	1,35 - 1,7	1,76E+04
Havarijný monitor TVD - suma	0,1 – 2,5	2,14E+04
Havarijný monitor TVD - aktivita I-131 + I-133	0,3 - 0,6	1,64E+04
Havarijný monitor TVD - aktivita K-42 + Na-24	1,35 - 1,7	1,76E+04
Havarijný monitor TVD - suma	0,1 - 2,5	2,14E+04
Havarijný monitor TVD - aktivita I-131 + I133	0,3 - 0,6	1,64E+04
Havarijný monitor TVD - aktivita K-42 + Na-24	1,35 - 1,7	1,76E+04
Havarijný monitor TVD - suma	0,1 – 2,5	2,14E+04
Havarijný monitor TVD - aktivita I-131 + I-133	0,3 - 0,6	1,64E+04
Havarijný monitor TVD - aktivita K-42 + Na-24	1,35 - 1,7	1,76E+04
Havarijný monitor TVD - suma	0,1 – 2,5	2,14E+04
Havarijný monitor TVD - aktivita I-131 + I-133	0,3 - 0,6	1,64E+04
Havarijný monitor TVD - aktivita K-42 + Na-24	1,35 - 1,7	1,76E+04

Poznámka: Hodnota MDA, uvedená v tejto tabuľke platí pre dobu merania 600 s. Horná hranica meracieho rozsahu vo všetkých uvedených meracích kanáloch je $3,69 \cdot 10^9$ Bq/m³.

11.4.3.7.6 Havarijný monitorovací systém PD vo VZT koridore z HVB do ventilačného komína

Vo VP je doplnený monitorovací systém plyných výpustí pre ťažké havárie, príp. spojených aj so seizmickou udalosťou. Jeho opodstatnenosť vychádza z analýzy projektových charakteristík havarijného monitorovacieho systému vo ventilačnom komíne.

Účelom monitora je poskytnúť široký rozsahu merania objemovej aktivity RVP až do najmenej $1E+15$ Bq/m³ počas ťažkej havárie. Podobne ako havarijný monitor vo VK (kap.11.4.3.7.1) aj havarijný monitor plyných

výpustí pre ťažké havárie je založený na monitorovaní príkonu dávky. Primárnym meraním je kontinuálne meranie PD, spôsobeného prúdom vzduchu vedeného hlavným VZT koridorom do VK.

Z nameranej hodnoty PD je cez konverzný koeficient²⁸ stanovená sumárna objemová aktivita plyných výpustí. Informačným výstupom monitora ťažkých havárií je emisná rýchlosť v Bq/h. Pre tento účel je zabezpečené meranie prietoku vzdušiny cez VZT koridor.

Monitorovanie ja zabezpečené monitorom typu GIM204-K4. Merací rozsah monitora v štandardnom prevedení je $1\text{E}-07 - 1\text{E}+02$ Gy/h (meracia schopnosť $1\text{E}-08 - 1\text{E}+03$ Gy/h). Rozšírenie meracieho rozsahu je zabezpečené umiestneným detekčnej jednotky do tieniaceho bloku.

Analógový prúdový signál, ktorý nesie informáciu o vypočítanej emisnej rýchlosti je vedený do systému SAMS. Dáta z monitora sú vedené aj do ISRK, kde poskytujú informácie hlavne pre diagnostiku monitorovacieho systému. Okrem údaju o emisnej rýchlosti [Bq/h] poskytuje monitor ďalšie údaje, prenášané do ISRK a následne aj do PS10 (neklasifikovanými prostriedkami):

- príkon dávky vo vzduchovode - VZT koridore [Gy/h],
- objemová aktivita vo vzduchovode (sumárna aktivita RVP) [Bq/m³],

V prípade ťažkej havárie bude v prevádzke VZT systém odsávania z priestorov vzduchotesnej zóny.. V jeho zostave sú inštalované technologické aerosólové filtračné stanice. Za predpokladu, že ich účinnosť filtrácie je dostatočne vysoká a aktivita RN jódu je prevažne v aerosólovej forme (95 %, [III.1]) možno uvažovať, že PD od hlavného VZT koridoru je spôsobený zmesou RVP.

Vzhľadom k možnosti straty integrity spojovacieho mostu (a tým aj VZT koridoru v ňom) je monitorovanie PD v budove HVB (seizmicky klasifikovanej).

Zostavu monitorovacieho systému tvoria:

- štandardné komponenty monitora GIM204-K4,
- tieniaci a kolimačný blok,
- monitor prietoku vo VZT koridore.

Popis a základné parametre monitorovacieho systému GIM204-K4 sú uvedené v Tabuľka 11.4 - 32 v kap. 11.4.3.5.1.3. Monitorovací systém plyných výpustí pre ťažké havárie je klasifikovaný ako vybrané zariadenie BT III a do SK 1a.

Detekčná jednotka monitora GIM204-K4 v „remote“ vyhotovení je osadená v olovenom tienení, ktoré má zároveň funkciu kolimátora. Tienenie redukuje vplyv gama žiarenia z pozadia a zároveň vycloňuje detekčnú geometriu, v ktorej je časť koridoru, ktorým je odvádzaná vzdušina do VK. Takáto zostava monitorovacieho systému má hornú hranicu meracieho rozsahu posunutú na úroveň $1 \cdot 10^{+15}$ Bq/m³.

Pracovný prívod napájania tohto rozvádzača je napájaný z 3. systému SZN, rezervný prívod je napájaný z 5. systému SZN.

²⁸ Konverzný koeficient je stanovený pre havarijnú zmes RVP a pre geometrické rozmery hlavného koridoru v mieste merania PD

11.4.3.7.7 Monitorovanie plynov odsávaných z jamy vývev TG

Monitorovací systém kontroly aktivity plynov z jamy vývev TG (kap.11.4.3.5.3.3) je prevádzkový monitor. Pri havarijnej strate integrity ľubovoľného PG však môže touto cestou unikáť významne vysoká aktivita ejektorových plynov. Z toho dôvodu vyžaduje RG 1.97 rozšíriť rozsah merania - na hornú hranicu meracieho rozsahu – $3,7 \cdot 10^{15}$ Bq/m³. Tým sa monitor na ejektoroch radí aj k havarijným monitorovacím systémom. Výstupy merania sú pripojené do systému PAMS 2. Kat.

11.4.3.7.8 Monitorovanie PD vonkajších priestorov HVB a BaPP

Na vonkajšej strane budov sú inštalované monitory GIM204-K1, ktoré merajú PD z vonkajšej strany stavebných objektov JE. Nimi je kontrolovaný únik ionizujúceho žiarenia (gama) mimo kontrolované pásmo. Zároveň kontrolujú prípadné iné vonkajšie zdroje žiarenia.

Monitorovanie je súčasťou prevádzkového merania PD, ktoré je popísané v kap.11.4.3.1.1.1. Popis monitora GIM204-K1 a jeho základné charakteristiky sú uvedené Tabuľka 11.4 - 3 v kap. 11.4.3.1.1.1.

Signalizačné úrovne pre kanály monitorovania PD v areáli, na vonkajšej strane stien HVB a BaPP vychádzajú z prevádzkovej praxe JE EMO12. Nastavené sú hodnoty:

- varovný prah - $1,0 \cdot 10^{-6}$ Sv/h,
- havarijný prah - $5,0 \cdot 10^{-6}$ Sv/h.

11.4.3.8 Laboratórne radiačné kontroly

Pre účely laboratórnych kontrol RK (vzorky médií z technologických okruhov, z komína, vzorky filtrov, otery atď.) sú využívané laboratóriá, umiestnené v KP prevádzkovej budovy. Pre vybavenie laboratória radiačnej kontroly je požadované aby z hľadiska technických parametrov a kapacity vyhovovalo predpokladanému počtu a charakteru požadovaných analýz.

V rámci spúšťania EMO12 bolo zriadené pracovisko spektrometrie útvaru RO. V ňom sú inštalované tri spektrometrické meracie trasy (HPGe detektor a MCA), integrované v jednom PC so spektrometrickým SW.

Pre účely MO34 bola laboratórna inštrumentácia dovybavená jedným laboratórnym gamaspektrometrickým systémom (SJZ 8CRE64QP001). Laboratórna zostava tohto nového polovodičového spektrometra obsahuje:

- polovodičový HPGe detektor - typ GC6019,
- dewarovú nádobu - typ D-30,
- plniace zariadenie na LN₂ - NTD-30,
- mnohokanálový analyzátor - typ LYNX,
- tieniaci dom - typ Pb747,
- počítač PC, so spektrometrickým SW ISOXCAL, S502C, S501C, S505C a S574C (LABSOCS),
- tlačiareň.

Poznámka: predpokladá sa, že počet laboratórne vyhodnocovaných odberov a iných vzoriek z prevádzky 3. a 4. bloku bude obdobný ako z blokov EMO12.

11.4.4 Spoločné činnosti

Za spoločné činnosti v SRK sú považované všetky systémy a postupy merania, ktoré sú spoločné obom reaktorovým blokom MO34, alebo sú spoločné pre všetky reaktorové bloky (tzv. celoelektrárenské systémy).

K celoelektrárenským systémom RK patria:

- hygienická slučka (vrátane priestorov šatní),
- stanica radiačnej kontroly odpadových vôd SKOV,
- telemetrický dozimetrický systém TDS,
- CDRK (s vybavením pre RK všetkých 4 blokov),
- systémy RK osôb a transportných prostriedkov na vrátniciach areálu EMO,
- osobná dozimetria,
- zariadenia kontroly vnútornej kontaminácie,
- meteorologický systém.

K spoločným systémom RK na reaktorovom dvojbloku MO34 patria:

- dozorne DRK34 a MD,
- informačná úroveň a prezentačná inštrumentácia SRK (v DRK34),
- monitorovací systém plyných výpustí vo ventilačnom komíne,
- systémy RK na technologických zariadeniach, spoločných pre 3. a 4. blok (čistiaca stanica technologických odvodušnení, spoločné vzduchotechnické systémy, TVN, kondenzát vykurovacej pary odpariek....),
- systémy RK v priestoroch a na zariadeniach BaPP.

Radiačná kontrola okolia JE pomocou spoločných celoelektrárenských systémov

Radiačná kontrola okolia JE je zabezpečená počas normálnej prevádzky aj počas havarijných podmienok skupinou LRKO a TDS [I.19], [I.20], [I.21]. Monitorovanie je zabezpečené tromi stálymi monitorovacími sieťami, prostriedkami in situ monitorovania a systematickým odberom vzoriek a ich následnou laboratórnou analýzou.

Sieť stálych dozimetrických staníc (SDS) rozmiestnených v okolí JE Mochovce (16 staníc). Stanice sú vybavené vzorkovacím zariadením aerosólov a spadov. Súčasťou SDS sú aj termoluminiscenčné dozimetre (TLD) pre ocenenie externého ožiarenia.

Sieť TLD rozmiestnených v okolí JE Mochovce zabezpečuje monitorovanie celkovej dávky obyvateľov. Obsahuje dve podsiete TLD líšiace sa frekvenciou výmeny a vyhodnotenia TLD počas normálnej prevádzky, 29 TLD sa vymieňa s periódou 1 mesiac, 50 TLD sa vymieňa s periódou 4 mesiace. V prípade havarijných podmienok sa frekvencia výmeny upravuje podľa potreby.

Teledozimetrický systém (TDS) pozostáva z dvoch okruhov staníc umiestnených v areáli JE (19 staníc) a v okolí JE do vzdialenosti 15 km v blízkosti väčších miest (21 staníc). Namerané údaje zo staníc sú prenášané do DRK s frekvenciou 2 minúty. TDS pozostáva z 3 typov staníc:

- Stanice 1. typu – obsahujú kontinuálne meranie príkonu dávky. Celkovo ide o 16 staníc nachádzajúcich sa v areáli JE.
- Stanice 2. typu - obsahujú kontinuálne meranie príkonu dávky a odberové vzorkovacie zariadenie aerosólov a jódu. Celkovo ide o 16 staníc umiestnených mimo areálu JE.
- Stanice 3. typu - obsahujú kontinuálne meranie príkonu dávky, objemovej beta aktivity aerosólov a objemovej aktivity jódu. Celkovo ide o 8 staníc, 3 sa nachádzajú v areáli JE, 5 mimo areálu JE.

Kontrola obsahu RN v ŽP je zabezpečená terénnou in situ gamaspektrometrickou metódou a laboratórnymi analýzami systematicky odberaných vzoriek. V súlade s monitorovacím plánom sú odoberané vzorky pôd, povrchových, podzemných a pitných vôd, snehu, vzduchu, spadov, vodných rastlín, usadenín, potravinového reťazca a poľnohospodársky výrobkov. LRKO zabezpečuje nasledovné analýzy vzoriek:

gamaspektrometrická analýza, alfaspektrometrická analýza, stanovenie celkovej beta aktivity, stanovenie celkovej alfa aktivity, merania ^3H , ^{90}Sr a ^{14}C .

V prípade potreby, hlavne počas havarijných podmienok je zabezpečené aj operatívne monitorovanie okolia JE pomocou rýchlej monitorovacej skupiny. Skupina má k dispozícii vozidlá vybavené prostriedkami operatívneho monitorovania PD a odberové zariadenia pre odber vzoriek vzduchu. Výsledky monitorovania sú operatívne hlásené na DRK alebo do centra havarijnej odozvy.

LITERATÚRA

I Zdrojové dokumenty, ktoré sú vlastníctvom SE, a.s.

- [I.1] Kapitola 13.Vplyv JE MO34 na životné prostredie, PpBS MO34, PNM34361765, VUJE, a.s., Trnava
- [I.2] Kategorizácia vybraných zariadení do bezpečnostných tried, Technická správa, DMO/052/0301/T/F0/S
- [I.3] Kapitola 6.7.3 Vzduchotechnické systémy, PpBS MO34, PNM34361088, VUJE, a.s., Trnava
- [I.4] Kapitola 6.4.4 Systémy na odvod odstraňovanie a riadenie koncentrácie rádioaktívnych látok, PpBS MO34, PNM34361043, VUJE, a.s., Trnava
- [I.5] Morávek, J. a kol.: Technicko-bezpečnostný koncept (1.etapa) pre dostavbu 3. a 4. bloku JE Mochovce - Systém radiačnej kontroly. Správa VÚJE, ev. č. V03-367/2005, rev. 02.00, VUJE, a.s. Trnava,
- [I.6] Úvodný projekt technologickej časti PS 12 „Radičná kontrola“ 3.stavby JE Mochovce. Energoprojekt Praha, február 1986
- [I.7] Rehák, R., Gese, A., Ševečka, Š.: Požiadavky a koncepcia riešenia nadstavbového systému pre radiačnú kontrolu blokov JE s VVER 440/213, výskumná správa, 2005
- [I.8] Program zabezpečenia kvality radiačnej ochrany, PNM34361200, VUJE, a.s., Trnava
- [I.9] SE/MNA -051.01-01 Prevádzkové ukazovatele bezpečnosti, Metodický návod, 2004
- [I.10] Kapitola 10 Limity a podmienky bezpečnej prevádzky, PpBS MO34, PNM34361753, VUJE a.s. Trnava,
- [I.11] PS3.13 Havarijný systém, WP 04.1 Revize a dopracování Úvodního projektu pro MO34, Technická správa, ÚJV Řež, a.s. - divize Energoprojekt Praha, 4/2009
- [I.12] Kapitola 11.03 Projektové charakteristiky radiačnej ochrany, PpBS MO34, PNM34373966, VUJE, a.s. Trnava
- [I.13] Kapitola 11.05 Program radiačnej ochrany, PpBS MO34, PNM34373968, VUJE, a.s. Trnava
- [I.14] Zriadenie centralizovaného pracoviska pre optimalizáciu obsluhy a riadenia SRK pre bloky 1 až 4, Zmenový list, č. SE EMO34 289, file name S022003002L
- [I.15] Kapitola 06.07.04.03 Systémy spracovania plynných výpustí, PpBS MO34, PNM34361092, VUJE, a.s., Trnava
- [I.16] OER 36, Premiestnenie systému EPDS, Hodnotenie projektovej zmeny
- [I.17] OER 38, CRONOS 4 Monitor kontaminácie predmetov, Hodnotenie projektovej zmeny
- [I.18] Morávek, J., Ševečka, Š., Kapišovský, V., Rehák, R., Šach, J.: „Koncepcia riešenia Systému radiačných kontrol“. Správa DOSMO ev.č. DMO/022/3001/T/F0/S, 2007

- [I.19] OTP/8435 Teledozimetrický systém SE-EMO
- [I.20] EMO/NA-172.00-05 Monitorovací plán radiačnej kontroly okolia JE Mochovce
- [I.21] EMO/NA-172.00-06 Monitorovanie pri havarijných situáciách

II Všeobecne dosiahnuteľné dokumenty (normy, zákony, vyhlášky, ..)

- [II.1] Zákon NR SR č.541/2004 Z.z o mierovom využívaní jadrovej energie (atómový zákon)
- [II.2] Zákon NR SR č.87/2018 Z.z. o radiačnej ochrane a o zmene a doplnení niektorých zákonov
- [II.3] Vyhláška ÚJD SR č.430/2011 o požiadavkách na jadrovú bezpečnosť
- [II.4] Zákon NR SR č.157/2018 Z.z o metrológii a o zmene a doplnení niektorých zákonov
- [II.5] IEC 1226, Nuclear power plants, Instrumentation and control systems important to safety, Classification, 1993
- [II.6] Regulatory Guide 1.97 Rev.04, Criteria for accident monitoring instrumentation for nuclear power plants, U.S. Nuclear Regulatory Commission, June 2006
- [II.7] Instrumentation and Control Systems Important to Safety in Nuclear Power Plants, NS-G-1.3, IAEA Safety Standards Series, 2002
- [II.8] Vzduchotechnické systémy jaderných elektráren, normativně technická dokumentace, Asociace strojních inženýrů - komise VZT systémy JE, Praha, říjen 2000
- [II.9] Vyhláška ÚJD SR č.31/2012 Z.z., ktorou sa ustanovujú podrobnosti o rozsahu, obsahu a spôsobe vyhotovenia dokumentácie jadrových zariadení potrebnej k jednotlivým rozhodnutiam
- [II.10] BNS I.1.2/2008 Obsah a rozsah bezpečnostnej správy, ISBN 978-80-88806-73-8, ÚJD SR 11/2008
- [II.11] Format and Content of the Safety Analysis Report for Nuclear Power Plants, IAEA Safety Standards Series No. GS-G-4.1, Vienna, 5/2004
- [II.12] BNS I.1.2/2014 Obsah a rozsah bezpečnostnej správy, ISBN 978-80-88806-99-8, ÚJD SR 01/2014

III Iné zdrojové dokumenty (a nie sú v I. a II. skupine)

- [III.1] Rýdl: Modely chování jódu při nadprojektové havárii pro reaktory VVER-440/213, ÚJV Řež, ÚJV 11133-T, jún 1998
- [III.2] Project AB1056155 Mochovce NPP, Combined Moving Filter Particulates Monitor and Iodine Cartridge changer BAI 9100D - BAI103-21 with LB9000 Logger, Berthold Technologies

ZOOZAM TABULIEK

Tabuľka 11.4 - 1 Monitorovanie RaS v priestoroch a okolí JE	14
Tabuľka 11.4 - 2 Monitorovanie RaS v technologických okruhoch JE	15
Tabuľka 11.4 - 3 Základné parametre monitorovacieho systému GIM204-K1.....	19
Tabuľka 11.4 - 4 Počet inštalovaných monitorov príkonu dávky v stavebných objektoch MO34	20
Tabuľka 11.4 - 5 Základné parametre prenosných meracích prístrojov RK pre meranie PD	20
Tabuľka 11.4 - 6 Základné parametre monitorovacieho systému ABPM201L (ABPM203K) pre meranie objemovej aktivity aerosólov	22
Tabuľka 11.4 - 7 Referenčné úrovne pre kontrolu objemovej aktivity aerosólov v ovzduší	22
Tabuľka 11.4 - 8 Základné parametre vzorkovača VOPV-10	24
Tabuľka 11.4 - 9 Základné parametre vzorkovača VOPV-12	24
Tabuľka 11.4 - 10 Základné parametre monitorovacieho systému ABPM203M.....	24
Tabuľka 11.4 - 11 Referenčné úrovne pre kontrolu objemovej aktivity RVP v ovzduší	27
Tabuľka 11.4 - 12 Základné parametre monitorovacieho systému NGM204K (NGM209K) pre meranie objemovej aktivity rádioaktívnych vzácnych plynov.....	27
Tabuľka 11.4 - 13 Základné parametre monitorovacieho systému FHT59EF	29
Tabuľka 11.4 - 14 Základné parametre monitorovacieho systému IM201L	30
Tabuľka 11.4 - 15 Zoznam meraní RK v BD a v ND	32
Tabuľka 11.4 - 16 Rozsahy merania monitora IM201L v BD (pre dobu merania a presávania 3600 s).....	33
Tabuľka 11.4 - 17 Zoznam monitorov radiačnej kontroly plyných výpustí vo ventilačnom komíne (monitory pripojené do ISRK)	35
Tabuľka 11.4 - 18 Zoznam meracích kanálov RK - monitorovania parametrov vzdušiny vo VK.....	36
Tabuľka 11.4 - 19 Základné parametre aerosólového monitorovacieho systému BAI 9100	38
Tabuľka 11.4 - 20 Základné parametre jódového monitorovacieho systému BAI 9103-21	40
Tabuľka 11.4 - 21 Základné parametre prevádzkového monitora RVP NGM215	41
Tabuľka 11.4 - 22 Základné parametre kompresorovej súpravy pre odber vzoriek RVP	42
Tabuľka 11.4 - 23 Základné parametre odberovej tlakovej nádoby	42
Tabuľka 11.4 - 24 Základné parametre vzorkovacieho systému ^3H a ^{14}C	43
Tabuľka 11.4 - 25 Zoznam meracích kanálov kontinuálneho monitorovania primárneho okruhu pripojených do ISRK	47
Tabuľka 11.4 - 26 Zoznam priebežne vyhodnocovaných RN v chladive I.O. - Gama spektrometria I.O., 10 minútové meranie	49
Tabuľka 11.4 - 27 Zoznam vyhodnocovaných RN v chladive I.O. - Gama spektrometria I.O., 8 hodinové meranie	49
Tabuľka 11.4 - 28 Zoznam vyhodnocovaných sumárnych objemových aktivít v chladive I.O. - Gama spektrometria I.O., 8 hodinové meranie.....	50
Tabuľka 11.4 - 29 Základné parametre polovodičového spektrometra I.O.	51
Tabuľka 11.4 - 30 Zoznam sledovaných RN pri meraní sumárnej objemovej aktivity RVP v chladive I.O....	53
Tabuľka 11.4 - 31 Základné parametre kryptónového monitora na I.O.	54
Tabuľka 11.4 - 32 Základné parametre monitorovacieho systému GIM204-K4.....	55
Tabuľka 11.4 - 33 Zoznam kontinuálnych meraní objemovej aktivity chladiva vložených okruhov HCČ a SORR pripojených do ISRK.....	56
Tabuľka 11.4 - 34 Základné parametre monitora aktivity kvapalín LM211S	57
Tabuľka 11.4 - 35 Parametre spektrometrického merania aktivity vložených okruhov	58
Tabuľka 11.4 - 36 Zoznam kontinuálnych meraní radiačnej kontroly sekundárneho okruhu počas normálnej prevádzky.....	59
Tabuľka 11.4 - 37 Zoznam meracích kanálov spektrometrov SGLM202, inštalovaných na hlavných parovodoch	61
Tabuľka 11.4 - 38 Základné parametre monitora SGLM202K pre meranie aktivity ^{16}N ostrej pary.....	62
Tabuľka 11.4 - 39 Referenčné signalizačné úrovne monitora ^{16}N	63
Tabuľka 11.4 - 40 Zoznam meracích kanálov a parametre merania aktivity odluhov PG	64
Tabuľka 11.4 - 41 Prahy signalizácie monitora ejektorových plynov	66
Tabuľka 11.4 - 42 Rozsahy merania monitora TVD, TVN (pre dobu merania 600 s)	67
Tabuľka 11.4 - 43 Zoznam meracích kanálov kontinuálneho prevádzkového monitorovania technickej vody.....	67
Tabuľka 11.4 - 44 Základné parametre prevádzkového monitora technickej vody typu SAM201	68

Tabuľka 11.4 - 45 Referenčné signalizačné prahy pre kontinuálne monitorovacie zariadenia SRK na VZT systémoch	71
Tabuľka 11.4 - 46 Základné parametre monitorovacích zariadení SRK na VZT systémoch	71
Tabuľka 11.4 - 47 Zoznam meracích kanálov a základné parametre merania monitora aktivity kondenzátu vykurovacej pary (pre dobu merania 600 s).....	73
Tabuľka 11.4 - 48 Zoznam a parametre meracích kanálov RK vody pred vstupom do kontrolných nádrží ..	74
Tabuľka 11.4 - 49 MDA monitorov aktivity zložiek plyných výpustí pre dobu merania 3600 s	75
Tabuľka 11.4 - 50 Prah signalizácie pre monitory SRK, inštalované v ČTON	75
Tabuľka 11.4 - 51 Základné parametre prenosných meracích prístrojov RK.....	80
Tabuľka 11.4 - 52 Základné charakteristiky stabilne inštalovaných monitorovacích prístrojov pre kontrolu povrchovej kontaminácie osôb v priestoroch JE.....	82
Tabuľka 11.4 - 53 Prehľad a umiestnenie monitorovacích zariadení kontaminácie osôb v priestoroch JE (3. a 4. blok)	83
Tabuľka 11.4 - 54 Základné charakteristiky monitorovacích prístrojov pre kontrolu kontaminácie pracovných predmetov vynášaných z KP a vozidiel opúšťajúcich areál JE	83
Tabuľka 11.4 - 55 Zoznam meraní radiačnej kontroly pripojených do systému PAMS/SAMS	85
Tabuľka 11.4 - 56 Základné parametre havarijného monitorovacieho systému GIM206K	87
Tabuľka 11.4 - 57 Porovnanie rozsahu merania prevádzkového monitora (^{16}N) a odhadnutého rozsahu merania havarijného monitora ostrej pary	91
Tabuľka 11.4 - 58 Základné parametre monitora GIM202K.....	92
Tabuľka 11.4 - 59 Zoznam kontinuálnych meracích kanálov havarijnej RK v systémoch TVD	95