

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZDRAVOTNĚ SOCIÁLNÍ FAKULTA

Způsoby detekce ionizujícího záření v provozu JE Temelín
(monitorování prostředí)

Bakalářská práce

Autor: Vendula Doudová

Vedoucí práce: Ing. Jiří Konečný, CSc.

České Budějovice 29.8.2007

Detection of Ionizing Radiation in Radiological Controlled Area of Nuclear Power Plant Temelín

Abstract

The principal aim of radiation control in the power plant Temelin is finding of the quantity of internal and external irradiation, its prognosis, interpretation of measured data and comparison with limits. It has to be monitored in every conditions of the power plant, in the normal operation, abnormal operation (foreseeable abnormality from normal operation) and in the emergency conditions. The system must guarantee the information about the situation and about the competent technological systems including the working environment in power plant. The workplace need to be equipped with corresponding instrumentation.

The power plant Temelin is equipped with the modern system of radiation control. The system meets high technical standards. It ensures the control of all parameters according requirements of our legislative and government authority. The system provides the control in such dimension to have necessary information about irradiation of staff and the population in neighbourhood, outlets to environment, and about the situation in the some selected technological circuits and systems. It is necessary to monitor the integrity of barriers in every mode of power plant Temelin including emergency and post-emergency conditions. The working environment in contained area of the power plant Temelin is monitored with stationary monitoring system and with the mobile instruments according the approved operational manual.

Monitoring includes not only the measurement of the quantities characterizing the field of radiation and dosimetry quantities, but also the interpretation of data, the radiation evaluation of the staff and other persons. The system of personal monitoring serves for monitoring of personal exposure. Conditions in the power plant must be in according the requirements of limitation of personal irradiation. It must approve the optimalization of radiation protection. Abnormalities from normal operation and the control of staff in the workplaces are monitored.

The workplace monitoring is realized with surveillance, measurement, evaluation and recording parameters of ionizing radiation field and the occurrence of radionuclides in working area, especially the dose equivalent on the working area and the volume activities in the environment and the surface activities.

Prohlašuji, že jsem svoji bakalářskou práci na téma Způsoby detekce ionizujícího záření v provozu JE Temelín (monitorování prostředí) vypracovala samostatně pouze s použitím pramenů a literatury, uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu § 47b zákona 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě, fakultou elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

V Českých Budějovicích, srpen 2007

Vendula Doudová

Děkuji Ing. Jiřímu Konečnému, CSc. za rady a připomínky, které mi pomohly při vypracování bakalářské práce.

OBSAH

OBSAH	5
SEZNAM ZKRATEK A SYMBOLŮ	7
ZÁKLADNÍ POJMY	9
ÚVOD	10
1. SOUČASNÝ STAV	11
2. CÍL PRÁCE A HYPOTÉZY	12
3. METODIKA	13
4. VÝSLEDKY	14
4.1 <i>MONITORING A RADIAČNÍ OCHRANA</i>	14
4.1.1 <i>Koncepce radiační kontroly</i>	14
4.1.2 <i>Limity radiačních dávek</i>	14
4.1.3 <i>Referenční úrovně</i>	15
4.1.4 <i>Monitorování</i>	16
4.1.5 <i>Monitorování pracoviště</i>	17
4.1.6 <i>Osobní monitorování</i>	19
4.1.6.1 <i>Monitorování zevního ozáření</i>	19
4.1.6.2 <i>Monitorování vnitřní kontaminace</i>	21
4.1.6.3 <i>Monitorování při radiačních nehodách a evidence monitorování</i>	23
4.1.7 <i>Zajištění radiační ochrany</i>	23
4.1.7.1 <i>Řízení radiační ochrany</i>	23
4.1.7.2 <i>Bezpečnostní strategie zajišťování radiační ochrany</i>	24
4.1.7.3 <i>Vymezení legislativních požadavků</i>	25
4.2 <i>DETEKCE IONIZUJÍCÍHO ZÁŘENÍ</i>	26
4.2.1 <i>Obecné rozdělení měřících přístrojů</i>	26
4.2.2 <i>Nejčastěji používané dozimetry</i>	28
4.2.2.1 <i>Ionizační komora</i>	28
4.2.2.2 <i>Geiger-Mullerova trubice</i>	28
4.2.2.3 <i>Termoluminiscenční detektor (TL detektor)</i>	28
4.2.2.4 <i>Opticky stimulovaný detektor (OSL detektor)</i>	29
4.2.2.5 <i>Filmové dozimetry pro Rentgenovo záření a gama a beta záření</i>	29
4.2.2.6 <i>Scintilační detektor</i>	30
4.2.2.7 <i>Osobní neutronový dozimetr</i>	30
4.2.2.8 <i>Elektronické dozimetry</i>	31
4.2.3 <i>Metody měření dozimetrických veličin</i>	31
4.2.3.1 <i>Aktivita – A</i>	32
4.2.3.2 <i>Objemová aktivita plynů – aV(G)</i>	32
4.2.3.3 <i>Objemová aktivita aerosolů – aV(P)</i>	33
4.2.3.4 <i>Objemová aktivita jódu – aV(I)</i>	33
4.2.3.5 <i>Povrchová kontaminace – as</i>	33
4.2.3.6 <i>Objemová aktivita kapalin – aV</i>	34
4.2.3.7 <i>Dávkový příkon – D`g (příkon dávk. ekv. – H`g) Záření gama</i>	35
4.2.3.8 <i>Dávkový příkon v prostředí</i>	36
4.2.3.9 <i>Dávkový příkon způsobený zdrojem záření</i>	36
4.2.3.10 <i>Dávkový příkon měřený kontaktně</i>	36
4.2.3.11 <i>Dávkový příkon měřený ve vzdálenosti 0,1 m a v 0,5 m</i>	37
4.2.3.12 <i>Příkon dávkového ekvivalentu neutronů – H`</i>	37
4.3 <i>STACIONÁRNÍ PŘÍSTROJE</i>	38
4.3.1 <i>Společný popis stacionárních přístrojů radiační kontroly</i>	38
4.3.2 <i>Popis systému RRMS – centralizovaný monitorovací systém</i>	38
4.3.2.1 <i>Autonomní měřící jednotky – monitory</i>	39
4.3.2.2 <i>Počítačový systém RRMS</i>	40
4.3.2.3 <i>Volba umístění detektoru - měření</i>	41
4.3.2.4 <i>Druh, citlivost a rozsah detektoru</i>	42
4.3.2.5 <i>Nastavení signalizačních úrovní, signalizace a alarmy</i>	42
4.3.3 <i>Rozdělení ostatních typů stacionárních zařízení RK</i>	43
4.3.3.1 <i>Přístroj RM 24</i>	43
4.3.3.2 <i>Přístroj CM 11</i>	44

4.3.3.3	<i>Přístroj HFM 2102</i>	44
4.3.3.4	<i>Přístroj PCM-2</i>	45
4.3.3.5	<i>Přístroj PING-1A</i>	45
4.4	PŘENOSNÉ PŘÍSTROJE SYSTÉMU	46
4.4.1	<i>Společný popis přenosných přístrojů radiační kontroly</i>	46
4.4.2	<i>Rozdělení typů přenosných přístrojů RK</i>	47
4.4.2.1	<i>Měření dávkového příkonu záření gama</i>	47
4.4.2.2	<i>Měření příkonu dávkového ekvivalentu neutronového záření</i>	47
4.4.2.3	<i>Měření povrchové kontaminace</i>	47
4.4.2.4	<i>Měření objemové aktivity RVP</i>	48
4.4.2.5	<i>Měření objemové aktivity aerosolů (AMS-4, JAP/T)</i>	48
4.4.2.6	<i>Přístroj E 600</i>	50
4.4.2.7	<i>Přístroj FH40G-10</i>	51
4.4.2.8	<i>Přístroj FHT 111M Contamat</i>	52
4.4.2.9	<i>Přístroj RP 114 (DC 3E)</i>	52
5.	DISKUZE	54
6.	ZÁVĚR	60
7.	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	61
8.	KLÍČOVÁ SLOVA	63
9.	PŘÍLOHY	64
9.1	<i>GRAFY</i>	64
9.2	<i>OBRÁZKY</i>	68

SEZNAM ZKRATEK A SYMBOLŮ

ALARA	princip "Tak nízké, jak je rozumně dosažitelné"
ATL	monitor s detekční jednotkou přiloženou k potrubí
AZ	atomový zákon
BAPP	budova aktivních pomocných provozů
BDRK	bloková dozorna radiační kontroly
CDRK	centrální dozorna radiační kontroly
ČEZ-ETE	ČEZ, a.s. elektrárna Temelín
ČEZ-HS	ČEZ, a.s., Hlavní správa
ČMI – IIZ	Český metrologický institut, inspektorát pro IZ
EDU	jaderná elektrárna Dukovany
EPD	elektronický osobní dozimetr
EPDS	elektronický personální dozimetrický systém
ETE	jaderná elektrárna Temelín
FD	filmový dozimetr
GM	Geiger Muller
Gy	Gray
Hp(10)	dávkový ekvivalent v hloubce 10mm (hluboký)
Hp(0,7)	dávkový ekvivalent v hloubce 0,7mm (mělký)
HŘS	havarijní řídicí středisko
HS	hygienická smyčka
HŠ	havarijní štáb
HVB	hlavní výrobní blok
IED	individuální efektivní dávka
ISE	informační systém elektrárny
IZ	ionizující záření
JE	jaderná elektrárna
KED	kolektivní efektivní dávka
KP	kontrolované pásmo
LaP	limity a podmínky
MDA	minimální detekovatelná aktivita
MSLM	main steam line monitor
ODK	osobní dozimetrická kontrola
OOPP	osobní ochranné pomůcky a prostředky
OSL	Optically stimulated luminiscence

PE	pracovní etalon
PG	parogenerátor
PM	pracovní měřidlo
PNP	prostor s neomezeným pobytem
PO	primární okruh
POP	prostor s omezeným pobytem
RA	radioaktivní
RaO	radioaktivní odpady
RaS	radiační situace
RB	radiační bezpečnost
RN	radionuklid
RPLD	radiofotoluminiscenční dozimetrie, radiofotoluminiscenční dozimetr
RO	radiační ochrana
RRMS	dálkový radiační monitorovací systém
RVP	radioaktivní vzácné plyny
SP	sledované pásmo
SÚJB	Státní úřad pro jadernou bezpečnost
Sv	Sievert
TL	termoluminiscenční
TLD	termoluminiscenční dozimetr
VK	vnitřní kontaminace
VZT	vzduchotechnické zařízení
ZIZ	zdroj ionizující záření

ZÁKLADNÍ POJMY

ALARA – princip (as low as reasonably achievable), který obsahuje metody a nástroje, s jejichž pomocí lze udržovat všechny expozice tak nízké, jak lze dosáhnout s uvážením souvisejících ekonomických a sociálních podmínek.

Bezpečnostní principy – vyjadřují způsob zajištění jaderné bezpečnosti JE počínaje výběrem lokality, přes projektování, výstavbu, spouštění, provoz až po konečnou likvidaci jaderného zařízení.

Dohlížející osoba je fyzická osoba se zvláštní odbornou způsobilostí vykonávající soustavný dohled nad dodržováním požadavků radiační ochrany na pracovištích se zdroji záření.

Kultura bezpečnosti – soubor postojů a charakteristik organizací a jednotlivců, které zajišťují, že problémům bezpečnosti je věnována nejvyšší priorita, jakou si jejich významnost zaslouhuje.

Limity ozáření – jsou závazné kvantitativní ukazatele, jejichž překročení není z hlediska radiační ochrany přípustné.

Ochrana do hloubky – základní bezpečnostní princip určený ke kompenzování možných lidských chyb a technických poruch zařízení, který je založen na využití vícenásobných bariér a zálohování funkcí, které brání úniku ionizujícího záření nebo radioaktivních látek do životního prostředí. Princip zahrnuje opatření na ochranu těchto bariér i opatření na ochranu obyvatelstva a životního prostředí i v případě, že tyto bariéry nejsou plně účinné.

Radiační ochrana – systém technických a organizačních opatření k omezení ozáření fyzických osob a k ochraně životního prostředí.

Referenční úroveň – ukazatel nebo kritérium, jehož překročení nebo nesplnění je podnětem k zahájení opatření v radiační ochraně.

Samohodnocení – systém hodnocení vlastními silami. Obsahuje hodnocení vlastním zaměstnancem při provádění práce, jeho přímým vedoucím, útvary bezpečnosti a jakosti a hodnocení vnitřním auditem ČEZ.

Strategie bezpečnosti - principy bezpečnostní politiky jsou formulované v „Zajišťování bezpečnosti ČEZ.a.s.“ (16)

ÚVOD

Téma práce jsem si vybrala ke zpracování, protože je velmi zajímavé. Je důležité, aby veřejnost byla seznamována s tím, jakým způsobem je prostředí JE Temelín monitorováno.

1. SOUČASNÝ STAV

Jaderná elektrárna Temelín je vybavena moderním systémem radiační kontroly na vysoké technické úrovni, který zajišťuje kontrolu všech parametrů dle požadavků české legislativy a orgánů státního dozoru platných jak v období výstavby, tak v současné době. Systém zajišťuje dle projektu kontrolu v takovém rozsahu, aby byly zabezpečeny nezbytné informace o ozáření personálu elektrárny i obyvatelstva v okolí elektrárny, stavu radiační situace v elektrárně i v okolí, výpustech do životního prostředí a stavu vybraných technologických okruhů a systémů se zaměřením na sledování neporušenosti bariér ve všech režimech jaderné elektrárny včetně havarijních a pohavarijních podmínek.

Pracovní prostředí v kontrolovaném pásmu JE Temelín je monitorováno stabilním (stacionárním) monitorovacím systémem a přenosnými (mobilními) přístroji dle schválené provozní dokumentace. Na základě provozních zkušeností nebo na základě nově vznesených požadavků může systém kontroly doznávat změn.

Podrobné požadavky kladené na monitorování jsou uvedeny ve vyhlášce Státního úřadu pro jadernou bezpečnost č.307/2002Sb. o radiační ochraně v platném znění.

Monitorování pracoviště se uskutečňuje sledováním, měřením, hodnocením a zaznamenáváním veličin a parametrů charakterizujících pole ionizujícího záření a výskyt radionuklidů na pracovišti, zejména příkonů dávkového ekvivalentu na pracovišti, objemových aktivit v ovzduší pracoviště a plošných aktivit na pracovišti.

2. CÍL PRÁCE A HYPOTÉZY

Cílem práce je souhrnně popsat způsob monitorování pracovního prostředí JE Temelín a potvrdit, nebo vyvrátit hypotézu.

Hypotéza: Pracovní prostředí JE Temelín je monitorováno na úrovni zajišťující při běžném provozu bezpečnou práci zaměstnanců v kontrolovaném pásmu.

Z pohledu radiační ochrany je možné vybrat jako základní ukazatel bezpečné práce v kontrolovaném pásmu JE Temelín osobní a kolektivní dávky pracovníků, přičemž se nerozlišuje mezi kmenovými pracovníky elektrárny a pracovníky dodavatelů.

3. METODIKA

Metodikou je shrnutí provozních podkladových materiálů a jejich vyhodnocení. Použité budou některé dostupné části provozních materiálů z jaderné elektrárny Temelín. Dále jsou to materiály platné legislativy České republiky.

Protože projekt předpokládal vybavení dozimetrickými přístroji na úrovni umožňující bezpečnou práci v kontrolovaném pásmu JE Temelín pod úrovněmi obecných limitů, byly sledovány i kolektivní osobní dávky a individuální osobní dávky pracovníků. Předpokládá se, že za období posledních tří sledovaných let, by mohly být údaje o osobních dávkách dostačující k potvrzení, jestli navržený systém kontroly radiační situace je vyhovující nebo je zapotřebí dodatečných změn a opatření. Dají se zde aplikovat poznatky z jiných jaderných elektráren, kde např. KED v delším časovém horizontu spíše klesaly.

4. VÝSLEDKY

4.1 MONITORING A RADIAČNÍ OCHRANA

4.1.1 KONCEPCE RADIAČNÍ KONTROLY

Jaderná elektrárna Temelín je v současné době vybavena moderním systémem radiační kontroly na vysoké technické úrovni, který zajišťuje kontrolu všech parametrů dle požadavků české legislativy a orgánů státního dozoru platných jak v období výstavby, tak v současné době. Systém zajišťuje dle projektu kontrolu v takovém rozsahu, aby byly zabezpečeny nezbytné informace o ozáření personálu elektrárny i obyvatelstva v okolí elektrárny, stavu radiační situace v elektrárně i v okolí, výpustech do životního prostředí a stavu vybraných technologických okruhů a systémů se zaměřením na sledování neporušenosti bariér ve všech režimech jaderné elektrárny včetně havarijních a pohavarijních podmínek. (19) (10)

Systém radiační kontroly měl být původně realizován podle sovětského projektu. Během výstavby elektrárny však systém postupně morálně a technicky zastarával a nebyl schopný plnit všechny požadavky na něj kladené. Proto byl na základě doporučení vyplývajících z posouzení projektu radiační kontroly, vypracován projekt na záměnu centralizovaného monitorovacího a informačního systému radiační kontroly a přenosných a autonomních přístrojů, který respektoval výše uvedené požadavky.

Nový centralizovaný monitorovací a informační systém RK byl dodán konsorciem firem Westinghouse a Sorrento Electronics, autonomní a přenosné přístroje RK byly v dodávce řady dalších firem, např. Canberra Packard, VF Černá Hora, Chemcomex, Gity.

Tato změna se netýkala radiační kontroly okolí a osobní dozimetrické kontroly.

4.1.2 LIMITY RADIAČNÍCH DÁVEK

Základní limity – na vrcholu pomyslné pyramidy, mají obecnou a neměnnou platnost pro celý obor ochrany před zářením. Jsou to závazné limity, které nesmějí být u jednotlivců překročeny. Jsou stanoveny tyto obecné limity. Obecné limity se vztahují na průměrné vypočtené ozáření v kritické skupině obyvatel, a to pro všechny cesty ozáření ze všech zdrojů ionizujícího záření a všechny činnosti vedoucí k ozáření, které přicházejí v úvahu.

Limity pro radiační pracovníky. Efektivní dávka pro pracovníky činí 50 mSv za rok, pětiletý limit je 100 mSv. Střední dávkový ekvivalent v orgánu či tkáni – roční limit pro oční čočku je u pracovníků 150 mSv. Průměrná ekvivalentní dávka v 1 cm² kůže nesmí překročit hodnotu 500 mSv za kalendářní rok.

Základní limity pro ostatní obyvatelstvo jsou stanoveny ve výši 1 mSv za rok. Střední dávkový ekvivalent v orgánu či tkáni – roční limit pro oční čočku je pro obyvatelstvo 15 mSv. Průměrná ekvivalentní dávka v 1 cm² kůže nesmí překročit hodnotu 50 mSv za kalendářní rok.(18)

Odvozené limity – neplatí obecně, jsou stanoveny pro jednotlivé konkrétní podmínky práce se zdroji záření. Jsou to pomocné kvantitativní ukazatele vyjádřené v měřitelných veličinách a sloužících ve vybraných případech k prokazování, že limity pro radiační pracovníky nebyly překročeny. Odvozené limity pro zevní ozáření. Jsou to pro osobní dávkový ekvivalent v hloubce 0,07 mm hodnota 500 mSv za kalendářní rok. Pro osobní dávkový ekvivalent v hloubce 10 mm hodnota 20 mSv za kalendářní rok.

Autorizované limity – jsou stanoveny v podmínkách povolení SÚJB a nepřekročení těchto autorizovaných limitů se považuje za dostatečné k prokázání nepřekročení limitů ozáření. Jsou to závazné kvantitativní ukazatele stanovené zpravidla jako výsledek optimalizace radiační ochrany pro jednotlivou radiační činnost nebo jednotlivý zdroj ionizujícího záření.

4.1.3 REFERENČNÍ ÚROVNĚ

Pro hodnocení výsledků měření při monitorování se stanovují určité význačné hodnoty, jejichž dosažení signalizuje určitou anomální radiační situaci a je případně pokynem pro zahájení příslušných opatření radiační ochrany. Zavádějí se tři druhy referenčních úrovní:

Záznamová úroveň – tato úroveň stanovuje nejnižší hodnotu monitorované veličiny, od které má význam ji hodnotit a zaznamenávat v dokumentaci. Jako záznamová úroveň se většinou bere nejmenší detekovatelná hodnota měřené veličiny, či hodnota pozadí. Tato hodnota je závislá na druhu měřené veličiny, konkrétních podmínkách měření a vlastnostech měřících přístrojů používaných k monitorování.

Vyšetřovací úroveň – dosažení vyšetřovací úrovně je již příznakem ne zcela běžné radiační situace na pracovišti a mělo by být podnětem k šetření jeho příčin a důsledků. Vyšetřovací úroveň se zpravidla stanovuje jako horní mez obvykle se vyskytujících hodnot, u osobních radiačních dávek pak případně jako 0,3-násobek příslušného limitu pro radiační pracovníky.

Zásahová úroveň – dosažení této úrovně již signalizuje mimořádnou událost či radiační nehodu, spojenou se zvýšeným radiačním rizikem, a je podnětem k neprodlenému varování a podniknutí kroků k ochraně osob a prostředí podle havarijního řádu pracoviště. (1)

4.1.4 MONITOROVÁNÍ

Monitorování je cílené měření veličin charakterizujících ozáření, pole záření nebo radionuklidy a hodnocení výsledků těchto měření pro účely usměrňování ozáření. (20)

Vyhláška stanovuje rozsah programu monitorování pracovišť se zdroji ionizujícího záření obecně, který má mít podle způsobu nakládání se zdroji ionizujícího záření nebo radioaktivními odpady následující části:

- monitorování pracoviště,
- osobní monitorování,
- monitorování výpustí,
- monitorování okolí

JE Temelín realizuje všechny vyjmenované části monitorování. Musí zahrnovat monitorování jak pro běžný provoz, tak i pro předvídatelné odchylky od běžného provozu, včetně radiačních nehod a případně i radiačních havárií.

Monitorování se podle povahy věci navrhuje a zavádí buď jako soustavné (rutinní), a to nepřetržitě (kontinuální) nebo pravidelné (periodické), kdy se v určených časových intervalech opakuje, či jako operativní při určité činnosti s cílem zhodnotit a zajistit přijatelnost této činnosti z hlediska systému limitování.

Informace získávané monitorovacím systémem se podle rychlosti přístupu dělí na:

- operativní, tj. předávané personálu okamžitě jako výsledek měření,

- neoperativní, tj. získané až na základě provedení laboratorních analýz a výpočtů.

Podle toho, zda jsou výsledky monitorování využívány ke kontrole dodržování orgány státního dozoru stanovených limitů a podmínek pro provoz jaderné elektrárny (ozáření pracovníků, obyvatelstva, vypusti do okolí apod.), či k signalizaci odchylek od těchto podmínek, dělí se monitorování na:

- bilanční monitorování,
- signální monitorování.

Obecným cílem radiační kontroly v JE je včasné zjištění úrovně vnitřního a vnějšího ozáření, jeho prognóza, vyhodnocování naměřených výsledků a srovnávání s přípustnými hodnotami (limity) a to za všech stavů JE tj. normálního provozu, abnormálního provozu (tj. předvídatelné odchylky od normálního provozu) a za havarijních a pohavarijních podmínek. Dále má zabezpečit informovanost o stavu a funkci příslušných technologických systémů včetně pracovního prostředí v JE. Tomu musí odpovídat i vybavení pracoviště příslušnou instrumentací. (6)

4.1.5 *MONITOROVÁNÍ PRACOVIŠTĚ*

Monitorování pracovního prostředí na JE Temelín formou kontinuálního i operativního měření dávkového příkonu, objemových aktivit a úrovně kontaminace povrchů slouží ke sledování radiační situace v pracovních prostorech a hodnocení stupně kontaminace technologických medií. V rámci zabezpečování činností směřujících k naplnění schválených programů monitorování pracovišť ETE zabezpečuje personál oddělení radiační kontroly provozu ETE ve směnovém režimu rovněž sledování neporušenosti jednotlivých fyzických ochranných bariér a nepřetržité monitorování radiační situace v jednotlivých technologických okruzích. (17)

V rámci monitorování pracovního prostředí je rovněž zabezpečena kontrola povrchové kontaminace osob vystupujících z KP ETE a kontrola povrchové kontaminace předmětů vynášených z KP.

Měření probíhá podle Programu monitorování pracoviště (7). V rámci pracovního prostředí se měří:

- Dávkový příkon (příkon dávkového ekvivalentu) gama
- Příkon dávkového ekvivalentu (ekvivalentní dávky) neutronů

- Objemová aktivita aerosolů
- Objemová aktivita jódu
- Objemová aktivita plynů
- Objemová aktivita kapalin
- Povrchová kontaminace pracovních ploch
- Povrchová kontaminace osob a předmětů opouštějících KP
- Kontrola osob a předmětů na hranici střeženého prostoru ETE
- Kontrola vozidel na hranici střeženého prostoru ETE
- Kontrola šatnových skříněk v KP
- Kontrola OOPP
- Kontrola kalů u čističky odpadních vod
- Kontrola okolí pitných fontánek a výčepních zařízení na pitnou vodu v HVB a BAPP
- Aktivní částice

Dále probíhá monitorování technologických celků. Jsou měřeny tyto technologické celky:

- Primární okruh (objemová aktivita chladiva PO - kontinuální měření, objemová aktivita chladiva PO na systémech havarijního chlazení AZ, objemová aktivita chladiva PO - odběr vzorků, dávkový příkon u vysoko-teplotních filtrů).
- Sekundární okruh (objemová aktivita ostré páry, objemová aktivita odluhů PG – kontinuální měření, objemová aktivita plynu z ejektoru z hlavního kondenzátoru turbíny, měrná aktivita odluhů PG - odběr vzorků).
- Technické chladicí vody (objemová aktivita technické vody důležité v BAPP, objemová aktivita technické vody nedůležité v BAPP, objemová aktivita vody vloženého okruhu).

- Čisticí stanice vzdušnin (objemová aktivita vzácných plynů před adsorbéry, objemová aktivita vzácných plynů za adsorbéry).
- Objemová aktivita vody z tepelného napaječe
- Čisticí stanice na BAPP (objemová aktivita vod za ionexovými filtry systémů čištění aktivních odpadních vod, objemová aktivita vody za ionexovými filtry systémů čištění kondenzátu, objemová aktivita kondenzátu topné páry odparek, objemová aktivita vody za filtry systému čištění dluhů).
- Vzduchotechnické systémy - kontrola úniků z PO (objemová aktivita vzácných plynů, objemová aktivita aerosolů a jódu před filtry)
- Havarijní a pohavarijní monitorování

4.1.6 OSOBNÍ MONITOROVÁNÍ

4.1.6.1 Monitorování zevního ozáření

Systém osobního monitorování slouží ke sledování osobních dávek a plnění požadavků limitování ozáření osob, prokazování optimalizace radiační ochrany, sledování odchylek od normálního provozu a kontrole bezpečného provozu těchto pracovišť. Měření probíhá podle Programu monitorování osob (8). V rámci osobního monitorování se měří:

- Základní sledování osobního dávkového ekvivalentu (všichni radiační pracovníci ve všech KP ETE, pracovníci provádějící v ETE defektoskopické činnosti se zdroji IZ, metodou je sledování osobního dávkového ekvivalentu způsobeného vnějším zářením gama a tepelnými neutrony pomocí filmových dozimetrů, měří se celé tělo reprezentované referenčním místem, měřená veličina je osobní dávkový ekvivalent Hp(10), měří se jednou měsíčně)
- Základní sledování osobního dávkového ekvivalentu pro kůži (všichni radiační pracovníci ve všech KP ETE, metodou je sledování osobního dávkového ekvivalentu způsobeného vnějším ozáření beta a nízko ener-

getickým zářením gama filmovou dozimetrií, měřená veličina je osobní dávkový ekvivalent $H_p(0,07)$, měří se celé tělo reprezentované referenčním místem, jednou měsíčně)

- Operativní sledování osobního dávkového ekvivalentu od záření gama (radiační pracovníci vstupující do KP HVB 1, HVB 2 a BAPP, sledování osobního dávkového ekvivalentu pomocí EPD se signalizací překročení nastavených úrovní, veličina osobní dávkový ekvivalent $H_p(10)$, měří se celé tělo reprezentované referenčním místem, měření je operativní - vyhodnocení EPD po každém výstupu z KP).
- Sledování ekvivalentní dávky pro končetiny (vybraní pracovníci podle charakteru práce a podle aktuální radiační situace v místě práce, je to upřesňující sledování $H_p(10)$ způsobeného zevním ozářením gama pomocí TLD jako prsten nebo náramek, nebo RPLD, měří se ruce od prstů až po předloktí, nohy od chodidel až po kotníky, ekvivalentní dávka na končetiny stanovená měřením veličiny $H_p(10)$, měření je operativní - vyhodnocení dozimetru po výstupu z KP).
- Základní sledování osobního dávkového ekvivalentu od neutronů (všichni radiační pracovníci vstupující do patřičných prostorů, sledování osobního dávkového ekvivalentu způsobeného vnějším ozářením neutrony pomocí albedo TLD typu LiF, osobní dávkový ekvivalent $H_p(10)$ od neutronů, celé tělo reprezentované referenčním místem.). Operativní sledování osobního dávkového ekvivalentu od neutronů.
- Sledování nepřekročení limitu při výjimečném ozáření (vybraní radiační pracovníci, měřením je sledování osobního dávkového ekvivalentu způsobeného vnějším ozářením gama a neutrony pomocí FD, případně dalšími typy dozimetrů dle RaS, měří osobní dávkový ekvivalent $H_p(10)$, celé tělo reprezentované referenčním místem, měří se operativně - vyhodnocení přidělených dozimetrů po ukončení činnosti.)
- Monitorování návštěv, exkurzí a neradiačních pracovníků (návštěvy, exkurze v KP ETE neradiační pracovníci kteří vstupují do KP na základě jednorázového povolení činnosti, sledování osobního dávkového ekvivalentu způsobeného vnějším ozářením gama pomocí EPD, osobní dávko-

vý ekvivalent $H_p(10)$, měří se celé tělo reprezentované referenčním místem, měření je operativní - vyhodnocení přidělených dozimetrů po výstupu z KP).

V praxi lze očekávat tři typy ozáření pracovníka, příp. jejich kombinaci:

- dominantně ve směru hrud' – záda; ve většině případů se pracovník při práci nachází čelem ke zdroji záření,
- ze zadního poloprostoru; zpravidla při transportu radioaktivních látek (řidič – náklad),
- rovinně či sféricky isotropním polem; činnost v poli rozptýleného záření, při změnách orientace pracovníka vůči zdroji.

K hodnocení zevního ozáření se používá čtyř základních typů osobních dozimetrů, které jsou kalibrovány tak, aby jejich odezva umožnila hodnocení jak celotělového ozáření veličinou efektivní dávka, tak lokálního ozáření veličinou ekvivalentní dávka. Monitorování zevního ozáření osob se za normálních podmínek uskutečňuje jednak osobními dozimetry a jednak na základě údajů monitorů pracovního prostředí.

4.1.6.2 *Monitorování vnitřní kontaminace.*

Vnitřní kontaminaci lze monitorovat měřením aktivity radionuklidu v těle nebo v orgánu celotělovým počítačem nebo jednodušším zařízením; měřením aktivity radionuklidů vyloučených v exkretách případně měřením ovzduší v pracovním prostředí. (3)

Přímými metodami stanovení vnitřní kontaminace se rozumí stanovení aktivity radionuklidu měřením in vivo celého těla nebo orgánu či tkáně celotělovým počítačem. V některých případech je postačující měřit aktivitu jen v některých orgánech či tkáních. Nejrozšířenější je monitorování radioizotopů jódu (^{131}I , ^{125}I) ve štítné žláze. Pro tyto účely stačí poměrně jednoduché zařízení, sestávající z kolimovaného scintilačního detektoru a jedno nebo vícekanálového amplitudového analyzátoru.

V případě monitorování vnitřní kontaminace na základě měření pracovního prostředí je třeba monitorovat obsah radionuklidů v ovzduší takovým způsobem, aby odběr byl reprezentativní pro odvození inhalačního příjmu. Důležitý je odběr kontaminantu z pracovního prostředí při nehodě, při níž došlo k vnitřní kontaminaci. Podrobná analýza

vzorku, jak co do jeho radionuklidového složení tak i co do jeho radiochemických vlastností, může napomoci přesnějším odhadu úvazku efektivní dávky.

Měření probíhá podle Programu monitorování osob (8). V rámci osobního monitorování vnitřní kontaminace se měří:

- Orientační stanovení vnitřní kontaminace (výběr pracovníků podle činností v KP, při podezření na vnitřní kontaminaci, při neodstranitelné povrchové kontaminaci nebo kontaminaci v obličeji, na žádost pracovníka nebo jeho nadřízeného, před zahájením prací v KP pokud dříve pracovali se ZIZ, referenční vzorek všech pracovníků v KP, používá se přímá metoda stanovení VK měřením aktivity scintilační spektrometrií gama, měří se celé tělo, měřena je aktivita radionuklidů zdrojů záření gama - zvláště ^{54}Mn , ^{58}Co , ^{60}Co , ^{110}Ag , ^{124}Sb , ^{134}Cs , ^{137}Cs a ^{131}I , měří se periodicky měsíčně, operativně - dle potřeby, na vyžádání.).
- Stanovení vnitřní kontaminace (vybraní pracovníci, u kterých byla překročení MDA při orientačním stanovení VK, pracovníci u kterých se sleduje pokles VK po předchozím příjmu, jde o přímé stanovení vnitřní kontaminace měřením aktivity polovodičovou spektrometrií gama, měřena je aktivita radionuklidů zvláště : ^{51}Cr , ^{54}Mn , ^{58}Co , ^{60}Co , ^{95}Zr , ^{106}Ru , ^{110}Ag , ^{124}Sb , ^{134}Cs , ^{137}Cs , ^{144}Ce , měří se celé tělo, operativně, dle potřeby).
- Aktivita ^{131}I , ve štítné žláze (vybraní pracovníci při překročení MDA pro ^{131}I , při orientačním stanovení VK, používá se přímá metoda stanovení aktivity ^{131}I , ve štítné žláze scintilační spektrometrií gama, měří se aktivita ^{131}I , operativně - dle potřeby).
- Objemová aktivita ^3H v moči (vybraní pracovníci, nepřímá metoda stanovení VK měřením aktivity ^3H v moči, periodicky měsíčně, operativně - dle potřeby a na vyžádání).
- Objemová aktivita zářičů gama v exkřech (vybraní pracovníci, měření měrné aktivity radionuklidů v exkřech polovodičovou spektrometrií gama, měří se moč a stolice, operativně podle potřeby).

4.1.6.3 *Monitorování při radiačních nehodách a evidence monitorování*

Dále je třeba zajistit monitorování osob zasahujících při radiačních nehodách a monitorování při radiačních nehodách a haváriích. Monitorování při radiačních nehodách a haváriích je zajišťováno běžnými prostředky osobní dozimetrie. U dotčených pracovníků se vyhodnotí jejich EPD a odeberou se jejich FD případně další dozimetry, které se bezodkladně vyhodnotí. Při podezření na VK se dotčení pracovníci podrobí jejímu monitorování. V případě, že se tito pracovníci budou podílet na likvidaci následků nehody se jim vydají nové dozimetry. Podle okolností se mohou použít rezervní FD uložené na CDRK.

Evidence osobních dávek je prováděna pro všechny radiační pracovníky a pro ostatní pracovníky v KP ETE. ODK vede evidenci osobních dávek a další údaje k charakterizaci ozáření těchto pracovníků po dobu nejméně jednoho roku následujícího po roce, kterého se údaje týkají. Potom předává tyto údaje k archivaci oddělení provozní dokumentace ETE po dobu uvedenou v § 84 odst. 2 vyhlášky 307/2002Sb.

4.1.7 *ZAJIŠTĚNÍ RADIAČNÍ OCHRANY*

Jaderná elektrárna se v oblasti radiační ochrany řídí Směrnicí pro zajišťování ochrany. (17) Tato směrnice je základním dokumentem stanovujícím principy zajištění radiační ochrany v souladu s požadavky české legislativy a doporučeními vycházejícími ze standardů evropské unie, MAAE a dalších odborných organizací zabývajících se problematikou zajištění radiační ochrany.

Cílem je stanovit základní odpovědnosti a pravomoci v procesu řízení a zajišťování radiační ochrany a specifikovat základní principy a pravidla radiační ochrany v ČEZ. Tato směrnice je závazná pro všechny zaměstnance ETE a dále zaměstnance dodavatelů a státních orgánů, jejichž činnosti jsou spojené s provozováním JE a mají nebo mohou mít vliv na proces „Zajišťování radiační ochrany“. (4)

4.1.7.1 *Řízení radiační ochrany*

Proces zajišťování radiační ochrany zahrnuje následující oblasti činností:

- Stanovení vnějších podmínek

- Definování bezpečnostní strategie zajištění radiační ochrany
- Definování bezpečnostních požadavků
- Implementace bezpečnostních požadavků
- Bezpečná realizace činností
- Zabezpečení ověřování
- Provedení bezpečnostního hodnocení
- Realizace nápravných opatření

Proces zajišťování radiační ochrany je obecně řízen dle procesu řízení bezpečnosti a sestává z následujících subprocesů:

- Subproces Řízení radiační ochrany – představuje soustavný dohled nad výkonem činností významných z hlediska zajištění radiační ochrany, definování a rozvíjení postupů a nástrojů potřebných pro zajištění radiační ochrany pracovníků JE a obyvatelstva, kontrola dodržování základních principů radiační ochrany tj. odůvodnění radiačních činností, limitování dávek a optimalizace dávek.
- Subproces Zabezpečování monitorování pracoviště – monitorování podmínek pro výkon prací a pobyt osob v kontrolovaných a sledovaných pásmech EDU a ETE, kontrola celistvosti ochranných bariér, kontrola stavu technologií a zařízení z hlediska RO.
- Subproces Zabezpečování monitorování výpustí a okolí – provádění bilančních měření radioaktivních výpustí a kontroly radioaktivních imisí v okolí EDU a ETE, kontrola čerpání stanovených autorizovaných limitů.
- Subproces Zabezpečování monitorování osobních dávek – monitorování osobních dávek dle schválených monitorovacích programů.
- Subproces Zabezpečení metrologie ionizujícího záření – zajištění jednotnosti a správnosti měřidel a měření pro oblast IZ, kontrola dodržování evidence pohybu a používání zdrojů IZ.

4.1.7.2 *Bezpečnostní strategie zajišťování radiační ochrany*

Strategickým bezpečnostním cílem radiační ochrany je vytvořit takový systém technických a organizačních opatření, které povedou k účinné ochraně pracovníků, ve-

řejnosti a životního prostředí před radiačním nebezpečím, které potenciálně souvisí s provozováním jaderných elektráren. Věcně tento cíl znamená:

- zajistit při normálním provozu obou jaderných elektráren, aby radiační expozice osob ve vnitřních prostorech i radiační expozice obyvatelstva způsobené vypouštěním radioaktivních látek do životního prostředí byly tak nízké, jak je to jen rozumně dosažitelné a pod předepsanými zákonnými a autorizovanými limity
- v případě radiační nehody zabezpečit minimalizaci radiačních důsledků na okolí

4.1.7.3 Vymezení legislativních požadavků

Základní bezpečnostní požadavky na zajištění radiační ochrany jsou stanoveny příslušnými prováděcími vyhláškami atomového zákona. Jde zejména o zabezpečení:

- Vymezení a označení kontrolovaného, respektive sledovaného pásma, včetně zajištění podmínek pro regulaci osob.
- Vybavení pracovišť v kontrolovaném pásmu dostatečným množstvím kvalitních přístrojů, zařízení a pomůcek pro zabezpečení monitorování a jejich udržování v řádném stavu.
- Vybavení pracovníků pracujících se zdroji IZ odpovídajícími osobními ochrannými prostředky a ochrannými pracovními pomůckami.
- Zajištění prostředků a postupů k dekontaminaci pracovišť a zařízení.
- Zajištění pravidelných výměn a vyhodnocování osobních dozimetrů všech osob nacházejících se v kontrolovaných pásmech ČEZ v rozsahu stanoveném příslušnou řídicí dokumentací nebo programy monitorování.
- V případě podezření nebo vzniku radiační nehody zajištění okamžité výměny a vyhodnocení osobních dozimetrů u všech radiačních pracovníků.
- Zajišťování informování radiačních pracovníků o výsledcích vyhodnocení jejich osobních dávek.
- Kolektivní efektivní dávka u všech radiačních pracovníků nepřekročí za kalendářní rok 4 Sv na každý instalovaný GW výkonu.

- Průměrné efektivní dávky u jedince z kritické skupiny obyvatel nepřekročí v kalendářním roce v důsledku výpustí do ovzduší nebo do vodotečí hodnoty autorizovaných limitů stanovených SÚJB.

4.2 DETEKCE IONIZUJÍCÍHO ZÁŘENÍ

4.2.1 OBECNÉ ROZDĚLENÍ MĚŘÍCÍCH PŘÍSTROJŮ

Podle komplexnosti měřené informace můžeme měřicí přístroje ionizujícího záření rozdělit na:

1. Spektrometry ionizujícího záření, které měří nejen intenzitu či počet kvant záření, ale i energii kvant záření a příp. jeho další charakteristiky. Do této skupiny patří především scintilační detektory, polovodičové detektory, magnetické spektrometry.
2. Detektory záření, udávající pouze intenzitu záření, resp. počet kvant záření, bez informace o druhu záření a jeho energii. Sem patří např. filmové a termoluminiscenční dozimetry, ionizační komory včetně G.-M. detektorů.

Detektory	plněné plynem	ionizační komora
		proporcionální detektory
		Geiger-Mullerovy detektory
	pevné fáze	scintilační detektory
		polovodičové detektory
		TL detektory (termoluminiscenční)
		OSL detektory (optically stimulated luminescence)
		filmové detektory

Podle principu detekce rozeznáváme tři skupiny detektorů:

1. Fotografické, založené na fotochemických účincích záření (filmové dozimetry, rtg filmy, jaderné emulze), nebo využívající fotografické zobra-

zení stop částic v určitém látkovém prostředí (mlžné a bublinové komory).

2. Elektronické, v nichž se část absorbované energie ionizačního záření převádí na elektrické proudy či impulsy, které se zesilují a vyhodnocují v elektronických aparaturách. Sem patří ionizační komory (včetně proporcionálních a GM detektorů), scintilační detektory, polovodičové detektory, magnetické spektrometry atd.
3. Materiálové, využívající dlouhodobější změny vlastností určitých látek (barva, složení) působením ionizujícího záření. Vzhledem k nízké citlivosti jsou použitelné pouze pro vysoké intenzity záření či dlouhodobou kumulativní detekci (např. stopové detektory).

Volba osobního dozimetru je závislá jak na druhu záření v daném radiačním poli tak i na tom, jaká dozimetrická informace je vyžadována. V praxi jsou nejčastěji používány tyto typy osobních dozimetrů:

- dozimetry fotonů – dávající informaci o hodnotě veličiny $H_p(10)$ v polích záření X a gama, dozimetry beta a gama záření – dávající současně informaci o hodnotách $H_p(0.07)$ i $H_p(10)$ v daném radiačním poli,
- komplexní dozimetry pracující na diskriminačním principu - dávající informaci nejen o hodnotách $H_p(10)$, $H_p(0.07)$, nýbrž i o typu záření, jeho efektivní energii, příp. i o orientaci osoby v poli záření, apod.,
- dozimetry neutronů – dávající informaci o hodnotě $H_p(10)$ v radiačním poli neutronů,
- dozimetry extremít – dávající informaci o úhlové distribuci radiačního pole a o velikosti ozáření (dávce) dané části těla (končetin apod.).

Osobní dozimetr se nosí na referenčním místě, jímž je přední levá strana hrudníku, tj. obvykle nejvíce ozařovaná oblast těla. V případě jiného druhu ozáření je doporučováno nošení dozimetrů na zádech, či doplnění dozimetru nošeného na referenčním místě o dozimetr na zádech. Je-li radiační pole tvořeno pronikavým zářením (zářením gama a rentgenovým zářením s vyšší energií) lze i pomocí osobního dozimetru umístěného na straně těla odvrácené od zdroje záření odhadnout dávku, kterou pracovník obdrží, příp. i směr ozáření.

4.2.2 NEJČASTĚJI POUŽÍVANÉ DOZIMETRY

4.2.2.1 Ionizační komora

Ionizační komora je v podstatě vzduchový kondenzátor, mezi jehož “desky” proniká měřené záření. To způsobuje ionizaci vzduchu mezi deskami. Je-li do série s tímto kondenzátorem připojen odpor vhodné velikosti a je-li přes něj kondenzátor připojen ke zdroji napětí, prochází přes vložený odpor proud, jehož velikost závisí mimo jiné na stupni ionizace vzduchu mezi deskami kondenzátoru. Velikost proudu se při běžných měřeních mění od 10^{-15} A do 10^{-9} A. S ohledem na velikost měřených proudů musí mít zesilovač snímající změny napětí z odporu spojeného v sérii s ionizační komorou značně velký vstupní odpor. (23)

4.2.2.2 Geiger-Mullerova trubice

Je to plynem plněný detektor, který má pracovní napětí odpovídající Geiger-Mullerově oblasti. Je to v podstatě válcová trubice, která má dvě elektrody, z nichž jedna je válcová a druhou tvoří vodič umístěný v podélné ose trubice. Na jedné straně mívá obvykle okénko, které je prostupné pro detekované záření na straně druhé bývá patice umožňující snadné spojení trubice s držákem, který je součástí detektoru. S ohledem na připojené napětí dojde při vniku kvanta ionizujícího záření do prostoru trubice k lavinové ionizaci a tím k výboji, který je nutno přerušit aby byla trubice schopna další detekce. Zhášení se provádí buďto vhodným zhašecím plynem, který je součástí plynové náplně trubice anebo snížením provozního napětí. Tento typ detektoru je pro monitorování prostředí v kontrolovaném pásmu JE Temelín nejčastěji využíván.

4.2.2.3 Termoluminiscenční detektor (TL detektor)

Termoluminiscence je jev, který spočívá v tom, že světlo je emitováno látkou, když je ohřátá a která byla předtím exponována ionizujícím zářením. Když je TL luminofor vystaven ionizujícímu záření při nízké (pokojové) teplotě, přichází mnoho volných elektronů do mřížky krystalické látky. Tyto elektrony mohou být zadrženy po dlouhou dobu, když jsou krystaly uloženy při pokojové teplotě. Jestliže je teplota zvýšena, je zvýšena pravděpodobnost uvolnění a elektrony mohou být uvolněny z vazby s mřížkou a vráceny do stabilního energetického stavu spolu s emisí světla. V TL dozimetrii je tato vlastnost užita pro měření dávky záření, kterou byl luminofor exponován. To je provedeno speciální čtečkou sestávající z řízeného topného elementu a detektoru s fotonásobičem, který snímá světelný tok emitovaný během ohřívání dozimetrického

materiálu. Integrovaná světelná intenzita od pokojové teploty do 280⁰ C je změřena jako funkce ohřívacího teplotního cyklu vytvářejícího teplotní křivku.

Předností těchto detektorů je: existence termoluminiscenčních látek s vlastnostmi blízkými lidské tkáni – což znamená, že energie ionizujícího záření je citlivému objemu detektoru sdělována podobnými (kvalitativně i kvantitativně) procesy jako stejnému objemu lidské tkáně, dále vysoká citlivost a možnost přesného měření odezvy, poměrně široká oblast lineární závislosti dávka – odezva detektoru, možnost mnohonásobného použití detektoru. Základní nevýhodou je jejich citlivost na světlo, což vyžaduje při praktickém používání jejich ochranu světlotěsným obalem. (2)

4.2.2.4 *Opticky stimulovaný detektor (OSL detektor)*

Opticky stimulovaná luminiscence vznikne, je-li vhodná látka (OSL luminofor) vystavena ionizujícímu záření a následně pak ozářena paprskem laseru, který je zdrojem záření o vhodné vlnové délce. Označení OSL detektor je z anglického označení “Optically Stimulated Luminiscence”. Světelný tok emitovaný luminoforem závisí na míře ozáření ionizujícím zářením. Jako luminofor se pro tyto účely používá např. kysličník hliníku.

Fotoluminiscence je založena na principu tvorby ionizujícím zářením indukovaných luminiscenčních center v určitých látkách (nejčastěji se používá stříbrem dopovaných fosfátových skel). Luminiscence je vybuzena osvětlením ozářeného detektoru UV světlem. V současné době jsou tyto dozimetry používány dozimetrickými službami jaderných elektráren.

4.2.2.5 *Filmové dozimetry pro Rentgenovo záření a gama a beta záření*

Základem filmového dozimetru je fotografický film, světlotěsně zabalený do černého papíru (od běžného fotografického filmu se liší tím, že má tlustší emulzi s vyšším obsahem bromidu stříbra). Ionizující záření prochází obalem filmu a ve fotoemulzi vytváří latentní obraz, který se vyvoláním zviditelní. Optická hustota zšednutí či zčernání filmu, kterou lze vyhodnocovat fotometricky, je pak mírou integrálního množství záření, které filmem prošlo během expozice; indikuje tím i dávku záření, která by byla absorbována v látce vystavené této expozici. Pro malé dávky záření platí přibližně lineární závislost mezi dávkou ozáření a zčernáním fotografického materiálu, při vyšších dávkách roste zčernání již pomaleji a posléze dosahuje stavu nasycení.

Vlastní film se vkládá do plastového pouzdra, opatřeného několika malými obdélníčky měděných a olovených plíšků o různých tloušťkách, které slouží jako filtry pohlcující záření γ v závislosti na jeho energii. Tyto filtry slouží jednak ke korekci závislosti zčernání na energii záření, jednak porovnáním zčernání pod jednotlivými filtry lze odhadnout druh a zhruba i energii záření. Pracovníci ho nosí na referenčním místě (určené levé místo na kombinéze) spolu s elektronickým personálním dozimetrem a pravidelně (jednou za měsíc) je vyměňován, vyvoláván a fotometricky (denzitometricky) vyhodnocován.

Expoziční rozsah pro standardní dozimetr: 0,1 mSv až 5 Gy pro vysoce energetické rentgenovo záření a gama záření a 0,4 mSv až 10 Gy pro energetické záření beta. Je-li to nezbytné, mohou být dozimetry upraveny i pro dávky mimo uvedený rozsah.

V papírovém obalu jsou dva druhy filmů – jeden více citlivý pro hodnocení běžných expozičních pracovníků, druhý méně citlivý se vyvolává až v případě vyšších expozičních.

4.2.2.6 Scintilační detektor

Scintilační detektor využívá toho, že ionizující záření procházející určitou látkou v ní vyvolává záblesky světla (scintilaci). Scintilační krystal je těsně spojen s okénkem fotonásobiče tak, aby světelné záblesky vznikající ve scintilátoru, mohly procházet do fotonásobiče. Fotonásobič je speciální trubice s vysokým vakuem obsahující řadu elektrod. První částí fotonásobiče je fotokatoda, která je vyrobena z materiálu, který má tu vlastnost, že produkuje elektrony, když na jeho plochu dopadá světlo.

Tyto elektrony jsou potom urychlovány směrem k sérii destiček (dynod), na které je přivedeno postupně vyšší a vyšší kladné napětí. Když elektrony z fotokatody dopadnou na první dynodu, uvolní se z ní několik dalších elektronů. Ty jsou urychleny směrem k další dynodě, kde se rovněž uplatní efekt násobení. Z poslední dynody jsou elektrony sebrány anodou. Průchodem proudu z anody do zatěžovacího odporu vznikne impuls, který je detekován. (9)

4.2.2.7 Osobní neutronový dozimetr

Dozimetry neutronů tvoří zvláštní oblast osobní dozimetrie. Nejčastěji jsou používány detektory na principu detektorů stop v pevných látkách a albedo dozimetry. Nejčastěji se používají tři typy detektorů stop v pevných látkách v závislosti na tom, jaký typ radiátorů používají k vytvoření sekundárních nabitých částic, které v nich v detektoru vytvoří měřitelné stopy:

- detektory se štěpnými radiátory
- detektory odražených protonů,
- detektory založené na (n,α) reakci.

Specifickou skupinu osobních dozimetrů neutronů tvoří albedo-dozimetry. Jsou založeny na detekci neutronů rozptýlených a zpětně odražených v lidském těle a vstupujících ze zadního poloprostoru do detektoru umístěného na těle.

4.2.2.8 Elektronické dozimetry

S vývojem miniaturizace elektroniky, výpočetní techniky, s jejich ekonomickou dostupností nabyly na významu elektronické osobní dozimetry. Zpravidla pracují na bázi GM – detektorů (vhodně kompenzované detektory jsou schopny detekovat fotony o energii vyšší než 30 keV). Elektronické dozimetry, jež jsou obvykle signální, lze použít jak pro měření dávky, tak dávkového příkonu. Z počátku se používaly jako operativní dozimetry zejména v jaderných elektrárnách, v poslední době se jejich použití rozšiřuje i do jiných oblastí a začínají se používat dozimetrickými službami i jako legální dozimetry – tzn. autorizované pro hodnocení ozáření osob ve vztahu k limitům.

Elektronické osobní dozimetry EPD 1 a EPD 2 jsou určeny pro měření, ukládání a zobrazení osobního hloubkového dávkového ekvivalentu Hp(10) a jeho příkonu. (11)

System elektronické osobní dozimetrie SEOD je určen k operativnímu sledování a vyhodnocování radiační zátěže osob. Byl vyvinut pro aplikaci v jaderných elektrárnách a obdobných zařízeních. System se skládá ze 3 základních částí: elektronických osobních dozimetrů (EPD), fyzické vrstvy (HW) a logické vrstvy (SW). (12)

4.2.3 METODY MĚŘENÍ DOZIMETRICKÝCH VELIČIN

Stejně jako měřicí metody obecně, lze i radiometrické měřicí metody rozdělit na absolutní a relativní. U relativních měření nám jde o stanovení poměrů aktivit či intenzit záření jednotlivých vzorků buď mezi sebou, nebo vzhledem k vhodnému etalonu; ve většině aplikací ionizujícího záření nám taková relativní měření postačují. U absolutních metod potřebujeme z naměřeného ionizačního proudu nebo četnosti impulsů stanovit absolutní hodnotu aktivity v Bq či absolutní intenzitu svazku záření v počtu kvant /cm² nebo v jednotkách dávky Gy. Metody absolutního měření radiometrických veličin mů-

žeme rozdělit na dvě kategorie – primární a sekundární absolutní měření. U primárního absolutního měření příslušnou veličinu stanovujeme přímo z naměřených hodnot odezvy měřicího přístroje, přičemž bereme v úvahu řadu korekčních faktorů (geometrie měření, detekční účinnost, absorpce záření atd). Tato velmi náročná měření se provádí na metrologických pracovištích, kde slouží jako referenční metody při primární etalonáži záření. Sekundární absolutní měření, kdy absolutní hodnotu požadované veličiny stanovujeme pomocí měřicí aparatury oceňované vhodným etalonem nebo sadou etalonů. Právě tento způsob se používá v technické praxi. (5)

4.2.3.1 Aktivita – A

Měření beta, resp. gama a alfa aktivity směsi RN je vyjádřeno jako aktivita ^{90}Sr , resp. ^{137}Cs , ^{239}Pu , způsobující na daném měřidle stejnou odezvu. Měření aktivity je závislé na přítomnosti okolního záření v místě měření (tzv. pozadí). Měření se provádí přiložením detektoru k měřenému vzorku v definovaném geometrickém uspořádání. Hodnota aktivity se určí z četnosti impulsů způsobených v detektoru měřeným vzorkem.

Pro každou instalovanou měřicí aparaturu lze stanovit minimální detekovatelnou aktivitu MDA [Bq], kterou lze určit z minimální detekovatelné četnosti impulsů a citlivosti měřicí aparatury.

4.2.3.2 Objemová aktivita plynů – $aV(G)$

Měření objemové aktivity plynů RN je vyjádřeno jako objemová aktivita ^{85}Kr , resp. ^{133}Xe způsobující na daném měřidle stejnou odezvu. Měření objemové aktivity plynů je vztaženo ke zvolenému místu měření, tj. odběru vzorku.

Měření se provádí odběrem vzorku vzdušnin (plynu) pro vyhodnocení její aktivity v měřicím objemu detekčního zařízení. Vzorek je nutné odebírat pokud možno z reprezentativního místa prostoru. Toto místo je voleno tak, aby buď zcela vyloučilo proudění vzduchu (předpoklad rovnoměrné koncentrace aktivity po delší době) nebo naopak bylo umístěno u výstupu vzduchu z prostoru (předpoklad rovnoměrné koncentrace aktivity po promíchání jednotlivých proudnic vzduchu).

Objemová aktivita plynů RN vzduchu odebíraného stabilně umístěným odběrem splňuje druhou zásadu. Poměr příspěvků objemových aktivit plynů RN od jednotlivých zdrojů záření (úniků) není obecně znám a záleží na konkrétním případě. Při neměnném způsobu provozování technologického zařízení, resp. velikosti úniků záření,

se však nemění měřená objemová aktivita plynných RN pak odpovídá režimu provozu technologického zařízení.

4.2.3.3 *Objemová aktivita aerosolů – $aV(P)$*

Měření objemové aktivity RN ve formě aerosolů je vyjádřeno jako objemová aktivita ^{90}Sr způsobující na daném měřidle stejnou odezvu. Měření objemové aktivity aerosolů ve vzduchu je závislé na stejných podmínkách jako měření plynů. Měření se provádí odběrem vzorku vzduchu se záchytem aerosolů na filtru s následným vyhodnocením aktivity filtru. Aktivita filtru může být vyhodnocena buď přímo v odběrovém zařízení, které přímo hodnotu objemové aktivity aerosolů udává nebo laboratorně. Při odběru odběrovým potrubím mohou aerosoly ulpívat na vnitřním povrchu potrubí. Z toho důvodu je nutné co možná nejvíce zkrátit jeho délku a volit vhodné materiály odběrového potrubí.

Radiometrické vyhodnocení aktivity filtrů se provádí v době 30 minut po jejich odběru (vymření velmi krátkodobých RN $T_{1/2} \sim \text{min}$). Opatření budou prováděna i bez znalosti zda se jedná o RN krátkodobé nebo dlouhodobé. V případě požadavku určení typu směsi RN (krátkodobé nebo dlouhodobé) následuje opakované měření aktivity po 12 hodinové prodlevě. Je-li aktivita opakovaného měření $A_2 > 2/3 A_1$, jedná se o dlouhodobé RN.

4.2.3.4 *Objemová aktivita jódu – $aV(I)$*

Pro stanovení objemové aktivity jódu (plynné formy RN) platí stejné zásady jako pro objemovou aktivitu aerosolů, s tím, že filtrační materiál je jiného složení a že před tímto filtrem musí být umístěn filtr na záchyt aerosolů.

4.2.3.5 *Povrchová kontaminace – as*

Měření povrchové kontaminace RN je vyjádřeno jako povrchová aktivita (povrchová kontaminace) ^{90}Sr způsobující na daném měřidle stejnou odezvu. Měření povrchové kontaminace (předmětu, zařízení, podlahy apod.) je vždy vztaženo ke konkrétnímu místu, ve kterém bylo prováděno. Vzhledem ke zvolenému místu měření se as může podstatně lišit. Povrchová kontaminace bývá obvykle větší v místech většího možného usazování RA-látek (prohloubeniny, zdrsňný povrch), naproti tomu však vyhodnocení z těžce přístupných míst a nerovných povrchů (zářezy, zdrsňný povrch apod.) podléhá větší chybě. V zásadě se rozlišují dvě metody měření: metoda přímého měření a metoda měření otěru.

Metoda přímého měření povrchové kontaminace spočívá v přiložení účinné plochy detekční jednotky přímo ukazujícího přístroje ke kontrolovanému povrchu (či opačně), avšak bez jejich vzájemného dotyku. Vzdálenost je nutno přizpůsobit dosahu částic měřeného druhu záření. Měření povrchové kontaminace v místech s vyšším pozadím záření gama podléhá větší chybě, neboť detekční jednotka registruje nejen záření vystupující z kontrolovaného povrchu, ale i z okolí. Příspěvek od pozadí je nutno odečíst od hodnoty zobrazené přístrojem. To se týká i měření povrchů aktivovaných materiálů, kdy zdrojem pozadového záření je sám materiál, příspěvek však odečíst nelze nebo je to značně obtížné. Tento způsob měření se využívá vždy, nejen při vyhledávání zdrojů záření na předmětech či plochách, pokud tomu nebrání důvody uvedené výše, v takovém případě je tato metoda nahrazena metodou otěrem.

Metoda měření povrchové kontaminace otěrem RA-látek s povrchu spočívá v setření těchto látek na vhodný ošetrový materiál a v následném laboratorním vyhodnocení aktivity RA-látek deponovaných na tomto ošetrovém materiálu - viz. měření aktivity. Účinnost setření závisí na fyzikálně-chemické povaze snímané látky, materiálu a reliéfu stíraného povrchu, druhu ošetrového materiálu a tlaku stírání. Vhodným materiálem pro odběr vzorku je buničitá vata, filtrační papír, textilie. Materiál může být pro zvýšení účinnosti otěru zvlhčen vhodnou tekutinou – voda, kyselina citrónová, líh. V praxi se používají tyto hodnoty účinnosti setření RA-látek s povrchu:

suchý ošetr : $\Theta = 0,2$ (= 20%),

mokrý ošetr : $\Theta = 0,5$ (= 50%).

Při měření kontaminace podlah, stěn a stropů se průměrování provádí z hodnot zjištěných otěrem z plochy 1000 cm², u předmětů a zařízení z plochy 100 cm². Ošetr se provádí stíráním určené plochy jedním směrem, jednotlivé dráhy stěru jsou umístěny těsně vedle sebe. Pro stanovení hodnoty plošné aktivity a_s [Bq.cm⁻²] se používá změření aktivity ošetrového materiálu přímoukazujícím přenosným přístrojem, určeným pro měření povrchové kontaminace, přiloženým k povrchu otěru (bez přímého kontaktu). Metoda měření otěru se používá v místech s vysokým pozadím záření gama způsobeným příspěvkem nejen z okolí, ale i z objemu měřeného aktivovaného materiálu.

4.2.3.6 Objemová aktivita kapalin – aV

Měření objemové aktivity aktivačních a štěpných produktů v kapalině je vyjádřeno jako objemová aktivita ¹³⁷Cs způsobující na daném měřidle stejnou odezvu. Měře-

ní objemové aktivity kapalin je rovněž vztaženo ke zvolenému místu měření, tj. k místu odběru vzorku nebo místu ponoření detektoru, neboť v tomto místě nemusí být její koncentrace nejvyšší. V objemu kapaliny některé Ra -látky klesají ke dnu, příp. se usazují. Měření se provádí buď odběrem vzorku kapaliny pro vyhodnocení jeho aktivity v měřícím objemu detekčního zařízení, nebo ponořením detektoru do kapaliny.

Vzorky jsou odebírány:

1. odběrovým potrubím:

- kontinuálně (stabilně umístěný odběr),
- diskontinuálně (stabilně umístěný odběr systému odběru vzorků zakončený odběrovým boxem či žlabem).

2. přímým odběrem vzorku z objemu kapaliny:

- nalitím,
- nabráním,
- přečerpáním injekční stříkačkou (z objemu o malé hloubce jako např. louže apod.).

Vzorek musí být odebírán pokud možno z reprezentativního místa objemu. Toto místo je voleno tak, aby buď zaručilo proudění kapaliny (předpoklad rovnoměrné koncentrace aV po delší době promíchání), např. na cirkulačním potrubí nebo, není-li to možné, bylo umístěno u výtoku kapaliny z objemu např. na vypouštěcím potrubí.

Radiometrické vyhodnocení aktivity vzorků se z důvodu možného srovnání (předpoklad stejného nebo podobného radionuklidového složení) provádí v době 30 minut po jejich odběru (chladiovo PO – 2 hodiny). V případě požadavku určení typu směsi RN (krátkodobé nebo dlouhodobé) následuje opakované měření aktivity po dvanáctihodinové prodlevě. Je-li aktivita opakovaného měření $A_2 < 2/3 A_1$, lze z provozních důvodů prohlásit, že se jedná o krátkodobé RN.

4.2.3.7 Dávkový příkon – $D \cdot g$ (příkon dákv. ekv. – $H \cdot g$) Záření gama

Měření dávkového příkonu (příkonu dávkového ekvivalentu) záření gama je vyjádřeno jako dávkový příkon (příkon dávkového ekvivalentu) od ^{137}Cs způsobující na daném měřidle stejnou odezvu. Měření dávkového příkonu (příkonu dávkového ekvivalentu) záření gama je vždy vztaženo ke zvolenému místu měření. Toto místo se nachází v poli zdroje ionizujícího záření, ať už bodového nebo prostorového. Znalost místa měření je nutná, neboť dávkový příkon na tomto poli silně závisí. K měření příkonu ekvi-

valentní dávky a příkonu dávkového ekvivalentu záření gama se přistupuje stejně jako k měření dávkového příkonu záření gama. (15)

4.2.3.8 *Dávkový příkon v prostředí*

Dávkový příkon v prostředí znamená takovou hodnotu dávkového příkonu v prostředí (místnosti), kdy příspěvky dávkových příkonů od jednotlivých zdrojů záření (např. technologické zařízení) nepřispívají podstatně k této hodnotě. Nelze-li tuto podmínku dodržet, je za dávkový příkon v prostředí považován dávkový příkon měřený v místě průchodu personálu. Pro praktické účely měření dávkových příkonů pro potřebu ochrany před ionizujícím zářením (např. pro ocenění RaS v podmínkách zvýšeného radiačního rizika) je nutné znát polohu pracovníka vůči zdroji záření.

4.2.3.9 *Dávkový příkon způsobený zdrojem záření*

Dávkový příkon způsobený zdrojem záření (technologickým zařízením, předmětem) znamená takovou hodnotu dávkového příkonu v prostoru, kdy je možné příspěvek dávkového příkonu od ostatních zdrojů záření či okolního pozadí odečíst. Stanovení dávkového příkonu způsobeného zdrojem záření se provádí měřením pomocí detektoru (detekčního zařízení) umístěného v poli ionizujícího záření způsobeného tímto zdrojem záření a mimo něj (znalost pozadí). Při požadavku určení dávkového příkonu pouze od zdroje záření se od hodnoty získané při měření v poli záření zdroje odečte hodnota od pozadí v místě měření. Při měření dávkových příkonů způsobených zdroji záření (ne polem záření) je nutné věnovat pozornost úhlové citlivosti detekční jednotky. Detektor přístroje musí být nasměrován ke zdroji záření.

4.2.3.10 *Dávkový příkon měřený kontaktně*

Dávkový příkon měřený kontaktně na technologickém zařízení nebo předmětu znamená nejvyšší hodnotu dávkového příkonu od daného zařízení měřenou v těsné blízkosti tohoto zařízení. K této hodnotě většinou nepřispívají hodnoty dávkových příkonů od jiných technologických zařízení, proto lze na tento zdroj záření nahlížet jako na bodový, popř. lineární. Tento způsob měření se využívá při vyhledávání zdrojů záření uvnitř technologického zařízení nebo předmětu.

4.2.3.11 Dávkový příkon měřený ve vzdálenosti 0,1 m a v 0,5 m

Dávkový příkon ve vzdálenosti 0,1 m, resp. 0,5 m, od technologického zařízení nebo předmětu znamená nejvyšší hodnotu dávkového příkonu od daného zařízení měřenou v blízkosti tohoto zařízení. K této hodnotě většinou nepřispívají hodnoty dávkových příkonů od jiných technologických zařízení. Tento způsob měření se využívá při posuzování celkové RaS předmětu. Vzdálenost je nutné uvést.

4.2.3.12 Příkon dávkového ekvivalentu neutronů – H'

Měření příkonu dávkového ekvivalentu neutronů je vyjádřeno jako příkon dávkového ekvivalentu od PuBe, resp. od ^{252}Cf , způsobující na daném měřidle stejnou odezvu jako měřená směs radionuklidů. Měření příkonu dávkového ekvivalentu neutronů je rovněž vztaheno ke zvolenému místu měření, proto se na něj vztahují stejné zásady jako na měření dávkového příkonu záření gama. Problematika měření je však širší, neboť při transportu neutronů v prostředí dochází ve značné míře k jejich moderaci a rozptylu samotným prostředím a tím i ke změnám příkonů dávkových ekvivalentů v jednotlivých místech měření. Měření je navíc ovlivněno i přítomností obslužného personálu poblíž místa měření (fyzicky způsobuje jiné tvarování pole v místě měření). Měření se provádí umístěním detektoru (detekčního zařízení) do pole ionizujícího záření v prostředí, nebo ve vzdálenosti 0,1 m resp. 0,5 m od technologického zařízení nebo předmětu.(5).

4.3 STACIONÁRNÍ PŘÍSTROJE

Jednotlivé stacionární přístroje jsou popsány v Provozním předpise „Obsluha stacionárních přístrojů systému radiační kontroly“. Jsou zde popsány jejich základní technické parametry a jejich určení. (13). Podrobné technické informace k jednotlivým přístrojům jsou uvedeny v technické dokumentaci výrobce, která je uložena u správce systémů radiační kontroly.

4.3.1 SPOLEČNÝ POPIS STACIONÁRNÍCH PŘÍSTROJŮ RADIAČNÍ KONTROLY

Stacionární přístroje RK jsou napájeny ze sítě 220 V / 50 Hz. Metrologické náležitosti stacionárních přístrojů v systému radiační kontroly se řídí dokumentem „Pravidla metrologie ČEZ – ETE“ a dokumenty na něj navazujícími. Metrologické výkony (ověření, kalibrace) se provádějí dle plánu v souladu s platnou legislativou pro měřidla ionizujícího záření a vždy po takovém servisním zásahu, který může ovlivnit metrologické vlastnosti měřidla. (22)

Stacionární přístroj radiační kontroly je provozuschopný, pokud plní funkce dané dokumentací, projektem a provozními předpisy. Pokud přístroj daného typu není provozuschopný, musí být měření v případě potřeby zajištěno náhradním způsobem. Kontrola provozuschopnosti měřících parametrů u přístrojů tohoto typu probíhá automaticky při jejich spuštění. Kontrola pozadí je použitelná pro citlivé monitory dávkového příkonu záření gama a je založena na odečtu odezvy příslušného monitoru na známou hodnotu radiačního pozadí. U všech stacionárních přístrojů probíhá automaticky při spuštění přístroje a v průběhu měření. Kontrola odezvy monitoru na etalon se u stacionárních přístrojů provádí při pracích spojených s kalibrací nebo ověřením metrologických vlastností měřidla. Při této kontrole se odečte odezva monitoru na předepsaný etalon radioaktivity, který je umístěn do definované polohy vůči detektoru, a odezva se porovná s tabelovaným údajem.

4.3.2 POPIS SYSTÉMU RRMS – CENTRALIZOVANÝ MONITOROVACÍ SYSTÉM

Centralizovaný monitorovací systém RK (RRMS) je digitální monitorovací systém. Základem systému je komplex autonomních měřících jednotek - monitorů, z kterých jsou zavedeny informace do počítačového systému.

Systém RRMS sestává z následujících částí:

- monitory pro plošné monitorování dávky a dávkových příkonů, které nepřetržitě monitorují radiační situaci ve vybraných místech elektrárny (včetně hermetické zóny),
- monitory kapalin pro monitorování technologických systémů a výpustí, které jsou základními prostředky pro monitorování aktivity kapalin ve výpustech, technických systémech a systémech pro zpracování radioaktivních odpadů,
- monitory vzdušin, které kontinuálně monitorují aktivitu vzduchu ve vybraných VZT systémech v JE za účelem určení podmínek obyvatelnosti vybraných prostor JE a zjišťují stav (porušení, těsnost) technologického zařízení a systémů,
- monitory plyných výpustí, které kontinuálně monitorují plyné výpusti z komínů HVB a BAPP v souladu s režimem JE,
- monitory teledozimetrického systému, které nepřetržitě monitorují dávkový příkon ve vybraných místech po obvodě areálu JE,
- elektronika zabezpečující přenos, zpracování, zobrazení a archivaci naměřených dat, ovládací prvky.

4.3.2.1 *Autonomní měřící jednotky – monitory*

Monitory jsou plně autonomní měřící jednotky, které obecně zabezpečují v případě potřeby odběr vzorku, dále vlastní měření a vyhodnocení naměřených hodnot, jejich archivaci a zobrazení.

Monitory médií (tj. vzdušin a kapalin) se dělí podle přívodu měřeného média na:

- „On-line“ monitory – měření probíhá přímo na technologické trase:
 - ATL – detektory se stíněním jsou přiloženy k potrubí (neodebírají vzorek),
 - samostatný typ ATL monitoru je tzv. MSLM – main steam line monitor – určený k měření na parovodech
- „Off-line“ monitory – odebírá se vzorek měřeného média z technologické trasy a měření probíhá v komoře monitoru.

- Monitory kapalin – monitory jsou v provedení s čerpadly a chladiči vzorků nebo alternativně bez nich
- Monitory vzdušín (vzácných plynů, aerosolů a jódů) – monitory mají vlastní odběrové zařízení vzorku a jsou v provedení:
 - monitor vzácných plynů – Gas monitor
 - monitor aerosolů a jódů – PI monitor
 - monitor aerosolů, jódů a vzácných plynů – PIG monitor

Monitory podávají spojitě informaci o úrovni monitorované veličiny a z naměřených hodnot vytvářejí soubor tzv. historických dat.

Monitory jsou konstruovány na zcela samostatný provoz. V případě výpadku komunikačního spoje monitor pokračuje ve své funkci a v ukládání údajů. Žádný výpadek jednoho monitoru nemůže způsobit výpadek monitorů dalších.

Součástí každého monitoru (kromě monitorů teledozimetrického systému) je mikroprocesorová ústředna RM-2000. Tato jednotka zastává funkce detektoru a převodníku, provádí sběr dat, redukci, analýzu dat, zobrazování dat, ukládání dat, generování alarmů.

4.3.2.2 Počítačový systém RRMS

Počítačový systém RRMS tvoří následující složky:

- Dva redundantní osobní počítače PC-11 (jeden umístěný v blokové dozorně radiační kontroly - BDRK, druhý v centrální dozorně radiační kontroly - CDRK) jsou vzájemně propojené a tvoří počítačový systém PC-11. Počty zařízení jsou totožné pro první i druhý blok.
- Dva ovládací panely pro operátory (jeden v BDRK, druhý v CDRK). Každý ovládací panel sestává z obrazovky, klávesnice a dvou externích tiskáren. V každém panelu je zabudován PC-11. Počty zařízení jsou totožné pro první i druhý blok.
- Pět bezpečnostních řídicích kabinetů (skříní) u prvního bloku, obsahujících řídicí a zobrazovací jednotky pro komunikaci s monitory v kvalifikovaném provedení a

monitory zabezpečující informace důležité z hlediska jaderné bezpečnosti. Druhý blok obsahuje pouze 4 ks bezpečnostních řídicích kabinetů.

Počítače PC-11 jsou navzájem propojeny, takže tvoří alternativní komunikační spoj, který umožňuje tolerovat jednotlivou závadu na komunikačním kabelu nebo selhání monitoru, aniž by došlo k funkční závadě systému.

4.3.2.3 *Volba umístění detektoru - měření*

Měření jsou umístěna na hlavních a významných trasách technologických systémů a v prostorech s eventuálním výskytem aktivity během normálního provozu, případně abnormálního provozu a havarijních podmínek. Měření jsou rozmístěována následujícím způsobem:

- V technologických systémech, které jsou určeny pro vypouštění výpustí, z nichž jsou za normálního provozu uvolňovány i nízkoaktivní látky do životního prostředí.
- V technologických systémech, z nichž jsou za normálního provozu vypouštěny neaktivní látky (potenciálně aktivní) do životního prostředí. Měření ověřují bezporuchovost chodu.
- V technologických systémech, jež za normálního provozu obsahují radioaktivní látky, ale nejsou uvolňovány do životního prostředí. Měření sledují stav systému.
- Na parovodech z každého parogenerátoru, na základě nichž se sleduje těsnost parogenerátoru a provádí se výpočet odhadu úniku radioaktivních látek do životního prostředí.
- Na přívodních VZT systémech blokové dozorny, kde monitorují přívodní vzduch pro zajištění bezpečnosti personálu dozorny.
- Na VZT systémech, jež odvětrávají prostory, ve kterých může dojít k nehodě při manipulaci s vyhořelým palivem.
- Na VZT systémech, jež za normálního provozu vypouštějí v souladu s povoleným limitem radioaktivní látky do životního prostředí.

4.3.2.4 Druh, citlivost a rozsah detektoru

Jednotlivé typy monitorů mají specifický měřicí rozsah odpovídající typu detektoru, referenčnímu radionuklidu a hodnotě minimální detekovatelné koncentrace.

Zásady pro určování měřících rozsahů jsou následující:

Pro monitory technologických systémů tyto hodnoty vycházejí z:

- maximální vypočtené koncentrace během normálního provozu, abnormálního provozu a případně postulovaných havarijních podmínek,
- nejvyšší citlivosti komerčně dostupné již při výběru zařízení.

Pro monitory výpustí tyto hodnoty vycházejí z:

- maximální vypočítané koncentrace během normálního provozu, abnormálního provozu a případně postulovaných havarijních podmínek,
- minimální hodnoty koncentrace, již je nutno detekovat, aby mohla být buď automaticky, nebo operátorem provedena opatření, jež by vedla k zamezení uvolňování nadlimitních výpustí radioaktivních látek do životního prostředí.

4.3.2.5 Nastavení signalizačních úrovní, signalizace a alarmy

Nastavené hodnoty signalizačních úrovní u monitorů radioaktivních výpustí vycházejí z limitů výpustí pro JE. Další podmínkou pro nastavení signalizační úrovně je to, aby byla zajištěna včasná signalizace nárůstu aktivity ve výpustech tak, aby mohla být provedena opatření k udržení bezpečného provozu.

Monitory umožňují nastavení dvou nezávislých signalizačních úrovní. Jedná se o signalizační úrovně tzv. výstražné a zásahové.

Překročení příslušných nastavených signalizačních úrovní je signalizováno opticky a akusticky přímo v místě měření nebo na příslušné místní řídicí a vyhodnocovací jednotce monitoru a dále na řídicím pultu operátora v dozornách RK (BDRK a CDRK). Na řídicích pultech je signalizováno selhání monitoru nebo jeho nesprávná činnost. Každé takové nové hlášení je zaznamenáno tiskárnou ovládacího panelu.

4.3.3 ROZDĚLENÍ OSTATNÍCH TYPŮ STACIONÁRNÍCH ZAŘÍZENÍ RK

A – Měření plošné aktivity AS (kontaminace) $\alpha+\beta$

Typ přístroje

- CM 11
- RM 24
- PCM 2
- HFM 2102

B – Měření aktivity radionuklidů $\alpha+\beta+\gamma$ ve vzduchu

Typ přístroje

- PING – 1A

C – Měření aktivity γ drobných předmětů

Typ přístroje

- GTM – v dalším mu nebude věnována pozornost

D – Měření kontaminace prádla γ

Typ přístroje

- AWM1C – v dalším mu nebude věnována pozornost

4.3.3.1 Přístroj RM 24

Monitor kontaminace Eberline RM-24 je mikroprocesorově řízený stacionární přístroj, který ve spojení s duálním scintilačním detektorem Eberline HP 380 AB slouží pro měření povrchové kontaminace způsobené radionuklidy, emitujícími záření α a β .

Technické údaje

Č..	Parametr	Hodnota
1.	Použití	Měření povrchové kontaminace
2.	Detektor	Plastiková fólie pokrytá Al
3.	Typ detekční jednotky	Scintilační $\alpha = \text{ZnS(Ag)}$, $\beta = \text{NE 102}$

Přístroj RM-24 je konstruován s rozhraním pro specifické kombinace sonda + držák tak, aby se automaticky aktualizovalo pozadí při umístění sondy v držáku. Přístroj a držák jsou namontovány na zdi. RM-24 má dva oddělené měřicí kanály pro měření kontaminace alfa a beta. Tyto kanály mají samostatné digitální a analogové displeje a další signalizaci.

4.3.3.2 Přístroj CM 11

Monitor kontaminace CM 11 je mikroprocesorově řízený stacionární přístroj, který ve spojení s duálním scintilačním detektorem DP11A slouží pro měření povrchové kontaminace, způsobené radionuklidy emitujícími záření α a β .

Základní technické údaje

č.	Parametr	Hodnota
1.	Použití	Měření povrchové kontaminace
2.	Detektor	scintilační
3.	Typ detekční jednotky	AP 5, BP 19, DP 6

Přístroj CM 11 je konstruován s rozhraním pro specifické kombinace sonda + držák tak, aby se automaticky aktualizovalo pozadí při umístění sondy v držáku. Přístroj a držák jsou pevně namontovány na zdi nebo na mobilním stojanu. CM 11 má dva oddělené měřicí kanály pro měření kontaminace alfa a beta. Tyto kanály mají samostatné displeje a další signalizaci.

4.3.3.3 Přístroj HFM 2102

Monitor kontaminace rukou / nohou HFM 2102 je přístroj určený pro měření povrchové kontaminace rukou a nohou pracovníků, vycházejících z prostor se zvýšeným nebezpečím kontaminace. Součástí HFM 2102 jsou čtyři detektory na měření rukou a dva detektory na měření nohou. Pravý detektor rukou lze po vysunutí použít jako ruční externí sondu. Základní technické údaje

Č.	Parametr	Hodnota
1.	Použití	Kontrola kontaminace rukou a nohou
2.	Minim. detek. aktivita	Ruce: 21 Bq / 100 cm ² , nohy: 36 Bq / 100 cm ²
3.	Minimální detekovatelná četnost impulsů	Ruce: 3 cps, nohy: 5 cps
4.	Detekční plocha	Ruce: 4 x 240 cm ² ; nohy: 2 x 360 cm ²
5.	Detektor	Plastický scintilační, tloušťka 0,5 mm

Naměřené výsledky a chybová hlášení se zobrazují na LC displeji. Při zjištění kontaminace se na LC displeji zobrazí hlášení a rovněž se ozve zvukový signál. Měření kontaminace rukou a nohou: jestliže je monitor v pohotovostním režimu, spustí se měření kontaminace poté, co se měřená osoba postaví do měřící polohy a vloží ruce do otvorů detektorů. O ukončení měření je měřená osoba informována zvukovým signálem a hlášením na displeji, jejichž typ závisí na výsledku měření.

4.3.3.4 Příklad PCM-2

Monitor kontaminace osob PCM-2 je určen k měření povrchové kontaminace osob zářiči alfa a beta na výstupu z kontrolovaného pásma. Základní technické údaje

Č.	Parametr	Hodnota
1.	Použití	Monitor kontaminace osob
2.	Detekční plocha	9x 1368 cm ² , 4x 728 cm ² , 3x 325 cm ²
3.	Detektor	Plynový proporcionální

Hlavní funkce přístroje

- identifikace pracovníka pomocí čtečky čárového kódu
- kontrola polohy pracovníka při měření
- zobrazení polohy kontaminované plochy
- akustická a optická signalizace překročení nastavené úrovně
- řízení průchodu monitorem pomocí závor
- ukládání dat, centrální sběr dat v PC umístěném v dozorně radiační kontroly

4.3.3.5 Příklad PING-1A

Monitor aerosolů, jódů a vzácných plynů PING-1A je určen pro kontrolu objemové aktivity vzdušiny v prostorech obsluhovaných v době havárie a po havárii. Jedná se o nouzové dozorní ND1 a ND2 a technologickou část HŘS. Základní technické údaje

Č.	Parametr	Hodnota
1.	Použití	Systém monitorování radionuklidů ve vzduchu
2.	Detektory	Aerosoly : β – scintilační RDA , α – polovodičový RDS ¹³¹ I : γ - NaI(Tl) RDA RA vz.plyny : β – scintilační

Funkce přístroje

- nastavitelný průtok
- světelná a zvuková signalizace při překročení nastavených úrovní
- světelná signalizace poruchy
- grafický záznam časového průběhu aktivity třech měřících kanálů
- analogové a digitální zobrazení měřených hodnot
- operativní kontrola funkčnosti měřících kanálů pomocí vestavěných kontrolních zářičů

4.4 PŘENOSNÉ PŘÍSTROJE SYSTÉMU

Jednotlivé přenosné přístroje jsou popsány v Provozním předpise „Přenosné přístroje systému radiační kontroly“, jsou zde popsány jejich základní technické parametry a jejich určení. Udává, co a jak je nutno zkontrolovat před vlastním měřením, jak vlastní měření provádět a ukončit. Je zde popsán i způsob zabezpečení provozuschopnosti a zabezpečení údržby přístrojů. (14)

4.4.1 SPOLEČNÝ POPIS PŘENOSNÝCH PŘÍSTROJŮ RADIAČNÍ KONTROLY

Přenosné přístroje radiační kontroly musí být provozuschopné. Pokud přenosný přístroj daného typu není provozuschopný, musí být měření v případě potřeby zajištěno druhým stejným anebo obdobným přístrojem. Před každým zahájením nového měření přenosným přístrojem je nutno provést kontrolu provozuschopnosti: kontrolou nastavení parametrů měření, změřením radiačního pozadí, kontrolou odezvy na etalon.

Kontrola měřením radiačního pozadí. Tato kontrola je použitelná pro citlivé monitory dávkového příkonu záření gama a je založena na odečtu odezvy příslušného monitoru na známou hodnotu radiačního pozadí.

Kontrola odezvy na etalon. Kontrola odezvy monitoru na etalon se používá pro monitory dávkových příkonů záření gama, povrchové kontaminace a objemové aktivity AE a RVP. Při této kontrole se odečte odezva monitoru na předepsaný etalon radioakti-

vity, který je umístěn do definované polohy vůči detektoru, a odezva se porovná s tabelovaným údajem. Postup vlastní kontroly provozuschopnost je popsán v návodech na obsluhu pro jednotlivé přenosné přístroje.

Přenosné přístroje systému radiační kontroly jsou určeny: pro doplnění údajů monitorů RRMS, pro doplnění údajů autonomních přístrojů, pro měření v místech, kde nejsou umístěna detekční zařízení RRMS či autonomní přístroje. Některé typy přenosných přístrojů jsou víceúčelové, tj. jsou určeny k měření více typů dozimetrických veličin, jiné jsou určeny k jednostrannému použití. Některé přístroje umožňují signalizovat překročení nastavené úrovně měřené veličiny.

4.4.2 ROZDĚLENÍ TYPŮ PŘENOSNÝCH PŘÍSTROJŮ RK

4.4.2.1 Měření dávkového příkonu záření gama

Typ přístroje	Rozsah měření [$\mu\text{Gy/h}$]
RP 114 (DC 3E)	$0,1 \div 1.10^4 \mu\text{Gy/h}$
E 600 se sondou SSPA-3	$0,05 \div 50 \text{ mGy/h}$
FH 40 G-10 s externí sondou FHZ 502P	$0,01 \div 1.10^6 \text{ mSv/h}$

4.4.2.2 Měření příkonu dávkového ekvivalentu neutronového záření

Typ přístroje	Rozsah měření [$\mu\text{Sv/h}$]
FH 40 G-10 s externí sondou FHT 752	$0,01 \div 400\ 000$

4.4.2.3 Měření povrchové kontaminace

Přímé měření povrchové beta kontaminace

Typ přístroje	Rozsah měření [Bq/cm^2]
CONTAMAT FHT 111M	$0,04 \div 360$
RP 114	$0,3 \div 30\ 000$
FH 40G-10 s externí sondou FHZ 732	$2,7 \div 66\ 000$

Přímé měření povrchové alfa kontaminace

Typ přístroje	Rozsah měření [Bq/cm ²]
E 600 se sondou SHP-380A	0,03 ÷ 1000
CONTAMAT FHT 111M	0,04 ÷ 360

Nepřímé měření povrchové kontaminace se provádí laboratorním vyhodnocením aktivity zachycené na otěrovém materiálu při otěru předepsané plochy. Přístrojová technika a metodika vyhodnocení je stejná jako při laboratorním vyhodnocení aktivity aerosolů zachycených na filtru. Typ detekční jednotky se volí podle toho, zda se jedná o měření beta anebo měření gama kontaminace. Měřicí doba se určí podle požadavku na minimální stanovitelnou aktivitu a na přesnost požadovaného měření.

4.4.2.4 Měření objemové aktivity RVP

Typ přístroje	Rozsah měření [Bq/m ³]
AMS-4	$6 \cdot 10^5 \div 1 \cdot 10^{13}$

4.4.2.5 Měření objemové aktivity aerosolů (AMS-4, JAP/T)

Typ přístroje	Rozsah měření [Bq/m ³]
AMS-4	$13 \div 7 \cdot 10^6$

Přístroj AMS-4

Monitor AMS-4 je určen pro detekci a vyhodnocení celkové objemové β aktivity vzduchem přenášených aerosolů (AE) a v případě použití integrované měřicí hlavy také pro měření celkové objemové β aktivity vzácných plynů (RVP). Detekční hlavice (v ETE jsou k dispozici detekční hlavice pro měření objemové aktivity aerosolů a detekční hlavice pro měření objemové aktivity RVP) jsou záměnné.

Monitor AMS-4 pro měření AE - monitor AMS-4 (Air Monitoring System) s radiální detekční hlavicí pro aerosoly slouží k monitorování celkové objemové β aktivity aerosolů v odebíraném vzorku vzdušiny. Monitor AMS-4 s detekční hlavicí pro AE je tvořen: vyhodnocovací jednotkou a detekční hlavicí. Vyhodnocovací jednotka je přenosné zařízení, které slouží pro vyhodnocení signálu připojené detekčních hlavicí.

Základní komunikace s uživatelem je zajištěna prostřednictvím displeje. Na displeji jsou zobrazovány všechny potřebné informace o měření a dále hodnoty, zadávané z klávesnice.

Základní technické údaje monitoru AMS-4 s detekční hlavicí pro měření AE

Č.	Parametr	Hodnota
1.	Použití	monitorování celkové objemové beta aktivity aerosolů v odebíraném vzorku vzdušiny
2.	Měřicí rozsah	$13 \div 7.10^6 \text{ Bq/m}^3$ (pro $t = 1000 \text{ s}$)
3.	Průměr aerosolového filtru Typ aerosolového filtru	47 mm Mikrovlákno
4.	Detektor	těsněný, plněný plynem
5.	Typ detekční jednotky	proporcionální

Monitor AMS-4 pro měření RVP - monitor AMS-4 (Air Monitoring System) s detekční hlavicí pro měření RVP slouží k monitorování celkové objemové beta aktivity radioaktivních vzácných plynů v odebíraném vzorku vzdušiny. V případě přítomnosti AER ve směsi RVP je nutno předřadit na vstup detekční hlavičky AER filtr pro jejich eliminaci. Monitor AMS-4 pro měření RVP je tvořen: vyhodnocovací jednotkou a detekční hlavicí pro měření RVP.

Hlavní funkce přístroje

- Stanovení koncentrace aerosolů nebo vzácných plynů emitujících β záření ve vzduchu v závislosti na zvolené časové konstantě měření, výběru referenčního radionuklidu a množství vzduchu prošlého detektorem
- Světelná a zvuková signalizace překročení předem nastavených hodnot prahů alarmů koncentrace aerosolů/vzácných plynů ve vzduchu
- Stanovení okamžité hodnoty MDC (minimální detekovatelné koncentrace) pro každý okamžik průběhu měření

Základní technické údaje monitoru AMS-4 s detekční hlavicí pro měření RVP

Č.	Parametr	Hodnota
1.	Použití	monitorování celkové objemové β aktivity RVP v odebíraném vzorku vzdušiny
2.	Měřicí rozsah	$6.10^5 \div 1.10^{13} \text{ Bq/m}^3$ pro $t = 18\,000 \text{ s}$ (30 min)
3.	Efektivní průměr detekční plochy	44,5 mm
4.	Detektor	těsněný, plněný plynem
5.	Typ detekční jednotky	proporcionální

Přístroj JAP/T

Přenosné odběrové zařízení pro odběr aerosolů JAP/T slouží k prosávání velkých objemů vzdušiny. Je použit speciální filtr o průměru 100 mm, na kterém je možno zachytit částičky aerosolu již od průměru 0,01 μm . Do speciálního nástavce lze vložit patronu pro záchyt jódu, obsaženého ve vzdušnině. Motor odběrače je napájen přímo ze sítě 230 V / 50 Hz. Množství prosátého vzduchu v m^3 je měřeno pomocí průtokoměru.

Základní technické údaje

Č.	Parametr	Hodnota
1.	Použití	odběr aerosolů z velkých objemů vzdušiny
2.	Měřicí rozsah	dle použitého filtru, max. 120 m^3/h
3.	Detektor	měřič průtoku Q65

4.4.2.6 Přístroj E 600

Radiometr (vyhodnocovací jednotka) E 600 ve spojení se sondou SSPA-3 slouží pro citlivé měření dávkového příkonu záření gama. S výhodou lze při měření použít celou řadu funkcí, kterými je vyhodnocovací jednotka E 600 vybavena.

Vyhodnocovací jednotka (radiometr) E 600 je univerzální přenosné vyhodnocovací zařízení, ke kterému lze pomocí držáků připevnit celou řadu detekčních jednotek pro měření: dávkových příkonů gama, celkové aktivity gama, povrchové kontaminace alfa, beta a gama, příkonů dávkového ekvivalentu neutronů. Veškeré funkce vyhodnocovací jednotky jsou řízeny mikro počítačem, který zabezpečuje kromě dalších vyhodnocení:

- zobrazení výsledků měření v číselné a grafické podobě,
- měření se zvoleným časovým intervalem nebo počtem impulsů,
- měření s odečtem pozadí
- měření ve třech nastavitelných měřících kanálech
- měření příkonu a celkové hodnoty dávkového příkonu

Radiometr E 600 je vybaven velkoplošným displejem, který zobrazuje údaje o měření v analogovém a digitálním tvaru.

Základní technické údaje jednotky E 600 s detekční jednotkou SSPA-3

Č.	Parametr	Hodnota
1.	Použití	pro měření dávkového příkonu záření gama
2.	Měřicí rozsah	0,05 ÷ 50 mGy/h
3.	Energetický rozsah měření	60 ÷ 2000 keV
4.	Rozměry scintilačního detektoru	2 x 2 palce (Ø 5,1 x 5,1 cm)
5.	Detektor	SSPA-3
6.	Typ detekční jednotky	NaI (TI)

4.4.2.7 Přístroj FH40G-10

Radiometr FH40G-10 (Eberline) slouží pro měření příkonu dávkového ekvivalentu záření gama. Detektor v radiometru FH40G-10 je kompenzován tak, že je měřena hodnota hloubkového dávkového ekvivalentu – $H_p(10)$.

Měřidlo FH40G-10 je určeno v závislosti na použité sondě pro: měření příkonu dávkového ekvivalentu gama resp. příkonu ekvivalentní dávky, indikaci kontaminace ploch zářiči alfa a beta, vyhledávání ZIZ, příkonu dávkového ekvivalentu v těžko přístupných místech, měření příkonu dávkového ekvivalentu neutronů, měření vzorků otěrů. K radiometru lze pomocí kabelu připojit externí sondy pro různá měření. Externí sonda FHT 632 je určena pro vysoce citlivá měření záření gama v rozsahu od hodnot pozadí až do extrémně vysokých hodnot cca 1 Sv/h. Sonda pro měření kontaminací α , β , γ . Měření radioaktivní kontaminace na ploše pomocí alfa nebo beta sondy FHZ 732 může být provedeno buďto přímým měřením nebo pomocí otěrového testu. Detekční jednotky FHT 512 a FHZ 502 jsou navrženy pro vyhledávání radioaktivních zdrojů gama záření. Detekční jednotka neutronů FHT 752 je určena k detekci příkonu dávkového ekvivalentu neutronového záření. Měřené hodnoty jsou uváděny na radiometru v Sv/h a na displeji se zobrazí symbol "n" pro neutrony, pokud jsou tyto měřeny.

Základní technické údaje radiometru FH40G-10

Č.	Parametr	Hodnota
1.	Použití	pro měření příkonu hloubkového dávkového ekvivalentu H10
2.	Měřicí rozsah	0,01 mSv/h ÷ 1 Sv/h (bez externí sondy)
3.	Energetický rozsah měření	48 ÷ 1300 keV
4.	Detektor	Proporcionální

Základní technické údaje radiometru s detekční jednotkou FHT 632

Č.	Parametr	Hodnota
1.	Použití	citlivé měření příkonu dávkového ekvivalentu záření gama na nesnadno přístupných měřicích místech
2.	Měřicí rozsah	0,01 ÷ 70 mSv/h
3.	Detektor	FHZ 502P

4.4.2.8 Příklad FHT 111M Contamat

Monitor kontaminace FHT 111M CONTAMAT slouží k citlivému měření povrchové kontaminace alfa a beta. Lze ho použít i v místech se zvýšeným dávkovým příkonem gama. S rostoucí hodnotou dávkového příkonu gama se ale zvyšuje hodnota minimálně detekovatelné plošné aktivity (do hodnoty cca 0,3 $\mu\text{Sv/hod}$ měří spolehlivě, od 0,3 $\mu\text{Sv/hod}$ do cca 3 $\mu\text{Sv/hod}$ je třeba striktně dodržet geometrii měření a načteného pozadí).

Příklad FHT 111M CONTAMAT je přenosný monitor, který je vybaven průtokovým měřicím proporcionálním detektorem o ploše 166cm². Naměřené hodnoty a informace o měření jsou zobrazovány na velkoplošném displeji z kapalných krystalů. Monitor FHT 111M CONTAMAT nesmí být používán v prostorech, ve kterých je předepsána ochrana proti výbuchu. Průtokový detektor typu 42496/30 je naplněn butanem, který je snadno zápalný. Monitor kontaminace FHT 111M CONTAMAT může být spojen s tiskárnou nebo s počítačem prostřednictvím sériového rozhraní RS 232. Pokud je v počítači instalován firemní program pro spolupráci s monitorem FHT 111M CONTAMAT, lze z počítače měnit parametry měření a načíst naměřené hodnoty uložené v paměti monitoru.

Základní technické údaje:

Č.	Parametr	Hodnota
1.	Použití	citlivé měření povrchové kontaminace alfa a beta
2.	Měřicí rozsah	0,04 ÷ 360 Bq/cm ²
3.	Detektor	průtokový proporcionální, plněný butanem
4.	Typ detekční jednotky	42496/30

4.4.2.9 Příklad RP 114 (DC 3E)

Jedná se o dva identické přístroje RP 114 a DC 3E, lišící se pouze v označení podle data jejich výroby. Dále v textu bude uváděn pouze přístroj RP 114. Radiometr RP 114 je určen pro měření: dávkového příkonu záření gama, povrchové kontaminace beta. Radiometr RP 114 se skládá ze dvou částí: vyhodnocovacího přístroje, detekční jednotky.

Základní technické údaje:

č.	Parametr	Hodnota
1.	Použití	měření dávkového příkonu záření gama, povrchové kontaminace beta
2.	Měřicí rozsah	0,1 ÷ 1.104 [μ Gy/h]; 0,1 ÷ 30 kBq/cm ²
3.	Energetická závislost	vztažená k ¹³⁷ Cs pro 65 ÷ 1500 keV : -20 až + 60 %
4.	Detektor	GM
5.	Typ detekční jednotky	SBT 10

Radiometr registruje záření dopadající do jeho detekční části jak od měřeného vzorku, tak i od přirozeného pozadí. Při odečtu nízkých hodnot srovnatelných s hodnotami pozadí v místě měření je nutno tuto skutečnost vzít v úvahu a příspěvek pozadí od celkového údaje odečíst. Při přesných měřeních je třeba provést kompenzaci vlivu pozadí (odečet pozadí).

5. DISKUZE

Projektové řešení radiační ochrany

V projektu systémů radiační ochrany a systémů zajišťujících radiační bezpečnost personálu i obyvatelstva v okolí ETE při provozu elektrárny jsou přijata následující technická opatření:

- biologické stínění
- uzavřené okruhy s radioaktivními látkami
- organizovaný sběr a čištění radioaktivních úniků
- organizované zpracovávání a ukládání pevných a kapalných odpadů
- udržování radiačních a klimatických podmínek v provozních prostorech vzducho-technickými systémy
- dekontaminace technologických a stavebních povrchů
- použití prostředků individuální ochrany provozním personálem
- rozdělení provozních místností na kontrolované pásmo a prostory mimo kontrolované pásmo
- hermetický prostor pod ochrannou obálkou pro zadržení aktivity uniklé při haváriích
- vytvoření ochranného pásma kolem JE
- organizace radiační kontroly

Důležitou roli zde hraje návrh a realizace stínění. Základním cílem při návrhu stínění je ochrana provozního personálu a obyvatelstva v okolí JE před účinky ionizujícího záření ze všech zdrojů přítomných v JE, a to jak při normálním provozu, tak i při výměně paliva, při údržbě a všech projektem předpokládaných provozních stavech včetně havarijních podmínek.

Při určování biologického stínění byly v úrovni sovětského technického projektu JE Temelín brány výpočtové úrovně příkonu efektivní dávky na personál při normálním provozu v závislosti na charakteru práce prováděné obsluhujícím personálem v jednotlivých místnostech a rovněž na době pobytu personálu v těchto místnostech. Hodnoty těchto příkonů, použité při projektu stínění podle sovětských norem SP-AES-79, jsou uvedeny v následujících tabulkách:

Klasifikace prostorů podle technického a úvodního projektu

	Druh prostoru	Max. příkon efektivní dávky [Sv/h]
Kontrolované pásmo	Poloobsluhovaný prostor	$2,8 \cdot 10^{-5}$
	Obsluhovaný prostor	$1,4 \cdot 10^{-5}$
Prostory v areálu JE mimo kontrolované pásmo		$3 \cdot 10^{-7}$

Následně na základě požadavků vyplývajících z vyhlášky byla provedena revize klasifikace prostor a při provozu jaderného zařízení bude uplatněno následující hodnocení:

Stanovení prostor na základě vyhlášky

	Druh prostoru	Příkon efektivní dávky [μ Sv/h]
Kontrolované pásmo	Prostor s omezeným pobytem (POP)	>10
	Prostor s neomezeným pobytem (PNP)	≤ 10
Vnější hranice kontrolovaného pásma		max. 2,5
Pobytové prostory v areálu JE mimo kontrolované pásmo *		$\leq 0,025$

* Příspěvek k přirozenému pozadí

Kontrolované pásmo se vymezuje všude tam, kde se očekává, že za běžného provozu nebo za předvídatelných odchylek od běžného provozu by ozáření mohlo překročit tři desetiny limitů pro radiační pracovníky. Je účelné vymezit kontrolované pásmo tam, kde se očekává, že:

- a) příkon dávkového ekvivalentu ze zevního ozáření na pracovním místě bude v průměru za rok při běžném provozu zdroje záření vyšší než $2,5 \mu\text{Sv} / \text{hod}$.
- b) součet součinů objemových aktivit jednotlivých radionuklidů v ovzduší na pracovišti bude v průměru za rok větší než $2,5 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^{-3}$.

- c) radioaktivní kontaminace povrchů na pracovních místech bude vyšší než směrné hodnoty povrchové aktivity pro radioaktivní kontaminaci povrchů v kontrolovaném pásmu pracovišť s otevřenými zříci.
- d) kontrolované pásmo se vymezuje jako ucelená a jednoznačně určená část pracoviště, zpravidla stavebně oddělená, s takovým zajištěním, aby do ní nemohly vstoupit nepovolané osoby.

Prostor s neomezeným pobytem (PNP) je takový prostor, kde při normálním provozu nemůže pracovník obdržet za celý rok i při konzervativním předpokladu 2000 pracovních hodin, vzhledem k účinnému provětrávání pracovišť, větší efektivní dávku než 20 mSv, což zaručuje nepřekročení limitu ročního součtu efektivních dávek ze zevního a vnitřního ozáření 50 mSv i nepřekročení limitní hodnoty součtu za dobu pěti po sobě jdoucích let 100 mSv. Do prostorů PNP lze vstupovat bez zvláštních opatření (není nutné stanovit podmínky pobytu – čas, pracovní postup, zvláštní ochranné pomůcky apod.). S využitím prostředků osobní dozimetrie k evidenci dávek a stanovením plánované frakce čerpání základních limitů vzhledem k pracovní náplni jednotlivých pracovníků lze pak reálně optimalizací pracovních činností snižovat ozáření výrazně i pod tuto hodnotu.

Prostor s omezeným pobytem (POP) je takový prostor, kde je nutné vzhledem k pracovnímu prostředí zavést zvláštní režimová opatření. S ohledem na pracovní zařazení (druh vykonávané práce) se stanovují plánované frakce čerpání limitu. Na základě výsledků monitorování aktuální radiační situace v konkrétním prostoru se stanovuje přípustná doba pobytu pracovníka tak, aby při uvážení již obdržených dávek a očekávaných dávek v následujícím období nebyla překročena plánovaná dávka, tj. reálně dosažitelná frakce základního limitu. Čím více je nutné zkrátit přípustnou dobu pobytu, tím jsou kladeny i vyšší nároky na podmínky vstupu (přesné ověřené pracovní postupy, příprava pracovníka před vstupem, vybavení zvláštními pracovními a ochrannými pomůckami atd.).

Všechny místnosti kontrolovaného pásma byly projektem rozděleny na prostory s omezeným pobytem (POP) a prostory s neomezeným pobytem (PNP) (24). Tabulka přístupností místností jednotlivých stavebních objektů ETE vychází pouze z hledisek zahrnujících možný vliv ionizujícího záření na lidský organizmus vnějším ozářením. Nezohledňuje tedy jiné faktory mající rovněž vliv na parametry prostředí (vnitřní ozáře-

ní z inhalace). V prostorech s neomezeným pobytem a v prostorech s omezeným pobytem, kde projekt předpokládá častější zásahy obsluhy, je vzduchotechnickým systémem zajištěn dostatečný přívod čerstvého vzduchu k provětrání místností, takže potenciálně možné vnitřní ozáření je vzhledem k vnějšímu ozáření zanedbatelné. Ve zbývajících prostorech s omezeným pobytem, kde projekt nepředpokládá nutnost čtenějších zásahů obsluhy, je zvýšené riziko výskytu aktivity v ovzduší dané odparem z možných úniků ze zařízení a objemovou aktivitu v atmosféře je nutno zjistit monitorováním přímo na místě. Nejhorší prostředí z tohoto hlediska je v místnostech kontejnmentu, kde při projektem předpokládaných únicích by za provozu reaktoru na výkonu činilo vnitřní ozáření způsobené inhalací 1 m³ vzduchu (tj. přibližně během 1 hodiny bez ochranných pomůcek) 0,14 mSv.

Hranicí pro rozdělení prostor byla projektem očekávaná možnost dosažení úrovně příkonu dávkového ekvivalentu 10 μSv/h.

Příkon se vztahuje k normálnímu provozu bloku, v jehož rámci však zohledňuje takové provozní režimy, při nichž je příkon v daných místnostech nejvyšší. Není však zohledněn možný vliv projektové nehody.

Osobní dávky pracovníků v provozu ETE

V následujících tabulkách jsou uvedené souhrnné osobní dávky pracovníků za roky 2004, 2005 a 2006:

rok 2004

	KED	KED	IED _{max}
Počet sledovaných osob	(pro E ≥ 0,1 mSv)	(pro E ≥ 0,05 mSv)	
	[mSv]	[mSv]	[mSv]
1758	427,45	468,33	8,93

rok 2005

	KED	KED	IED _{max}
Počet sledovaných osob	(pro E ≥ 0,1 mSv)	(pro E ≥ 0,05 mSv)	
	[mSv]	[mSv]	[mSv]
1696	415,72	452,65	9,51

rok 2006

	KED	KED	IED _{max}
Počet sledova- ných osob	(pro E ≥ 0,1 mSv)	(pro E ≥ 0,05 mSv)	
	[mSv]	[mSv]	[mSv]
1481	241,49	272,69	7,96

Optimalizační mez pro provoz JE Temelín je 8 Sv. (§17, odst. 5 vyhl. č. 307/2002). Optimalizační mezí pro provoz jaderně energetických zařízení je kolektivní efektivní dávka 4 Sv za kalendářní rok na každý instalovaný GW výkonu vztažená na ozáření všech radiačních pracovníků, pro které je podle programu monitorování prováděno osobní monitorování.

Je patrné, že ani maximální IED v období sledovaných tří let nedosahují hodnot základní efektivní dávky pro pracovníky. Nepřesahují tedy vyhláškou stanovené limity.

Další hodnoty jsou popsány v dokumentu SÚJB Výsledky hodnocení souboru provozně - bezpečnostních ukazatelů v roce 2006 pro JE Temelín (21). Grafy jsou přiloženy v příloze.

Pro zajištění bezpečnosti jaderné elektrárny jsou nutné dva požadavky: bezpečný projekt a vysoká úroveň kultury provozování elektrárny, k níž patří způsobilá obsluha elektrárny, kvalitní dokumentace, využívání provozních zkušeností, technická kontrola, radiační ochrana, požární bezpečnost a další. Kromě toho, že jaderná elektrárna musí odolat všem nepříznivým vnějším vlivům, musí vlastními silami zvládnout všechny myslitelné a představitelné poruchy a havárie.

Jaderná elektrárna Temelín disponuje systémy jaderné bezpečnosti, k nimž patří ochranné, výkonné a podpůrné systémy zahrnující přístrojové vybavení pro monitorování bezpečnostně důležitých veličin a stavů jaderné elektrárny a pro automatické spouštění výkonných bezpečnostních systémů (systémů, které na základě signálů od ochranných systémů zajišťují plnění příslušných bezpečnostních funkcí). Funkčnost bezpečnostních systémů musí být zachována při všech předpokládaných událostech (normální i abnormální provoz, poruchy, výpadky zařízení a nehody na jaderné elektrárně včetně maximální projektové nehody, zemětřesení, požáry, vichřice, zátopy a události vyvolané lidskou činností, jako jsou pád letadla, exploze, diverzní akce apod.).

Velká pozornost je věnována přijímání zaměstnanců, protože lidský faktor může způsobit vážné ohrožení i správného ocenění výsledků měření radiační situace a následně i chybných rozhodnutí pro výkon práce v prostředí radiačního záření. Součástí výběrových pohovorů a testů jsou i testy psychické a zdravotní způsobilosti. Obsluha elektrárny musí absolvovat nejen náročnou odbornou přípravu, ale i výcvik. Pro přípravu obsluhy elektrárny byl v areálu jaderné elektrárny Temelín vybudován plnorozsahový simulátor blokové dozorny. Jde o zařízení je formě kopie řídicího sálu reaktorového bloku, které umí přesně napodobit matematický model chování reaktoru i primárního a sekundárního okruhu. Simulátor byl po získání licence od Státního úřadu pro jadernou bezpečnost zařazen do systému pravidelného výcviku operátorů na blokových dozornách.

V průběhu výstavby JE Temelín byly na základě zákonných norem přehodnoceny některé systémy radiační kontroly tak, aby byly v souladu s požadavky na úroveň radiační bezpečnosti provozu. Některá zařízení dříve projektem uvažovaná ani nemohla být dodána v důsledku mnohých změn programů výrobních podniků jak tuzemských, tak i zahraničních. Proto se pečlivě znovu analyzovaly podmínky, které by zaručily radiační ochranu pracovníků v kontrolovaném pásmu JE Temelín. Jak stabilní monitorovací systém, tak celá řada přenosných měřících přístrojů se zkoumala nejen z hlediska spolehlivosti, ale i z hlediska citlivosti měření parametrů charakterizujících radiační situaci. Změna projektu toto vše respektovala a očekávalo se, že s rezervou budou požadavky na bezpečnou práci v kontrolovaném pásmu splněny. Do úvahy se vzaly i zkušenosti z jiných provozovaných elektráren (z českých především JE Dukovany, ze zahraničních slovenská JE Jaslovské Bohunice, švýcarská JE Beznau, německá JE Isar, britská JE Sizewell B a v neposlední řadě ukrajinské elektrárny Chmelnická a Záporožská.

Z krátkého pohledu na výsledky monitorování osobních dávek je patrné, že měření pracovního prostředí ať už stabilním dozimetrickým monitorovacím systémem, tak i přenosnými přístroji, je vykonáváno na dostatečné úrovni tak, aby bylo možné udržovat osobní dávky v příslušných mezích a aby také bylo možné aplikovat princip ALARA. Rovněž klasifikace prostorů na POP a PNP se ukázala vhodná pro použití v praxi.

6. ZÁVĚR

Jaderná elektrárna Temelín je vybavena moderním systémem radiační kontroly na vysoké technické úrovni, který zajišťuje kontrolu všech parametrů dle požadavků české legislativy a orgánů státního dozoru. Systém zajišťuje kontrolu v takovém rozsahu, aby byly zabezpečeny nezbytné informace o ozáření personálu elektrárny i obyvatelstva v okolí elektrárny, stavu radiační situace v elektrárně i v okolí, výpustech do životního prostředí a stavu vybraných technologických okruhů a systémů se zaměřením na sledování neporušenosti bariér ve všech režimech jaderné elektrárny včetně havarijních a pohavarijních podmínek. Pracovní prostředí v kontrolovaném pásmu JE Temelín je monitorováno stabilním (stacionárním) monitorovacím systémem a přenosnými (mobilními) přístroji dle schválené provozní dokumentace.

Osobní dávky pracovníků v kontrolovaném pásmu se pohybují v rozsahu zaručujícím nepřesáhnutí hodnot základní efektivní dávky pro pracovníky.

Hypotéza je tímto zjištěním potvrzena. Pracovní prostředí JE Temelín je monitorováno na úrovni zajišťující při běžném provozu bezpečnou práci zaměstnanců v kontrolovaném pásmu. Z pohledu úrovně citlivosti a spolehlivosti monitoringu radiometrických veličin není třeba iniciovat žádné změny přístrojového vybavení.

7. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

1. KLENER, V. a kol. Principy a praxe radiační ochrany. 1.vyd. Praha: Azin CZ SÚJB, 2000, 619s.
2. KONEČNÝ, J., *Radiační fyzika*, 1.vyd. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 2006, 109s. ISBN 80-7040-843-X
3. KUNA, P., NAVRÁTIL, L. a kol. *Klinická radiobiologie*, 1.vyd. Praha: Manus, 2005. 222s. ISBN 80-86571-09-2
4. *Metodika* evidenční číslo 433 rev 00. *Režimy radiační ochrany v ETE, ČEZ*
5. *Metodika* evidenční číslo 456 rev 00. *Program monitorování pracoviště. ČEZ.*
6. *Metodika* evidenční číslo 434 rev 00. *Provozní úrovně radiační ochrany v ETE. ČEZ.*
7. *Metodika* evidenční číslo 456 rev 03. *Schválený program monitorování pracoviště. ČEZ. a.s.*
8. *Metodika* evidenční číslo 573 rev 01. *Program monitorování osob. ČEZ. a.s.*
9. NAVRÁTIL, L., ROSINA, J. a kol. *Medicínská biofyzika*. 1.vyd. Praha: Grada Publishing, 2005, 524s. ISBN 80-247-1152-4
10. *Nařízení vlády ČR č. 11/1999 Sb. o zóně havarijního plánování*
11. *Provozní předpis 0 TS 603 pro obsluhu elektronických osobních dozimetřů. JETE*
12. *Provozní předpis 0 TS 604 pro systém elektronické osobní dozimetrie. JETE*
13. *Provozní předpis 0 TS 607 pro obsluhu stacionárních zařízení radiační kontroly. JETE*
14. *Provozní předpis 0 TS 608 pro obsluhu přenosných zařízení radiační kontroly. JETE*
15. SINGER, J. *Dozimetrie ionizujícího záření*. 1.vyd. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 2005, 67s. ISBN 80-7040-752-2
16. *Směrnice* evidenční číslo 001. *Zajišťování bezpečnosti. ČEZ*
17. *Směrnice* evidenční číslo 036 rev 00. *Zajišťování radiační ochrany. ČEZ*

18. *Vyhláška 307/2002* Státního úřadu pro jadernou bezpečnost ze dne 13. června 2002 o radiační ochraně v platném znění.
19. *Vyhláška SÚJB č.318/2002 Sb.* o podrobnostech k zajištění havarijní připravenosti jaderných zařízení a pracovišť se zdroji ionizujícího záření a o požadavcích na obsah vnitřního havarijního plánu a havarijního řádu.
20. *Vyhláška SÚJB č.319/2002 Sb.* o funkci a organizaci celostátní radiační monitorovací sítě
21. *www.sujb.cz/docs/U2006.pdf*
22. *Zákon č.505/90 Sb.* o metrologii ionizujícího záření v platném znění
23. ZÁŠKODNÝ, P. *Přehled základů teoretické fyziky* (s aplikací na radiologii). 1. vyd. Bratislava: Didaktik, 2005. 264s. ISBN 80–89160-19–0
24. Zpráva - Předprovozní bezpečnostní zpráva pro ETE, revize 0

8. KLÍČOVÁ SLOVA

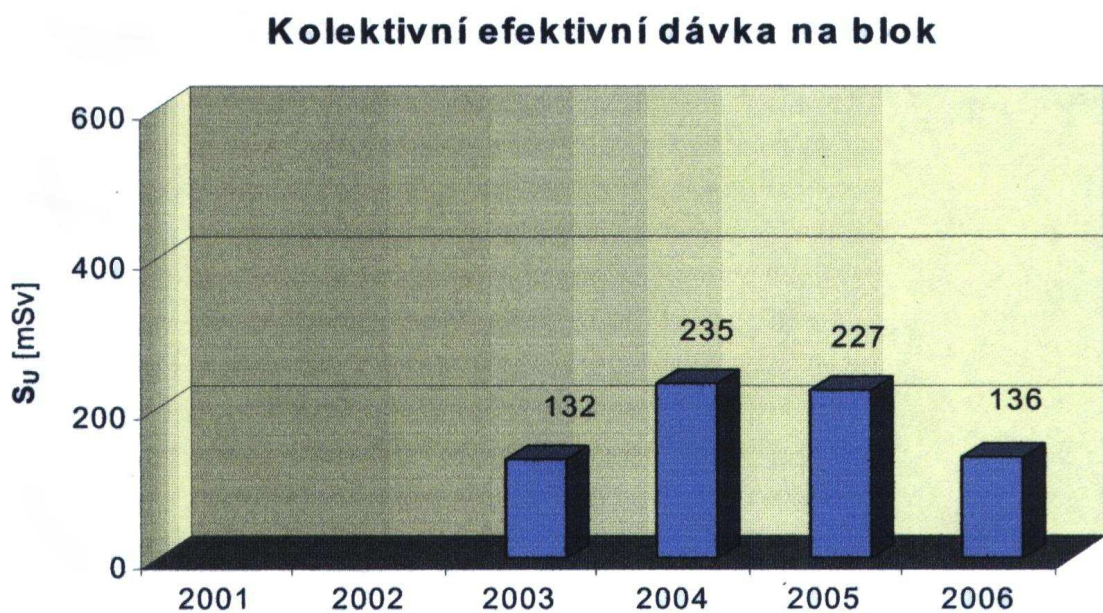
Klíčová slova, česky – detekce, ionizující, záření, monitorování, prostředí, Temelín

Key Words - English – detection, ionizing, radiation, monitoring, area, Temelin

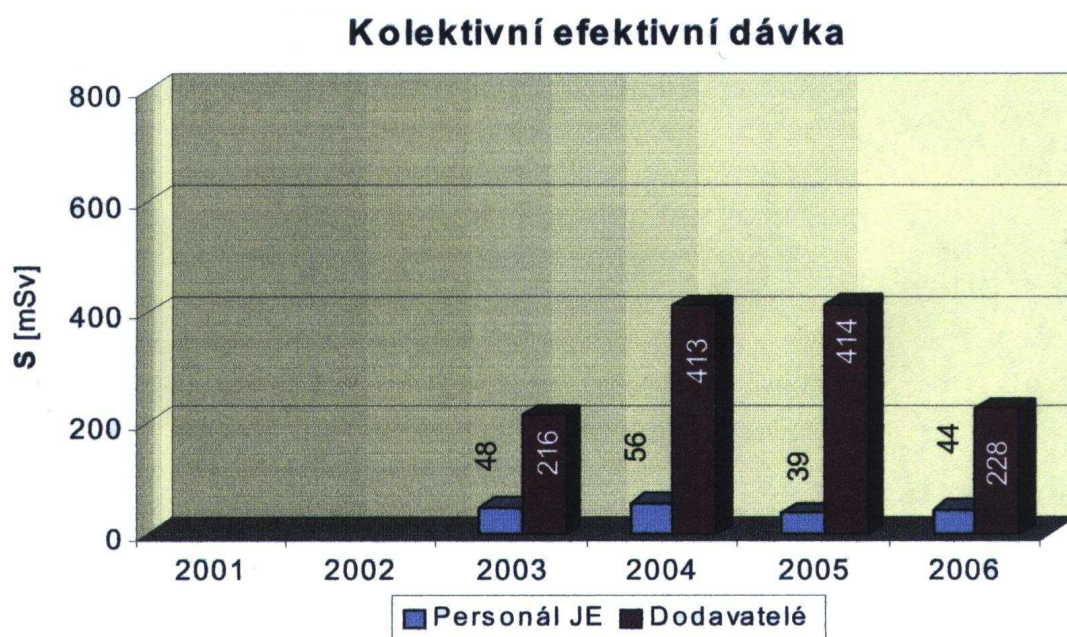
9. PŘÍLOHY

9.1 GRAFY

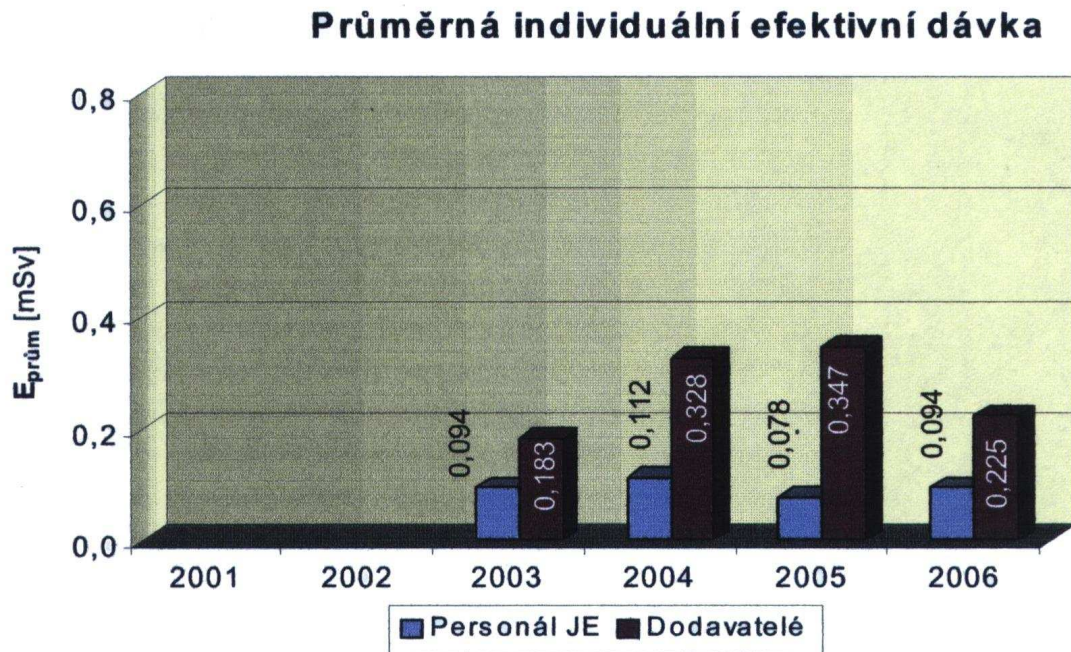
Graf č. 1 udává kolektivní efektivní dávku, která je dána celkovou externí celotělovou dávkou obdrženu personálem JE (včetně dodavatelů a návštěv) během sledovaného období, měřená základními filmovými dozimetry, na jeden provozovaný blok.



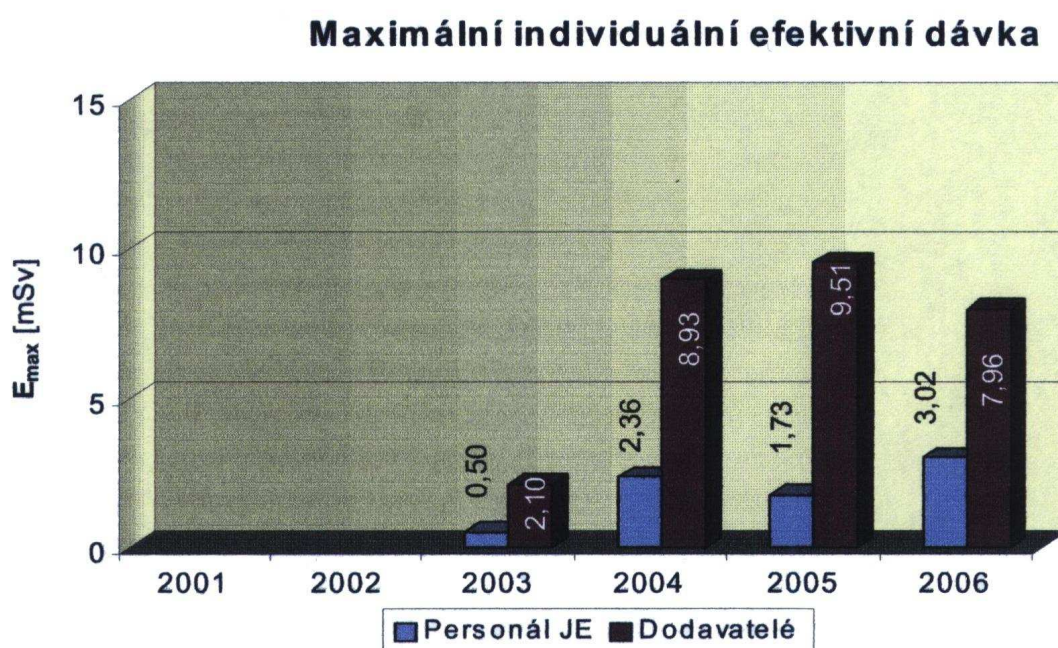
Graf č. 2 udává kolektivní efektivní dávku, která je dána celkovou externí celotělovou dávkou obdrženou zaměstnanci JE a dodavateli během sledovaného období, měřena základními filmovými dozimetry.



Graf č. 3 udává průměrnou individuální efektivní dávku, která je dána celkovou externí celotělovou dávkou obdrženu zaměstnanci JE a dodavateli během sledovaného období, měřená základními filmovými dozimetry, která se vyjadřuje hodnotou na jednoho radiačního pracovníka.



Graf č. 4 udává maximální individuální efektivní dávku, která je dána celkovou externí celotělovou dávkou obdrženu jedním konkrétním zaměstnancem JE a jedním konkrétním zaměstnancem dodavatele během sledovaného období, měřená základními filmovými dozimetry.



9.2 OBRÁZKY

Stabilní monitorovací systém (RRMS). Jsou ukázány některé fotografie uveřejněné na konferenci Radiohygienické dny v Jáchymově, 2001.



Zařízení pro monitorování aktivity odpadních vod.



Zařízení pro přímé měření expozičního příkonu na potrubí ATL detektor.



Monitor vzácných plynů 2CH Gas.



Vysokorozsahový monitor HRGM vzácných plynů

Nejčastěji používané přenosné přístroje. Zdrojem informací jsou firemní prospekty.



Radiometr FH 40 pro měření příkonu dávkového ekvivalentu záření gama.



Monitor kontaminace Contamat FHT 111M.