



Zdravotně  
sociální fakulta  
Faculty of Health  
and Social Studies

Jihočeská univerzita  
v Českých Budějovicích  
University of South Bohemia  
in České Budějovice

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích  
Zdravotně sociální fakulta  
Katedra radiologie, toxikologie a ochrany obyvatelstva

Diplomová práce

# Radiační zátěž zaměstnanců bývalé úpravny uranových rud MAPE Mydlovary

Vypracoval: Bc. Dana Novotná, DiS.  
Vedoucí práce: Prof. Dr. rer. nat. Friedo Zölzer

České Budějovice 2014

## Abstrakt

V roce 1959 byla přibližně 20 km severozápadně od Českých Budějovic zahájena výstavba chemické úpravní uranových rud MAPE Mydlovary. Provoz v úpravně byl zahájen v roce 1962, k ukončení provozu došlo v roce 1991. Areál bývalé chemické úpravní MAPE Mydlovary se skládal ze závodu, ve kterém se zpracovávala uranová ruda a z přilehlých odkališť, do kterých se materiál ze zpracovaných uranových rud ukládal. Uranová ruda se v této lokalitě ani v přilehlém okolí nikdy netěžila, vždy se sem pouze dovážela z uranových dolů. Uran byl z rud získáván buď kyselým, nebo alkalickým loužením. Největší výroba byla zaznamenána v roce 1981, kdy se zpracovalo více než 784 000 tun rudy. Za téměř 30 let provozu se zde zpracovalo 16 745 835 tun uranové rudy, bylo zde vyrobeno okolo 28 500 tun uranu a vzniklo zde přibližně 36 mil. tun kalu. Vzniklý kal byl hydraulicky dopravován do přilehlých odkališť, která se rozkládají na území o rozloze 286 ha. Přesto, že už není bývalá chemická úpravní uranových rud MAPE Mydlovary ekonomicky aktivní, představuje v současné době úpravní MAPE Mydlovary pro životní prostředí jednu z největších zátěží, která vznikla po těžbě a úpravě uranových rud v České republice. Proto je důležité provádění sanačních a rekultivačních prací, které provádí v současné době státní podnik DIAMO, který je také vlastníkem bývalé úpravní MAPE Mydlovary. Pro nedostatek sanačních materiálů a finančních prostředků však postupují tyto práce velice pomalu.

Během provozu bývalé chemické úpravní uranových rud MAPE Mydlovary se v podniku vystřídal přibližně 1 100 zaměstnanců. Lze předpokládat, že při zpracování uranových rud a následném ukládání odpadů do přilehlých odkališť docházelo k působení radionuklidů na zaměstnance podniku. Proto se tato diplomová práce zabývá radiační zátěží zaměstnanců bývalé chemické úpravní uranových rud MAPE Mydlovary a je zaměřena na dávky, které zaměstnanci během práce v úpravně obdrželi.

Data byla shromažďována od října 2013 do dubna 2014 a obsahují údaje za období 1963-1996. Data byla získávána z osobních dozimetrických listů zaměstnanců, tyto listy byly poskytnuty státním podnikem DIAMO.

Prvním cílem této práce bylo sledovat radiační zátěž a srovnat naměřené hodnoty u jednotlivých zaměstnanců MAPE Mydlovary. Sledování radiační zátěže bylo provedeno z osobních dozimetrických listů zaměstnanců, hodnoty z těchto listů byly zapisovány do programu Excel. Tyto hodnoty byly dále srovnány a byla použita popisná statistika. Bylo zjištěno, že dávky u zaměstnanců bývalé úpravny MAPE Mydlovary nepřesáhly dávkové limity.

Druhým cílem bylo vyhodnotit naměřené hodnoty u různých skupin zaměstnanců podle typu práce. Rozdělení do jednotlivých skupin bylo provedeno podle možných obdržených dávek. Jedná se o skupinu zaměstnanců, kteří pracovali alespoň 6 měsíců s prašností, o skupinu zaměstnanců, kteří pracovali v kalojemech, o skupinu zaměstnanců, kteří pracovali v hlavní výrobě, ale bez prašnosti (kteří byly dále podle vykonávané práce rozděleni buď do první, nebo druhé podskupiny) a o skupinu ostatních zaměstnanců vlastníci filmový dozimetr – tato skupina sloužila při statistickém šetření jako srovnávací soubor. Vyhodnocení naměřených hodnot bylo provedeno pomocí statistického šetření. Pro statistické šetření bylo použito parametrické testování a byl použit tzv. Fischerův F-test, který je proveden pomocí funkce Statistika v tabulkovém procesoru MS Excel 2010. Pro tento test byla použita hladina významnosti  $\alpha = 0,05$ . Statistickým šetřením bylo zjištěno, že nejvyšší obdržené dávky byly zjištěny u skupiny zaměstnanců, kteří pracovali v hlavní výrobě, ale bez prašnosti, zařazení do první podskupiny. Nejnižší obdržené dávky byly zjištěny u skupiny zaměstnanců, kteří pracovali v hlavní výrobě, ale bez prašnosti, zařazení do druhé podskupiny.

Hypotéza, že dávky u zaměstnanců MAPE Mydlovary jsou odlišné v daných skupinách, byla potvrzena. Hypotéza, že dávky u zaměstnanců nepřesáhly dávkové limity pro zaměstnance, byla také potvrzena.

Na základě vyhodnocení získaných dat lze tedy konstatovat, že bývalá chemická úpravna uranových rud MAPE Mydlovary měla zásadní vliv na radiační zátěž zaměstnanců. O velikosti obdržené dávky rozhodovalo nejen to, na jakém pracovišti zaměstnanec pracoval, ale samozřejmě také na počtu odpracovaných let. V této práci bylo prokázáno, že dávky u zaměstnanců nepřesáhly dávkové limity, stále však existuje

nebezpečí, že provoz úpravny MAPE Mydlovary měl negativní vliv na zdraví zaměstnanců a stále ještě existuje reálné nebezpečí možnosti vzniku pozdních účinků, včetně účinků stochastických.

Radiační zátěž zaměstnanců spojená právě s prací v bývalé úpravně uranových rud MAPE Mydlovary je problematikou, která je velice obsáhlá a časově náročná. Proto je v této práci provedena pouze základní studie, na kterou je potřeba navázat dalším výzkumem, který tuto problematiku prozkoumá podrobněji. Pevně doufám, že závěry uvedené v této práci přispějí k dalšímu výzkumu, který bude zaměřen na vliv bývalé chemické úpravny uranových rud MAPE Mydlovary na zdravotní stav zaměstnanců, kteří zde pracovali.

Klíčová slova: dávkové limity, MAPE Mydlovary, obdržené dávky, skupiny zaměstnanců, zaměstnanci MAPE Mydlovary

## **Abstract**

In 1959, approximately 20 km to the north-west of České Budějovice a construction of a chemical uranium ore plant MAPE began. The plant operation started in 1962 and finished in 1991. The premises of the former chemical plant MAPE Mydlovary consisted of a plant in which uranium ore was manufactured and the manufactured material from uranium mines was stored in adjacent sludge lagoons. Uranium ore has never been mined in this area, neither in its surroundings. It has always been imported from uranium mines. Uranium was made from the ores by either acid or alkali leaching. The highest production was reached in 1981 in which more than 784 000 tonnes of ore were extracted. In almost 30 years of the plant operation, 16 745 835 tonnes of uranium ore were manufactured, about tonnes of uranium were made and approximately 36 million tonnes of sediments appeared. The sediments which resulted from the whole process were hydraulically transported to adjacent sludge lagoons which are situated in the area of 286 hectares. Although this former uranium ore plant MAPE Mydlovary hasn't been economically active anymore, it is nowadays one of the biggest environmental burden which results from ore mining and its processing in the Czech Republic. Therefore, it is important to carry out remediation and recultivation works which are currently provided by the state enterprise DIAMO. DIAMO company, in fact, is also the owner of the former plant MAPE Mydlovary. For the lack of remediation material as well as financial support, these works proceed very slowly.

During the operation of the former ore plant MAPE Mydlovary, about 1,100 employees took turns in the company. During the uranium ore treating and its consequent waste store in the lunge lagoons, employees of the plant were exposed to the effect of radionuclides. For this reason, my diploma thesis deals with the effect of radiation on employees of the former chemical plant MAPE Mydlovary and aims at the doses which the employees received while working in the plant. The data were gathered from October 2013 to April 2014 and contain figures for a period of 1963-1996. These figures were gained from personal dosimetrical files of the employees and these files were provided by the state enterprise DIAMO.

The first aim of the thesis was to monitor the rate of radiation and to compare the gained values among individual employees of the plant MAPE Mydlovary. The monitoring of the effect of radiation was carried out from personal files of the employees and the measured values were put into tables of Excel programme. The values were then compared and I also used descriptive figures statistics. The doses at the employees were found not to exceed any dose limits.

The second aim of the thesis was to evaluate the measured values at several groups of employees according to the type of the work they do. The division into individual groups was carried out according to the scale of received doses. It deals with a group of employees who worked at least for 6 months with dustiness, another group working in a sludge lagoon, another group of workers who were responsible for the main manufacture but weren't exposed to any dustiness (according to the type of work, these people were then divided either into the first or the second sub-group) and also a group of other employees who had their own dosimeter- this group served as a comparative reference in a statistic research. The measures values were evaluated by a statistic research. For this type of research, we used a parametric testing and a so-called Fischer's F-test, which was applied thanks the Statistics function in a table processor MS Excel 2010. For this test, we used the level of significance  $\alpha = 0,05$ . Through the statistic research, we have found out that the highest measured values appeared at the employees who were working in the main manufacture but without any dustiness. This group of people was ranked as the first group. The lowest amount of received doses appeared at the employees who worked in the main manufacture, without any dustiness and were put into the second sub-group.

The hypothesis that the doses of the MAPE Mydlovary employees are different within the groups has been confirmed. The hypothesis that the doses at the MAPE Mydlovary staff didn't exceed any dose limits for the staff has been confirmed as well. The hypothesis that the doses at the MAPE Mydlovary staff were different in certain groups was confirmed.

On the base of gained data evaluation, we can affirm that the former uranium ore chemical plant had a fundamental influence on the radiation effect on the employees.

The amount of a received dose results not only from the type of workplace but also from the number of years the employees worked in the plant. This thesis has proved that the doses at the staff of the chemical plant didn't exceed any dose limits. However, there is still some danger that the plant operation had a negative impact on the staff's health and that some later negative effects (including the stochastic ones) might still occur.

The radiation burden linked to the jobs in the former uranium ore plant MAPE Mydlovary is an extensive and time-consuming issue. Therefore, this thesis contains just a basic survey. The survey should be then followed by another research which deals with the issue in detail. I hope that the results mentioned in the thesis will contribute to another research which will focus on the impact of the former chemical plant MAPE Mydlovary on the health state of the people who worked here.

Key words: dose limits, MAPE Mydlovary, received doses, staff groups, the MAPE Mydlovary staff

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že svoji diplomovou práci jsem vypracovala samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své diplomové práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejich internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích dne 11. 8. 2014

.....

Bc. Dana Novotná, DiS.



## **Poděkování**

Děkuji především svému školiteli, panu prof. Dr. rer. nat. Friedo Zölzerovi za trpělivost a ochotu při vedení této práce, paní Mgr. Renatě Havránkové, Ph.D. za pomoc při zpracovávání dat a za čas, který mi věnovala.

Za veškerou pomoc a poskytnutí cenných informací k této práci děkuji také doc. Ing. Ladislavu Beránkovi, CSc., Ing. Radku Bicanovi a Josefu Vackovi, DiS.

Touto cestou bych ráda poděkovala i státnímu podniku DIAMO, který mi poskytl data ke zpracování této práce.

# Obsah

Úvod .....	14
<b>1 Teoretická část .....</b>	<b>15</b>
1.1 Ionizující záření .....	15
1.2 Přírodní zdroje ionizujícího záření.....	15
1.3 Biologické účinky záření .....	16
1.4 Mechanismus účinku záření na živou tkáň .....	17
1.5 Deterministické a stochastické účinky.....	18
1.6 Radioaktivita .....	21
1.6.1 Typy radioaktivní přeměny.....	22
1.6.2 Radionuklidy v areálu MAPE Mydlovary .....	23
1.6.2.1 Radionuklidy v uranovém průmyslu.....	23
1.6.2.2 Vlastnosti radonu a produktů jeho přeměny .....	23
1.6.2.3 Účinky radonu na člověka (zdravotní rizika radonu) .....	24
1.7 MAPE Mydlovary.....	27
1.7.1 Obec Mydlovary .....	27
1.7.2 Těžba a úprava uranové rudy.....	27
1.7.3 Závod MAPE Mydlovary .....	29
1.7.4 Bývalá chemická úpravna MAPE Mydlovary .....	31
1.7.5 Technologie v úpravně MAPE Mydlovary.....	31
1.7.5.1 Zásobárna rudy .....	31
1.7.5.2 Drtírna .....	32
1.7.5.3 Mlýnice .....	32
1.7.5.4 Zahušťování .....	34
1.7.5.5 Loužení uranových rud .....	34
1.7.5.6 Sorpční procesy.....	35
1.7.5.7 Příprava elučního roztoku, srážení a odvodnění koncentrátu .....	38
1.7.5.8 Sušení, vzorkování a balení koncentrátu .....	38
1.7.5.9 Ukládání vyloužené rudy (rmutu).....	39
1.7.5.10 Konečný produkt.....	39
1.8 Pracovní oděv a ochranné pracovní pomůcky zaměstnanců MAPE Mydlovary..	40

1.9	Měření radiačních dávek zaměstnanců MAPE Mydlovary .....	41
1.10	Vývoj legislativy uranového průmyslu .....	42
1.11	Osobní dozimetrie a monitorování pracovišť .....	43
1.12	Expozice pracovníků .....	44
1.13	Veličiny a jednotky používané v radiační fyzice a ochraně .....	45
<b>2</b>	<b>Hypotézy a metodika výzkumu .....</b>	<b>49</b>
2.1	Hypotézy .....	49
2.2	Metodika výzkumu .....	49
2.2.1	Postup při zpracování dat .....	49
2.2.2	Podrobný popis metodiky .....	50
2.2.2.1	Data získaná z poskytnutých dozimetrických listů .....	50
2.2.2.2	Zápis do tabulkového procesoru MS Excel 2010 .....	52
2.2.2.3	Popis pracovišť podniku MAPE Mydlovary .....	55
2.2.2.4	Kategorizace zaměstnanců úpravny MAPE Mydlovary .....	57
<b>3</b>	<b>Výsledky .....</b>	<b>61</b>
3.1	Výsledky získané pomocí popisné statistiky .....	61
3.1.1	Obdržené dávky u všech zaměstnanců MAPE Mydlovary .....	61
3.1.2	Obdržené dávky u jednotlivých skupin zaměstnanců MAPE Mydlovary dle odpracovaných let .....	64
3.1.3	Obdržené dávky u jednotlivých skupin zaměstnanců MAPE Mydlovary dle pracovišť .....	67
3.1.4	Počty zaměstnanců MAPE Mydlovary dle obdržených celkových dávek .....	68
3.1.4.1	Rozdělení zaměstnanců dle pracovišť do skupin podle obdržených dávek .....	69
3.1.4.2	Porovnání skupin dle pracovišť se skupinami dle obdržených dávek ....	72
3.2	Výsledky získané pomocí parametrického testování - statistické šetření obdržených dávek u jednotlivých skupin zaměstnanců dle pracovišť .....	76
<b>4</b>	<b>Diskuze .....</b>	<b>81</b>
<b>5</b>	<b>Závěr .....</b>	<b>90</b>

<b>6</b>	<b>Seznam informačních zdrojů .....</b>	<b>92</b>
<b>7</b>	<b>Seznam obrázků .....</b>	<b>97</b>
<b>8</b>	<b>Seznam tabulek .....</b>	<b>98</b>
<b>9</b>	<b>Seznam grafů.....</b>	<b>99</b>
<b>10</b>	<b>Přílohy.....</b>	<b>100</b>

## Seznam použitých zkratk

ANO – akutní nemoc z ozáření

ČR – Česká republika

ČSSR – Československá socialistická republika

DNA – deoxyribonukleová kyselina

CHÚ – chemická úpravna

IZ – ionizující záření

MAPE – MAgnezium PErchlorát

SÚJB – Státní úřad pro jadernou bezpečnost

ÚBÚ – Ústřední báňský úřad

ÚHP UP – Ústav hygieny práce uranového průmyslu

SÚJCHBO – Státní ústav jaderné, chemické a biologické ochrany

## Úvod

MAPE Mydlovary je bývalá chemická úpravna uranových rud nacházející se přibližně 20 kilometrů severozápadně od Českých Budějovic. Uranová ruda se v této lokalitě nikdy netěžila, vždy se sem pouze dovážela z uranových dolů a zpracovávala se buď kyselým, nebo alkalickým loužením. Za téměř 30 let provozu se zde zpracovalo 16 745 835 tun uranové rudy, bylo zde vyrobeno okolo 28,5 tis. tun uranu a vzniklo zde přibližně 36 mil. tun kalu, který byl ukládán do přilehlých odkališť, která se rozkládají na území o rozloze 286 ha. Bývalá úpravna uranových rud MAPE Mydlovary již není ekonomicky aktivní, v současné době je vlastníkem úpravny MAPE Mydlovary státní podnik DIAMO, který zde provádí sanační a rekultivační práce, tyto práce ovšem postupují velice pomalu.

Při zpracování uranových rud a následném ukládání odpadů do přilehlých odkališť docházelo k ozařování zaměstnanců podniku. Proto byly povinnou výbavou zaměstnanců kromě pracovních a ochranných pomůcek také osobní filmové dozimetry, a u každého zaměstnance, který byl vystaven riziku ionizujícího záření, byl veden a archivován osobní dozimetrický list, do kterého se naměřené dávky zaznamenávaly. Začátek diplomové práce je věnován problematice ionizujícího záření a vlivu ionizujícího záření na zdraví člověka. Dále jsem se zabývala problematikou radionuklidů v uranovém průmyslu a popisem bývalé chemické úpravny uranových rud MAPE Mydlovary, včetně technologických procesů, ochrany zaměstnanců a veličin používaných v radiační fyzice a ochraně. Prvním cílem práce je sledovat radiační zátěž a srovnat naměřené hodnoty u jednotlivých zaměstnanců MAPE Mydlovary. Druhým cílem je vyhodnotit naměřené hodnoty u různých skupin zaměstnanců podle typu práce. Pomocí získaných dat je zpracováno porovnání obdržených dávek u skupiny zaměstnanců, kteří pracovali alespoň 6 měsíců s prašností, u skupiny zaměstnanců, kteří pracovali v kalojemech, u skupiny zaměstnanců, kteří pracovali v hlavní výrobě, ale bez prašnosti. Obdržené dávky u těchto skupin jsou porovnány se skupinou ostatních zaměstnanců vlastníci filmový dozimetr. V závěru této práce jsem zjištěné údaje vyhodnotila a následně jsem analyzovala a zhodnotila stanovené hypotézy.

# 1 Teoretická část

## 1.1 Ionizující záření

Ionizující záření (IZ) je charakterizováno tím, že při jeho průchodu hmotou vznikají elektricky nabitě částice, ionty.

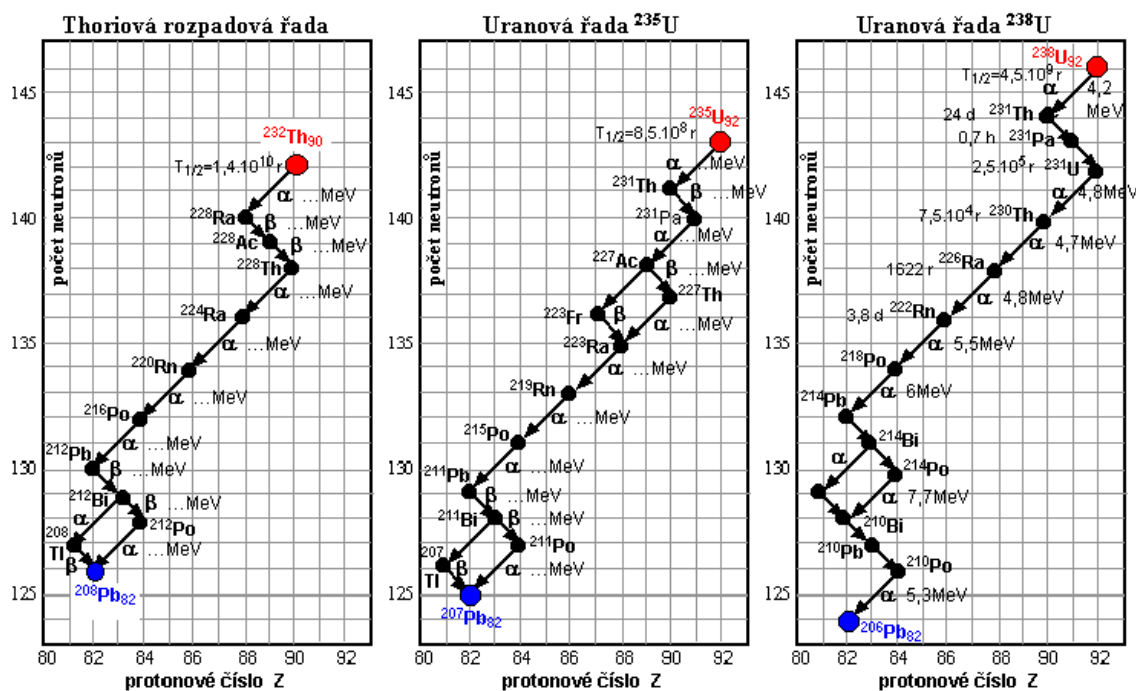
*Dle charakteru ionizačního procesu lze rozdělit záření:*

- **Přímo ionizující záření** je tvořeno nabitými částicemi (elektrony, pozitrony, protony, částicemi  $\alpha$ ,  $\beta$ ), které mají dostatečnou kinetickou energii k vyvolání ionizace (1).
- **Nepřímo ionizující záření** zahrnuje nenabitě částice (fotony, neutrony), které samy nemají schopnost ionizovat prostředí, ale při interakcích s prostředím uvolňují sekundární, přímo ionizující částice. Ionizace prostředí je pak způsobena těmito sekundárními částicemi (1).

## 1.2 Přírodní zdroje ionizujícího záření

Všechny organismy na Zemi byly od počátku vystaveny přírodnímu ozáření. Ozáření z přírodních zdrojů rozdělujeme na kosmické záření a přírodní radionuklidy vyskytující se v přírodě (např.  $^{40}\text{K}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{222}\text{Rn}$ ,  $^{238}\text{U}$ , apod).

Rozlišují se tři složky kosmického záření: galaktické záření, sluneční záření a záření radiačních (van Allenových) pásů Země. Přírodní radionuklidy se vyskytují přirozeně v našem životním prostředí a skládají se ze tří složek. Jsou to nejen kosmogenní a primordiální radionuklidy, ale především radionuklidy vznikající sekundárně z původních radionuklidů tvořících přeměnové řady (2). V úvahu přichází pouze tři ze čtyř přeměnových řad, kterými jsou uran-radiová řada (pochází z  $^{238}\text{U}$ ), thoriová řada (pochází z  $^{232}\text{Th}$ ) a aktiniová řada (pochází z  $^{235}\text{U}$ ). S čtvrtou, neptuniovou přeměnou (z  $^{237}\text{Np}$ ), se v přírodě nesetkáváme (3).



Obr. 1. Uranová, thoriová a aktinová přeměnová řada

Zdroj: <http://astronuklfyzika.cz/JadRadFyzika4.htm>

### 1.3 Biologické účinky záření

Pro stanovení principů a kritérií radiační ochrany je důležitá znalost biologických účinků záření. Z těchto principů byl odvozen základ systému limitování dávek u pracujících a u obyvatelstva. Základem pro poskytování léčebné péče při poškození zářením byla znalost biologických účinků záření (2).

Účinek záření na buňku může být buď přímý, nebo nepřímý. **Podstata přímého účinku je** změna biologicky důležité makromolekuly pomocí přímého zásahu částic  $IZ$  nebo sekundárním elektronem při ozařování rentgenovým nebo gama zářením. Závažnost přímých účinků vzrůstá nejvíce u nukleových kyselin, které jsou poškozeny štěpením vodíkových vazeb mezi komplementárními bázemi. Způsobí-li ionizace radiolýzu vody za vzniku radikálů a radikály následně poškodí deoxyribonukleovou kyselinu (DNA), jedná se o **nepřímý účinek záření** (4,5).

Každá změna biochemického cyklu DNA má své závažné důsledky. Dochází k nepříznivému ovlivnění syntézy enzymů důležitých pro mnoho dalších procesů. Další



poškození mohou způsobit vzniklé bílkoviny, které jsou pro buňku cizí a působí toxicky. Pokud má buňka větší schopnost k rozmnožování a je méně diferencovaná, pak je účinek ionizujícího záření zesílený. Znamená to, že na počátku vývoje jsou organismy nejcitlivější na záření. Poškození buněk dále také závisí na dávce záření (energie, kterou záření předalo tkáni nebo organismu). Pokud není přísun energie do buněk příliš rychlý, má buňka schopnost poškození enzymaticky opravit. Pokud je tkáň ozářena nižší dávkou nebo je celková dávka rozdělena na několik menších dávek s časovými prodlevami mezi nimi, je poškození organismu menší. V neposlední řadě závisí účinek záření také na druhu IZ (6).

#### **1.4 Mechanismus účinku záření na živou tkáň**

##### *Fyzikální stádium*

Výsledkem absorpce energie v buňce jsou excitace (elektron se posune na vyšší energetickou hladinu) a ionizace (elektron vyletí z atomu) atomů i molekul. Jednotlivé interakce, které nevedou přímo k ionizacím a excitacím (tvorba párů, jaderné reakce, atd.), produkují částice, které také excitují a ionizují atomy i molekuly. Tento primární proces trvá přibližně  $10^{-16} - 10^{-14}$  s (7,8).

##### *Fyzikálně chemické stádium*

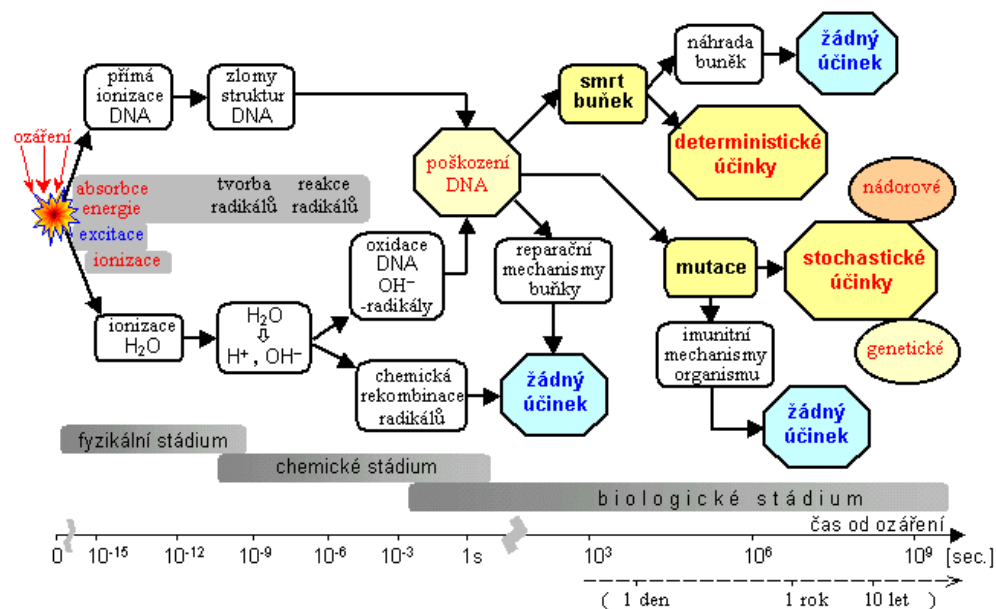
Při interakci iontů s molekulami dochází k disociaci molekul a ke vzniku volných radikálů. Z vody vznikají např. kationty  $H^+$ , hydroxylové anionty  $OH^-$  a další nestabilní produkty  $H_2O_2$  a  $HO_2$ . Tento proces trvá přibližně  $10^{-14} - 10^{-10}$  s (7,8).

##### *Chemické stádium*

Ionty, radikály a excitované atomy interagují s molekulami buňky. Typickou poruchou na DNA jsou jednoduché a dvojnásobné zlomy. Tento proces trvá přibližně  $10^{-3} - 10$  s (7,8).

## Biologické stádium

Změny na DNA a na dalších částech buňky mohou způsobit změny v jednotlivých orgánech, ale i v organismu jako celku. Biologické stádium trvá od stovek sekund (při akutním poškození) až roky (7,8).



**Obr. 2. Schematické znázornění význačných procesů a jejich časové posloupnosti při účincích ionizujícího záření na živou tkáň.**

Zdroj: <http://astronuklfyzika.cz/PaprskyZivotaSmrti.htm>

## 1.5 Deterministické a stochastické účinky

### Deterministické účinky

Příčinou biologického účinku IZ je absorpce energie fotonu, resp. částice, v živém organismu. Pro účinek IZ v organismu je charakteristický lavinovitý vývoj poškození s nápadnou disproporcí mezi závažností biologického účinku a relativně nepatrným množstvím absorbované energie. Nejcitlivější strukturou na účinky IZ je molekula DNA v jádře buňky (9).

O deterministických účincích IZ hovoříme tehdy, nastane-li po ozáření živého organismu velkými dávkami zánik značného množství buněk v buněčné populaci, neboť výsledné poškození je determinováno dávkou záření. Tyto účinky se projevují

po překročení tzv. dávkového prahu, který je příznačný pro daný efekt. Pro jednotlivé tkáně se prahové dávky značně liší (např. pro dřevňový systém po jednorázovém ozáření je hraniční dávka 0,7 Gy). Poněkud méně citlivé jsou buňky kožního epitelu, jejich prahová dávka je 3-4 Gy. Aby se deterministické účinky projeví, musí zaniknout velké množství buněk (např. kmenových buněk krvetvorby) nebo musí být dojit ke změně jejich funkce. Pro deterministické účinky jsou charakteristické esovitě křivé (Obr. 3), (10).

*Mezi jejich klinické projevy patří:*

- **akutní nemoc z ozáření (ANO)** – jedná se o celotělové, jednorázové ozáření pronikavým zářením. Velikost prahové dávky způsobí poškození na úrovni dřevňové, střevní či neuropsychické. Nejnižší prahová dávka způsobující poškození je dávka nad 0,7 Gy, která způsobuje poškození krvetvorných kmenových buněk;
- **akutní poškození kůže** – vzniká při lokalizovaném ozáření, prahová dávka je 3 až 4 Gy;
- **účinek na gonády** – dochází k poklesu fertility, u mužů při prahové dávce nad 0,5 Gy a žen při prahové dávce nad 2 Gy;
- **účinek na zárodek (plod)** - prahová dávka závisí na době od početí, k účinkům může dojít od dávky 100 mGy.

### ***Stochastické účinky***

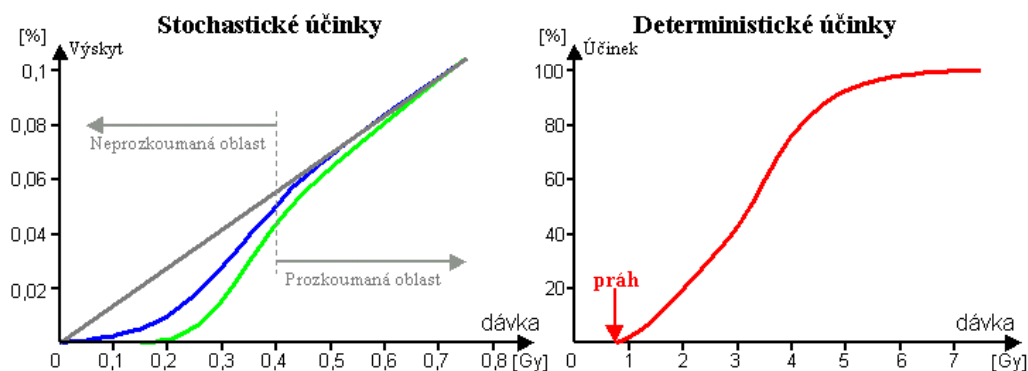
Stochastické účinky ionizujícího záření se vyskytují s určitou pravděpodobností, která je úměrná ozáření. Přitom k jejich výskytu obvykle dochází po uplynutí poměrně dlouhé doby po ozáření dané osoby. Důsledkem jsou různé formy rakoviny, která je indukována ozářením (11).

Právě jedním z nejčastějších neoplastických onemocnění indukovaných ionizujícím zářením je leukémie. V Hirošimě byly pozorovány u ozářených osob dva vrcholy výskytu leukémie po výbuchu jaderné zbraně 5 a 10 let po ozáření. Vzhledem k tomu, že akutní myeloblastická leukémie má relativně malé možnosti léčby, byl výskyt tohoto onemocnění spojen se zkrácením doby života ozářených. Čím vyšší byla obdržaná dávka záření, tím kratší byla doba latence. Také u mladších osob se doba latence

zkracuje. Radiační ochrana vychází z konvenčního předpokladu bezprahovosti a lineární závislosti efektivní dávky a pravděpodobnosti výskytu nádorového onemocnění. Vypracovány byly však i další matematické modely pro vztah efektivní dávky záření a pravděpodobnosti výskytu nádoru, ve kterých se oblastí malých dávek záření počítá s určitým dávkovým prahem. V oblasti malých dávek záření (do 100 mSv) je velmi těžké vyjádřit riziko spojené s ionizujícím zářením. Například u výskytu leukémií se zdá, že existuje určitý dávkový práh (100 mSv), pro solidní nádory však toto tvrzení neplatí (12).

Solidní nádory se objevují až později, 20 let po ozáření a více. Při vyhodnocování stochastických následků v oblastech dopadu radioaktivního spádu po havárii černobylského reaktoru byl u obyvatelstva jediný z prokázaných stochastických následků karcinom štítné žlázy u dětí ve věku 4 let, žijících v těchto oblastech. Zásadní pro vznik karcinomu štítné žlázy byl příjem jodu  $^{131}\text{I}$  inhalací nebo ingescí (většinou z mléka) V případě, že bylo včas preventivní opatření (zákaz konzumace čerstvého mléka a zeleniny) pro zábranu vnitřní kontaminace k vzestupu výskytu karcinomu štítné žlázy nedošlo (13).

Významnou skupinou stochastických následků je postižení potomstva ozářeními lidí. Při hodnocení genetického rizika je třeba zvážit, že důsledky mutací jsou různorodé. Zygota může v důsledku nepříznivé genetické struktury zaniknout velmi brzy, jindy těhotenství končí potratem. Význam genetických změn je zřetelně nižší než význam nádorů. Předpokládá se, že poměr úmrtí na všechna nádorová onemocnění vyvolaná zářením k závažným genetickým následkům je 10:1. Předpokládá se, že při ozáření rodičovské populace dávkou 1 Gy dojde ke zvýšení jejich výskytu pouze o 0,4-0,6 % vzhledem k normální neozářené populaci (12,13).



**Obr. 3. Stochastické a deterministické účinky**

Zdroj: <http://astronuklfyzika.cz/PaprskyZivotaSmrti.htm>

*Základní cíl ochrany před zářením je vyloučit možnost vzniku nestochastických (deterministických) účinků záření a omezit na přijatelnou úroveň riziko vzniku stochastických účinků záření s uvážením společenských a ekonomických hledisek (11).*

## 1.6 Radioaktivita

Všechny látky se skládají z atomů. Uvnitř atomového jádra se nacházejí protony a neutrony, obal je tvořen elektrony. Ne každá kombinace počtu protonů a neutronů tvoří stabilní jádra. U prvků s nestabilními jádry dochází k samovolné přeměně na jádra jiných prvků. Tato reakce je označovaná jako radioaktivní přeměna. Proces rozpadu a samotný jev se nazývá radioaktivita (14).

Jádra radioaktivních atomů nejsou v čase stabilní a samovolně se mění na jádra jiná. Přeměna nestabilních jader obsahujících nadbytek energie je provázena emisí částice, kvanta elektromagnetického záření nebo zachycením elektronu z elektronového obalu. Účelem radioaktivní přeměny je dosažení stability atomu. Procesy probíhají v jádře atomů, proto není možné ovlivňovat rychlost přeměny žádným fyzikálním nebo chemickým procesem. Hranicí schopnosti udržet jádro stabilní je izotop Vizmutu (nejtěžší stabilní nuklid). Těžší jádra jsou nestabilní a samovolně se rozpadají na jádra

lehčí, která jsou stabilní nebo přispívají ke stabilitě. Tento proces nazýváme přirozenou radioaktivitou (14,15).

Mimo jiné také existuje radioaktivita umělá, kdy je nestabilita atomového jádra vyvolána uměle (obvykle jadernou reakcí). Přirozená a umělá radioaktivita se řídí stejnými zákonitostmi (16).

### 1.6.1 Typy radioaktivní přeměny

*Z hlediska těžby a zpracování uranové rudy je pro výzkum relevantní zejména:*

- **záření gama** – zdroj externího ozáření osob (dáno především obsahem radia v materiálech),
- **záření alfa** – vnitřní ozáření v důsledku inhalace krátkodobých produktů přeměny radonu a inhalace směsi dlouhodobých přírodních radionuklidů emitujících záření alfa obsažených v prachu (uran, radium a další).

#### **Záření $\alpha$**

Záření  $\alpha$  je složeno ze dvou protonů a dvou neutronů, jedná se tedy o jádra helia. Částice  $\alpha$  mají velkou hmotnost a poměrně velký elektrický náboj, proto dochází k velkým ztrátám energie částic při průchodu absorbujičím prostředím. Protože ionizační ztráty jsou velké, dolet částic  $\alpha$  je velmi malý (2). Dosah částic  $\alpha$  je ve vzduchu, při energiích kolem 10 MeV, přibližně kolem 10 cm. V plynech je to řádově několik cm, ve tkáni  $\mu\text{m}$  až desítky  $\mu\text{m}$  (17).

#### **Záření $\gamma$**

Gama záření je **elektromagnetické vlnění** o vlnových délkách kratších než 300 pm (18). Vzniká při jaderných reakcích nebo radioaktivní přeměně přechodem jádra z vyššího do nižšího energetického stavu, přičemž se jádro zbavuje své excitační energie.

V elektromagnetickém poli se záření gama neodchyluje, protože fotony nemají elektrický náboj. Záření gama vždy provází jaderné děje, a proto neexistuje samostatně - současně s ním vzniká záření alfa nebo beta (17).

## 1.6.2 Radionuklidy v areálu MAPE Mydlovary

### 1.6.2.1 Radionuklidy v uranovém průmyslu

V uranovém průmyslu se setkáváme s přírodními radionuklidy uran-radiové rozpadové řady. Přírodní uran je tvořen izotopy  $^{238}\text{U}$  (99,2831 %),  $^{235}\text{U}$  (0,7115 %) a  $^{234}\text{U}$  (0,0054 %). **Součet efektivních dávek** podílejících se na ozáření pracovníků v uranovém hornictví a úpravách rudy se dělí na tři části.

**První část** tvoří vnější záření gama. Hlavním zdrojem záření gama je  $^{226}\text{Ra}$ , které je současně důležitým alfa zářičem. V uranovém hornictví byly zavedeny v roce 1961 osobní filmové dozimetry, které sloužily pro měření dávek ozáření pracovníků.

**Druhou složkou**, které se v uranovém hornictví připisuje význam, je  $^{222}\text{Rn}$ , jenž byl od počátků těžby monitorován. V přírodě se vyskytují tři izotopy radonu, z nichž dozimetricky nejvýznamnější je  $^{222}\text{Rn}$  (kapitola 1.6.2.2).

**Třetí část** ozáření pracovníků v uranovém průmyslu představují **dlouhodobé radionuklidy** uran-radiové řady emitující záření alfa  $^{238}\text{U}$ ,  $^{234}\text{U}$ ,  $^{230}\text{Th}$ ,  $^{226}\text{Ra}$  a  $^{210}\text{Po}$ . Tyto radionuklidy jsou součástí respirabilní i nerespabilní složky prašného aerosolu v ovzduší. V osobní dozimetrii uranového průmyslu jsou dlouhodobé radionuklidy systematicky zjišťovány a zaznamenávány teprve až od roku 1997, a to v návaznosti na legislativní změnu v radiační ochraně, která byla uskutečněna zákonem č. 18/1997 Sb., o mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření (atomový zákon) a o změně a doplnění některých zákonů a jeho prováděcími vyhláškami Státního úřadu pro jadernou bezpečnost (SÚJB). Výsledky dvouletého osobního monitorování prokázaly, že podíl dlouhodobých radionuklidů na ozáření pracovníků je více než 30%. Dříve byly zjišťovány dávky pouze nahodile, protože jejich významu při ozáření horníků se nepřisuzoval zásadní význam (19).

### 1.6.2.2 Vlastnosti radonu a produktů jeho přeměny

Samotný radon, jak obvykle zkracujeme izotop  $^{222}\text{Rn}$ , je členem uranové radioaktivní řady. Jeho vznik je příčinou spontánní přeměny jednoho z atomů  $^{226}\text{Ra}$ . Částice alfa s kinetickou energií 5,49 MeV je emitována náhodným směrem, atom radonu s kinetickou energií 0,1 MeV je emitován směrem opačným. Dosah záření

radonu se pohybuje v pevných látkách v řádu desítek nanometrů, ve vodě je to přibližně 100 nm. Tato přeměna je známá jako tzv. **zpětný odraz** a uskutečňuje se u každé radioaktivní přeměny, zejména při alfa rozpadu. Může tedy dojít k uvolnění atomů z krystalické mřížky minerálů a k jejich následné migraci. Díky zpětnému odrazu je radon uvolněn z pevné části (zrn) v půdě, ze stavebního a jiného materiálu a uvolňuje se do systému pórů v materiálu, zde se dále šíří difúzí (3).

Pro zjištění poměru radonu, který z materiálu uniká, a který v materiálu zůstává, slouží emanační koeficient. Příčinou vysokého emanačního koeficientu u půd je její jemná zrnitost, vlhkost a časté umístění radia na povrchu zrn. Díky tomu se zvyšuje význam zpětného odrazu při úniku radonu (3).

Radon je inertní plyn a je přirozeně radioaktivní. Charakteristicky se vyznačuje snadnou difúzí, rozpustností ve vodě i v krvi a možností deemanace z vody ve všech skupenstvích. Radon tvoří extrémně malou příměs atmosférického vzduchu. Poločas přeměny radonu je 3,82 dne. Jeho dozimetrický význam spočívá v tom, že je mateřským prvkem krátké rozpadové řady tvořené **tzv. krátkodobými produkty přeměny radonu**. Dceřinými produkty radonu jsou izotopy  $^{218}\text{Po}$  s poločasem přeměny 3,05 minuty,  $^{214}\text{Pb}$  s poločasem přeměny 26,8 minut,  $^{214}\text{Bi}$  s poločasem přeměny 19,9 minuty,  $^{214}\text{Po}$  s poločasem přeměny 164 mikrosekund a  $^{210}\text{Pb}$  s poločasem přeměny 22 let. Z hlediska ozáření člověka jsou nejvýznamnější krátkodobé izotopy  $^{218}\text{Po}$ ,  $^{214}\text{Pb}$ ,  $^{214}\text{Bi}$ ,  $^{214}\text{Po}$ . Tyto radionuklidy mají povahu pevných látek a po svém vzniku se vážou na aerosolové částice v ovzduší. Při vdechování jsou zachycovány v plicích (v závislosti na velikosti aerosolových částic). K ozáření plicní tkáně přispívá samotný radon velmi málo, protože je zpravidla vydechnut zpět (3).

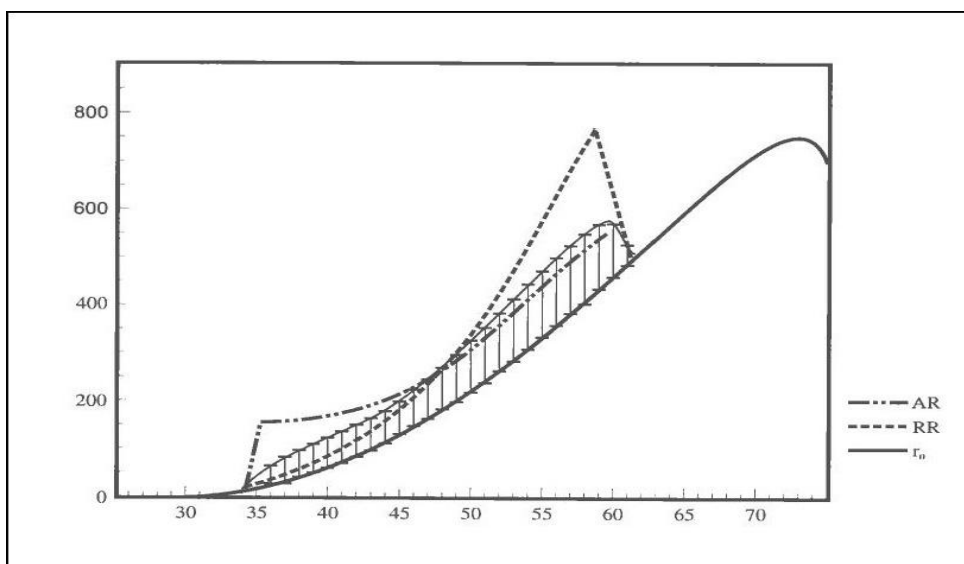
### ***1.6.2.3 Účinky radonu na člověka (zdravotní rizika radonu)***

Samotný radon se při vdechování nehromadí ve tkáních ani na jejich povrchu, ale je v převážné míře opět vydechován zpět do atmosféry. Nebezpečné nejsou ani tak samotné izotopy radonu, ale produkty jeho přeměny, zejména produkty krátkodobé. Tyto produkty jsou, na rozdíl od radonu, kovy, a po svém vzniku tvoří shluky s aerosolovými částicemi, nebo např. s vodní párou. Takto vázané produkty přeměny



radonu mohou být při vdechnutí zachyceny v dýchacím ústrojí a tím způsobit vnitřní ozáření organismu. V případě dlouhodobého působení radonu se zvyšuje riziko onemocnění karcinomu plic. Je však velmi obtížné přesně stanovit, jak velký je podíl radonu z hlediska vzniku nádorových onemocnění. Uskutečněné epidemiologické studie byly prováděny na velkých vzorcích obyvatelstva, tyto vzorky byly vybrány tak, aby bylo možné zahrnout také ostatní faktory způsobující vznik nádorových onemocnění (kouření, či dlouhodobý pobyt v silně znečištěném prostředí), (20).

Vůbec první zmínkou o účincích radonu na lidský organismus byla tzv. hornická či jáchymovská nemoc, kterou často onemocněli horníci v jáchymovských stříbrných dolech. Stříbrné žíly byly provázeny uranovou mineralizací a při těžbě žil s vyšším podílem uranových minerálů klesaly obsahy stříbra. Je zřejmé, že v prostředí uranové mineralizace a při tehdejších nedostatečných ventilačních podmínkách byli horníci vystaveni vysoké expozici. Nádorová onemocnění plic a dýchacích cest byla stanovena teprve v minulém století. Pravá příčina škodlivosti radonu byla zjištěna teprve v roce 1952 W. F. Balem z USA a nezávisle také F. Běhounkem. Výzkum radonové problematiky se ubíral dvěma směry (Obr. 4). Jednak byly prováděny epidemiologické studie na populačních hornících pracujících v uranových dolech (aby byly potvrzeny účinky expozice radonu) a bylo prováděno také měření radonu v objektech (Tab. 1), (20).



**Obr. 4.** Aditivní (AR) a multiplikativní (RR) model rizika v závislosti na věku. Plná čára znázorňuje specifickou úmrtnost na sto tisíc osob v neexponované populaci, šifrovaná oblast představuje zvýšení rizika rakoviny plic, které bylo skutečně pozorováno ve skupině horníků uranových dolů při expozici 30 WLM.

*Zdroj: Principy a praxe radiační ochrany*

**Tab. 1.** Výsledky epidemiologických studií měření radonu v objektech v různých místech světa ukazují zvýšené riziko výskytu rakoviny plic (tučná čísla, v procentech) při expozici radonu  $100 \text{ Bq.m}^{-3}$

Case kontrol studie v objektech - relativní riziko při $\text{Bq. m}^{-3}$			
Číslo	Země	Publikováno	Relativní riziko
1	Shenjang, China	1990	0,89
2	Findland	1991	<b>1,19</b>
3	New Jersey, USA	1992	<b>1,50</b>
4	Stockholm	1992	<b>1,50</b>
5	Missouri, USA	1994	<b>1,08</b>
6	Winnipeg, Canada	1994	<b>0,97</b>
7	Sweden	1994	<b>1,11</b>
8	Finland	1996,8	<b>1,11</b>
1-8	Metaanalýza	1997	<b>1,09</b>
9	England	1998	<b>1,08</b>
10	Germany		<b>1,09</b>
11	Czech Republic	1999	<b>1,08</b>

*Zdroj: Principy a praxe radiační ochrany*

## 1.7 MAPE Mydlovary

### 1.7.1 Obec Mydlovary

Obec Mydlovary se nachází v Jihočeském kraji, asi 20 km severozápadně od Českých Budějovic. Leží na 49. stupni severní šířky a na 14. stupni východní délky. Do roku 1920 tvořily Mydlovary společně s obcí Zahájí jednu místní i katastrální obec nazývanou Mydlovary, poté se obec Zahájí osamostatnila. Mydlovary jsou rozloženy od východu k západu na mírné pahorkatině. Půda, na níž jsou Mydlovary rozloženy, ale i pozemky k nim patřící, jsou jílovité, hlinité, s ložisky lignitu. Na počátku 20. století se zde hojně pěstoval len, ale i žito, pšenice, ječmen, brambory, atd. Původně měla tato obec zemědělský charakter, ovšem po činnosti zpracovatelských závodů bývalé úpravný uranových rud MAPE Mydlovary (akronym pocházející ze slov MAgnezium PErchlorát, což je chloristan hořečnatý) a českobudějovické teplárny byla obec Mydlovary poznamenána povrchovou těžbou nerostných surovin (21,22).

### 1.7.2 Těžba a úprava uranové rudy

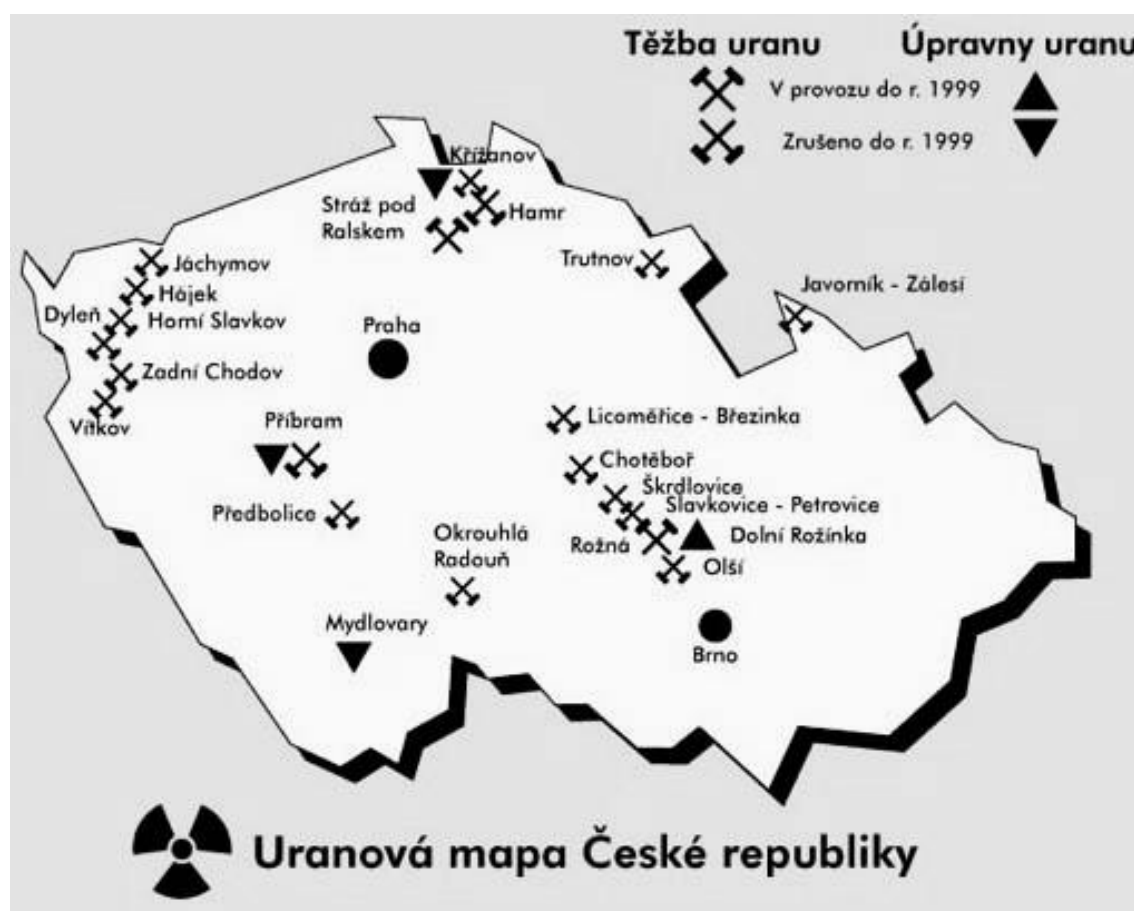
Uran je v čistém stavu stříbrobílý lesklý kov, který po kontaktu se vzduchem postupně oxiduje. Ve formě prášku je samozápalný. Uran není příliš tvrdý a dá se za běžné teploty kovat nebo válcovat. Při zahřívání je křehký, se zvyšující teplotou se však stává plastický (23,24).

V přírodě se uran nachází v nejrůznějších rudách ovšem jen v nízkých koncentracích 0,04-3 %. Nejčastěji se získává z uranitu (smolinec). Uran jako prvek obsahuje tři izotopy ( $^{238}\text{U}$ ,  $^{235}\text{U}$  a  $^{234}\text{U}$ ). Uměle bylo syntetizováno mnoho dalších izotopů (např.  $^{232}\text{U}$ ,  $^{233}\text{U}$ ,  $^{236}\text{U}$ ,  $^{237}\text{U}$ ), (23,24).

Uranovou rudu lze získávat třemi základními způsoby: povrchovou, hlubinou, či chemickou těžbou. Kromě nejrozšířenější hlubinné těžby se v České republice využívala také těžba chemická. Uran se na našem území těžil v okolí Příbrami (1948-1991), v Jáchymově (do r. 1967), u Vítkova v západních Čechách (do r. 1991), v Okrouhlé Radouni v jižních Čechách (1972-1990), na Dyleni (do r. 1994), v Západním Chodově (do r. 1992), Křižanech poblíž Stráže pod Ralskem (do r. 1990) a dalších lokalitách (Obr. 5). Vytěžená ruda se dále upravovala v tzv. předúpravkách

(např. Příbram) a úpravách (např. MAPE Mydlovary, Dolní Rožinka). Celková produkce uranu ve formě chemického koncentráту uranu a třídění uranových rud za období 1946 – 2000, činila 107 080 tun. Česká republika se tak historicky zařadila na 6. místo za největšími producentskými státy jako je USA, Kanada, Německo, JAR a Ruskou federaci (25).

Zaměstnanost v uranovém průmyslu během jednotlivých období velice kolísala. V roce 1946 pracovalo v uranovém průmyslu jen okolo 970 pracovníků, ovšem v roce 1955 zde pracovalo více než 46 000 pracovníků. Stav pracovníků se (po většinu let) pohyboval mezi 23 000 a 32 000 (26).



**Obr. 5. Uranová mapa České republiky**

*Zdroj: <http://i4wifi.blog.cz/1203/radioaktivita-je-vsude-kolem-nas>*

### 1.7.3 Závod MAPE Mydlovary

MAPE Mydlovary je bývalá chemická úpravna uranových rud, která se nachází cca 20 kilometrů severozápadně od Českých Budějovic. Úpravna byla provozována v letech 1962 až 1991 (27). Areál bývalé chemické úpravy MAPE Mydlovary se skládal ze závodu, ve kterém se zpracovávala uranová ruda a z přilehlých odkališť (Obr. 6). Uranová ruda se v této lokalitě ani v přilehlém okolí nikdy netěžila, vždy se sem pouze dovážela z uranových dolů (Příbram, Hamr, Dolní Rožinky, Okrouhlá Radouň a další ložiska v ČR). Největší výroba byla zaznamenána v roce 1981, kdy se zpracovalo více než 784 000 tun rudy. Za téměř 30 let provozu se zde zpracovalo 16 745 835 tun uranové rudy a bylo zde vyrobeno přibližně 28,5 tis. tun uranu. Množství zpracované uranové rudy je znázorněno v Příloze A (28).

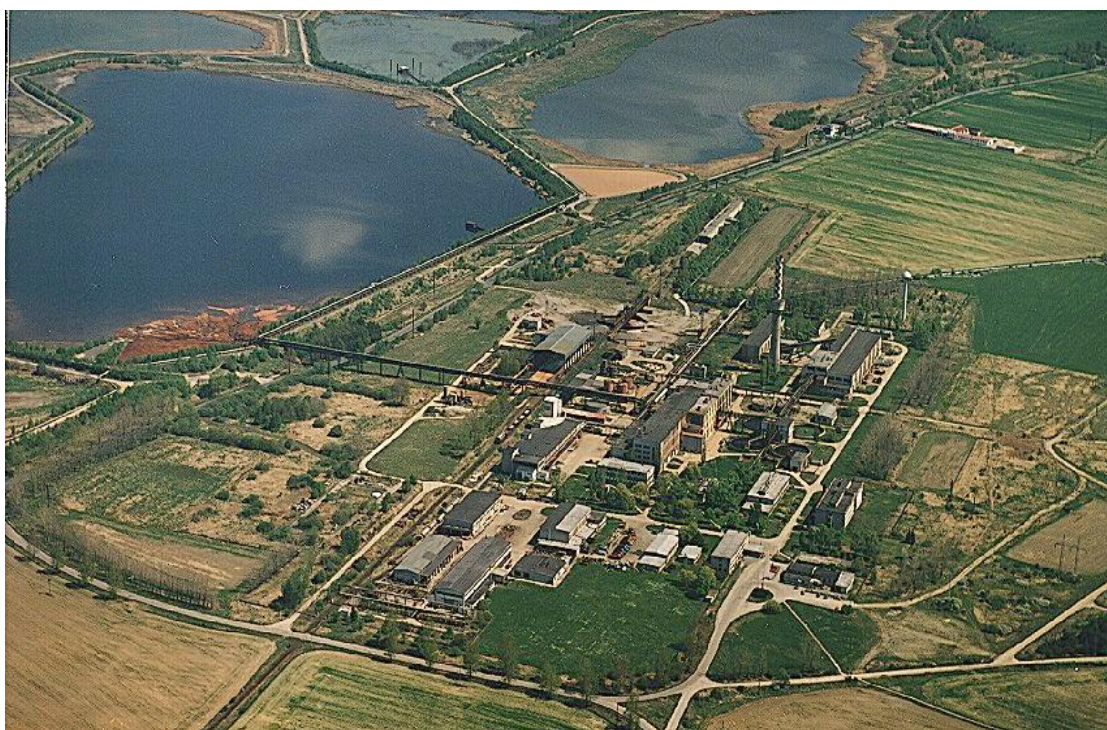
Pomocí chemických procesů se z uranové rudy získával uranový koncentrát - diuranát amonný (tzv. žlutý koláč). Uran byl z rud získáván tzv. kyselým loužením kyselinou sírovou ( $H_2SO_4$ ) nebo alkalickým loužením pomocí  $Na_2CO_3$ . Při přepracování uranové rudy vzniklo za dobu provozu 36 mil. tun kalu (s obsahem 0,0138 % U). Vzniklý kal byl hydraulicky dopravován do přilehlých odkališť, která se rozkládají na území o rozloze 286 ha, a zasahují na území obcí Mydlovary, Zahájí, Olešník a Nákří. Jednotlivá odkaliště byla vybudována v jámách, které zde zůstaly po těžbě lignitu a dosahují hloubky až čtyřiceti metrů. Dnes je v úložistích vrstva radioaktivních sedimentů vysoká až 26 metrů, největší nebezpečí představuje radon ( $^{222}Rn$ ) a jeho rozpadové produkty. Nejvíce jsou radonem a jeho rozpadovými produkty ohroženi obyvatelé obcí Mydlovary a Olešník (28).

Původním vlastníkem areálu MAPE Mydlovary byl Československý uranový průmysl s. p., v současné době je vlastníkem státní podnik DIAMO. Jedná se o organizaci, která realizuje vládou vyhlášený útlum uranového, rudného a části uhelného hornictví v České republice, a zajišťuje produkci uranového koncentráту pro jadernou energetiku. Státní podnik obhospodařuje okolo 30 odkališť, která slouží ke konečnému ukládání technologických kalů a která se rozprostírají na ploše o velikosti 820 ha. Všechny tyto kalojemy byly vybudovány před rokem 1989. Kalojemy jsou provozovány na různých geologických podložích a žádný z těchto kalojemů není řádně

zaizolován. Proto nelze vyloučit riziko kontaminace půdy a podzemních a povrchových vod (27).

Přestože bývalá chemická úpravna uranových rud MAPE Mydlovary ukončila svoji činnost v roce 1991, je nutné upozorňovat i v současné době na stále trvající nebezpečí radioaktivního zamoření nejen podzemních vod, ale také ovzduší, vegetace a obyvatel žijících v okolních obcích (28).

Bývalá úpravna uranových rud MAPE Mydlovary již není ekonomicky aktivní. V současnosti je naopak potřeba mnoho finančních prostředků na provádění sanačních a rekultivačních prací. Návrh řešení spočívá v uzavření terénu nad odkališti a k zamezení úniku radionuklidů do okolí. Sanační a rekultivační práce mají vést k částečnému očištění krajiny od negativního vlivu odkališť, která obsahují velké množství radioaktivního mmutu, bohužel, pro nedostatek sanačních materiálů a finančních prostředků, postupují práce velice pomalu (29).



**Obr. 6. Areál bývalé chemické úpravny MAPE Mydlovary**

*Zdroj: MAPE Mydlovary*

#### **1.7.4 Bývalá chemická úpravná MAPE Mydlovary**

Výstavba bývalé chemické úpravný uranových rud MAPE Mydlovary byla zahájena v roce 1959. V přípravné fázi výstavby zajišťovalo investorskou činnost vedení chemické úpravný v Nejdku. Poté, v roce 1960, byla zřízena samostatná účelová investorská organizace Výstavba chemické úpravný MAPE Mydlovary. Úpravná zpracovávala uranovou rudu na uranový koncentrát (diuranát amonný) od října 1962 do listopadu 1991. Po ukončení závodu následovaly náhradní výroby a likvidační práce (26).

Chemická úpravná byla situována na podkladě posouzení několika návrhů přibližně 20 km severozápadně od krajského města České Budějovice do obce Mydlovary.

Důvody pro polohu tohoto závodu byly následující:

- příležitost využít prostor po těžbě lignitu pro ukládání odpadu;
- dobrá geografická poloha ve vztahu k těžebním oblastem – uranový důl Příbram, Západní Čechy a Dolní Rožinka;
- možnost energetické vazby na elektrárnu v Mydlovarech;
- předpokládaná těžba v oblasti jižních Čech;
- úsilí o zprůmyslnění Jihočeského kraje (vytvoření pracovních míst);
- možnost vypouštění nadbilančních roztoků potrubním řádem do Vltavy zajišťovala dostatečné ředění škodlivin povolených v té době vodohospodářskými orgány (27).

#### **1.7.5 Technologie v úpravně MAPE Mydlovary**

##### ***1.7.5.1 Zásobárna rudy***

Do závodu byla ruda dovážena v ucelených soupravách výsypných železničních vagónů. Bilanční vážení vstupní rudy bylo prováděno na váze závodní vlečky. Odtud byla ruda po 4 vagónech dopravena na vykládací most, kde se po otevření vagónu ruda vysypala na plato pod mostem, buldozerem byla nahrnuta do zásobníku a odtud byla pásovým dopravníkem dopravena do drtírny (30). Pro snadnější vykládku a manipulaci s rudou v zimních obdobích byl vybudován a zprovozněn vagónový rozmrazovací tunel.

Postupné zvyšování kapacity závodu si vyžádalo zvětšení skladovacích ploch, včetně postavení nové násypky pro dávkování pyrolusitu do rudy určené pro kyselý proces.

Prvním krokem na cestě k výslednému produktu (žlutému koláči) je mechanická předúprava vytěžené rudy. Velikost největších kusů rudy může dosahovat i více než 200 mm. Ruda, která byla příliš velká, by nemohla projít všemi zařízeními potřebnými ke zpracování, proto bylo nutné rudu rozdrtit a rozemlít na menší velikost (26).

#### **1.7.5.2 Drtírna**

Proces drcení byl dvoustupňový a probíhal v samostatné budově. První stupeň zajišťoval čelistový drtič V-6-2N (640 x 400 mm), druhý byl tvořen dvěma tupouhlými kuželovými drtiči Ø 1200 mm. Pro třídění sloužil výstředníkový vibrační třídič VTN 1500 x 4000 mm (26).

##### **Provoz byl vybaven:**

- radiometrickým měřením obsahu uranu ve vstupní rudě (funguje na principu měření gama záření vydávaného doprovodným prvkem uranu  $^{226}\text{Ra}$ ),
- mechanickým vzorkováním rudy,
- elektromagnetem pro odstranění kovových předmětů v rudě (26).

Jednotlivé provozní části drtírny byly odprašovány. Intenzita provozu drtírny byla závislá na vlhkosti a obsahu jemných podílů ve vstupní rudě. Výkon se pohyboval v rozmezí 150-200 tun za hodinu. Z důvodu zajištění plynulosti provozu se pracovalo v nepřetržitém režimu. Po nadrcení na 30 mm byla ruda přepravena do zásobníků mlýnice (26,30).

#### **1.7.5.3 Mlýnice**

Budova mlýnice byla rozčleněna na zásobníkovou část, vlastní halu mlýnice s mostovým jeřábem a třípodlažní přístavbu gravitačního rozdružování (oddělování užitkových nerostů od hlušiny nebo jednotlivých nerostů od sebe). Úsek gravitačního rozdružování nebyl z obsolentních důvodů zprovozněn a později byl demontován. Depozitní část meziskladu drcené rudy byla rozdělena do osmi železobetonových zásobníků. Plnění zásobníků se provádělo pojízdným reverzním pásovým dopravníkem



a vynášení rudy pásovým vynašečem. Jednotlivé zásobníky byly napojeny na vlastní mlecí jednotku (31).

***V objektu mlýnice se nacházelo 11 mlecích jednotek:***

- kulový mlýn s roštem GM 15 s  $\text{Ø}$  1500 x 1500 mm se spirálovým tříděčem na mletí pyrolusitu;
- tři tyčové mlýny s  $\text{Ø}$  1500 x 3100 mm, které byly sdruženy v zamknutém cyklu s vibrotříděči (plnily funkci prvního stupně mletí rud pro karbonátový proces, původně měly zajišťovat rozpojení rudy pro gravitační rozdružování);
- čtyři kulové mlýny s roštem GM 20 a  $\text{Ø}$  2000 x 2000 mm se spirálovým tříděčem, který sloužil k jednostupňovému mletí rud pro kyselý proces;
- tři kulové mlýny s roštem GM 20 o  $\text{Ø}$  2000 x 2000 mm a se spirálovými tříděči, které sloužily k mletí rud druhého stupně pro karbonátový proces (31).

***Během začátku provozu se vyskytla řada problémů, které byly posléze řešeny:***

- klenutí rudy v příjmových zásobnících (bylo příčinou i smrtelného úrazu). Pro rozrušení kleneb se postupně ověřilo zvlhčování stěn, vzduchová „děla“ (trysky) a gumové nafukovací polštáře;
- snížená provozní stálost použitých vibračních tříděčů (na prvním stupni mletí karbonátových rud) a další komplikace si vynutily jejich vyřazení. První stupeň mletí pracoval v otevřeném cyklu;
- nedostatečná přesnost třídění karbonátových rud byla provázena sníženou výtěžností loužicího procesu a komplikacemi na karbonátové sorpci v důsledku vysokého podílu zrn + 0,075 mm v loužencích. Mlecí cyklus druhého stupně musel být doplněn o kontrolní třídění a aplikaci hydrocyklonů (jsou určeny k čištění a zahušťování usazenin, segregaci pevných částic, odkalování a odpěňování).

V rámci zvýšení výrobní kapacity závodu v letech 1963-1964 byly v mlýnici postupně instalovány čtyři nové mlecí jednotky sestávající se z mlýnů GM 27 o  $\text{Ø}$  2700 x 3600 mm se spirálovými tříděči 2 x  $\text{Ø}$  2400 mm (31).

#### **1.7.5.4 Zahušťování**

Protože je ruda zpracovávána kulovým i tyčovým mlýnem, tzn. za mokra, je potřeba oddělit kapalnou složku rmutu od pevné. Zahušťovače pracují na principu různých pádových rychlostí částic a různé velikosti ve vodném prostředí. Částice rudy se usadí a ze zahušťovače je odváděna pouze kapalná část rmutu (26).

Proces zahušťování probíhal v závodu MAPE Mydlovary v objektu, který byl tvořen ze čtyř kruhových zahušťovačů s  $\varnothing$  24 m s betonovou nádrží. V jejich středu byla situována čerpací stanice pro odčerpávání zahuštěných rudných suspenzí a rozvířených roztoků (30,31).

##### ***Součástí čerpací stanici byla také:***

- rotační síta pro vytřídění a promývku dřevěných třísek z nátokových proudů rudné suspenze,
- přístroje pro přípravu roztoků flokulačního činidla (polyakrylamidu) a jeho dávkování do procesu zahušťování,
- ostatní technologická zařízení.

#### **1.7.5.5 Loužení uranových rud**

V průběhu loužení je uran oddělován od nežádoucích složek rudy za vzniku výluhu, který pokračuje k dalšímu zpracování. Loužení patří k nejvýznamnějším procesům při zpracování rudy a zároveň výrazně ovlivňuje výtěžnost uranu. Dle charakteru rudy byla ruda dále zpracována buď na „kyselé“ lince (loužením kyselinou sírovou) nebo na lince „alkalické“ (loužením roztokem sody-rudy s vyšším obsahem uhličitanů), (32).

##### ***Kyselé loužení***

Zajišťovaly dvě loužící linky:

- pro loužení pískových podílů se skládala ze čtyř loužících částí. V každé části bylo 5 sériově propojených reaktorů s vrtulovými míchadly a difuzory. Efektivní objem chemického reaktoru byl 12 m;

- pro loužení jemných podílů se sestávala ze čtyř loužících pačuků (nádrží) s efektivním objemem 50 m<sup>3</sup>. Po záměně katexu (měnič kationtů) SG-1 za anex (měnič aniontů) Varion AP se pro loužení jemných podílů využily míchané reaktory pro úpravu kyselosti. Rozemleté silikátové rudy, určené pro kyselou linku, byly přečerpány na hydrocyklonovou stanici třídění v prostoru nad loužícími reaktory písků. Zbytek pískových podílů natékal spádem do prvních reaktorů (29).

Jemné podíly byly zahuštěny a výsledný produkt byl přečerpán na loužící linku jemných podílů.

### ***Karbonátové loužení***

Koncentrovaná rudná suspenze byla před loužením předehřívána ve sprchovém rekuperátoru brýdovými parami z válcových nádob, ve kterém probíhá karbonátové loužení. Rmut přečerpávaný ze zahušťovače na karbonátové loužení byl poté rozptýlen ve formě kapiček a padal dolů v proti proudu brýdových par, od kterých přejímal teplo. Ochlazené páry byly vypouštěny do atmosféry.

Karbonátové loužení se provádělo na lince s dvanácti sériově propojenými pneumaticky míchanými kolonami - pačuky. Válcové nádoby byly vyrobeny z oceli a jejich objem byl 129 m<sup>3</sup>.

Loužící linky byly dvě řady volně stojících kolon, které byly připojeny k budově chemického úseku. Z důvodu nízkých teplot v zimních obdobích bylo nutné provést dodatečné opláštění a zateplení celé linky (26,31).

#### ***1.7.5.6 Sorpční procesy***

Provoz kyselý a karbonátový sorpce byl konstrukčně a projekčně řešen podle sovětských podkladů. Nepřetržitý proces sorpce ze rmutů byl zajištěn v průběhu provozu.

### ***Jednotlivá zařízení v sorpčních procesech:***

#### *Sorpční kolony*

Proces vlastní sorpce byl tvořen z 8-10 kolon. Ve spodní části byla kolona vybavena míchací mamutkou (dále jen „čerpadlo“), v horní části drenážní soustavou pro separaci ionexu od rmutu. Ve vnitřní části nádrží zůstávalo přibližně 10 % ionexu. Mícháním se ionex a rudné částice udržovaly v horní části nádrže, poté ionex reagoval s loužencem a probíhala sorpce. Čerpadlem byla suspenze vynesena do drenážního síta a celý systém měl tvar hříbu. Rmut prošel drenážním sítím a potrubním propojením byl odveden do následné nádrže. Ionex o zrnitosti 0,8-2 mm oddělený na drenážním sítě ze 3/4 přepadal zpět do nádrže. V po obvodu drenáže byl sběrný žlábek, který zadržoval ionex a potrubním propojením byl převeden do předchozí nádrže proti toku rmutu (kontinuální protiproudý tok rmutu a ionexu). Před elucí bylo nezbytné kontrolní omytí rudných částic a okludované kyseliny sírové (26).

#### *Eluční kolony*

Eluce (vyluhování) ionexu probíhala v protiproudu elučního roztoku. V průběhu provozu byly eluční kolony s pístovým tokem zaměněny za pulzační kolony (tok ionexu kolonou ve stlačené formě periodickými pulzy) a proces se stal efektivnější. Po eluci bylo nutné vyloučení elučního činidla z ionexu. Objemy jednotlivých zařízení sorpční linky a objemy ionexu v kolonách byly určeny zpracovatelskou kapacitou linky a kinetickými vztahy sorpce a eluce (26).

#### *Technologický proces sorpce*

Kyselému procesu sorpce předcházelo vyloučení pískových podílů 0,1 mm z louženců kyselého loužení písků na hydrocyklonech, jejich protiproudá promývka v kaskádě spirálových třídících s místem výtoku na konečnou neutralizaci. Rmut vytríděných jemných podílů se spojil se rmuty z linky loužení jemných podílů a společně byly částečně neutralizovány vápenným mlékem do pH = 2,5-2,8 (optimální

kyselost pro sorpci). Příprava rmutu z alkalického loužení pro sorpci zahrnovala naředění chladnými recyklovanými roztoky (26).

Oba procesy sorpce byly vedeny na nezávislých linkách. Používané technologické parametry kyselé sorpce byly shodné s chemickou úpravnou v Nejdku, ale s tím rozdílem, že rafinace eluátu probíhala frakčním srážením pomocí vápenného mléka. Odfiltrované a promyté hydroxidy železa, manganu a hliníku se recyklovaly na úpravu kyselosti před sorpcí. Stejně jako v Nejdku, i zde měla recyklace hydroxidů velmi nepříznivý vliv na technologii a v konečném důsledku znamenal snížení výtěžnosti procesu a zvýšení zpracovatelských nákladů. Mimořádná situace vyžadovala řešení. Podniku se podařilo zajistit dodávky silně bazického anexu s pyridinovou funkční skupinou. Tímto anexem byl jednorázově zaměněn katex na kyselou sorpci a doplňováním opotřebovaného anexu na karbonátovou sorpci došlo i zde k postupné záměně. V obou sorpčních procesech se aplikovala nitrátová eluce (26,31).

***Řídicími parametry sorpčních procesů byly:***

- obsah uranu v roztocích po sorpci (tj. výtěžnost procesu, kapacita po uranu nasorbovaného ionexu);
- obsah uranu v eluátu;
- zbytkový obsah uranu na ionexu po eluci.

V té době se obvykle používaly k eluci okyselené nebo alkalizované vodné roztoky dusičnanu amonného nebo sodného (např. k eluci uranysulfátového iontu se používalo roztoku o koncentraci 0,8 - 1,5 M  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  a 0,1 - 0,3 M  $\text{HNO}_3$ ).

Po uvedení obou procesů do rovnovážného stavu s recyklací technologických roztoků začala klesat sorpční kapacita a projevil se vlivy otrav ionexů. Uvedené problémy se úspěšně podařilo řešit využitím metody síranové eluce podle autorského osvědčení pracovníků závodu MAPE Mydlovary. Zavedení síranové eluce do provozu pomohlo ke stabilizaci procesů a snížení zpracovatelských nákladů (26,31).

#### ***1.7.5.7 Příprava elučního roztoku, srážení a odvodnění koncentrátu***

Eluční roztok se zahřál na teplotu 60-65 °C a okyselil H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (pH = 3) za účelem rozrušení karbonátů. Při reakci vznikal CO<sub>2</sub>, který byl vytěšňován mícháním. V další části se provádělo vysrážení koncentrátu, pomocí čpavku. Proces probíhal uvnitř čtyř srážecích reaktorů typu pačuk 12 m<sup>3</sup>. V kruhových zahušťovačích o Ø 6000 mm se zahušťovala suspenze vysráženého koncentrátu na hustotu 1600 g/l. Koncentrát se pročistil na dvou bubnových vakuových filtrech (30 m<sup>2</sup>), poté se rozmixoval a přečerpal do sušárny. Z matečných roztoků (sliv zahušťovače a filtráty) se separoval přebytek, který se posléze odčerpal na odkaliště. Do matečných roztoků se doplnily H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, NH<sub>3</sub> a Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> na koncentrace elučního činidla, následně došlo k ochlazení v trubkovém chladiči (do 45 °C). Ochlazený roztok sloužil k eluci a recykl se tímto uzavřel (26,31).

#### ***1.7.5.8 Sušení, vzorkování a balení koncentrátu***

Pro sušení koncentrátu se používala rozprašovací sušárna, jinak běžně používaná pro sušení mléka, barev, atd. Suspenze koncentrátu byla rozprašována do sušící nádrže, kde se sloučila se sušícími plyny. Ze zplodin spalování topného oleje vznikaly sušící plyny, které byly po smísení se sekundárním vzduchem vháněny ventilátorem do sušící komory. Usušený koncentrát byl sušící komorou odváděn do zásobníku produkce. Sušící plyny byly třístupňově odprašovány v cyklonech, tkaninových rukávových filtrech a v mokré pračce. Sušící teplota byla limitována provozní teplotou tkaninových rukávců ve filtrech a kondenzační teplotou par v tkaninových filtrech. Regulace teploty byla nastavena na 120 °C. Cyklony a filtry zachycovaly koncentrát, který dále pokračoval do zásobníku a z mokré pračky se periodicky přečerpal na filtraci koncentrátu. Předpokládaný výkon odprašování splňoval provozní parametry (32).

Vzorkovací linka koncentrátu byla osazena kaskádou jednotlivých vzorkovačů. Výstupní produkt se zabalil do speciálně vyrobených skládacích kontejnerů. Horní část kontejneru byla opatřena rukávem pro hermetické napojení na rouru plnicího zařízení. Rozměry kontejneru byly přibližně 1000 x 1000 x 1000 mm. Při plnění byl kontejner připevněn na vibrační stůl a s jeho pomocí se nasypaný koncentrát periodicky hutnil (30,31).

#### **1.7.5.9 Ukládání vyloužené rudy (rmutu)**

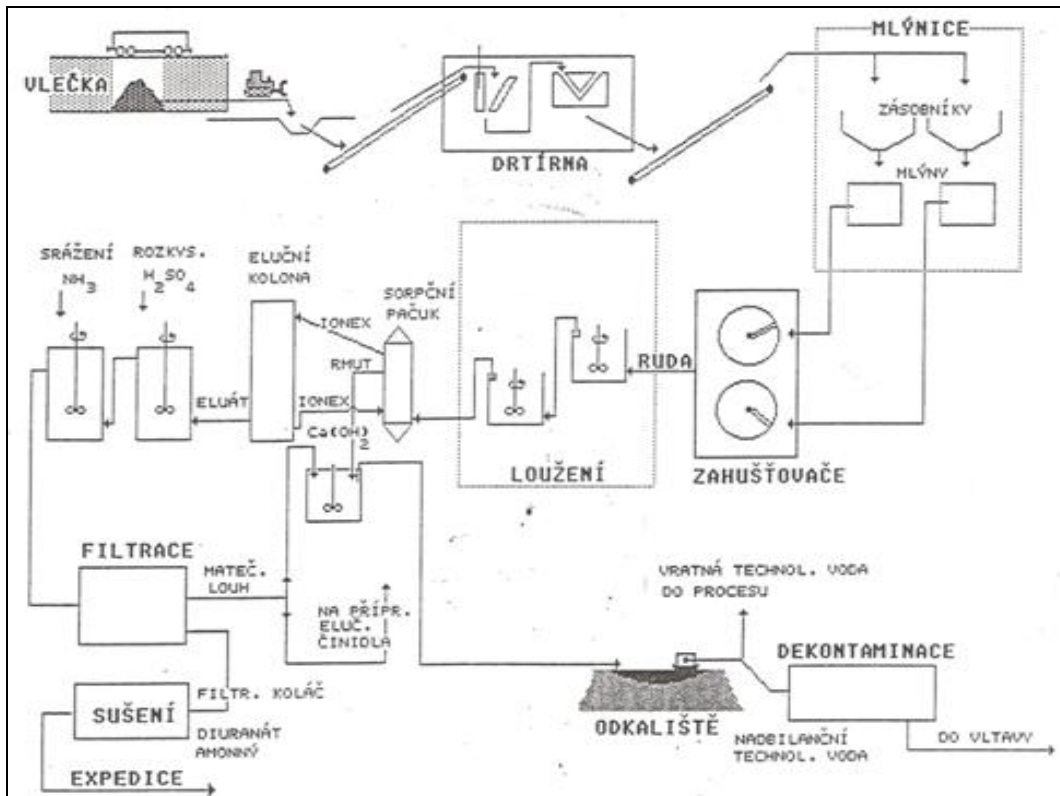
V závodu MAPE Mydlovary byl průměrný obsah uranu v rudách 1,85 kg/t. Po jeho separaci s výtěžností 92,5 % (Příloha A) ve formě diuranátu amonného (koncentrátu) byla vyloužená ruda spolu se zbylými chemikáliemi z procesu ukládána na odkaliště (28).

Rmut se při kyselém procesu neutralizoval vápenným mlékem do  $\text{pH} = 7-7,5$ . Přitom docházelo k vysrážení některých složek rozpuštěných v kapalně fázi, jako např. hliníku, železa, manganu a síranových aniontů. Zneutralizovaný rmut se čerpal na odkaliště, zvláště se čerpal rmut kyselého procesu a zvláště rmut karbonátového procesu. Následně docházelo na odkalištích k částečnému rozdělování fází. V odkalištích se ukládala pevná a kapalná fáze, přičemž kapalná se odčerpávala zpět do procesu (recyklovala) ve formě tzv. technologických vod. Nadbilance těchto vod se čistila od radia a dále se přečerpávala do Vltavy (30,31).

Od původního záměru postavit odkaliště do bývalého lignitového dolu bylo, z důvodu možné kontaminace podzemních vod, upuštěno. Z tohoto důvodu se vybudovalo kyselé i alkalické odkaliště na nové lokalitě vedle závodu. Nové odkaliště bylo s jílovým podložím a s lokálním těsněním dna jílem. Následná odkaliště byla budována již v dalších odtěžených prostorech lignitových lomů. Odkaliště představovala největší zásah do okolního životního prostředí a jejich rekultivace největší ekologickou zátěží.

#### **1.7.5.10 Konečný produkt**

Výchozí surovinou byl chemický koncentrát MAPE (MAgnezium PErchlorát), který se rozpustil v koncentrované kyselině dusičné. Po filtraci a ochlazení se rafinoval extrakční metodou tributylfosfátem. Reextrakcí s demineralizovanou vodou vznikl roztok nukleárně čistý uranylinitrát, ze kterého se amoniakem vysrážel nukleárně čistý diuranát amonný („žlutý koláč“). Koncentrát se sušil, kalcinoval, redukoval na  $\text{UO}_2$ , hydrofluoroval na  $\text{UF}_4$ , mlel a magneziotermicky redukoval na kovový uran ve vakuové peci (32).



**Obr. 7. Technologické schéma chemické úpravy MAPE**

*Zdroj: Revize vlivu chemické úpravy uranového průmyslu MAPE Mydlovary na životní prostředí.*

### 1.8 Pracovní oděv a ochranné pracovní pomůcky zaměstnanců MAPE Mydlovary

Každý zaměstnanec závodu MAPE Mydlovary dostával pracovní oděvy a ochranné pomůcky podle svého osobního čísla a dle pracoviště na kterém pracoval. Závodní podnik MAPE Mydlovary měl režim každodenních pracovních oděvů, z důvodu zamezení úniku kontaminace do vnějšího prostředí (mimo podnik - tedy zejména do obcí a měst, odkud zaměstnanci pocházeli). Pracovníci chodili do práce v každodenním oděvu a v šatnách se převlékali do pracovních oděvů. Každý zaměstnanec měl přidělené své osobní číslo, které bylo vyraženo či vyšito na všech jeho pracovních oděvech. Pracovní oděv se každodenně společně pral v prádelně (která byla součástí podniku), pracovník vždy dostal svůj pracovní oděv vypraný a čistý zpět. Zaměstnanci měli nárok



na nové oděvy vždy jednou za rok, na boty měli zaměstnanci nárok většinou za 1x za 2-3 roky. Samozřejmě vše záviselo na druhu činnosti a pracovišti, kde zaměstnanci pracovali. Např. pracovníci na drtárně, obměňovali svůj oděv mnohem častěji, než pracovníci v laboratořích. Ochranné pomůcky byly součástí pracovního oděvu a stejně jako u pracovního oděvu záleželo na tom, ve které části podniku jednotliví zaměstnanci pracovali (32).

***Pracovní oděv a ochranné pomůcky zaměstnanců (Příloha B):***

- montérky,
- spodní prádlo, jégrovo spodní prádlo, ponožky,
- kapesníky,
- normální boty, pracovní boty, zimní obuv,
- gumofilcové holínky,
- gumové a pracovní rukavice,
- respirátory,
- masky,
- helmy,
- ochranné štíty, brýle,
- kyselinovzdorné, gumové kombinézy
- ušanky.

### **1.9 Měření radiačních dávek zaměstnanců MAPE Mydlovary**

V chemické úpravně MAPE Mydlovary se radiační dávky zaměstnanců měřily dvěma způsoby. Dávky ze zevního ozáření se měřily pomocí filmových dozimetrů a dávky z vnitřního ozáření byly pravděpodobně měřeny zařízením OD 88 (více o měření v Příloze C), které prosávalo vzduch, v němž se zaměstnanci pohybovali, a poté byly naměřené dávky vyhodnoceny.

Filmové dozimetry jsou nejstarším typem dozimetrů vůbec a slouží k monitorování dávky záření u pracovníků v prostředí se zvýšeným výskytem nebezpečného ionizujícího záření. Dozimetr je umístěn ve světlotěsném papírovém obalu, je pokryt

obalem z umělé hmoty a má okénko na přední části. Film je velice citlivý na působení ionizujícího záření. Hustota zčernání filmu je úměrná míře expozice. Vyhodnocení probíhá na základě míry zčernání. Pracovník nosil dozimetr na přední, svrchní straně pracovního oděvu (většinou montérek), okénkem dopředu, film byl po měsíci odeslán k analýze (34).

Analýzu dozimetrů v té době zajišťoval Ústav hygieny práce uranového průmyslu se sídlem v Příbrami (ÚHP UP), dnes nazývaný Státní ústav jaderné, chemické a biologické ochrany (SÚJCHBO).

### **1.10 Vývoj legislativy uranového průmyslu**

Poprvé se možností ohrožení zdraví horníků dobývajících radioaktivní rudu zabýval Revírní báňský úřad, se sídlem v Karlových Varech, ve svém výnosu z roku 1938. Bylo stanoveno povinné odvětrávání pracovišť a došlo k omezení objemové aktivity radonu na dvě Macheovy jednotky v litru ovzduší ( $26\,940\text{ Bq/m}^3$ ), (35).

Legislativa v poválečné historii uranového hornictví byla tvořena předpisy a výnosy Státní báňské správy. Předpis Ústředního báňského úřadu (ÚBÚ) pro uranové doly č. 3987/1957 určil limitní objemovou aktivitu radonu v ovzduší  $100\text{ pCi/l}$  ( $3700\text{ Bq/m}^3$ ). Doplnění k předpisu snížilo v roce 1960 limitní hodnotu pro objemovou aktivitu radonu v ovzduší na  $30\text{ pCi/l}$  ( $1110\text{ Bq/m}^3$ ). Výnos ÚBÚ (Doplňkové předpisy pro doly a úpravny s výskytem přírodních radioaktivních látek čj. 4999-Z-1966) po dohodě s hlavním hygienikem Československé socialistické republiky (ČSSR) stanovil povinnosti organizací a pracovníků včetně nejvyšších přípustných koncentrací radioaktivních látek v ovzduší. Dále byla určena limitní hodnota pro koncentraci latentní energie produktů přeměny radonu ( $4 \cdot 10^4\text{ MeV/l}$ ), (36).

V roce 1972 nabyla platnost Vyhláška ministerstva zdravotnictví ČSSR č. 59/1972 Sb., o ochraně zdraví před ionizujícím zářením. Význam této vyhlášky byl důležitý pro zaměstnance uranového průmyslu, bylo zavedeno hodnocení ozáření pracovníků produkty přeměny radonu a limit ročního příjmu latentní energie  $8 \cdot 10^{10}\text{ MeV}$  ( $27,2\text{ mJ}$ ), (36).

Zásadní změnu v radiační ochraně v uranovém průmyslu představuje zákon č. 18/1997 Sb. o mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření (atomový zákon) a o změně a doplnění některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů a jeho prováděcí předpisy ve formě vyhlášek Státního úřadu pro jadernou bezpečnost (Příloha D), (36).

Zákon také stanovuje, že: "*Pokud jsou zdroje přírodního ozáření vědomě a záměrně využívány, včetně těžby a zpracování uranové rudy podle zákona č. 61/1988 Sb., o hornické činnosti, výbušninách a státní báňské správě, ve znění pozdějších předpisů, vztahují se na nakládání s nimi ustanovení tohoto zákona ve stejném rozsahu jako na jiné zdroje ionizujícího záření*" a dále pak, že: "*...ozáření z přírodních zdrojů se nezapočítává do čerpání limitů ozáření, kromě ozáření z těch přírodních zdrojů, které jsou vědomě u záměrně využívány, a z těch přírodních zdrojů, které se vyskytují na pracovištích se zdroji ionizujícího záření stanovených prováděcím předpisem, na nichž není možné ozáření z těchto zdrojů zanedbat*" (37).

### 1.11 Osobní dozimetrie a monitorování pracovišť

Monitorování pracovního prostředí a osobní monitorování je součástí schvalovaného programu monitorování. V souladu s *Vyhláškou Státního úřadu pro jadernou bezpečnost č. 307/2002 Sb., o radiační ochraně*, je na pracovištích, které nakládají se zdroji IZ a které splňují podmínky monitorování, vymezeno kontrolované pásmo, pomocí kterého je možné průběžně sledovat a hodnotit pracovní prostředí. Na těchto pracovištích je také stanovena četnost měření a jsou zde vymezeny referenční úrovně (hodnoty rozhodné pro určité předem stanovené postupy a opatření), (38).

Monitorování pracovního prostředí a osobní dozimetrie pracovníků **kategorie A** v uranovém průmyslu vychází z:

- **základního limitu** pro pracovníky se zdroji ionizujícího záření, kterým je celková efektivní dávka 100 mSv za dobu pěti za sebou jdoucích roků (max. 50 mSv/rok);
- **odvozených limitů**, které jsou
  - pro dávkový ekvivalent zevního záření gama 20 mSv/rok,

- pro ozáření směsi dlouhodobých radionuklidů emitujících záření alfa uran-radiové řady (příjem vdechnutím) 1850 Bq/rok,
- pro příjem latentní energie produktů přeměny radonu 17 mJ/rok;
- **směrných hodnot pro povrchové znečištění radionuklidy, které jsou**
  - pro vnější povrch osobních ochranných pomůcek, provozních zařízení a pracovních ploch v kontrolovaných pásmech 30 kBq/m<sup>2</sup>,
  - pro vnější povrch osobních ochranných pomůcek, provozních zařízení a pracovních ploch mimo kontrolovaná pásma 3 kBq/m<sup>2</sup>(39).

Odvozené limity platí pro jednotlivé samostatné složky ozáření pracovníků. V praxi jde o kombinaci těchto složek a je třeba aplikovat sumační vzorec podle § 22 odst. 3 vyhlášky č. 307/2002 Sb. (39).

### 1.12 Expozice pracovníků

V roce 1949 bylo zahájeno pravidelné měření objemové aktivity radonu na pracovištích uranového průmyslu, výsledky byly základem pro výpočet expozice pracovníků ionizujícím zářením. Osobní filmové dozimetry byly od roku 1961 povinnou výbavou zaměstnanců. Následně v roce 1969 se začalo s měřením koncentrace latentní energie produktů přeměny radonu. Měření objemové aktivity směsi dlouhodobých zářičů alfa uran-radiové řady bylo zahájeno až od roku 1997. U každého zaměstnance vystaveného riziku ionizujícího záření je veden a archivován **osobní dozimetrický list** (2).

V souladu s ustanovením prováděcích předpisů k zákonu č. 18/1997 Sb., o mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření (atomový zákon) a o změně a doplnění některých zákonů, jsou nově údaje o osobních dávkách pracovníků v uranovém průmyslu zařazeny do státního systému evidence ozáření. Všichni pracovníci, kteří přicházeli do uranového průmyslu po roce 1949, se podrobovali vstupním lékařským prohlídkám. Nejprve zdravotní péči zajišťoval Ústav pracovního lékařství v Karlových Varech, poté ho v roce 1954 nahradil Závodní ústav národního

zdraví v uranovém průmyslu, který zahrnoval i Ústav hygieny práce v uranovém průmyslu. Výsledkem bylo zavedení pravidelných preventivních prohlídek (2).

### 1.13 Veličiny a jednotky používané v radiační fyzice a ochraně

Z hlediska zaměření této práce jsou důležité zejména tyto veličiny a jednotky:

#### Aktivita (A)

- podíl středního počtu radioaktivních přeměn v určitém množství radionuklidu za časový interval a tohoto intervalu (40).

*Jednotka: Bq (becquerel)                      Rozměr: (s<sup>-1</sup>)*

*Odvozené: hmotnostní (Bq/kg), plošná aktivita (Bq/m<sup>2</sup>) a objemová (Bq/m<sup>3</sup>)*

(U radonu se můžete setkat se zkratkou OAR - objemová aktivita radonu, dříve používaný termín ekvivalentní objemová aktivita radonu EOAR, který zohledňoval negativní zdravotní účinky dceřiných produktů radonu, v současnosti se již nepoužívá (41)).

*Starší jednotka: 1 Ci = 1 curie, 1 Ci = 3,7.10<sup>10</sup> Bq*

#### Poločas přeměny (T<sub>1/2</sub>)

- je doba, za níž se přemění polovina z počátečního počtu N (0) dosud nepřeměněných jader;
- s konstantou radioaktivní přeměny je poločas přeměny vázán vztahem (40).

#### Přeměnová konstanta (λ)

- vyjadřuje pravděpodobnost jaderné přeměny, která je pro každé radioaktivní jádro charakteristická. Je to konstanta úměrnosti mezi úbytkem počtu radioaktivních jader způsobeným samovolnou přeměnou za určitou dobu a celkovým počtem (nepřeměněných) radioaktivních jader (40).

*Jednotka: s<sup>-1</sup>    Rozměr: T<sup>-1</sup>*

### Dávka (absorbovaná dávka D)

- podíl střední sdělené energie, kterou předá ionizující záření látce a hmotnosti této látky (41).

*Jednotka: Gy (Gray)*

*Rozměr: (J/kg)*

*Starší jednotka: 1 rad=100*

**erg/g=10 mGy**

**1 Gy=100 rad**

### Expozice (X)

- podíl absolutní hodnoty celkového elektrického náboje iontů vzniklých ve vzduchu při zabrzdění všech elektronů a pozitronů uvolněných fotony ve vzduchu a hmotnosti tohoto vzduchu (41).

*Rozměr: (C/kg)*

### Kerma (K)

- podíl celkové kinetické energie všech nabitých částic uvolněných nenabitými ionizujícími částicemi v látce a hmotnosti této látky (41).

*Jednotka: Gy (Gray)*

*Rozměr: (J/kg)*

*odvozené: dávkový příkon, kermový příkon a expoziční příkon (Příloha E)*

### Ekvivalentní dávka ( $H_T$ )

- součin radiačního váhového faktoru  $w_R$  a střední (absorbované) dávky  $D_{T,R}$  v orgánu nebo tkáni T pro ionizující záření R (40):

$$H_T = w_R D_{T,R}$$

- je-li pole ionizujícího záření složeno z více druhů záření nebo energií, musíme započítat všechny druhy R (40):

$$H_T = \sum_R w_R D_{T,R}$$

Jednotka: Sv (Sievert)

Rozměr: (J/kg)

### Efektivní dávka (E)

- součet součinů tkáňových váhových faktorů  $w_T$  a ekvivalentní dávky  $H_T$  ve všech ozářených tkáních nebo orgánech T, popisuje celotělové ozáření (40):

$$E = \sum_T w_T H_T = \sum_{R,T} w_T w_R D_{T,R}$$

Jednotka: Sv (Sievert)

Rozměr: (J/kg)

Radiační váhové faktory  $w_R$  a tkáňové váhové faktory  $w_T$  jsou bezrozměrné veličiny a jsou např. uvedené v příloze 5 vyhlášky č. 307/2002 Sb., o radiační ochraně, ve znění vyhlášky č. 499/2005 Sb. (Příloha F), (40).

### Úvazek efektivní dávky E ( $\tau$ )

$$E(\tau) = \int_{t_0}^{t_0+\tau} \dot{E}(t) dt = \int_{t_0}^{t_0+\tau} \sum_T w_T \dot{H}_T(t) dt = \sum_T w_T \int_{t_0}^{t_0+\tau} \dot{H}_T(t) dt = \sum_T w_T H_T(\tau)$$

- vyjadřuje ozáření celého těla po příjmu radionuklidu (pokud se uvažuje  $\tau = \infty$ , pak se jedná o úplný úvazek ekvivalentní resp. efektivní dávky).

### ***Dávkový ekvivalent $H$***

- součin absorbované dávky v uvažovaném bodě tkáně a jakostního činitele  $Q$  uvedeného vyjadřujícího rozdílnou biologickou účinnost různých druhů záření;
- hodnoty  $Q$  plní stejnou funkci jako hodnoty radiačního váhového faktoru  $w_R$  (viz definice ekvivalentní dávky), který na rozdíl od jakostního činitele  $Q$  zohledňuje i další okolnosti ozáření (např. orientaci těla vůči směru záření). Z tohoto důvodu nejsou hodnoty  $Q$  a  $w_R$  zcela identické (40).

Příloha 5 vyhlášky č. 307/2002 Sb., o radiační ochraně, ve znění vyhlášky č. 499/2005 Sb. (Příloha F), (39).

Uvedené veličiny jsou definovány pouze pro oblast nízkých dávek a vztahují se k riziku vzniku stochastických účinků. Pro vysoké dávky (nestochastické účinky, havarijní ozáření, Černobyl) se používá dávka (Gy).

*Odvozené veličiny:* příkon fotonového dávkového ekvivalentu, individuální efektivní dávka, kolektivní efektivní dávka a další odvozené veličiny jsou uvedené v Příloze E.



## **2 Hypotézy a metodika výzkumu**

### **2.1 Hypotézy**

1. Dávky u zaměstnanců MAPE Mydlovary jsou odlišné v daných skupinách.
2. Dávky u zaměstnanců nepřesáhly dávkové limity pro zaměstnance.

### **2.2. Metodika výzkumu**

#### **2.2.1 Postup při zpracování dat**

V teoretické části jsou použity informace z literatury, internetových stránek, sborníků, zákonů, vyhlášek a ze studií a příloh týkajících se bývalé chemické úpravní uranových rud MAPE Mydlovary.

V praktické části diplomové práce jsou použita data, která byla získána na katedře radiologie, toxikologie a ochrany obyvatelstva na Jihočeské univerzitě v Českých Budějovicích. Na zpracování dat se podílel vedoucí mé diplomové práce pan prof. Dr. rer. nat. Friedo Zölzer, který komunikoval se státním podnikem DIAMO a pomáhal mi získat potřebná data. Dále mi s prací pomáhala paní Mgr. Renata Havránková, Ph.D. a ve spolupráci s ní jsem vypisovala data a zpracovávala je do tabulkového procesoru MS Excel 2010.

Data k této práci poskytnul také státní podnik DIAMO, který v současné době provádí sanační a rekultivační práce v areálu bývalé chemické úpravní MAPE Mydlovary. Jedná se o tzv. dozimetrické listy (dotazníky), do kterých se zaměstnancům úpravní MAPE Mydlovary zaznamenávala potřebná data, jako je např. dávka ionizujícího záření, prašnost, koncentrace radioaktivních látek v ovzduší, apod. Data jsou získána za období 1963-1996.

Každý zaměstnanec, který měl dozimetrický list, vlastnil také osobní filmový dozimetr, díky kterému byly každý měsíc zaznamenávány naměřené hodnoty. Dozimetry se používaly téměř u všech zaměstnanců, s výjimkou některých zaměstnanců, kteří nebyli přímo vystavováni ionizujícímu záření – jedná se například

o zaměstnance, kteří prováděli administrativní práce a o zaměstnance pracující v prádelně, ve skladech a v závodní jídelně.

Informace o provozu a o rozmístění objektů areálu bývalé chemické úpravny MAPE Mydlovary mi poskytnul pan Josef Vacek, který je zaměstnancem ve státním podniku DIAMO, a který v současné době tuto úpravnu spravuje. Dále mi poskytnul podrobné informace o počtech zaměstnanců, o jejich pracovním zařazení, o používaných ochranných prostředcích využívaných při práci s uranovou rudou a o používání filmových dozimetrů.

Data jsem získávala pomocí nestandardizovaných rozhovorů, získaná data jsem zpracovala, vyhodnotila a zanesla do tabulek a grafů. Problematiku jsem konzultovala s panem doc. Ing. Ladislavem Beránkem, CSc., se kterým jsme dospěli k závěru, že data je vhodné vyhodnotit pomocí popisné statistiky a pomocí Fischerova F-testu.

## 2.2.2 Podrobný popis metodiky

### 2.2.2.1 Data získaná z poskytnutých dozimetrických listů

Údaje o obdržených dávkách u jednotlivých zaměstnanců byly získávány ze zapůjčených osobních dozimetrických listů. Během třiceti let dotazníky vyměnily svůj vzhled celkem třikrát. Příklady dozimetrických listů jsou patrné na následujících obrázcích (Obr 8, 9).

#### *Popis dotazníků:*

1. **Číslo dozimetrického listu** – číslo, které bylo náhodně přiřazeno k zaměstnanci (1- 733).
2. **Číslo známky** – osobní číslo zaměstnance.
3. **Období** – jednotlivé roky, které byly dále rozděleny po dvou, či třech měsících.
4. **Osobní dávka gama záření** – do roku 1976 se dávka zapisovala starší veličinou rem (r), od roku 1977 byla dávka zapisována veličinou miligray (mGy).
5. **Index pracoviště nebo číslo odběrového listu** – místo, kde zaměstnanci pracovali, uvedeno ve formě zkratk.
6. **Odpracované směny** – počet odpracovaných dnů za určité období.

7. **Koncentrace radioaktivních látek v ovzduší** – dlouhodobé alfa zářiče, do roku 1976 se zapisovali starší veličinou Ci/l , od roku 1977 to byly kBq.
8. **Koncentrace radioaktivních látek v ovzduší** – rozpadové produkty radonu, veličina  $10^4$  MeV.

185 597-1

2 Příjmení a 'mno s. Osobní dozimetrický list č.:

Data narození :  
 1963 - 0,27  
 1964 - 0,25  
 1965 - 0,48

3 Období	4 Seob. dávka, puma, záření	5 Index pracoviště nebo č. odběr. výpočt. listu.	6 Dob. m. v. ovzduší	7 Práchnost		8 Koncentrace radioaktivních látek v ovzduší.			
				U mg/m <sup>3</sup>	R <sub>a</sub> X SiO <sub>2</sub>	U pCi/l	R <sub>a</sub> MeV/l	R <sub>a</sub> rozpadové produkty radonu 10 <sup>4</sup> MeV/l	
1-2	0,1	0,1	40						
3-4	0,08		40						
5-6	0,14		40						
7-8	0,17		42						
9-10	0,17		40				2	1	
11-12	0,19		40				1,4	1,2	0,6
13-14	0,23		40				1,25	1,12	0,71
15-16	0,3		42				1,2	1,0	0,9
17-18	0,9		42				1,4	1,3	0,6
19-20	0,9		40				1,6	1,4	0,9

Obr. 8. Příklad dozimetrického listu od roku 1966

Zdroj: vlastní výzkum

**Osobní** list č. 4

Příjmení a j. Datum narození: *1.1.1962* Profese: *85*

Průměr k ČSÚP: *1.1.1962*

Měsíc	Dávka $\dot{D}$ (rem)	listu	objemová aktivita*										Příjem d.p.Rn. ( $10^3$ MeV)		Poznámka						
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		13	14	15	16	17	18
1-3	0,00	Elektr.-ÚHE	49	0,2	0,4	5													0,122		Stoř. t.
4-6	0,00		59	0,5	0,9	4													0,196		
7-9	0,15		59	0,9	0,5	5													0,227		
10-12	0,74		60	0,7	0,4	5													0,231		
1979	0,29																				
1-3	0,00		65	0,9	0,6	4													0,250		
4-6	0,00		55	0,7	0,6	4													0,211		
7-9	0,00		53	0,7	0,3	4													0,205		
10-12	0,02		63	0,7	0,4	4													0,252		
1980	0,12																				
I.	0,09		61	0,7	0,5	4													0,195		
II.	0,00		59	0,0	0,5	4													0,144		
III.	0,11		58	0,9	0,6	5													0,548		
IV.	0,00		55	0,9	0,5	4													0,653		

\*průměrné hodnoty se označí kroužkem, maximální průhem

Obr. 9. Příklad dozimetrického listu od roku 1979

Zdroj: vlastní výzkum

### 2.2.2.2 Zápis do tabulkového procesoru MS Excel 2010

Data získaná z osobních dozimetrických karet jsem zaznamenávala do tabulkového softwaru Excel, ve kterém jsem si vytvořila tři listy. Tyto listy jsem pojmenovala: *roční gama*, *objemová aktivita* a *celkové dávky*. *Roční gama* jsou dávky zaměstnanců obdržené za jednotlivé roky - data jsou uvedena za každého zaměstnance zvlášť a jsou uvedena za všechny roky, kdy zaměstnanec v MAPE Mydlovary pracoval. *Objemová aktivita* popisuje koncentraci radioaktivních látek v ovzduší - do své práce jsem ale tato data nezahrnula, jelikož by vyžadovala podrobnější studii, které by byla obsáhlá a časově náročná, proto budou data o objemové aktivitě použita až v dalším výzkumu. *Celkové dávky* vyjadřují shrnutí roční gama, počet směn a počet odpracovaných roků.

Ve všech třech listech jsou v prvních dvou sloupcích vepsaná čísla dozimetrických listů a jím přidělená čísla známek každého zaměstnance.

**První list** (Obr. 10) dále obsahuje *sloupce s indexy pracoviště, dávky do roku 1977, dávky od roku 1977, celkovou dávku gama, dlouhodobé zářiče alfa + dceřiné produkty radonu, samostatný sloupec dceřiné produkty radonu a poslední sloupec tvoří počty odpracovaných let v závodě MAPE Mydlovary*. V dozimetrických listech jsem se často setkávala se zkratkami jednotlivých pracovišť (Příloha G). Díky pomoci pana Vacka z MAPE Mydlovary, který zde pracuje jako vedoucí provozu rekultivací a likvidačních prací Mydlovary a který mi pomohl zjistit význam jednotlivých zkratek, jsem pak mohla zaměstnance rozdělit do potřebných skupin. Dále jsem přepočítávala jednotky u obdržných dávek, jelikož se osobní dávka gama záření měřila do roku 1977 v remech, takže po zapsání všech dávek jsem celý sloupec musela násobit deseti ( $1r = 10 \text{ mGy}$ ). Jednotlivé výpočty jsou patrné na Obr. 10 ve čtvrtém a pátém sloupci. V šestém sloupci je celkový přehled dávek gama záření všech zaměstnanců. Důležitou informací jsou také počty odpracovaných let, které jsou uvedeny ve sloupci I.

**Druhý list** (Obr. 11) obsahuje také již prvně zmíněné dva sloupce (čísla dozimetrických listů a čísla známek), ve zbylých sloupcích jsou vypsané *osobní dávky gama záření od roku 1963 až do roku 1996*. Provoz závodu byl ukončen v roce 1991, ale i po ukončení provozu zde pracovali zaměstnanci, kteří se o areál bývalé chemické úpravný MAPE Mydlovary starali (likvidační práce, demontáž, apod.).

**Třetí list** (Obr. 12) je nadepsán jako objemová aktivita a jsou zde uvedeny sloupce *s dlouhodobými zářiči alfa a dceřiné produkty radonu*. U všech zaměstnanců se tyto hodnoty neměřili, jak je patrné na Obr. 12 (prvních 8 dozimetrických listů = zaměstnanců, nemá žádné čísla). Další sloupce se týkají výpočtu koncentrací dlouhodobých zářičů alfa a koncentrací z dceřiných produktů radonu. Jak jsem uvedla výše, objemová aktivita zde není dále rozpracována, na obrázku níže je znázorněna objemová aktivita pouze pro ilustraci.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
	dozimetrický list č.	č. známky	index pracoviště	dávka gama do r. 1977 (rad->mGy)	dávka gama od r. 1977 (mGy)	dávka gama celkem (mGy)	dlouhodobé zářiče, dceřinné produkty radonu	dceřinné produkty radonu	počet odpracovaných let
1									
2	1	713	centrální laboratoř	26,53	0	26,53	NE		10
3	2	451	dílny	15,9	0	15,9	NE		8
4	3	465	dílny	9,77	4,91	14,68	NE		11
5	4	211	ORKI, THP	0	5,56	5,56	NE		14
6	5	175	výzkum	1,66	0	1,66	NE		3
7	6	371	HD-zámečnická hala	28,67	3,72	32,39	NE		28
8	7	756	HD-zámečnická hala	0	0,03	0,03	NE		1
9	8	25	sorpce, alkalické loužení	38,06	7,52	45,58	NE		22
10	9	328	VV, buldozery	0	0,26	0,26	ANO		1
11	10	124	plnírna, TO, dispečer	0	4,05	4,05	NE		9
12	11	254	nic	5,57	0,64	6,21	NE		10
13	12	453	VV, vykládka	0	4,55	4,55	ANO		8
14	13	183	drťárna, údržba	28,72	2,97	31,69	ANO	A	18
15	14	43	drťárna, zásobníky, ÚMZ	2,9	19,74	22,64	ANO	A	18
16	15	600	buldozery, mlýnice, mistr, údržba	6,55	10,72	17,27	ANO	A	18
17	16	252	ÚZS 2	0	4,06	4,06	ANO	A	4
18	17	132	nic	14,45	0	14,45	NE		7
19	18	527	nic	1,3	0	1,3	NE		1
20	19	578	ÚAVP, provoz, MaR, provoz	28,82	2,17	30,99	ANO	A	18

Obr. 10. List č. 1 Celkové dávky, index pracoviště, počet odpracovaných roků, dlouhodobé a dceřinné produkty radonu

Zdroj: vlastní výzkum

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
	dozimetrický list č.	č. známky	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977
1																	
2	1	713				1,9	2,3	2,1	1,3	1,4	2,8	3,93	4	5,3	1,5		
3	2	451	0,3	2,6	6,1	1	0,9	1,7	1	2,2	0,1						
4	3	465							0,4	1,4	1,2	1,22	1,2	2	1,25	1,1	2,31
5	4	211															0
6	5	175									0,3	0,86	0,5				
7	6	371	2	3,1	8,7	2,2	0,9	0,8	0,5	3,3	2,7	0,72	1	2,2	0,55	0	0,41
8	7	756															
9	8	25	2,6	3,7	9	3,1	0,9	1,3	1,7	3,4	4,2	2,61	1,7	1,8	1,65	0,4	1,1
10	9	328															
11	10	124															
12	11	254									1,1	0,72	2,1	0,5	1,05	0,1	0,39
13	12	není															
14	13	183	3,9	3,3	4,3	2,4	2,6	1,4	0,6	3	1,5	0,72	1,2	2,3	1,2	0,3	0,51
15	14	43												1,7	1	0,2	0,13
16	15	600										1,6	2,2	1,95	0,8	1,13	
17	16	252															
18	17	132			3,5	2,2	2,4	0,8	1,7	2	1,85						
19	18	527							0,8	0,5							
20	19	578		2,3	8,2	2,4	0,4	0,9	1	4,1	3,3	1,22	1,2	3	0,8	0	0,59
21	20	718											0,2	1,2	0,55	0,2	0,35
22	21	509							0,2	3	5,4	2,85	4,2	10,4	2,4		
23	22	729													1,3	1	1,67
24	23	511											4	3,2	2,1	0,6	0,81
25	24	není						1,4	8,9	1,7	0,7	1,05	0,6	0,6	0,8	0	
26	25	714		2,6	4,6	1,7	9,5	3,3	5,7	0,5	0,86	0,4	1,4	0,7	0,2	0	
27	26	466							0,5	91,8	1,4	2,67	9,3	1,4	0,85	0,1	0,26
28	27	518															
29	28	393													0	0,3	0,12
30	29	374	1,6	2,5	6,8	2,8	1,9	0,6	0,8	3,3	3,9	3,33	3,2	2,8	1,6	0,9	1,05
31	30	651				1	1,1	1,6	0,8	1,9	1,6	0,95	1,11	1,8	1,05	0,1	0,28
32	31	120							0,7	3,2	2,6						
33	32	327							0,8	1,2	1,1	0,88	0,6	0,9	0,8	0,3	1,79
34	33	276		0,9	6,7	4,8	3,6	3,7	2,5	3,8	2,2						
35	34	41											1,4				0,28
36	35	281												0,2	1,4		
37	36	242								2,3	0,7	0,68	0,8	1,6	0,7	0,4	5,72
38	37	360			1,7	1,9	1,1	1	1,3	0,8							

Obr. 11. List č. 2 Osobní dávka gama záření od roku 1963 - 1977

Zdroj: vlastní výzkum

	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
	č. známky	roky	počet směn	dlouhodobé zářiče $\alpha$ -Bq <sup>m</sup> -3	dlouhodobé zářiče $\alpha$ -C/l	dceřiné produkty radonu	konzcentrace dlouhodobých zářičů $\alpha$ (kBq)	kBq→mSv 1 kBq→ 11mSv	kBq→mSv 1 kBq = 3,5mSv	konzcentrace energie z dceřiných produktů radonu (mJ)	mJ→mSv 1mJ = 1,18mSv	mJ→mSv 1mJ = 2,36mSv
1												
2	713						0	0	0	0	0	0
3	451						0	0	0	0	0	0
4	465						0	0	0	0	0	0
5	211						0	0	0	0	0	0
6	175						0	0	0	0	0	0
7	371						0	0	0	0	0	0
8	756						0	0	0	0	0	0
9	25						0	0	0	0	0	0
10	328	1981	61	0,5			0,2928	3,2208	1,0248	0	0	0
11			63	0,3			0,18144	1,99584	0,63504	0	0	0
12			55	0,4			0,2112	2,3232	0,7392	0	0	0
13	124						0	0	0	0	0	0
14	254						0	0	0	0	0	0
15	453	1982	52	0,8			0,39936	4,39296	1,39776	0	0	0
16		1983	64	0,7			0,43008	4,73088	1,50528	0	0	0
17			49	0,7			0,32928	3,62208	1,15248	0	0	0
18			63	0,9			0,54432	5,98752	1,90512	0	0	0
19			53	0,8			0,40704	4,47744	1,42464	0	0	0
20		1984	55	0,8			0,4224	4,6464	1,4784	0	0	0
21			65	1			0,624	6,864	2,184	0	0	0
22			49	1,2			0,56448	6,20928	1,97568	0	0	0
23			61	0,6			0,35136	3,86496	1,22976	0	0	0
24		1985	49	0,8			0,37632	4,13952	1,31712	0	0	0
25			60	0,7			0,4032	4,4352	1,4112	0	0	0
26			52	0,9			0,44928	4,94208	1,57248	0	0	0
27			59	0,8			0,45312	4,98432	1,58592	0	0	0
28		1986	35	0,8			0,2688	2,9568	0,9408	0	0	0
29			51	0,6			0,29376	3,23136	1,02816	0	0	0
30			53	0,8			0,40704	4,47744	1,42464	0	0	0
31			54	0,5			0,2592	2,8512	0,9072	0	0	0
32		1987	52	1			0,4992	5,4912	1,7472	0	0	0
33			53	0,9			0,45792	5,03712	1,60272	0	0	0
34			53	0,6			0,30528	3,35808	1,06848	0	0	0
35			65	0,7			0,4368	4,8048	1,5288	0	0	0
36		1988	53	1,4			0,71232	7,83552	2,49312	0	0	0
37							0,4897	5,4817	1,7477	0	0	0

Obr. 12. List č. 3 Objemová aktivita

Zdroj: vlastní výzkum

### 2.2.2.3 Popis pracovišť podniku MAPE Mydlovary

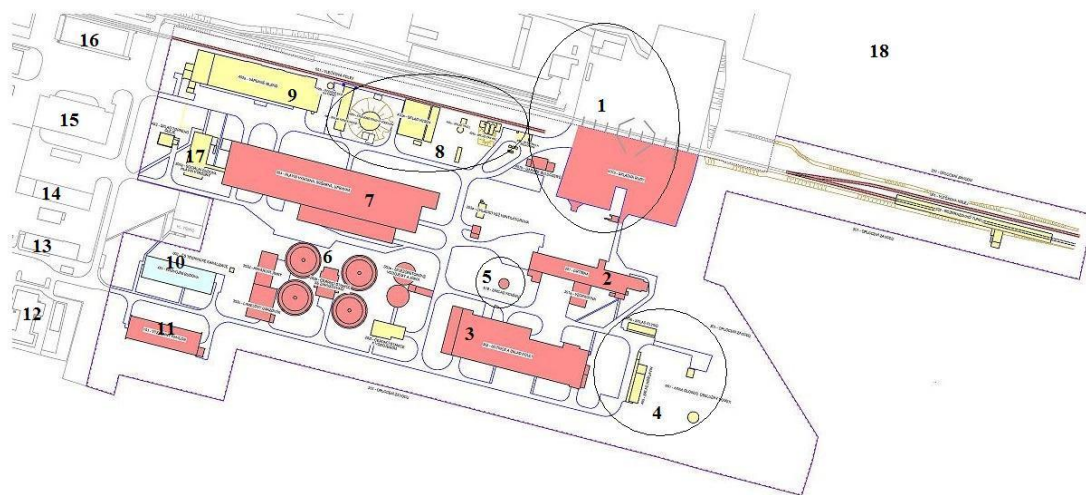
V této kapitole jsou uvedena a stručně popsána jednotlivá pracoviště závodu MAPE Mydlovary. Pro lepší ilustraci jsou jednotlivá pracoviště zobrazena také na Obr. 13.

#### Jednotlivá pracoviště závodu MAPE Mydlovary:

- Sklad rudy, vlečka vykládka, buldozery, zásobníky** – ruda přijížděla ve výklopných vagónech po vlečkové koleji na výklopný most, ruda se zde vysypala a buldozery byla nahrnuta do zásobníků a odtud pásovým dopravníkem dopravena do drtírny.
- Drtírna, vzorkovna** – zde se ruda suchou cestou drtila, po nadrcení byla přepravena do zásobníku mlýnice (kapitola 1.7.5.3).
- Mlýnice** – zde již začínal uzavřený hydraulický systém, nadrcená ruda byla umleta v kulových mlýnech, umletá ruda dále pokračovala do zahušťovačů.

4. **Sklady barev** – sklad barev pro natírání konstrukcí, potrubí, aparátů, apod.
5. **Komín** – odsával všechny prach ze závodu (z drtírny, sušárny, srážení a plnění vedlo potrubí přímo do komína). Komín byl zkonstruován tak, aby při odsávání nedocházelo ke kontaminaci okolních obcí radioaktivním prachem.
6. **Čerpací stanice se zahušťovači** – do umletého rmutu se přidalo folikulační činidlo, rmut byl dále zahuštěn v kruhových zahušťovačích (kapitola 1.7.5.4).
7. **Hlavní výroba, sušárna, úpravna (tzv. objekt 304)** – zde probíhalo loužení, sorpce, eluce, srážení, sušení a plnění (kapitola 1.7.5). Dále zde byli zaměstnanci pracující jako obsluha, elektrikáři a údržbáři strojů.
8. **Sklad amoniaku, kyseliny sírové, apod.**
9. **Stavební úsek, úsek elektrikářů, měření a regulace** – v tomto úseku byli také instalatéri, klempíři, zedníci a truhláři.
10. **Provozní budova** – v době provozu zde byla výzkumná laboratoř, oddělení řízení jakosti, materiálně technické zabezpečení, oddělení technické kontroly. Dnes je tato budova posledním objektem, který se v hlavním areálu bývalé úpravný uranových rud MAPE Mydlovary zachovává. Tato budova slouží pro administrativní činnost.
11. **Výzkumný pavilon** – zde byla výzkumná a centrální laboratoř a technologické oddělení. Centrální laboratoř zajišťovala odběry a vyhodnocování vzorků v rámci celého procesu výroby koncentráту.
12. **Závodní jídelna**
13. **Doprava** – zajišťovala dopravu jak osobní, tak i nákladní (jeřáby, bagry, apod.).
14. **Administrativní budova** – administrativní činnost (vedení závodů, účetnictví, právní oddělení, odbory, apod.).
15. **Dílny** – obrobna, zámečnická dílna - zajišťovaly výrobu nových dílů i aparátů, ocelových konstrukcí, pogumování.
16. **Sklady** - všeho, co bylo pro provoz důležité (např. sklady oceli, šroubů, kabelů, monterek, papírů, propisek, apod.).
17. **Kalojemy** – ukládání vyloužené rudy (rmutu).





**Obr. 13. Schéma a popis chemické úpravy MAPE Mydlovary**

*Zdroj: MAPE Mydlovary*

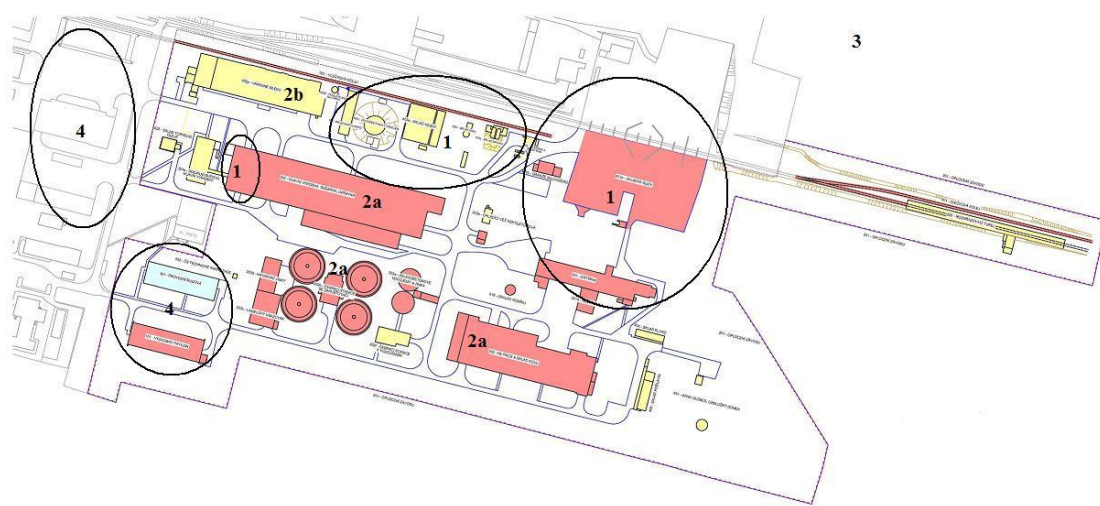
#### **2.2.2.4 Kategorizace zaměstnanců úpravy MAPE Mydlovary**

##### **Rozdělení zaměstnanců do jednotlivých skupin dle pracovišť**

Při rozdělování zaměstnanců do skupin jsem pracovala se 725 dozimetrickými listy. Zaměstnanci v úpravně uranových rud MAPE Mydlovary nepracovali vždy jen na jednom místě. Mnoho pracovníků se v areálu hlavní výroby MAPE Mydlovary střídalo. Můžeme tedy u jednotlivých zaměstnanců nalézt hned 5 odlišných pracovních míst (např. drtírna, mlýnice, oddělení řízení jakosti, likvidační skupina, klempíř), proto bylo velmi složité některé zaměstnance do určité skupiny zařadit. Z dozimetrických listů jsem zjistila, jak dlouho pracovali na určitém pracovišti, a z této informace jsem usoudila, do jaké skupiny zaměstnanců je zařadím. Nakonec jsem zaměstnance závodu MAPE Mydlovary rozdělila do čtyř pracovních skupin. Poslední skupinou byli zaměstnanci, kteří neměli ve svých dozimetrických kartách uvedeny žádné pracoviště. Tuto skupinu tvořilo 61 zaměstnanců a do tohoto výzkumu nebyla tato skupina zaměstnanců zahrnuta.

### ***Rozdělení zaměstnanců:***

1. Zaměstnanci, kteří pracovali alespoň 6 měsíců s prašností.
2. Zaměstnanci, kteří pracovali v hlavní výrobě, ale bez prašnosti (rozdělení do dvou skupin).
3. Zaměstnanci, kteří pracovali v kalojemech.
4. Ostatní zaměstnanci vlastníci filmový dozimetr.



**Obr. 14. Schéma a rozdělení chemické úpravny MAPE Mydlovary**

*Zdroj: MAPE Mydlovary*

#### **1. Zaměstnanci, kteří pracovali alespoň 6 měsíců s prašností**

Jedná se o zaměstnance, kteří pracovali na skladě rudy, v drtírně, ve vykládce, u chemikálií a dále v objektu 304, tedy pracovníci starající se o srážení, sušení a plnění konečného produktu. Tyto práce byly vykonávány za ztíženějších pracovních podmínek, jelikož zaměstnanci pracovali v prostředí s vysokou prašností. Prašností se rozumí znečištění ovzduší hmotnými částicemi, které jsou rozptýleny ve vzduchu a tvoří aerosoly. Ty se dále dělí podle mechanismu vzniku na prach, kouř a dým. Pro nás je důležitý především prach, který vzniká drcením pevných materiálů, tedy v našem případě rudy. Jak jsem již zmínila na začátku kapitoly 2.2.2.4, ne všichni zaměstnanci pracovali na jednom místě. Proto jsem do první skupiny zařadila zaměstnance, kteří pracovali alespoň 6 měsíců s prašností. Tito zaměstnanci mohli dále

pracovat např. v mlýnici, nebo jako elektrikáři, apod. Důležité bylo především to, že alespoň 6 měsíců pracovali na výše uvedených pracovištích.

Do této kategorie jsem dále zařadila likvidační skupinu, která dostávala většinou vysoké dávky. Likvidační skupina byla skupina zaměstnanců, kteří měli za úkol různé likvidační práce v závodu. Jednalo se většinou o demontáž objektu, stavení, apod. V tabulkách je tato skupina označena červenou barvou.

## **2. Zaměstnanci, kteří pracovali v hlavní výrobě, ale bez prašnosti**

Nejdříve jsem skupinu rozdělila na dvě podskupiny. První podskupinou byli zaměstnanci, kteří pracovali v mlýnici, v zahušťovačích a objektu 304 (loužení, sorpce, eluce, konečná neutralizace, úsek zajištění strojů - ÚZS 1, 2 a elektrikáři 1). Do druhé podskupiny jsem zařadila zaměstnance pracující na stavebním úseku, elektrikáři 2, klempíři, instalatéři a zaměstnanci pracující na měření a regulaci provozu. Obě skupiny pracovali v závodu hlavní výroby, ale nesetrvávali na pracovištích s prašností. Pracovali v tzv. hydraulickém systému, tedy v uzavřených objektech bývalé chemické úpravy MAPE Mydlovary. Při zpracování dat jsem tyto dvě skupiny označila barvou zelenou (první podskupina) a modrou (druhá podskupina).

## **3. Zaměstnanci, kteří pracovali v kalojemech**

V této skupině jsou zařazeni zaměstnanci, kteří pracovali v odkalištích neboli v kalojemech. Tato skupina zaměstnanců nebyla příliš velká (cca 30 lidí), je ale podstatné vědět, že stejně jako v první skupině, se v odkalištích pracovalo s vysokou prašností. Pro zpracování jsem tuto skupinu označila fialovou barvou.

## **4. Ostatní zaměstnanci vlastníci filmový dozimetr**

Do této skupiny jsem zařadila zaměstnance pracující jak v areálu hlavní výroby, tak i mimo něj. Jedná se o zaměstnance pracující v dílnách, v dopravě, ve výzkumných pavilonech, na oddělení řízení kontroly jakosti, oddělení technické kontroly, materiálně technické zabezpečení a na rozvoji vědy a techniky. Pro tuto skupinu jsem vybrala barvu žlutou.

### **Rozdělení zaměstnanců do jednotlivých skupin podle obdržených celkových dávek**

Závod bývalé chemické úpravně MAPE Mydlovary byl v provozu od roku 1962 do roku 1991, což je téměř 30 let. Každý zaměstnanec, který zde pracoval, obdržel jinou celkovou dávku záření. Abych zjistila, jaké nejčastější celkové dávky zaměstnanci obdrželi, rozdělila jsem zaměstnance do šesti skupin, které definují rozmezí obdržených dávek.

#### ***Rozdělení zaměstnanců podle obdržených dávek:***

1. Zaměstnanci, kteří obdrželi celkovou dávku 0-1 mSv.
2. Zaměstnanci, kteří obdrželi celkovou dávku 1-5 mSv.
3. Zaměstnanci, kteří obdrželi celkovou dávku 5-10 mSv.
4. Zaměstnanci, kteří obdrželi celkovou dávku 10-20 mSv.
5. Zaměstnanci, kteří obdrželi celkovou dávku 20-50 mSv.
6. Zaměstnanci, kteří obdrželi celkovou dávku 50 mSv a více.

### **Rozdělení zaměstnanců do jednotlivých skupin podle odpracovaných let**

Ne všichni zaměstnanci závodu ovšem pracovali v úpravně MAPE Mydlovary po celou dobu jejího provozu. A právě z důvodu rozdílnosti odpracovaných let u každého zaměstnance v bývalé chemické úpravně MAPE Mydlovary jsem se rozhodla rozdělit zaměstnance podle počtu roků, které zde odpracovali.

#### ***Rozdělení zaměstnanců podle počtu odpracovaných let:***

1. Zaměstnanci pracující 0,5-5 let.
2. Zaměstnanci pracující 5-10 let.
3. Zaměstnanci pracující 11-15 let.
4. Zaměstnanci pracující 16-20 let.
5. Zaměstnanci pracující 21 let a více.

### 3 Výsledky

#### 3.1 Výsledky získané pomocí popisné statistiky

##### 3.1.1 Obdržené dávky u všech zaměstnanců MAPE Mydlovary

Data o obdržených dávkách u zaměstnanců úpravny MAPE Mydlovary jsou získávána od roku 1963 do roku 1996. Provoz úpravny byl sice zahájen už v říjnu 1962, data jsou ovšem dostupná až od roku 1963. Provoz byl ukončen v listopadu roku 1991, poté následovaly práce spojené s ukončením provozu a likvidací podniku. Tyto práce probíhaly až do roku 1996 a v této práci jsou roky 1992-1996 zahrnuty také, jelikož docházelo i nadále k ozařování zaměstnanců, kteří tyto práce prováděli.

**Tab. 2. Kolektivní efektivní roční a průměrná dávka u zaměstnanců MAPE Mydlovary za jednotlivé roky**

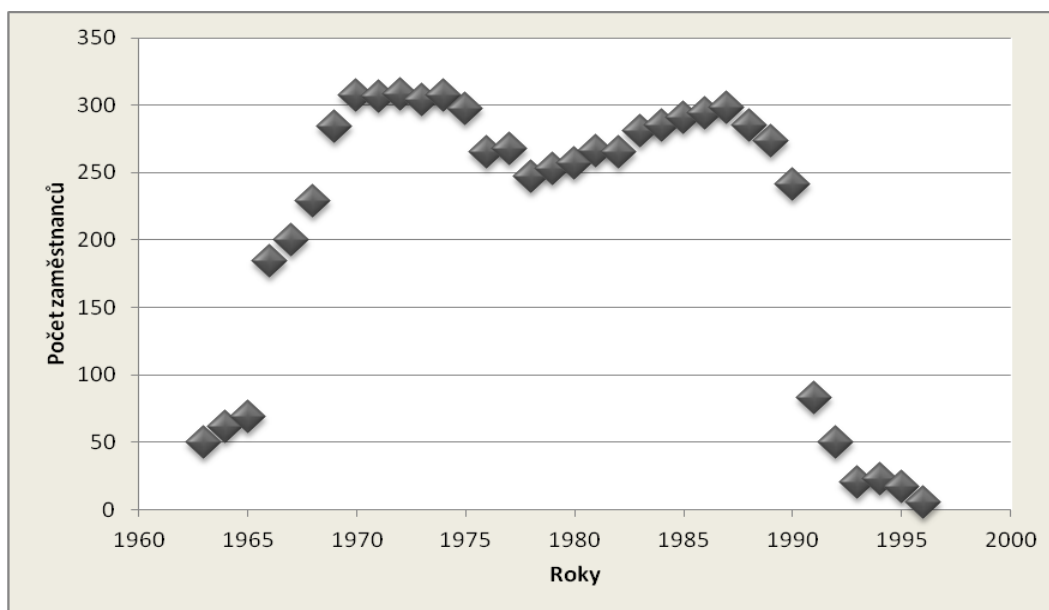
Roky	Počet zaměstnanců	Kolektivní efektivní roční dávka (mSv)	Průměrná dávka (mSv)	Medián (mSv)
1963	50	114,8	2,3	2,1
1964	61	155,7	2,6	2,5
1965	69	397,4	5,8	6,1
1966	184	431,3	2,3	2,4
1967	200	406,7	2,0	1,8
1968	229	340,8	1,5	1,2
1969	284	311,1	1,1	0,9
1970	307	858,3	2,8	2,0
1971	306	780,2	2,5	1,5
1972	308	592,1	1,9	1,2
1973	304	499,7	1,7	1,0
1974	307	642,6	2,1	1,4
1975	297	359,7	1,2	1,0
1976	265	191,1	0,7	0,4
1977	268	279,5	1,0	0,7
1978	247	129,3	0,5	0,2
1979	253	156,6	0,6	0,2
1980	257	218,3	0,9	0,5
1981	266	376,2	1,4	1,1
1982	265	263,1	0,9	0,7
1983	281	302,2	1,1	0,8

Roky	Počet zaměstnanců	Kolektivní efektivní roční dávka (mSv)	Průměrná dávka (mSv)	Medián (mSv)
1984	285	191,7	0,7	0,4
1985	291	143,4	0,5	0,2
1986	294	221,7	0,8	0,5
1987	298	249,2	0,8	0,7
1988	285	265,8	0,9	0,7
1989	273	149,3	0,6	0,3
1990	241	250,5	1,0	0,7
1991	83	188,7	2,3	2,1
1992	50	46,5	0,9	0,9
1993	20	27,3	1,4	1,4
1994	23	66,4	2,9	2,1
1995	17	54,4	3,2	2,8
1996	5	26,9	3,2	1,3
$\Sigma$		9688,5		

Zdroj: vlastní výzkum

Z tabulky č. 2 je patrný počet zaměstnanců, kolektivní efektivní roční dávka, průměrná dávka a medián za období 1963-1996. Data uvedená v tabulce jsou znázorněna také na níže uvedených grafech č. 1-4.

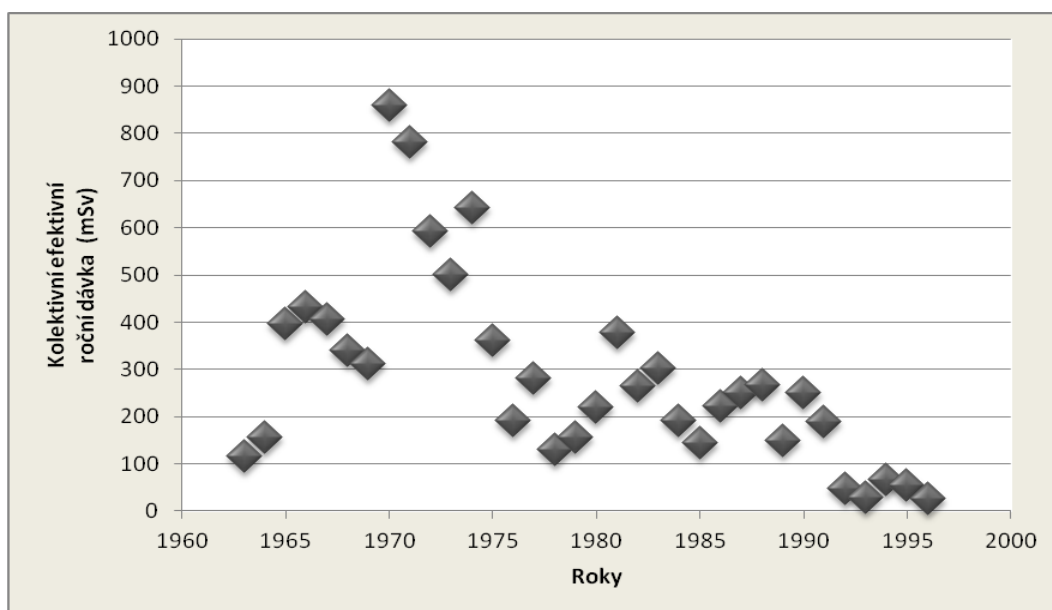
**Graf 1. Počty zaměstnanců pracujících v MAPE Mydlovary za jednotlivé roky**



Zdroj: vlastní výzkum

Z grafu č. 1 je patrné, že nejvyšší počet zaměstnanců byl v závodu MAPE Mydlovary v letech 1969-1990.

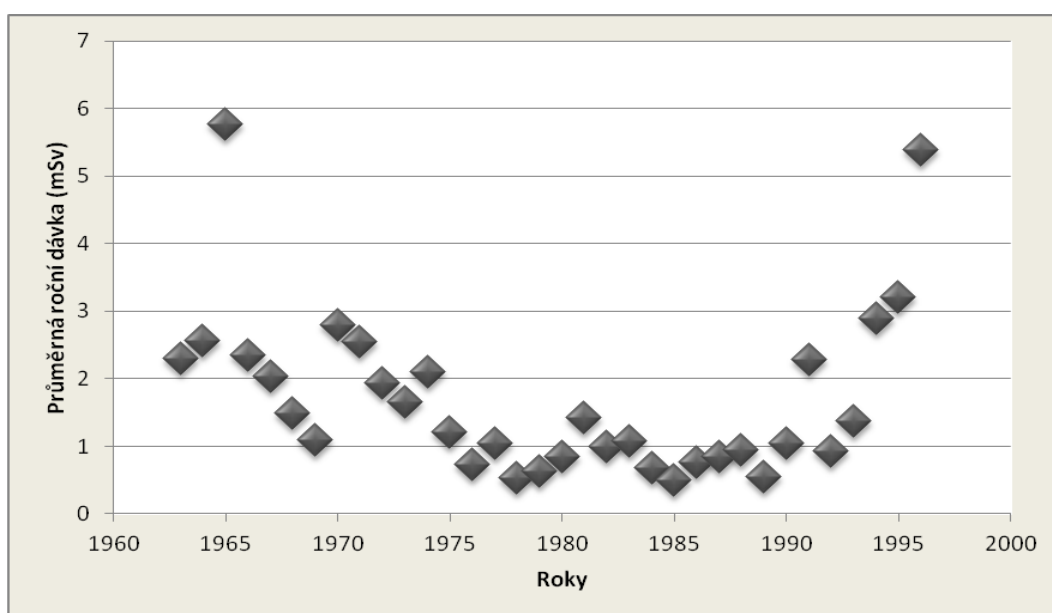
**Graf 2. Kolektivní efektivní roční dávka u zaměstnanců MAPE Mydlovary**



*Zdroj: vlastní výzkum*

Z grafu č. 2 vyplývá, že nejvyšší kolektivní efektivní roční dávka byla v letech 1970 a 1971.

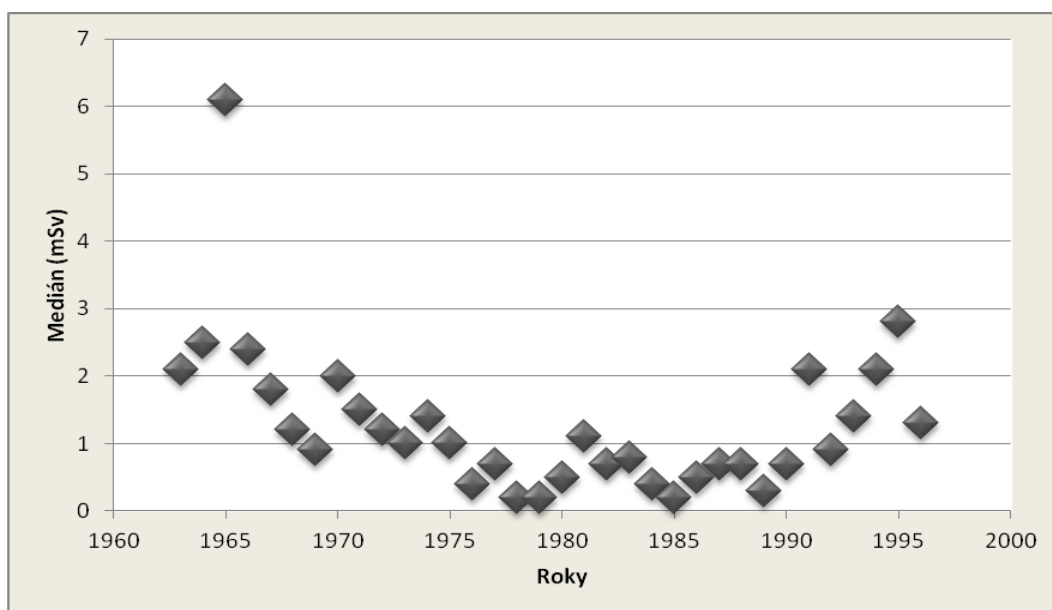
**Graf 3. Průměrná roční dávka u zaměstnanců MAPE Mydlovary**



*Zdroj: vlastní výzkum*

Z grafu č. 3 je patrné, že průměrná roční dávka je nejvyšší v roce 1965, 1995 a 1996.

**Graf 4. Medián roční dávky u zaměstnanců MAPE Mydlovary**



*Zdroj: vlastní výzkum*

Z grafu č. 4 vyplývá, že nejvyšší medián roční dávky byl v roce 1965.

### 3.1.2 Obdržené dávky u jednotlivých skupin zaměstnanců MAPE Mydlovary dle odpracovaných let

Zaměstnance jsem si rozdělila do pěti skupin dle počtu odpracovaných let. První skupinu tvořili zaměstnanci pracující od 6 měsíců do 5 let. Druhá skupina pracovala v závodu MAPE Mydlovary 6 až 10 let. Třetí skupina jsou zaměstnanci pracující 11 až 15 let, předposlední skupina pracovala v Mydlovarech 16 až 20 let a poslední skupina zde pracovala 21 let a více. Dávky jsou vypočítány pro jednotlivé skupiny zaměstnanců, jedná se o celkovou dávku a průměrnou dávku na jednoho zaměstnance za období 1963 až 1996. Jednotlivé dávky jsou zaneseny do tabulky a sloupcových grafů.



**Tab. 3. Obdržené dávky u jednotlivých skupin zaměstnanců MAPE Mydlovary dle odpracovaných let**

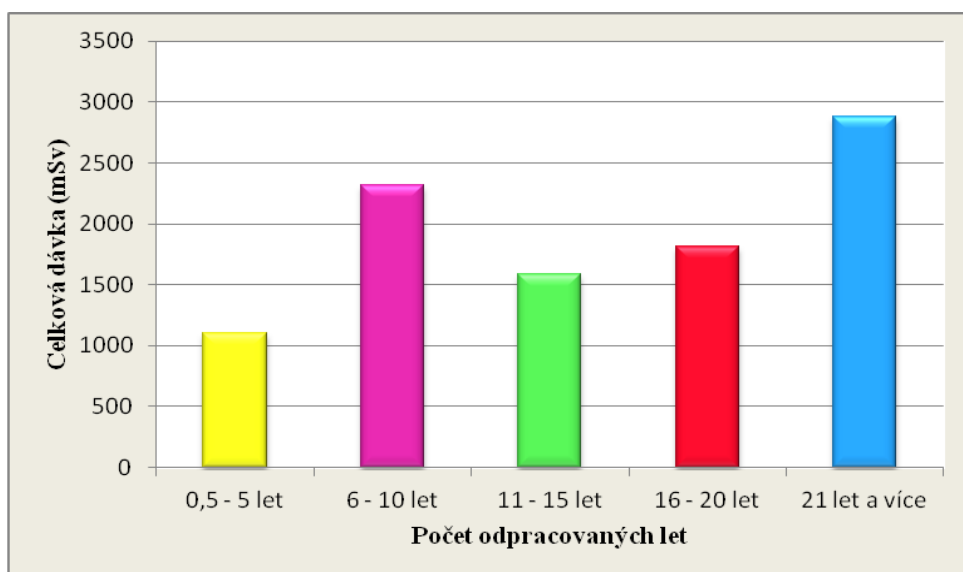
Skupiny zaměstnanců dle odpracovaných let	Skupina č. 1	Skupina č. 2	Skupina č. 3	Skupina č. 4	Skupina č. 5
	0,5-5 let	6-10 let	11-15 let	16-20 let	21 let a více
Počet zaměstnanců	281	198	88	79	79
Celková dávka (mSv)	<b>1104,3</b>	<b>2312,5</b>	<b>1581,9</b>	<b>1811,1</b>	<b>2879,0</b>
Průměrná dávka na jednoho zaměstnance (mSv)	<b>3,9</b>	<b>11,7</b>	<b>17,9</b>	<b>22,9</b>	<b>36,4</b>
Medián (mSv)	<b>2,5</b>	<b>8,6</b>	<b>15,1</b>	<b>18,8</b>	<b>30,4</b>
Směrodatná odchylka (mSv)	4,7	10,3	14,5	16,5	19,8

*Zdroj: vlastní výzkum*

V tabulce č. 3 je popsán počet zaměstnanců, celková dávka v mSv, průměrná dávka v mSv, medián v mSv a směrodatná odchylka.

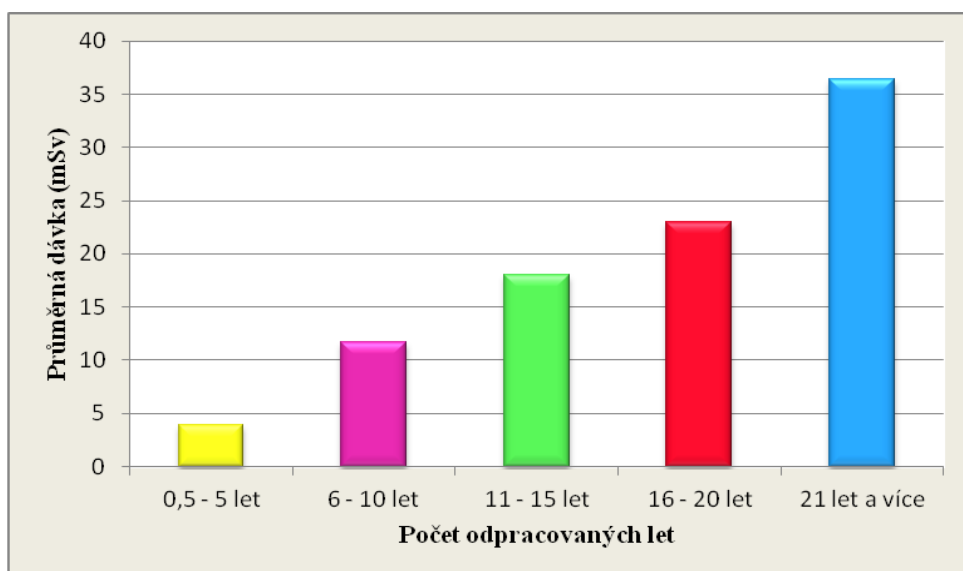
Průměrná dávka, celková dávka a medián jsou znázorněni na grafech níže (graf č. 5-7).

**Graf 5. Celková dávka u jednotlivých skupin zaměstnanců MAPE Mydlovary dle odpracovaných let**



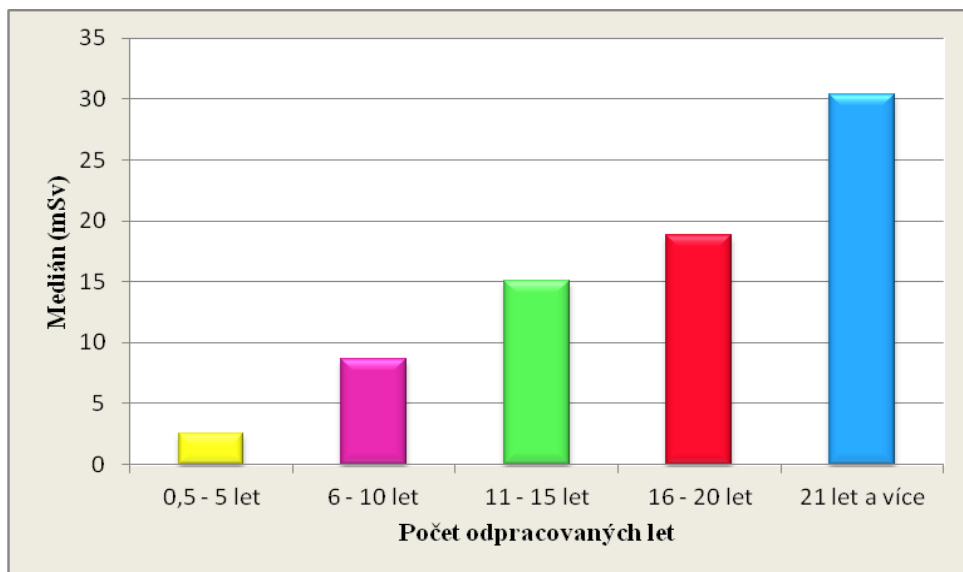
*Zdroj: vlastní výzkum*

**Graf 6. Průměrná dávka u jednotlivých skupin zaměstnanců MAPE Mydlovary dle odpracovaných let**



*Zdroj: vlastní výzkum*

**Graf 7. Medián dávky u jednotlivých skupin zaměstnanců MAPE Mydlovary dle odpracovaných let**



*Zdroj: vlastní výzkum*

Z tabulky č. 3, grafu č. 6 a 7 vyplývá, že čím déle zaměstnanec v úpravně uranových rud MAPE Mydlovary pracoval, tím větší celkovou dávku obdržel.

### 3.1.3 Obdržené dávky u jednotlivých skupin zaměstnanců MAPE Mydlovary dle pracovišť

Jak je patrné v kapitole 2.2.2.4, zaměstnance jsem rozdělila do jednotlivých skupin dle pracovišť. U těchto skupin jsou vypočítány dávky, jedná se o celkovou dávku a průměrnou dávku na jednoho zaměstnance za období 1963 až 1996.

**Tab. 4. Přehled celkových dávek u zaměstnanců MAPE Mydlovary dle pracovišť**

Skupiny zaměstnanců dle pracovišť	Pracoviště č. 1	Pracoviště č. 2		Pracoviště č. 3	Pracoviště č. 4
	Červená	Zelená	Modrá	Fialová	Žlutá
Počet zaměstnanců	240	127	93	32	170
Celková dávka (mSv)	4230,8	2298,2	733,1	299,1	1598,5

Skupiny zaměstnanců dle pracovišť	Pracoviště č. 1	Pracoviště č. 2		Pracoviště č. 3	Pracoviště č. 4
	Červená	Zelená	Modrá	Fialová	Žlutá
Průměrná dávka na jednoho zaměstnance (mSv)	17,6	18,1	7,9	9,4	9,4
Medián (mSv)	11,9	9,9	4,7	4,9	6,3
Směrodatná odchylka (mSv)	17,6	18,5	8,6	10,8	9,5

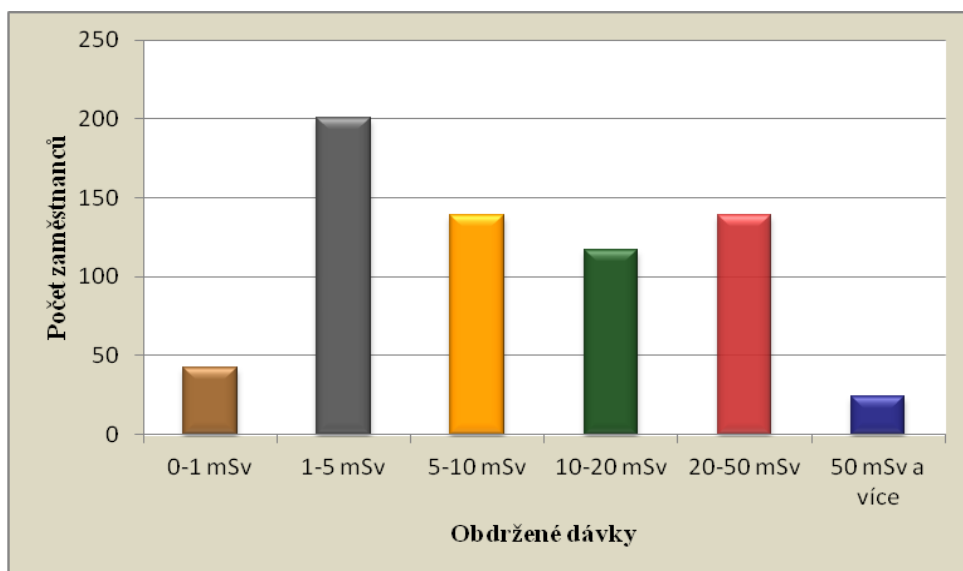
*Zdroj: vlastní výzkum*

V následující tabulce č. 4 jsou znázorněny počty zaměstnanců u jednotlivých skupin, dále celková dávka v mSv, průměrná dávka v mSv, medián v mSv a směrodatná odchylka.

#### **3.1.4 Počty zaměstnanců MAPE Mydlovary dle obdržených celkových dávek**

Zaměstnance jsem si rozdělila do šesti skupin dle obdržených celkových dávek. Do této popisné statistiky jsem opět nezařadila zaměstnance, kteří ve svém dozimetrickém listu neměli uvedeno pracoviště. První skupina byli zaměstnanci, kteří za celou dobu, po kterou zde pracovali, obdrželi dávku 0-1 mSv. Druhá skupina obdržela celkovou dávku 1-5 mSv, třetí skupina obdržela celkovou dávku 5-10 mSv, čtvrtá skupina obdržela celkovou dávku 10-20 mSv, pátá skupina obdržela celkovou dávku 20-50 mSv a poslední, šestá skupina, obdržela celkovou dávku 50 mSv a více. Toto rozdělení jsem dále porovnávala se skupinami zaměstnanců dle pracovišť.

**Graf 8. Počty zaměstnanců a jejich obdržené dávky**



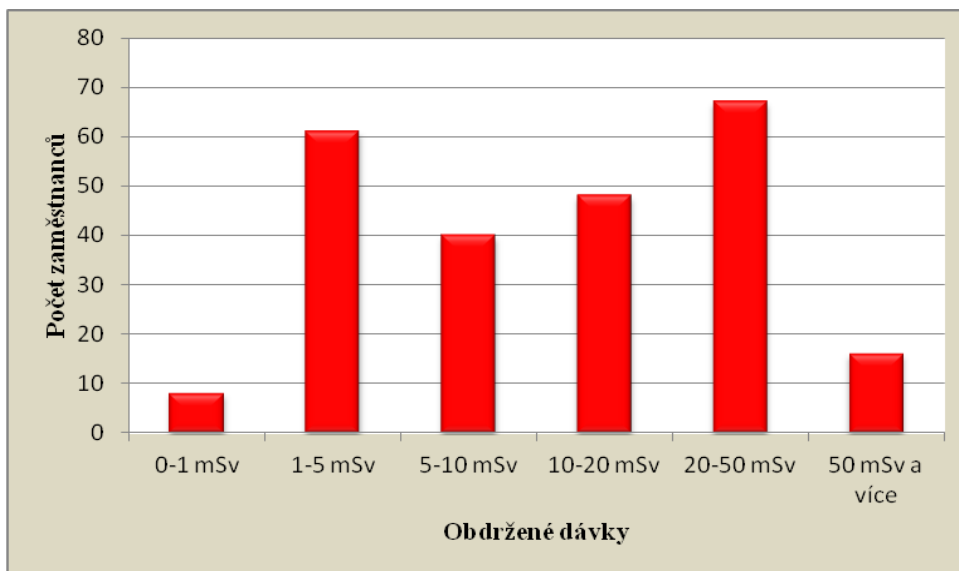
*Zdroj: vlastní výzkum*

Z grafu č. 8 je patrné, že nejvíce zaměstnanců obdrželo dávku v rozmezí 1-5 mSv, naopak nejméně zaměstnanců obdrželo dávku 50 mSv a více.

#### ***3.1.4.1 Rozdělení zaměstnanců dle pracovišť do skupin podle obdržených dávek***

Jednotlivé skupiny pracovišť jsem dále rozdělila podle obdržených dávek do skupin popsaných v kapitole 3.1.4.

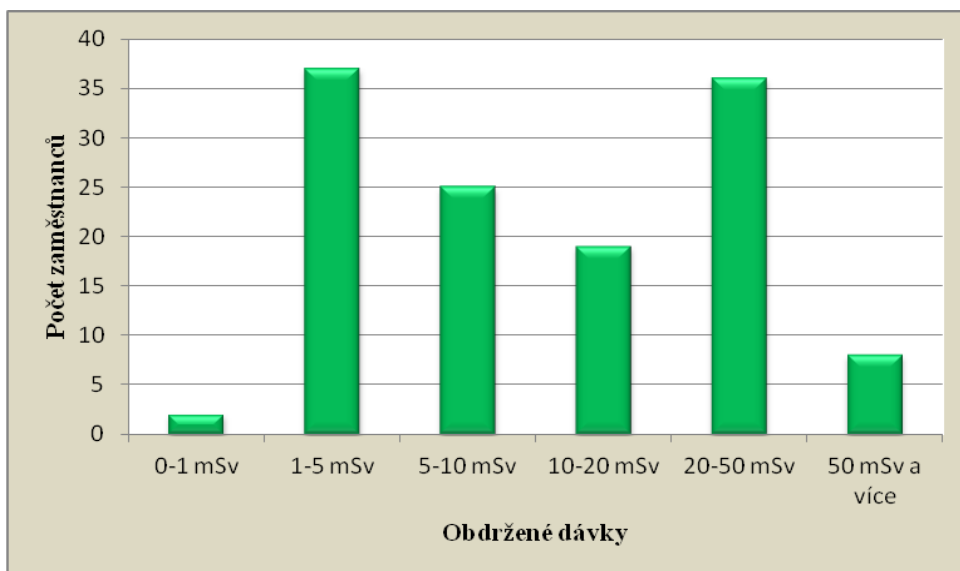
**Graf 9. Rozdělení zaměstnanců červené skupiny dle obdržených dávek**



*Zdroj: vlastní výzkum*

Z grafu č. 9 vyplývá, že nejvíce zaměstnanců červené skupiny obdrželo celkovou dávku v rozmezí 20-50 mSv, nejméně zaměstnanců obdrželo dávku v rozmezí 0-1 mSv.

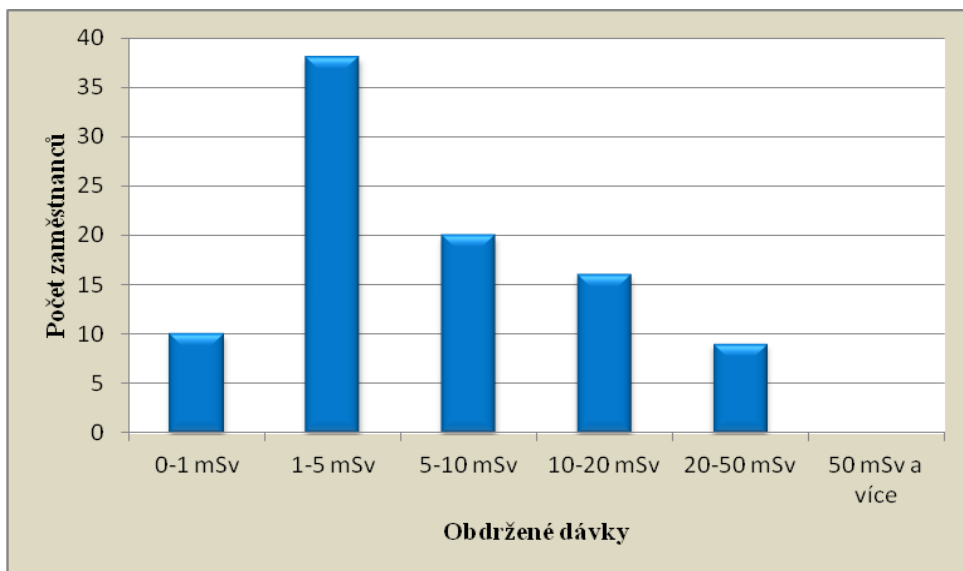
**Graf 10. Rozdělení zaměstnanců zelené skupiny dle obdržených dávek**



*Zdroj: vlastní výzkum*

Z grafu č. 10 je patrné, že nejvíce zaměstnanců zelené skupiny obdrželo celkovou dávku v rozmezí 1-5 mSv, nejméně zaměstnanců obdrželo dávku v rozmezí 0-1 mSv.

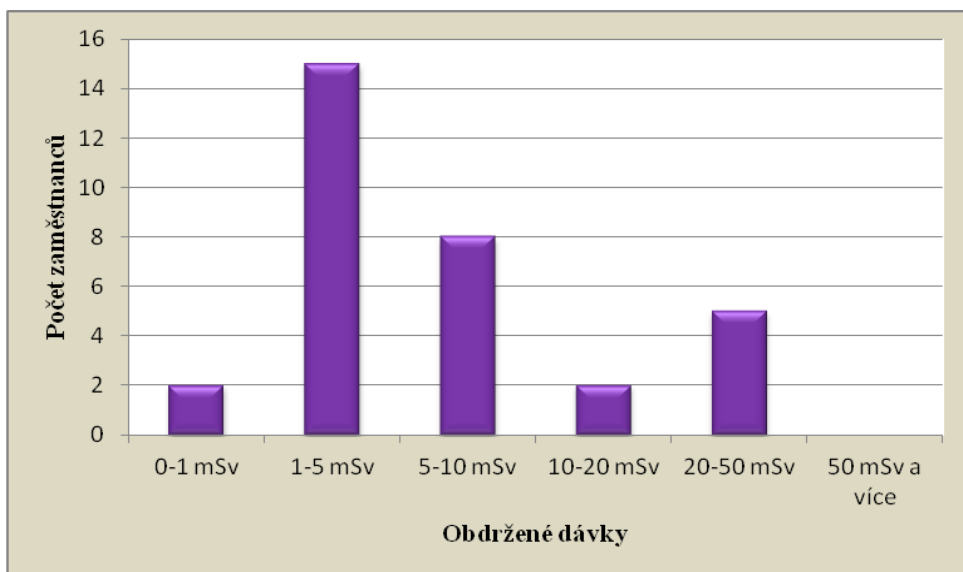
**Graf 11. Rozdělení zaměstnanců v modré skupině dle obdržených dávek**



*Zdroj: vlastní výzkum*

Z grafu č. 11 vyplývá, že nejvíce zaměstnanců modré skupiny obdrželo celkovou dávku v rozmezí 1-5 mSv. Naopak obdrženou dávku v rozmezí 50 mSv a více neobdrželi žádní zaměstnanci této skupiny.

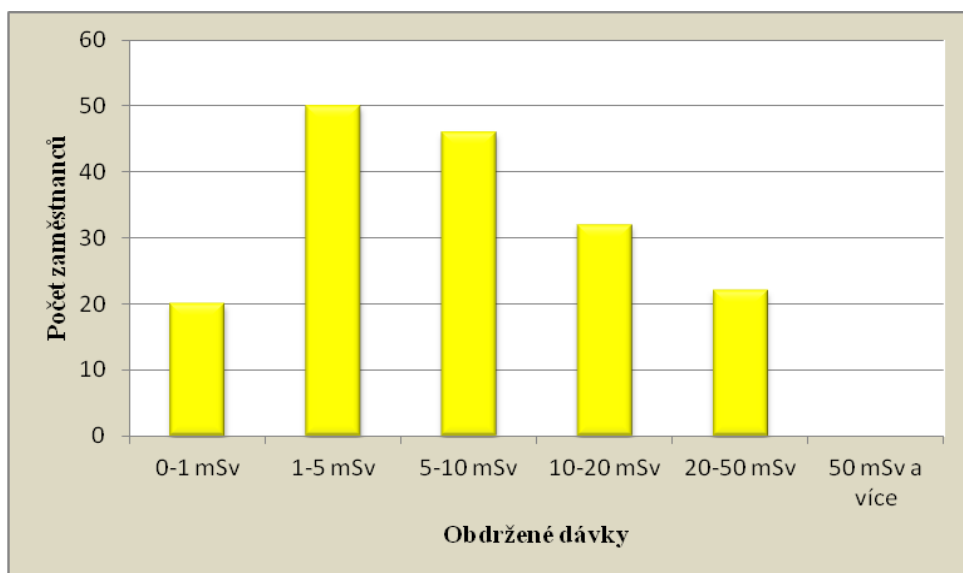
**Graf 12. Rozdělení zaměstnanců ve fialové skupině dle obdržených dávek**



*Zdroj: vlastní výzkum*

Z grafu č. 12 je patrné, že nejvíce zaměstnanců fialové skupiny obdrželo celkovou dávku v rozmezí 1-5 mSv. Naopak obdrženou dávku v rozmezí 50 mSv a více neobdrželi žádní zaměstnanci této skupiny.

**Graf 13. Rozdělení zaměstnanců ve žluté skupině dle obdržených dávek**



*Zdroj: vlastní výzkum*

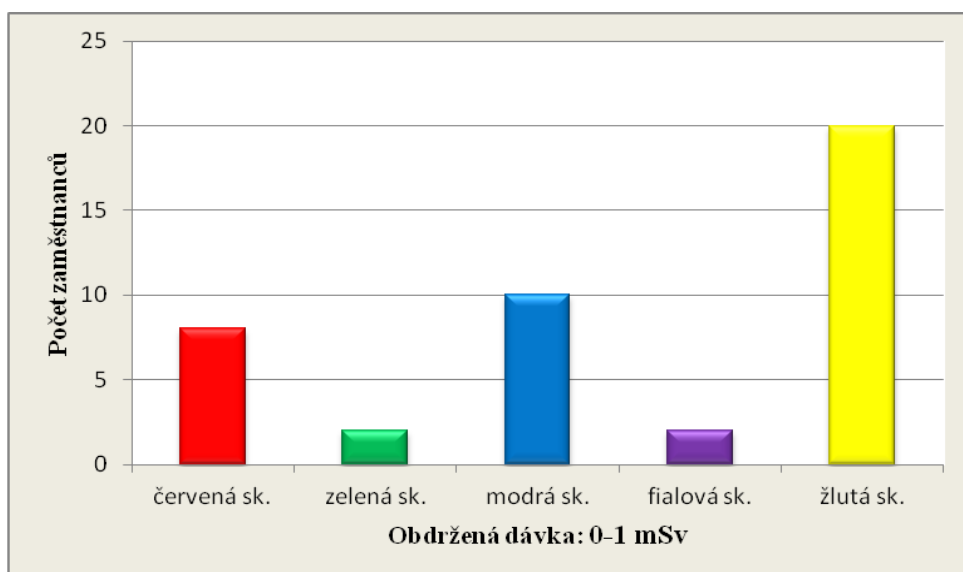
Z grafu č. 13 vyplývá, že nejvíce zaměstnanců žluté skupiny obdrželo celkovou dávku v rozmezí 1-5 mSv, Naopak obdrženou dávku v rozmezí 50 mSv a více neobdrželi žádní zaměstnanci této skupiny.

#### ***3.1.4.2 Porovnání skupin dle pracovišť se skupinami dle obdržených dávek***

V této kapitole jsem porovnávala obdržené dávky rozdělené do skupin s jednotlivými skupinami pracovišť.



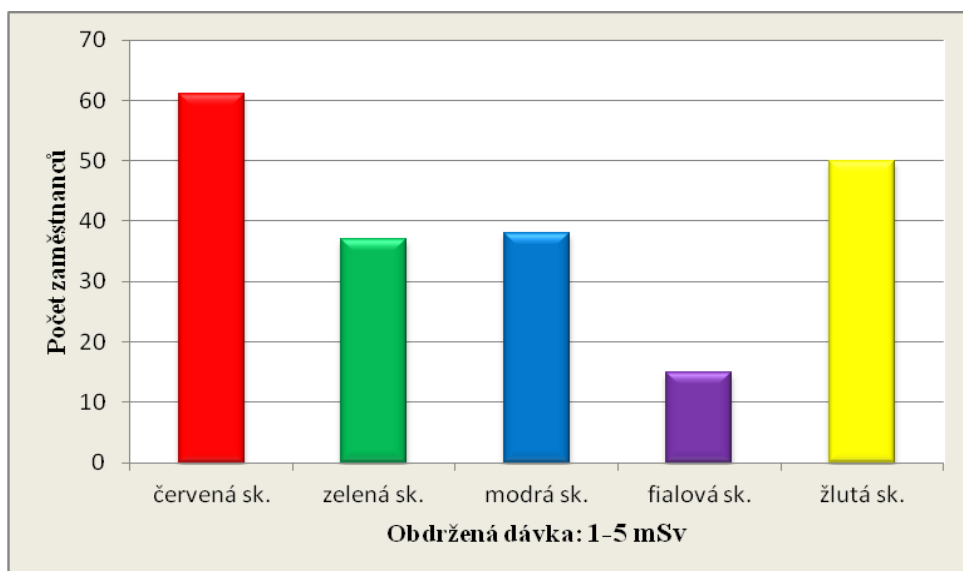
**Graf 14. Porovnání obdržených dávek u jednotlivých skupin dle pracovišť (0-1 mSv)**



*Zdroj: vlastní výzkum*

Z grafu č. 14 je patrné, že dávku v rozmezí 0-1 mSv obdrželo nejvíce zaměstnanců zařazených do žluté skupiny.

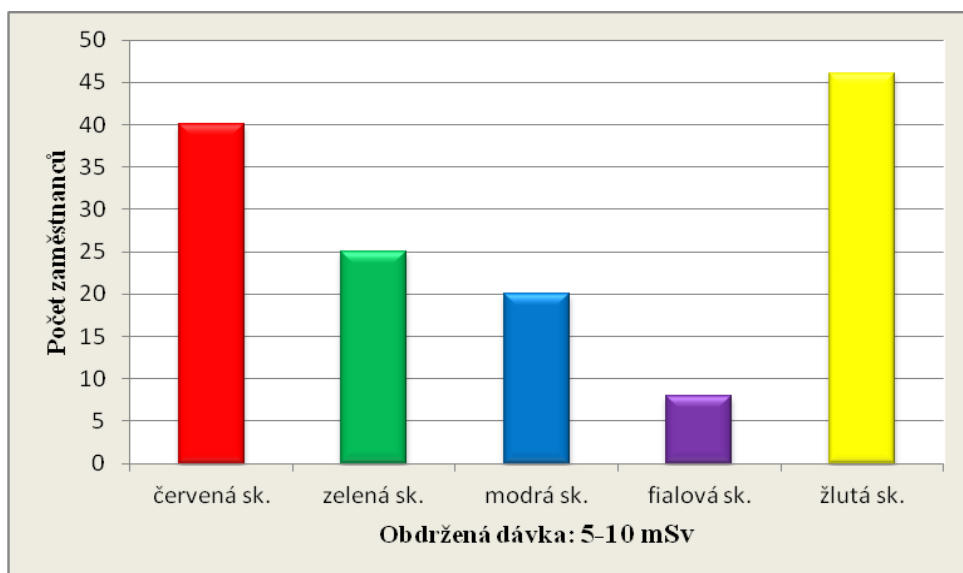
**Graf 15. Porovnání obdržených dávek u jednotlivých skupin dle pracovišť (1-5 mSv)**



*Zdroj: vlastní výzkum*

Z grafu č. 15 vyplývá, že dávku v rozmezí 1-5 mSv obdrželo nejvíce zaměstnanců zařazených do červené skupiny.

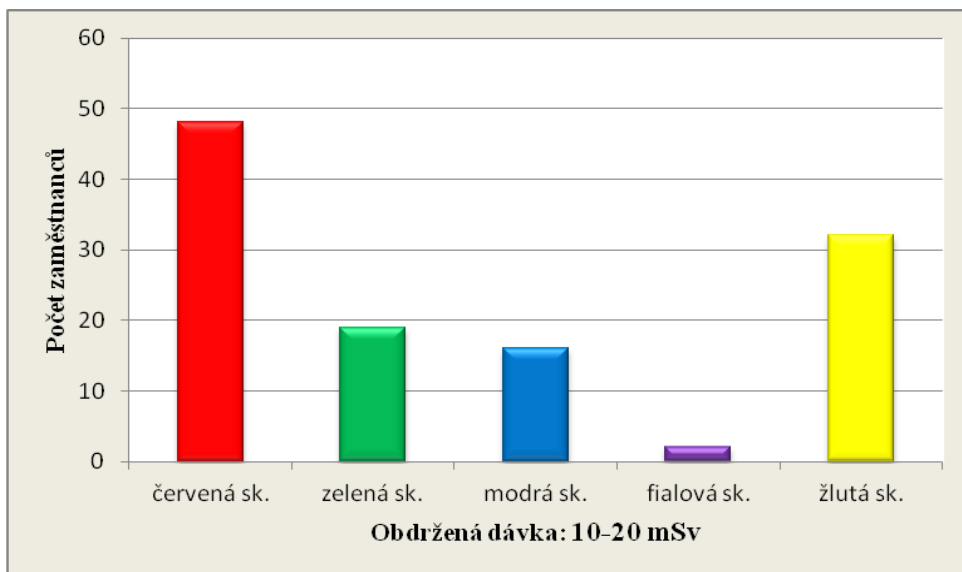
**Graf 16. Porovnání obdržených dávek u jednotlivých skupin dle pracovišť (5-10 mSv)**



*Zdroj: vlastní výzkum*

Z grafu č. 16 je patrné, že dávku v rozmezí 5-10 mSv obdrželo nejvíce zaměstnanců zařazených do žluté skupiny.

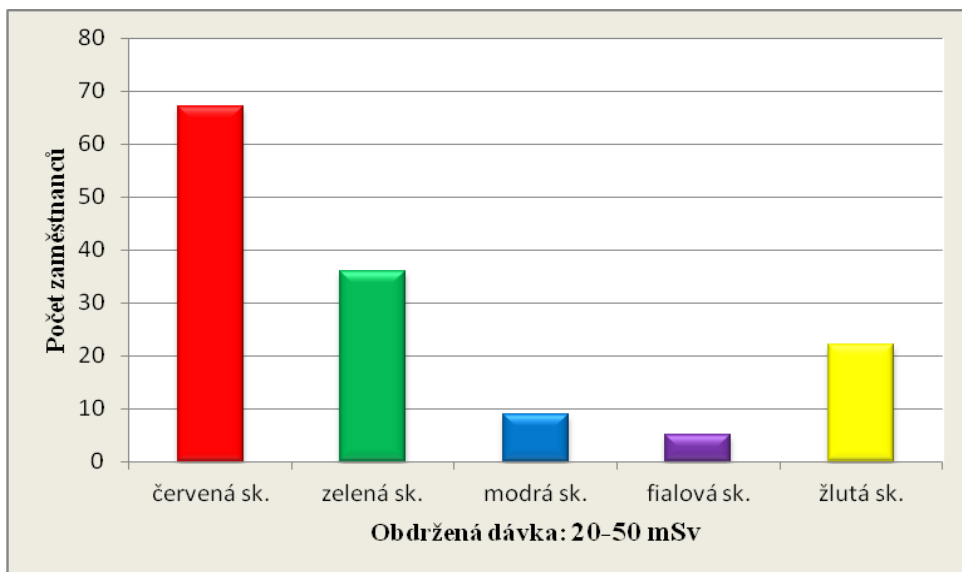
**Graf 17. Porovnání obdržených dávek u jednotlivých skupin dle pracovišť (10-20 mSv)**



*Zdroj: vlastní výzkum*

Z grafu č. 17 vyplývá, že dávku v rozmezí 10-20 mSv obdrželo nejvíce zaměstnanců zařazených do červené skupiny.

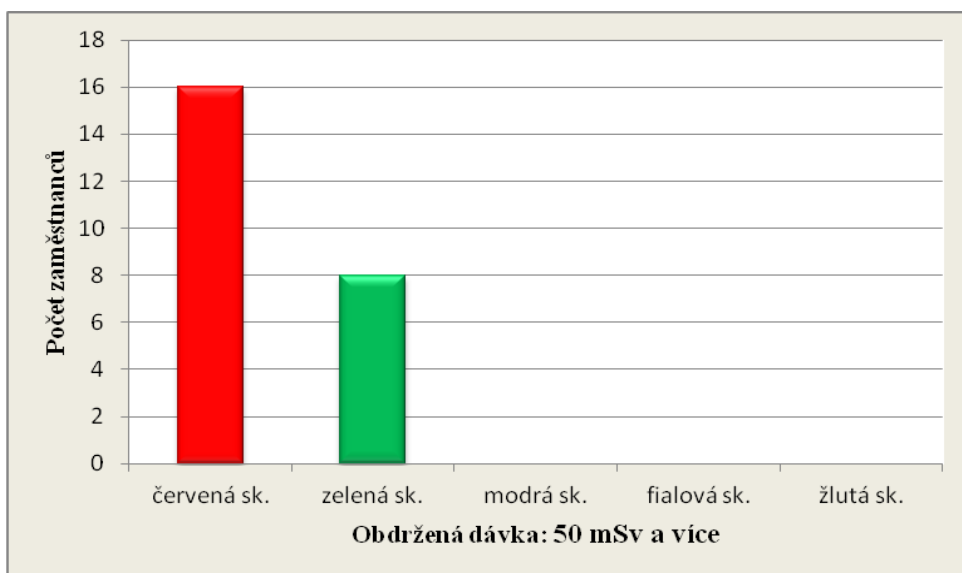
**Graf 18. Porovnání obdržených dávek u jednotlivých skupin dle pracovišť (20-50 mSv)**



*Zdroj: vlastní výzkum*

Z grafu č. 18 vyplývá, že dávku v rozmezí 20-50 mSv obdrželo nejvíce zaměstnanců zařazených do červené skupiny.

**Graf 19. Porovnání obdržených dávek u jednotlivých skupin dle pracovišť (50 mSv a více)**



*Zdroj: vlastní výzkum*

Z grafu č. 19 je patrné, že dávku v rozmezí 50 mSv a více obdrželo nejvíce zaměstnanců zařazených opět do červené skupiny.

### **3.2 Výsledky získané pomocí parametrického testování - statistické šetření obdržených dávek u jednotlivých skupin zaměstnanců dle pracovišť**

Rozdělení zaměstnanců do skupin dle pracovišť je popsáno v kapitole 2.2.2.4 a znázorněno v tabulce č 4. Statistické výsledky jsou zpracované v tabulkovém procesoru MS Excel 2010. S ohledem na množství dat umožňující předpokládat normální rozdělení pravděpodobnosti, byly pro statistické testování hypotéz použity parametrické testy. Jako první byl proveden Fisherův F-test pro porovnání rozptylu, který je předpokladem pro správný výběr Studentova t-testu. U tohoto testu významnosti se rozptyly posuzují pomocí testového kritéria F. Dle hodnot F-testu bylo pro testování

hypotéz rozhodnuto pro použití dvouvýběrového T-testu s rovností rozptylů nebo dvouvýběrového T-testu s nerovností rozptylů. Testovány byly střední hodnoty sledovaných souborů, to znamená jejich charakteristické polohy udávající střed celé skupiny údajů, kolem kterých všechny hodnoty kolísají. Ve Fisherově F-testu jsem srovnávala dávku srovnávacího statistického souboru (žlutá barva) s dávkami základního statistického souboru (červená, modrá, zelená a fialová barva).

**Byly formulovány hypotézy:**

$H_0$ : Střední hodnoty obou výběrů se rovnají.

$H_1$ : Střední hodnoty obou výběrů se nerovnají.

Dosažená hladina statistické významnosti pro T-test nabyla hodnoty (např. 0,440, je tedy větší než zvolené  $\alpha = 0,05$ , což znamená, že nemůžeme zamítnout hypotézu  $H_0$  o rovnosti středních hodnot obou výběrů (skupin). Na hladině významnosti  $\alpha = 0,05$  hypotézu  $H_0$  nezamítáme. To znamená, že přijímáme hypotézu, že střední hodnoty obou výběrů (skupin) jsou stejné. Výběry (skupin) se rovnají.

**Konkrétní případy u skupin zaměstnanců MAPE Mydlovary**

V následujících tabulkách č. 5-8 je uvedena celková dávka, průměrná dávka na jednoho zaměstnance, směrodatná odchylka, počet zaměstnanců a p hodnota. Pokud je p hodnota nižší než hladina významnosti  $\alpha = 0,05$ , je potvrzena hypotéza  $H_1$  a je vyloučena hypotéza  $H_0$ . Pokud je hladina významnosti vyšší než  $\alpha = 0,05$ , je potvrzena hypotéza  $H_0$  a je vyloučena hypotéza  $H_1$ . Pokud je potvrzena hypotéza  $H_1$ , je p hodnota v tabulkách vyznačena červenou barvou.

**Tab. 5. Statistický test žluté a červené skupiny**

Skupiny zaměstnanců dle pracovišť	Žlutá	Červená
Celková dávka (mSv)	1598,5	4230,8
Průměrná dávka na jednoho zaměstnance (mSv)	9,4	17,6
Směrodatná odchylka (mSv)	9,5	17,6
Počet zaměstnanců	170	240
P hodnota	<b>4,93564. 10<sup>-8</sup></b>	

*Zdroj: vlastní výzkum*

Z tabulky č. 5 je patrné, že p hodnota je nižší než hladina významnosti  $\alpha = 0,05$  a je tedy potvrzena hypotéza  $H_1$  a je zamítnuta hypotéza  $H_0$ . Obdržené dávky se u těchto dvou skupin statisticky liší.

**Tab. 6. Statistický test žluté a modré skupiny**

Skupiny zaměstnanců dle pracovišť	Žlutá	Modrá
Celková dávka (mSv)	1598,5	733,1
Průměrná dávka na jednoho zaměstnance (mSv)	9,4	7,9
Směrodatná odchylka (mSv)	9,5	8,6
Počet zaměstnanců	170	93
P hodnota	<b>0,200236678</b>	

*Zdroj: vlastní výzkum*

Z tabulky č. 6 je patrné, že p hodnota je vyšší než hladina významnosti  $\alpha = 0,05$  a je tedy potvrzena hypotéza  $H_0$  a je zamítnuta hypotéza  $H_1$ . Obdržené dávky se u těchto dvou skupin statisticky neliší.

**Tab. 7. Statistický test žluté a zelené skupiny**

Skupiny zaměstnanců dle pracovišť	Žlutá	Zelená
Celková dávka (mSv)	1598,5	2298,2
Průměrná dávka na jednoho zaměstnance (mSv)	9,4	18,1
Směrodatná odchylka (mSv)	9,5	18,5
Počet zaměstnanců	170	127
P hodnota	<b><math>2,57809 \cdot 10^{-7}</math></b>	

*Zdroj: vlastní výzkum*

Z tabulky č. 7 je patrné, že p hodnota je nižší než hladina významnosti  $\alpha = 0,05$  a je tedy potvrzena hypotéza  $H_1$  a je zamítnuta hypotéza  $H_0$ . Obdržené dávky se u těchto dvou skupin statisticky liší.

**Tab. 8. Statistický test žluté a fialové skupiny**

Skupiny zaměstnanců dle pracovišť	Žlutá	Fialová
Celková dávka (mSv)	1598,5	299,1
Průměrná dávka na jednoho zaměstnance (mSv)	9,4	9,4
Směrodatná odchylka (mSv)	9,5	10,8
Počet zaměstnanců	170	32
P hodnota	<b>0,97628808</b>	

*Zdroj: vlastní výzkum*

Z tabulky č. 8 je patrné, že p hodnota je vyšší než hladina významnosti  $\alpha = 0,05$  a je tedy potvrzena hypotéza  $H_0$  a je zamítnuta hypotéza  $H_1$ . Obdržené dávky se u těchto dvou skupin statisticky neliší.



## 4 Diskuze

Tato diplomová práce je zaměřena na problematiku radiační zátěže zaměstnanců bývalé úpravný uranových rud MAPE Mydlovary. Výsledky této práce budou dále využity ve výzkumu, který provádí Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích. Výzkum je zaměřen na možnou radiační zátěž, kterou bývalá chemická úpravna uranových rud MAPE Mydlovary pravděpodobně způsobovala a možná stále ještě způsobuje. Projekt je nazván „Vyšetření zdraví bývalých zaměstnanců MAPE Mydlovary a obyvatel v okolí“ a je řešen pod vedením Prof. Dr. rer. nat. Friedo Zölzera.

Sběr a zpracování dat provázelo mnoho komplikací, jelikož bylo potřebné shromáždit data stará více než 30 let. Data byla sbírána za období 1963-1996. Původním záměrem bylo zpracovat data od roku 1962, kdy byl zahájen provoz úpravný uranových rud MAPE Mydlovary, data jsou ovšem dostupná až od roku 1963. Vzhledem k tomu, že provoz byl zahájen až v listopadu roku 1962 a jedná se tedy pouze o dva měsíce, za které se data nepodařilo získat, můžeme předpokládat, že absence dat za rok 1962 nebude mít na konečné výsledky této práce zásadní vliv. Data potřebná pro toto šetření byla sbírána od října 2013 do dubna 2014.

Před vznikem chemické úpravný uranových rud MAPE Mydlovary bylo rozhodnuto o tom, že bude zrušena a demontována úpravna uranových rud v Nejdku a převážná většina rozebraného materiálu bude použita k výstavbě úpravný uranových rud v oblasti Mydlovary. Tyto práce prováděli zaměstnanci budoucího závodu MAPE Mydlovary, je proto nutné poznamenat, že už při těchto pracích obdrželi zaměstnanci dávky záření. V té době bohužel nebyly používány dozimetry a ani nebyly vedeny dozimetrické listy, proto nelze u jednotlivých zaměstnanců zjistit obdržené dávky a v této práci toto období není zahrnuto.

Nejdříve jsem se zaměřila na sběr dat, která se týkala zaměstnanců bývalé chemické úpravný uranových rud MAPE Mydlovary. Tuto problematiku jsem konzultovala na katedře radiologie, toxikologie a ochrany obyvatelstva na Jihočeské univerzitě v Českých Budějovicích s vedoucím mé diplomové práce – s panem prof. Dr. rer. nat. Friedo Zölzrem a s paní Mgr. Renatou Havránkovou, Ph.D. Na sběru dat se

velice významně podílel pan profesor Zölzer, kterému se po komunikaci se státním podnikem DIAMO podařilo získat osobní dozimetrické listy zaměstnanců, které nyní vlastní a archivuje právě státní podnik DIAMO, který provádí v současné době sanační a rekultivační práce v areálu bývalé chemické úpravny MAPE Mydlovary a který v současné době tuto úpravnu spravuje. Osobní dozimetrické listy zaměstnanců sloužily k zaznamenávání všech potřebných dat, která byla důležitá zejména z hlediska radiační ochrany. Dozimetrický list vlastnil každý zaměstnanec, data do těchto listů byla zaznamenávána po celou dobu, po kterou zaměstnanec v podniku MAPE Mydlovary pracoval. Součástí dozimetrických listů byly údaje, jako je například číslo dozimetrického listu, číslo známky, počet odpracovaných let, osobní dávka gama záření, index pracoviště nebo číslo odběrového listu, odpracované směny a koncentrace radioaktivních látek v ovzduší (dlouhodobé alfa zářiče, rozpadové produkty radonu). Státní podnik DIAMO bohužel neposkytl dozimetrické listy všem zaměstnancům, kteří pracovali v závodě MAPE Mydlovary. Z celkového počtu 984 dozimetrických listů se podařilo získat pouze 733 dozimetrických listů.

Po získání dozimetrických listů jsem se zaměřila na vlastní výzkum. Získané dozimetrické listy jsme si s paní Mgr. Renatou Havránkovou, Ph.D. rozdělily a všechny potřebné údaje zapsaly do tabulkového procesoru MS Excel 2010. Od počátku výzkumu jsem se setkávala s určitými problémy, které bych zde ráda uvedla. Prvním vážnějším problémem byly jednotky uvedené u obdržených dávek v dozimetrických listech zaměstnanců. Do roku 1977 se obdržené dávky zapisovaly do dozimetrických listů zaměstnanců ve starších jednotkách r (rem), od roku 1977 byly obdržené dávky vyjadřovány v jednotkách mGy (miligray). Pro tento výzkum bylo nutné uvádět všechny obdržené dávky ve stejných jednotkách, proto byly dávky zapsané v jednotce r (rem) převedeny na jednotku mGy. Další problematikou bylo také to, že zapůjčené dozimetrické listy byly pouze kopie originálních dozimetrických listů, což znesnadňovalo práci s nimi, jelikož byly některé uvedené údaje velice špatně čitelné. Obdrženo bylo celkem 733 dozimetrických listů, z toho 8 dozimetrických listů chybělo a v 6 dozimetrických listech nebylo uvedeno číslo známky. Každý zaměstnanec měl své číslo známky, ovšem u většiny dozimetrických listů se čísla známek shodovala.

Po komunikaci se státním podnikem DIAMO jsem zjistila, že se nejedná o jednoho a toho samého zaměstnance, ale že číslo známky, byť stejné, patří pokaždé jinému zaměstnanci.

Po zpracování všech dat v programu Excel jsem se zaměřila na jednotlivá pracoviště, na kterých zaměstnanci pracovali. Ve své první hypotéze - „Dávky u zaměstnanců MAPE Mydlovary jsou odlišné v daných skupinách.“ - jsem se zaměřila na rozdělení zaměstnanců do skupin. Proto, aby tato hypotéza mohla být potvrzena či vyvrácena, jsem musela zaměstnance nejdříve rozdělit do jednotlivých skupin dle pracovišť. V dozimetrických listech zaměstnanců jsem se ve většině případů setkávala pouze se zkratkami pracovišť, kde jednotliví zaměstnanci pracovali. Jelikož jsem neznala význam jednotlivých zkratek, obrátila jsem se na státní podnik DIAMO, konkrétně na pana Ing. Radka Bicana, se kterým jsem tuto problematiku konzultovala. Kromě významu některých zkratek mi pan inženýr poskytl také velice cenné informace týkající se měření dávek zaměstnanců a poskytl mi také kontakt na pana Vacka, který pracuje v bývalé úpravně MAPE Mydlovary jako vedoucí provozu rekultivací a likvidačních prací, a kterého jsem zkontaktovala a několikrát jsem se s ním osobně setkala. Pan Josef Vacek, DiS. mi pomohl zjistit v dozimetrických listech význam jednotlivých zkratek, včetně zkratek pracovišť uvedených u každého zaměstnance, a poskytl mi také mnoho užitečných informací týkajících se bývalé chemické úpravně uranových rud MAPE Mydlovary. Díky jeho pomoci a času, který mi věnoval, jsem mohla zaměstnance dle jednotlivých pracovišť rozdělit do čtyř skupin. Důležitým faktem bylo to, že zaměstnanci v úpravně MAPE Mydlovary nepracovali vždy na stejném místě, ale na jednotlivých pracovištích se střídali – výjimku tvořili zaměstnanci pracující na místech, jako byla například administrativní budova, závodní jídelna či prádelna. Proto jsem zaměstnance nerozdělovala podle jednotlivých pracovišť zvláště, ale rozdělovala jsem je do pěti následujících skupin, a to podle míry rizika, s jakou mohli obdržet vysoké dávky záření. Jednotlivé skupiny tvořili: zaměstnanci, kteří pracovali alespoň 6 měsíců s prašností, zaměstnanci, kteří pracovali v hlavní výrobě, ale bez prašnosti (rozděleny do dvou podskupin), zaměstnanci, kteří pracovali v kalojemech a ostatní zaměstnanci vlastníci filmový dozimetr.

Z důvodu velkého počtu dozimetrických listů, ve kterých bylo u jednotlivých zaměstnanců napsáno více pracovišť najednou, jsem musela dozimetrické listy pečlivě pročíst podle svého uvážení určit, do jaké kategorie jednotlivé zaměstnance zařadím.

Nejdříve jsem vyhodnocovala data týkající se dávek, které všichni zaměstnanci obdrželi. Jak jsem již zmínila, obdržené dávky se do dozimetrických listů zaměstnanců zaznamenávaly do roku 1977 ve starších jednotkách r (rem), od roku 1977 se tyto dávky zaznamenávali v jednotkách mGy (miligray). Během období 1962-1991, kdy byla v provozu úpravna MAPE Mydlovary, docházelo ke změnám a úpravám legislativy, která se týkala oblasti radiační ochrany a limitování dávek. Prvním právním předpisem limitujícím obdržené dávky u zaměstnanců byla vyhláška ministerstva zdravotnictví a chemického průmyslu č. 34/1963 Sb., o hygienické ochraně před ionizujícím zářením a o hospodaření se zdroji ionizujícího záření (s účinností od 1. 5. 1963 do 1. 10. 1972). V této vyhlášce bylo definováno, že nejvyšší přípustná dávka záření v celém těle nebo jen v krvetvorných orgánech, v pohlavních žlázách a v oční čočce pracovníků se zdroji záření činí 5 rem za rok (50 mSv/rok). Po této vyhlášce následovala vyhláška ministerstva zdravotnictví České socialistické republiky č. 59/1972 Sb., o ochraně zdraví před ionizujícím zářením (účinnost od 1. 10. 1972, zrušeno dnem 1. 7. 1997), která ve své příloze uváděla nejvyšší přípustnou dávku pro pracovníka, a to 5 rem/rok (gonády, aktivní kostní dřev a v případě rovnoměrného ozáření celé tělo). Tato vyhláška byla zrušena v roce 1997 přijetím atomového zákona (zákon č. 18/1997 Sb., o mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření a o změně a doplnění některých zákonů, s účinností od 1. 7. 1997). Společně s atomovým zákonem byla přijata vyhláška Státního úřadu pro jadernou bezpečnost č. 307/2002 Sb., o radiační ochraně (s účinností od 12. 7. 2002). V této vyhlášce jsou uvedeny dávkové limity pro zaměstnance, které jsou součtem efektivních dávek ze zevního ozáření a úvazků efektivních dávek z vnitřního ozáření a které nesmí přesáhnout hodnotu 100 mSv za 5 za sebou jdoucích kalendářních roků a dále limity, které jsou součtem efektivních dávek ze zevního ozáření a úvazků efektivních dávek z vnitřního ozáření a které nesmí přesáhnout hodnotu 50 mSv za kalendářní rok. Dávky, které zaměstnanci bývalé úpravní MAPE Mydlovary během doby, co zde pracovali, obdrželi, jsem srovnávala podle dávkových

limitů dle současné legislativy, tedy podle vyhlášky č. 307/2002 Sb., o radiační ochraně. Dávky uvedené v dozimetrických listech v remech jsem přepočítala na mGy a zjištěné dávky jsem porovnávala s dávkovými limity. Při zjišťování obdržených dávek u všech zaměstnanců byla použita popisná statistika, pomocí které byla zjištěna celková dávka, průměrná roční dávka na jednoho zaměstnance a bylo také provedeno grafické znázornění zjištěných hodnot.

Z celkového počtu 733 zaměstnanců nedošlo u žádného ze zaměstnanců k překročení dávkových limitů stanovených pro zaměstnance. Jednotlivé dávky zaměstnanců jsem srovnávala s limity platnými v současné době. Výjimku tvořil pouze jediný zaměstnanec s číslem dozimetrického listu 26, který pracoval v bývalé chemické úpravně MAPE Mydlovary 22 let, a který v roce 1970 obdržel dávku 91,8 mSv. U této dávky byla v dozimetrickém listu zaměstnance připsána poznámka „havárie na kyselé lince“, jednalo se tedy podle zákona č. 307/2002 Sb., o radiační ochraně, o zásah při, kterém došlo k havarijnímu ozáření zasahujících osob, a podle tohoto zákona regulace ozáření při zásazích není založena na limitech a nevztahují se na ní tedy limity ozáření. Hranice 20 mSv/rok byla překročena pouze u čtyř zaměstnanců, největší roční dávka byla zjištěna u zaměstnance s číslem dozimetrického listu 351, který obdržel v roce 1971 dávku 23,7 mSv. U ostatních zaměstnanců se roční dávka pohybovala v rozmezí 0-15 mSv/rok. Jak je patrné z tabulky č. 3, největší roční kolektivní dávka u zaměstnanců úpravny MAPE Mydlovary byla obdržena v letech 1970-1974, kdy zde pracovalo každý rok okolo 300 lidí (jedná se pouze o počet zaměstnanců vlastníci filmový dozimetr), během třiceti let se v podniku MAPE Mydlovary vystřídalo přibližně 1100 zaměstnanců. K největšímu rozvoji úpravny MAPE Mydlovary došlo v 80. letech 20. století, kdy zde pracovalo zhruba 640 lidí (včetně administrativy, jídelny, apod.). Můžeme tedy říci, že dávkový limit pro zaměstnance nebyl překročen u žádného zaměstnance, který v úpravně uranových rud MAPE Mydlovary pracoval, proto byla potvrzena hypotéza, že dávky u zaměstnanců nepřesáhly dávkové limity pro zaměstnance.

Zajímavostí je také to, že podle dozimetrických listů nebyla u některých zaměstnanců obdržena žádná dávka záření, zejména v období 1978-1980. V roce 1978

nebyla žádná dávka záření obdržena u přibližně 90 zaměstnanců, v roce 1979 u přibližně 80 zaměstnanců a v roce 1980 u přibližně 30 zaměstnanců. Nabízí se zde tedy otázka, zda má na tento fakt vliv to, že se ve většině případů jedná o zaměstnance zařazené do skupiny ostatní zaměstnanci vlastníci filmový dozimetr (žlutá skupina s nejnižší prašností) nebo zda nebyl v těchto letech přerušen provoz v některých částech podniku či na určitých pracovních místech, zda nešlo o dlouhodobou nemoc nebo úraz, zda nedocházelo například k tomu, že zaměstnanci při práci nepoužívali filmový dozimetr nebo zda nedocházelo k chybnému vyhodnocení či zapsání dozimetrických údajů, zda nešlo o zaměstnance, kteří pracovali v podniku po dobu kratší než 3 měsíce, apod.

Data týkající se jednotlivých pracovišť jsem konzultovala s panem doc. Ing. Ladislavem Beránkem, CSc., který vyučuje na katedře informatiky Pedagogické fakulty na Jihočeské univerzitě v Českých Budějovicích. S jeho pomocí jsem mohla provést statistické šetření jednotlivých skupin zaměstnanců - zaměstnance jsem, jak je v diskuzi uvedeno výše, rozdělila do pěti skupin podle pracovišť. Při zpracování jednotlivých skupin zaměstnanců rozdělených dle pracovišť bylo provedeno statistické testování hypotéz pomocí tzv. Fisherova F-testu pro porovnání rozptylu. Srovnávacím souborem byla žlutá skupina (ostatní zaměstnanci vlastníci filmový dozimetr), která obdržela průměrnou roční dávku - 9,4 mSv. Žlutou skupinu jsem si vybrala jako srovnávací z toho důvodu, že podle pracovního zařazení měli být zaměstnanci zařazení v této skupině vystavováni záření nejméně. Základním souborem byly skupiny červená (zaměstnanci, kteří pracovali alespoň 6 měsíců s prašností), fialová (zaměstnanci, kteří pracovali v kalojemech), zelená (zaměstnanci, kteří pracovali v hlavní výrobě, ale bez prašnosti – první podskupina) a modrá (zaměstnanci, kteří pracovali v hlavní výrobě, ale bez prašnosti – druhá podskupina). U zelené a červené skupiny byla zjištěna hladina významnosti nižší než  $\alpha = 0,05$  a můžeme tedy statisticky prokázat, že zaměstnanci obdrželi oproti skupině žluté zvýšenou dávku záření. U skupiny fialové a modré byla zjištěna hladina významnosti vyšší než  $\alpha = 0,05$  a nemůžeme tedy statisticky prokázat, že zaměstnanci obdrželi oproti skupině ostatních zaměstnanců vlastníci filmový dozimetr zvýšenou dávku záření. Nejvyšší obdržené dávky byly

zjištěny u skupiny zelené, průměrná roční dávka činila 18,10 mSv a byla zde zjištěna nejnižší hladina významnosti. Zajímavý je fakt, že nejvyšší obdržené dávky nebyly zjištěny u zaměstnanců zařazených do červené skupiny, kteří pracovali s vysokou prašností a jako likvidační skupina a u kterých se tedy nejvyšší dávka předpokládala – u této skupiny byla průměrná roční dávka 17,63 mSv. U fialové skupiny byla zjištěna průměrná roční dávka 9,35 mSv a nejnižší průměrná roční dávka byla u skupiny modré, a to 7,88 mSv, zde byla také dosažena nejvyšší hladina významnosti. Z výsledků je patrné, že byla potvrzena hypotéza, že dávky u zaměstnanců MAPE Mydlovary jsou odlišné v daných skupinách.

V této práci jsem také porovnávala celkové obdržené dávky u zaměstnanců MAPE Mydlovary dle různých pracovišť. Nejdříve jsem si vytvořila šest skupin podle obdržených celkových dávek (0-1 mSv, 1-5 mSv, 5-10 mSv, 10-20 mSv, 20-50 mSv, 50 mSv a více), do kterých jsem zaměstnance podle dávek řadila. Z grafu č. 8 bylo tedy patrné, že nejvíce zaměstnanců, kteří pracovali v úpravně MAPE Mydlovary, obdrželo dávku v rozmezí 1-5 mSv (201 zaměstnanců). Dávku v rozmezí 5-10 mSv a 20-50 mSv obdržel u obou skupin stejný počet zaměstnanců, tedy 139. Na čtvrtém místě skončila skupina s obdrženými dávkami 10-20 mSv s celkovým počtem zaměstnanců 117. Páté místo obsadila skupina s obdrženými dávkami 0-1 mSv s celkovým počtem 42 zaměstnanců. Jako poslední skončila skupina s obdrženými dávkami 50 mSv a více, s celkovým počtem 24 zaměstnanců. Ve statistickém šetření jsem zjistila, že zaměstnanci MAPE Mydlovary zařazení do zelené a červené skupiny obdrželi, oproti ostatním zaměstnancům MAPE Mydlovary, vyšší dávky. Proto jsem se tedy rozhodla, že porovnáím také obdržené dávky mezi jednotlivými skupinami pracovišť. Výsledek je patrný z grafů č. 9-19. V červené a zelené skupině obdrželo nejvíce zaměstnanců dávky v rozmezí 1-5 mSv a 20-50 mSv, navíc bylo zjištěno, že pouze u těchto dvou skupin se nacházejí zaměstnanci, kteří obdrželi dávky v rozmezí 50 mSv a více. U modré, fialové a žluté skupiny obdrželo nejvíce zaměstnanců dávky v rozmezí 1-5 mSv. U žluté skupiny, která sloužila ve statistickém šetření jako srovnávací statistický soubor a u které bylo u zaměstnanců riziko vystavení záření nejmenší (tudíž se zde předpokládaly nízké obdržené celkové dávky), je zajímavé to, že v této skupině byl

velký počet zaměstnanců, kteří obdrželi poměrně vysoké dávky, a to dávky v rozmezí 20-50 mSv. To může být způsobeno (jak již bylo zmíněno) tím, že zaměstnanci v úpravně uranových rud MAPE Mydlovary nepracovali vždy jen na jednom místě. Proto mohli i pracovníci žluté skupiny pracovat v areálu hlavní výroby MAPE Mydlovary na pracovištích, kde obdrželi dávky větší. Proto je velmi složité říci, na jakých pracovištích byly obdrženy dávky vyšší a na jakých nižší, jelikož nelze přesně určit, jaké dávky byly na jednotlivých pracovištích obdrženy. Rozdělení do jednotlivých skupin bylo tedy provedeno vzhledem k dostupným datům, pokud by se podařilo získat pro výzkum více informací, toto rozdělení by mohlo být samozřejmě jiné a výsledky by tedy mohly být přesnější.

Pro zajímavost jsem také zpracovávala rozdělení zaměstnanců do skupin dle počtu odpracovaných let, na které jsem také aplikovala popisnou statistiku. Zaměstnance jsem rozdělila do pěti skupin, podle počtu odpracovaných let. První skupinu tvořili zaměstnanci, kteří v MAPE Mydlovary pracovali 0,5 - 5 let a tuto skupinu tvořilo také nejvíce zaměstnanců - 281. Druhou skupinu tvořilo 198 zaměstnanců, kteří v MAPE Mydlovary pracovali 6 - 10 let. Třetí skupinu tvořili zaměstnanci, kteří v MAPE Mydlovary pracovali 11 - 15 let a tvořilo ji 88 zaměstnanců. Čtvrtou skupinu tvořilo 79 zaměstnanců, kteří v MAPE Mydlovary pracovali 16 - 20 let se 79 zaměstnanci. Poslední, pátou skupinu tvořili zaměstnanci, kteří v MAPE Mydlovary pracovali 21 a více let a tvořilo ji 79 zaměstnanců. Z tabulky č. 3 a grafů č. 6-7 vyplývá jasný fakt, že čím déle zaměstnanec v úpravně uranových rud MAPE Mydlovary pracoval, tím větší celkovou dávku obdržel.

Dalším zajímavým faktem je to, že celkové dávky obdržené u zaměstnanců v závodu MAPE Mydlovary byly vyšší od roku 1991, tedy od doby, kdy byl provoz v MAPE Mydlovary ukončen a začalo se s prováděním likvidačních prací. Toto je neočekávané zjištění, v teoretické rovině můžeme uvažovat o tom, že nebyl kladen takový důraz na radiační ochranu zaměstnanců, jako tomu bylo při provozu závodu MAPE Mydlovary. Pravděpodobně se předpokládalo, že dávky u zaměstnanců nebudou vysoké, a proto nemuselo docházet k dostatečné ochraně před zářením.



Z výzkumu je tedy patrné, jak důležitá je existence radiační ochrany a jak důležité je dodržovat její zásady. Při práci se zdroji ionizujícího záření je nesmírně důležité v rámci radiační ochrany také limitování obdržených dávek, a to jak stanovení přípustných dávek, tak i dodržování těchto limitů. Limitování dávek je jedním z mnoha opatření, pomocí kterých je možné splnit základní cíl radiační ochrany – tedy zcela vyloučit vznik deterministických účinků a omezit na minimum výskyt stochastických účinků.

## 5 Závěr

Tato diplomová práce se zabývá radiační zátěží zaměstnanců bývalé chemické úpravy uranových rud MAPE Mydlovary. V této práci jsou porovnány a vyhodnoceny dávky, které zaměstnanci obdrželi – jedná se o dávky obdržené u všech zaměstnanců, o dávky obdržené u zaměstnanců dle pracovišť a o dávky obdržené dle odpracovaných let.

Prvním cílem této práce bylo sledovat radiační zátěž a srovnat naměřené hodnoty u jednotlivých zaměstnanců MAPE Mydlovary. Naměřené hodnoty byly získány prostřednictvím osobních dozimetrických listů každého zaměstnance. Dozimetrické listy byly poskytnuty státním podnikem DIAMO, který je vlastníkem bývalé chemické úpravy uranových rud MAPE Mydlovary, a který tyto dozimetrické listy spravuje a archivuje. Srovnání naměřených hodnot u jednotlivých zaměstnanců bylo provedeno pomocí statistického šetření, data jsou zpracována pomocí programu Excel.

Druhým cílem bylo vyhodnotit naměřené hodnoty u různých skupin zaměstnanců podle typu práce. Vyhodnocení naměřených hodnot bylo provedeno pomocí statistického šetření, při kterém bylo použito parametrické testování. Statistické šetření bylo provedeno pomocí Fisherova F-testu pro porovnání rozptylu, který je předpokladem pro správný výběr Studentova t-testu. Z výsledků je patrné, že radiační zátěž byla největší u skupiny zaměstnanců, kteří pracovali alespoň 6 měsíců s prašností a dále pak u skupiny zaměstnanců, kteří pracovali v hlavní výrobě, ale bez prašnosti a kteří byli zařazeni do první podskupiny (zaměstnanci, kteří pracovali v mlýnici, v zahušřovačích a objektu 304). U těchto dvou skupin můžeme statisticky prokázat, že zaměstnanci obdrželi oproti skupině ostatních zaměstnanců vlastní filmový dozimetr zvýšenou dávku záření. Naopak nejmenší radiační zátěž byla u skupiny zaměstnanců, kteří pracovali v kalojemech a dále také u skupiny zaměstnanců, kteří pracovali v hlavní výrobě, ale bez prašnosti, a kteří byli zařazeni do druhé podskupiny (zaměstnanci pracující na stavebním úseku, elektrikáři 2, klempíři, instalatéri a zaměstnanci pracující na měření a regulaci provozu). U těchto dvou skupin nemůžeme statisticky prokázat, že zaměstnanci obdrželi oproti skupině ostatních zaměstnanců vlastní filmový dozimetr zvýšenou dávku záření.

První hypotéza, že dávky u zaměstnanců MAPE Mydlovary jsou odlišné v daných skupinách, byla potvrzena. Druhá hypotéza, že dávky u zaměstnanců nepřesáhly dávkové limity pro zaměstnance, byla také potvrzena.

Závěrem bych ráda podotkla, že bývalá chemická úpravna uranových rud MAPE Mydlovary splňovala z hlediska limitování dávek s největší pravděpodobností všechna kritéria, jelikož nebyly u zaměstnanců (dle dostupných dozimetrických listů) překročeny dávkové limity. Přesto byla bývalá chemická úpravna uranových rud MAPE Mydlovary zdrojem potenciálního nebezpečí, jelikož docházelo k ozařování zaměstnanců. Existuje proto možnost, že provoz úpravny MAPE Mydlovary měl negativní vliv na zdraví zaměstnanců, a stále ještě existuje reálné nebezpečí možnosti vzniku pozdních účinků, včetně účinků stochastických.

Vliv bývalé chemické úpravny uranových rud MAPE Mydlovary na zaměstnance je problematikou velice obsáhlou a časově velice náročnou. V této práci byl proveden pouze základní výzkum, který je zaměřený na obdržené dávky u zaměstnanců. Bylo by ovšem vhodné zaměřit se také na možný vliv úpravny MAPE Mydlovary na celkový zdravotní stav zaměstnanců a tuto problematiku dále podrobněji prozkoumat.

## 6 Seznam informačních zdrojů

1. KUNA, Pavel a Leoš NAVRÁTIL. *Klinická radiobiologie*. 1. vyd. Praha: Manus, 2005, 222 s. ISBN 80-865-7109-2.
2. KLENER, Vladislav et al. *Principy a praxe radiační ochrany*. Praha: Státní úřad pro jadernou bezpečnost, 2000, 619 s. ISBN 80-238-3703-6.
3. HŮLKA, Jiří. *Postupy při povolování činností vedoucích k uvolňování přírodních radionuklidů do životního prostředí a postupy při posuzování zásahů v oblastech s ukončenou hornickou činností*. Projekt institucionálního výzkumu SÚRO, okruh I, úkol č. 6, předběžná zpráva za rok 1998.
4. SÚJB. *Stručný přehled biologických účinků záření* [online]. [cit. 2014-04-18]. Dostupné z: <https://www.sujb.cz/radiacni-ochrana/oznameni-a-informace/strucny-prehled-biologickych-ucinku-zareni/>.
5. SLOUKA, Vlastimil. *Biologické účinky záření*. 1. vyd. Praha: Orbis, 1959, 108 s.
6. FELTL, David., CVEK Jakub. *Klinická radiobiologie*. 1. vyd. Praha: Tobiáš, 2008, 105 s., ISBN 97-880-7311-103-8.
7. ÖSTERREICHER, Jan a Jiřina VÁVROVÁ. *Přednášky z radiobiologie*. 1. vyd. Praha: Manus, 2003, 112 s. ISBN 80-865-7101-7.
8. ULLMANN, Vojtěch. *Jaderná a radiační fyzika: Radionuklidy*. [online]. [cit. 2014-02-16]. Dostupné z: <http://astronuklfyzika.cz/JadRadFyzika4.htm>.
9. SÚKUPOVÁ, Lucie. *Deterministické a stochastické účinky ozáření* [online]. 2012. [cit. 2014-04-20]. Dostupné z: <http://www.sukupova.cz/deterministicke-a-stochasticke-ucinky-ozareni/>.
10. VÁVROVÁ, Jiřina a Stanislav FILIP. *Radiosenzitivita hematopoetického systému*. 1. vyd. Praha: Galén, 2002, 99 s. ISBN 80-726-2200-5.
11. ULLMANN, Vojtěch. *Biologické účinky ionizujícího záření: Radiační ochrana*. [online]. [cit. 2014-04-06]. Dostupné z: <http://astronuklfyzika.cz/RadiacniOchrana.htm>
12. SHIBATA, Yoshisada, et al. *Radiation and humankind : proceedings of the first Nagasaki Symposium of International Consortium for Medical Care of*

- Hibakusha and Radiation Life Science, Nagasaki, Japan, 21-22 February 2003.*  
1. vydání. Amsterdam; London: Elsevier, 2003. ISBN 0-444-5144-30.
13. ŠTĚTINA, Jiří. *Zdravotnictví a integrovaný záchranný systém při hromadných neštěstích a katastrofách.* 1. vyd. Praha: Grada, 2014, 557 s. ISBN 978-802-4745-787.
14. HÁLA, Jiří. *Radioaktivita ionizující záření, jaderná energie.* 1. vyd. Brno: Konvoj, 1998, 310 s. ISBN 80-856-1556-8.
15. ŠVEC, Jiří. *Radioaktivita a ionizující záření.* Ostrava: SPBI, 2005, 35 s. ISBN 80-86634-62-0.
16. ULLMANN, Vojtěch. *Aplikace ionizujícího záření – jaderné a radiační metody.* [online]. [cit. 2014-04-02]. Dostupné z: <http://astronuklfyzika.cz/JadRadMetody.htm>
17. KOLEKTIV AUTORŮ. *Ochrana při práci se zdroji ionizujícího záření.* Ostrava: Dům techniky Ostrava, 1998, ISBN 80-02-01230-5.
18. *Záření gama* [online]. [cit. 2014-04-18]. Dostupné z: <http://cz7asm.wz.cz/fyz/index.php?page=zargam>
19. HEMER, M., M. JURDA, M. NĚMEC a H. SOLNICKÁ. *Radiační monitorovací síť v oblastech dotčených těžbou a zpracováním uranových rud.* Sborník XX. Radiohygienické dny. Jáchymov. 1996.
20. HELEBRANT, Jan. *Radonová problematika v ČR.* Psáry, 2005. Bakalářská práce. Univerzita Karlova v Praze.
21. OBEC MYDLOVARY. *Obec Mydlovary.* [online]. [cit. 2014-05-16]. Dostupné z: <http://www.mydlovary.cz/>
22. SASSMANN, Alois. *Mydlovary: Z historie obce a okolí.* Obecní Úřad Mydlovary, 2001.
23. ŠURÁŇ, Josef a Pavel VESELÝ. *Uranový průmysl v České republice: historie a současný vývoj.* In: Uhlí rudy a geologický průzkum. 1997, s. 372-376. ISSN 0454-5524.

24. PETROVÁ Šárka, Petr SOUDEK a Tomáš VANĚK. *Remediace oblastní těžby uranu v České republice*. [online]. 2013. [cit. 2014-05-17]. Dostupné z: [http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2013\\_04\\_283-291.pdf](http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2013_04_283-291.pdf)
25. LEPKA, František. *Český uran 1945-2002: Neznámé politické a hospodářské souvislosti*. 1. vyd. Liberec: Knihy 555, 2003, 101 s. ISBN 80-866-6005-2.
26. KAFKA, Jan. *Rudné a uranové hornictví České republiky*. Ostrava: Anagram, 2003, 647 s. ISBN 80-863-3167-9.
27. DIAMO. *Státní podnik Stráž pod Ralskem* [online]. 2014. [cit. 2014-05-16]. Dostupné z: <http://www.diamo.cz/diamo-statni-podnik-straz-pod-ralskem>.
28. CALLA. *Uran: bude se u nás znovu těžit?*. České Budějovice, 2008, 34 s. ISBN 978-80-903910-5-5.
29. KOLÁŘOVÁ, Eva. *Rekultivace uranových odkališť*. Praha, 2010. Disertační práce. České vysoké učení technické v Praze. Vedoucí práce Prof. Ing. Ivan Vaníček, DrSc.
30. KOLEKTIV PRACOVNÍKŮ STŘEDISKA OCHRANY ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ. *Revize vlivu chemické úpravní uranového průmyslu MAPE Mydlovary na životní prostředí*. Stráž pod Ralskem, 1991. Výzkumná zpráva. MEGA-Výzkumný a vývojový ústav, s. p. Stráž pod Ralskem.
31. TOMÁŠEK, Josef. *Přílohy ke Studii EIA: Sanace a rekultivace Mydlovary*. Příloha 3. SOM s.r.o., Mníšek pod Brdy, 2001.
32. ŠTAMBERG, Karel. *Technologie jaderných paliv*. 1. vyd. Praha: Nakladatelství ČVUT, 2006-1994, 225 s. ISBN 80-010-3479-8.
33. VACEK, Josef – ústní sdělení (vedoucí provozu rekultivací a likvidačních prací Mydlovary, odštěpného závodu Správa uranových ložisek Příbram, státního podniku DIAMO) dne 16. dubna 2014.
34. MUSÍLEK, Ladislav, Josef ŠEDA a Jaroslav TROUSIL. *Dozimetrie ionizujícího záření*. Praha: ČVUT, 1992, 282 s., ISBN 80-01-00812-6.
35. DRÁBOVÁ, Alena. *Historie radiační ochrany v ČR: 10 let Státního ústavu radiační ochrany 1995-2005*. Praha: Státní ústav radiační ochrany, 2006, 83 s. ISBN 80-239-6594-8.

36. BARAN, Petr. *Fyzikální a biologická dozimetrie uranových horníků*. České Budějovice, 2007. Bakalářská práce. Jihočeská Univerzita v Českých Budějovicích. Vedoucí práce doc. Dr. Friedo Zölzer, PhD.
37. Česko. ZÁKON č. 18 ze dne 24. ledna 1997 o mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření (atomový zákon) a o změně a doplnění některých zákonů. In *Sbírka zákonů, Česká republika*. 1997, Částka 5, s. 82 - 106.
38. SÚJB. *Zabezpečení osobního monitorování při činnostech vedoucích k ozáření, Část I. – zevní ozáření* [online]. 2007. [cit. 2014-05-16]. Dostupné z:[http://www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/radiacni-ochrana/28-dozimetrie\\_zevni\\_2007.pdf](http://www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/radiacni-ochrana/28-dozimetrie_zevni_2007.pdf).
39. Česko. VYHLÁŠKA Státního úřadu pro jadernou bezpečnost č. 307 ze dne 13. června 2002 o radiační ochraně. In *Sbírka zákonů, Česká republika*. 2002, Částka 113, s. 6362 - 6540.
40. MATZNER, Jan. *Radiační ochrana: studijní texty*. České Budějovice, 2011, s. 46.
41. SINGER, Jan a Jindřiška HEŘMANSKÁ. *Principy radiační ochrany*. 1. vyd. České Budějovice: Jihočeská univerzita, Zdravotně sociální fakulta, 2004, 111 s. ISBN 80-704-0708-5.
42. MOTL, Alois. *Úvod do radiační chemie*. 1. vyd. Praha: ČVUT, 1990, 219 s. ISBN 80-010-0273-X.
43. SEIDLEROVÁ, Irena a Jan SEIDLER. *Jáchymovská uranová ruda a výzkum radioaktivity na přelomu 19. a 20. století*. Praha: Národní technické muzeum, 2007, 128 s. Práce z dějin techniky a přírodních věd. ISBN 978-80-7037-170-1.
44. PROTECTION, Publ. for the International Commission on Radiological. *General principles for the radiation protection of workers: adopted by the commission, in January 1997*. 1. ed. Oxford: Pergamon, 1997. ISBN 00-804-2741-3.
45. KONEČNÝ, Jiří. *Radiační fyzika*. 1. vyd. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zdravotně sociální fakulta, 2006, 109 s. ISBN 80-704-0843-X.

46. DOPORUČENÍ ICRP Č. 103: *Doporučení Mezinárodní komise radiologické ochrany*. SÚJB, ©2009.
47. *Záření a zdraví* [online]. [cit. 2014-04-06]. Dostupné z: <http://www.med.muni.cz/dokumenty/pdf/zareni.pdf>.
48. MARUŠIAKOVÁ M., GREGOR Z., TOMÁŠEK L., *A review of exposures to radon, long-lived radionuclides and external gamma at the Czech uranium mine* [online]. In: Oxford Journals. Published April 6, 2011. [cit. 2014-05-21]. Dostupné z: <http://rpd.oxfordjournals.org/content/149/4/371.short>
49. MARSH J. W., BLANCHARDON E., GREGORATTO D., HOFMANN W., KARCHER K., NOSSKE D., TOMÁŠEK L., *Dosimetric calculations for uranium miners for epidemiological studies* [online]. In: Oxford Journals. Published August 3, 2011. [cit. 2014-05-21]. Published August 3, 2011. Dostupné z: <http://rpd.oxfordjournals.org/content/149/4/371.long>
50. DIAMO. *Fotogalerie* [online]. 2014. [cit. 2014-06-20]. Dostupné z: <http://www.diamo.cz/fotogalerie>.



## 7 Seznam obrázků

<b>Obr. 1.</b> Uranová, thoriová a aktinová přeměnová řada .....	<b>16</b>
<b>Obr. 2.</b> Schématické znázornění význačných procesů a jejich časové posloupnosti při účincích ionizujícího záření na živou tkáň. ....	<b>18</b>
<b>Obr. 3.</b> Stochastické a deterministické účinky .....	<b>21</b>
<b>Obr. 4.</b> Aditivní (AR) a multiplikatívni (RR) model rizika v závislosti na věku. Plná čára znázorňuje specifickou úmrtnost na sto tisíc osob v neexponované populaci, šifrovaná oblast představuje zvýšení rizika rakoviny plic, které bylo skutečně pozorováno ve skupině horníků uranových dolů při expozici 30 WLM. ....	<b>26</b>
<b>Obr. 5.</b> Uranová mapa České republiky .....	<b>28</b>
<b>Obr. 6.</b> Areál bývalé chemické úpravní MAPE Mydlovary.....	<b>30</b>
<b>Obr. 7.</b> Technologické schéma chemické úpravní MAPE .....	<b>40</b>
<b>Obr. 8.</b> Příklad dozimetrického listu od roku 1966.....	<b>51</b>
<b>Obr. 9.</b> Příklad dozimetrického listu od roku 1979.....	<b>52</b>
<b>Obr. 10.</b> List č. 1 Celkové dávky, index pracoviště, počet odpracovaných roků, dlouhodobé a dceřiné produkty radonu .....	<b>54</b>
<b>Obr. 11.</b> List č. 2 Osobní dávka gama záření od roku 1963 - 1977 .....	<b>54</b>
<b>Obr. 12.</b> List č. 3 Objemová aktivita.....	<b>55</b>
<b>Obr. 13.</b> Schéma a popis chemické úpravní MAPE Mydlovary .....	<b>57</b>
<b>Obr. 14.</b> Schéma a rozdělení chemické úpravní MAPE Mydlovary .....	<b>58</b>

## 8 Seznam tabulek

<b>Tab. 1.</b> Výsledky epidemiologických studií měření radonu v objektech v různých místech světa ukazují zvýšené riziko výskytu rakoviny plic (tučná čísla, v procentech) při expozici radonu $100 \text{ Bq.m}^{-3}$ .....	<b>26</b>
<b>Tab. 2.</b> Kolektivní efektivní roční a průměrná dávka u zaměstnanců MAPE Mydlovary za jednotlivé roky.....	<b>61</b>
<b>Tab. 3.</b> Obdržené dávky u jednotlivých skupin zaměstnanců MAPE Mydlovary dle odpracovaných let .....	<b>65</b>
<b>Tab. 4.</b> Přehled celkových dávek u zaměstnanců MAPE Mydlovary dle pracovišť .....	<b>67</b>
<b>Tab. 5.</b> Statistický test žluté a červené skupiny .....	<b>78</b>
<b>Tab. 6.</b> Statistický test žluté a modré skupiny.....	<b>78</b>
<b>Tab. 7.</b> Statistický test žluté a zelené skupiny.....	<b>79</b>
<b>Tab. 8.</b> Statistický test žluté a fialové skupiny.....	<b>80</b>

## 9 Seznam grafů

<b>Graf 1.</b> Počty zaměstnanců pracujících v MAPE Mydlovary za jednotlivé roky .....	<b>62</b>
<b>Graf 2.</b> Kolektivní efektivní roční dávka u zaměstnanců MAPE Mydlovary.....	<b>63</b>
<b>Graf 3.</b> Průměrná roční dávka u zaměstnanců MAPE Mydlovary .....	<b>63</b>
<b>Graf 4.</b> Medián roční dávky u zaměstnanců MAPE Mydlovary.....	<b>64</b>
<b>Graf 5.</b> Celková dávka u jednotlivých skupin zaměstnanců MAPE Mydlovary dle odpracovaných let .....	<b>66</b>
<b>Graf 6.</b> Průměrná dávka u jednotlivých skupin zaměstnanců MAPE Mydlovary dle odpracovaných let .....	<b>66</b>
<b>Graf 7.</b> Medián dávky u jednotlivých skupin zaměstnanců MAPE Mydlovary dle odpracovaných let .....	<b>67</b>
<b>Graf 8.</b> Počty zaměstnanců a jejich obdržené dávky .....	<b>69</b>
<b>Graf 9.</b> Rozdělení zaměstnanců červené skupiny dle obdržných dávek .....	<b>70</b>
<b>Graf 10.</b> Rozdělení zaměstnanců zelené skupiny dle obdržných dávek .....	<b>70</b>
<b>Graf 11.</b> Rozdělení zaměstnanců v modré skupině dle obdržných dávek.....	<b>71</b>
<b>Graf 12.</b> Rozdělení zaměstnanců ve fialové skupině dle obdržných dávek .....	<b>71</b>
<b>Graf 13.</b> Rozdělení zaměstnanců ve žluté skupině dle obdržných dávek .....	<b>72</b>
<b>Graf 14.</b> Porovnání obdrž. dávek u jednotlivých skupin dle pracovišť (0-1 mSv).....	<b>73</b>
<b>Graf 15.</b> Porovnání obdrž. dávek u jednotlivých skupin dle pracovišť (1-5 mSv).....	<b>73</b>
<b>Graf 16.</b> Porovnání obdrž. dávek u jednotlivých skupin dle pracovišť (5-10 mSv).....	<b>74</b>
<b>Graf 17.</b> Porovnání obdrž. dávek u jednotlivých skupin dle pracovišť (10-20 mSv)...	<b>75</b>
<b>Graf 18.</b> Porovnání obdrž. dávek u jednotlivých skupin dle pracovišť (20-50 mSv)...	<b>75</b>
<b>Graf 19.</b> Porovnání obdrž. d. u jednotlivých skupin dle pracovišť (50 mSv a více) ....	<b>76</b>

## **10 Přílohy**

**Příloha A** - *Základní výrobní ukazatele chemické úpravny MAPE Mydlovary*

**Příloha B** - *Pracovní oděv a ochranné pomůcky zaměstnanců MAPE Mydlovary*

**Příloha C** - *Popis OD 88*

**Příloha D** - *Prováděcí vyhlášky Státního úřadu pro jadernou bezpečnost (atomový zákon)*

**Příloha E** - *Odvozené veličiny a jednotky používané v radiační fyzice a ochraně*

**Příloha F** - *Podklady pro stanovení veličin radiační ochrany*

**Příloha G** - *Zkratky pracovišť v dozimetrických listech zaměstnanců bývalé chemické úpravny MAPE Mydlovary*

**Příloha A - Základní výrobní ukazatele chemické úpravný MAPE Mydlovary**

Rok	Zpracování			Výroba [t U]	Výtěžnost do konc. [%]	Kovnatost odpadu [%U]
	[t]	[%U]	[t U]			
1962	17 552	0,157	27,5	13,3	48,3	0,0600
1963	243 330	0,186	452,1	355,1	78,5	0,0320
1964	472 076	0,182	858,6	747,5	87,1	0,0240
1965	602 283	0,159	960,3	848,8	88,4	0,0180
1966	702 843	0,160	1 127,1	1 001,6	88,9	0,0177
1967	714 089	0,176	1 259,2	1 132,9	90,0	0,0186
1968	629 584	0,196	1 233,8	1 153,7	93,5	0,0135
1969	493 087	0,273	1 346,5	1 260,7	93,6	0,0175
1970	547 378	0,328	1 793,1	1 699,3	94,8	0,0158
1971	565 490	0,335	1 894,9	1 795,2	94,7	0,0157
1972	541 943	0,339	1 839,0	1 786,9	97,2	0,0123
1973	692 532	0,245	1 693,5	1 602,8	94,6	0,0132
1974	599 740	0,180	1 079,2	999,7	92,6	0,0117
1975	599 004	0,159	953,7	888,8	93,2	0,0124
1976	582 653	0,211	1 231,5	1 154,3	93,7	0,0131
1977	581 719	0,205	1 190,5	1 122,7	94,3	0,0129
1978	651 391	0,194	1 266,5	1 178,7	93,1	0,0127
1979	710 596	0,164	1 162,1	1 083,4	93,2	0,0119
1980	729 012	0,144	1 048,4	925,5	90,8	0,0120
1981	748 427	0,134	999,8	910,1	91,0	0,0115
1982	741 580	0,132	981,4	909,5	92,7	0,0112
1983	731 084	0,131	957,1	871,8	91,1	0,0116
1984	695 352	0,134	928,4	850,3	91,6	0,0118
1985	674 153	0,131	880,6	800,3	90,9	0,0119
1986	631 709	0,126	795,3	725,7	91,2	0,0113
1987	633 592	0,127	803,4	728,3	90,7	0,0116
1988	487 302	0,144	699,9	642,4	91,8	0,0111
1989	410 381	0,158	647,0	600,1	92,7	0,0114
1990	225 141	0,204	480,8	463,4	96,4	0,0074
1991	90 812	0,267	242,0	245,6	101,4	0,0059

Rok	Zpracování			Výroba	Výtěžnost do konc.	Kovnatost odpadu
	[t]	[%U]	[t U]	[t U]	[%]	[%U]
<i>Celkem</i>	<i>16 745835</i>	<i>0,184</i>	<i>30 833,3</i>	<i>28 525,2</i>	<i>92,5</i>	<i>0,0138</i>

*Zdroj: Rudné a uranové hornictví České republiky*

**Příloha B - Pracovní oděv a ochranné pomůcky zaměstnanců MAPE Mydlovary**



## **Příloha C - Popis OD 88**

Osobní dozimetr dceřiných produktů radonu OD 88 je přídavné zařízení k vestavbě do důlního osobního svítidla Elektrosvit, z jehož akumulátorové baterie je napájen. Ve spojení s tímto svítidlem je určen k osobní dozimetrii dceřiných produktů radonu pro pracovníky v kontrolovaných pásmech.

Osobní dozimetr OD 88 je integrální dozimetr dceřiných produktů radonu s detekčním systémem, používajícím stopový detektor alfa záření. Během provozu je dozimetrem prosáván okolní vzduch, který prochází mikrovláknitým filtrem detekčního systému, zachycujícím v něm obsažené prachové částice, na něž je vázána převážná část dceřiných produktů radonu obsažených v tomto vzduchu. Alfa částice, emitované při rozpadu dceřiných produktů radonu zachycených na filtru směrem k detektoru detekčního systému dozimetru, procházejí brzdícím filtrem, snižujícím jejich energii na optimální hodnotu pro použitý stopový detektor. V něm při dopadu vytvářejí strukturální poruchy – stopy, které lze po skončení sledovaného období zviditelnit leptáním a z jejich plošné hustoty určit příjem dceřiných produktů radonu u dozimetricky sledovaného pracovníka, nebo využít pro sledování konkrétního pracoviště.

Prosávání vzduchu s prachovými částicemi a na ně vázanými dceřinými produkty radonu zabezpečuje membránové čerpadlo. Požadovaný stálý objemový průtok vzduchu dozimetrem je zajištěn jednak udržováním konstantních otáček pohonného elektromotoru čerpadla elektronickým regulátorem s optoelektronickým snímačem otáček, jednak pracovní charakteristikou čerpadla, činící objemový průtok málo závislým na změnách pneumatických odporů v okruhu čerpadla (např. vlivem zanášení mikrovláknitého filtru detekčního systému).

Součástí elektronického regulátoru otáček je obvod automaticky zapínající membránové čerpadlo při vyjmutí svítidla s osobním dozimetrem z nabíjecího stojanu a vypínající čerpadlo při následném zasunutí svítidla do tohoto stojanu. Tím je doba chodu čerpadla prakticky omezena pouze na dobu, po kterou má příslušný pracovník svítidlo s dozimetrem u sebe a po kterou také má být dozimetricky sledován.



Ze strany dozimetricky sledovaného pracovníka nevyžaduje dozimetr během provozu žádnou pozornost. Nutná je občasná kontrola správné činnosti, prováděná měřeními objemového průtoku vzduchu dozimetrem a v intervalech 1 x za dva týdny.

### ***Měřicí metoda***

Ke kontrole čerpacích agregátů a dozimetrů z hlediska objemového průtoku nasávaného vzduchu se využívá metodika nepřímého měření prostřednictvím bublinkového průtokoměru.

Při použití této metody se pomocí stopek zjišťuje „doba proběhu“ bublinky unášené nasávaným vzduchem mezi dvěma označenými ryskami na kalibrované stupnici průtokoměru (představují objem 10 ml) v sekundách. Z hodnoty doby proběhu bublinky mezi dvěma ryskami se objemový průtok dá vypočítat podle vzorce:

$$Q_s = \frac{3600 \cdot 10}{1000 \cdot t_p} = \frac{36}{t_p}$$

$Q_s$  je objemový průtok nasávaného vzduchu v l/s

$t_p$  doba proběhu bublinky v sekundách

Výrobce je objemový průtok nastavován na 5 l/hod. a přípustná hodnota při kontrole čerpacího agregátu je stanovena 4,75 l/hod. – 5,25 l/hod. Pro naše účely tedy postačuje, aby doba proběhu bublinky byla v časovém rozmezí 7,6 s – 6,9 s. To znamená, že při naměření času 7,6 s – 6,9 s je čerpací agregát v pořádku a může se dále používat. V případě, že nevyhovuje danému rozmezí, nutno seřídit.

Měření času je prováděno stopkami (zařazenými mezi informativní měřidla daného pracoviště), průtoková trubice je kalibrována již výrobcem (zařazená mezi kalibrovaná měřidla daného pracoviště). Teplota při měření je stanovena pouze orientačně, má se pohybovat od 10 °C do 20 °C a je měřena pokojovými teploměry (zařazené rovněž mezi informativní měřidla daného pracoviště).

**Příloha D - Prováděcí vyhlášky Státního úřadu pro jadernou bezpečnost (atomový zákon)**

- *Vyhláška č. 307/2002 Sb., o radiační ochraně, v platném znění;*
- *Vyhláška č. 144/1997 Sb., o fyzické ochraně jaderných materiálů a jaderných zařízení a o jejich zařazování do jednotlivých kategorií, v platném znění;*
- *Vyhláška č. 146/1997 Sb., stanovující činnosti, které mají bezprostřední vliv na jadernou bezpečnost, a činnosti zvláště důležité z hlediska radiační ochrany, požadavky na kvalifikaci a odbornou přípravu, způsob ověřování zvláštní odborné způsobilosti a udělování oprávnění vybraným pracovníkům a způsob provedení schvalované dokumentace pro povolení k přípravě vybraných pracovníků, v platném znění;*
- *Vyhláška č. 132/2008 Sb., o systému jakosti při provádění a zajišťování činností souvisejících s využíváním jaderné energie a radiačních činností a o zabezpečování jakosti vybraných zařízení s ohledem na jejich zařazení do bezpečnostních tříd;*
- *Vyhláška č. 185/2003 Sb., o vyřazování jaderného zařízení nebo pracoviště III. nebo IV. kategorie z provozu;*
- *Vyhláška č. 317/2002 Sb., o typovém schvalování obalových souborů pro přepravu, skladování a ukládání jaderných materiálů a radioaktivních látek, o typovém schvalování zdrojů ionizujícího záření a o přepravě jaderných materiálů a určených radioaktivních látek (o typovém schvalování a přepravě), v platném znění;*
- *Vyhláška 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, v platném znění.*

## **Příloha E - Odvozené veličiny a jednotky používané v radiační fyzice a ochraně**

**Dávkový příkon** - přírůstek dávky za jednotku času. Jednotkou dávkového příkonu je gray za sekundu [Gy/s], v praxi se však používají nižší jednotky - spíše  $\mu\text{Gy/h}$ .

**Kermový příkon** - přírůstek kermu za jednotku času. Jeho jednotkou je [Gy/s].

**Expoziční příkon** - přírůstek expozice za jednotku času. Jednotkou expozičního příkonu je [C/kg] nebo [A/kg]. Veličina expozice se v dozimetrické praxi postupně opouští. Místo ní se doporučuje používat kermu ve vzduchu nebo ve tkáni. Je možné používat těchto aproximativních vztahů:

$$1 \text{ R} = 10 \text{ mGy/h}$$

$$1 \text{ mR} = 10 \mu\text{Gy/h}$$

**Kolektivní efektivní dávky** - součet efektivních dávek všech jednotlivců v určité skupině

**Úvazek ekvivalentní dávky  $H_T(\tau)$**

$$H_T(\tau) = \int_{t_0}^{t_0+\tau} \dot{H}_T(t) dt$$

- $t_0$  je čas příjmu radionuklidu,  $\tau$  je doba ozařování orgánu (tkáně) T, není-li určena, bere se  $\tau=50$  let pro dospělé a  $\tau=70$  let pro děti,  $H_T(t)$  je- příkon ekvivalentní dávky v orgánu (tkáni) T v čase  $t$ . **Vyjadřuje ozáření orgánu nebo tkáně T po příjmu radionuklidu.**

**Osobní dávkový ekvivalent  $H_p(d)$**

- je dávkový ekvivalent v daném bodě pod povrchem těla v hloubce tkáně  $d$ .
- v radiační ochraně jsou nejdůležitější osobní dávkové ekvivalenty v hloubce 0,07 mm (tzv. mělký) a v hloubce 10 mm (tzv. hluboký), ve kterých jsou stanoveny odvozené limity ozáření (viz část 2.4 Princip limitování ozáření), protože základní

limity jsou stanoveny ve veličinách (efektivní dávka, ekvivalentní dávka), jež nejsou přímo měřitelné

***Fotonový dávkový ekvivalent (FDE)***

- je veličina radiační ochrany, která zjednodušujícím způsobem vyjadřuje riziko ozáření fotonu gama nebo X (jakostní činitel je roven 1), protože se konvenčně předpokládá, že nezávisí na jejich energii
- fotonový dávkový ekvivalent se vždy vztahuje ke vzduchu (obdobně jako expozice) a vyjadřuje se, stejně jako dávkový ekvivalent, v jednotkách (Sv)

**Mezi expozicí X a FDE platí vztah:**

$$\text{FDE (Sv)} = 2,58 \cdot 10^{-6} \cdot X \text{ (C/kg)} = 0,01 \cdot X \text{ (R)}$$

Přírůstek příslušné veličin za jednotku času nazýváme příkonem takové veličiny, např. příkon efektivní dávky, příkon fotonového dávkového ekvivalentu apod.

## Příloha F - Podklady pro stanovení veličin radiační ochrany

### Radiační váhové faktory

Typ záření a příp. energie	Radiační váhový faktor
	$w_R$
Fotony	1
elektrony, miony	1
neutrony, méně než 10 keV	5
neutrony, 10 keV až 100 keV	10
neutrony, 100 keV až 2MeV	20
neutrony, 2 MeV až 20 MeV	10
neutrony, více než 20 MeV	5
protony, více než 2 MeV (mimo odražené)	5
částice alfa, těžká jádra, štěpné fragmenty	20

Zdroj: Vyhláška Státního úřadu pro jadernou bezpečnost č. 307/2002 Sb., o radiační ochraně

### Tkáňové váhové faktory

Tkáň, orgán	Tkáňový váhový faktor $w_T$
Gonády	0,20
Červená kostní dřeň	0,12
Tlusté střevo	0,12
Plíce	0,12
Žaludek	0,12
Močový měchýř	0,05
Mléčná žláza	0,05
Játra	0,05

Jícen	0,05
Štítná žláza	0,05
Kůže	0,01
Povrchy kostí	0,01
Ostatní orgány a tkáně *	0,05

*Zdroj: Vyhláška Státního úřadu pro jadernou bezpečnost č. 307/2002 Sb., o radiační ochraně*

\*Pro potřeby výpočtu jsou jako ostatní orgány a tkáně (zbytek těla) voleny následující tkáně a orgány: nadledvinky, mozek, vzestupná část tlustého střeva, tenké střeva, ledviny, svaly, slinivka břišní, slezina, thymus, děloha. Hlavní seznam obsahuje orgány, které mohou být s jistou pravděpodobností ozářeny selektivně. O některých z nich je známo, že mohou být citlivější ke vzniku nádoru. Jestliže se i u ostatních tkání a orgánů následně prokáže možnost rizika vzniku nádoru, budou rovněž se svou specifickou hodnotou  $w_T$  zahrnuty do hlavního seznamu, případně budou zařazeny do seznamu orgánů a tkání tvořících zbytek těla.

V těch výjimečných případech, při nichž tkáň nebo jeden orgán zařazený do zbytku těla obdrží ekvivalentní dávku přesahující nejvyšší dávku v kterémkoliv z dvanácti orgánů uvedených v hlavním seznamu, měl by být pro takovou tkáň nebo orgán aplikován váhový faktor 0,025 a pro průměrnou dávku ostatního zbytku těla, tak jak byl vymezen výše, pak váhový faktor 0,025.

### **Jakostní činitel Q**

<b>lineární přenos energie L [keV/μm]</b>	<b>jakostní činitel Q (L)</b>
méně než 10	1
10 až 100	$0,32 \cdot L^{-2,2}$
více než 100	$300 \cdot L^{-0,5}$

*Zdroj: Vyhláška Státního úřadu pro jadernou bezpečnost č. 307/2002 Sb., o radiační ochraně*

**Příloha G - Zkratky pracovišť v dozimetrických listech zaměstnanců bývalé chemické úpravny MAPE Mydlovary**

Jednotlivé zkratky pracovišť v dozimetrických listech	Význam zkratk
AL+AS	alkalická linka+ alkalická sorpce
DS	drtící stanice
HD	hlavní dílny
KL	kyselé loužení
K. N./KN	konečná neutralizace
KS	kyselá sorpce
MTZ	materiálně technické zabezpečení
M a P	měření a regulace provozu
M a R provoz	měření a regulace provozu
OBHP	oddělení bezpečnosti a hygieny práce
OŘKJ	oddělení řízení kontroly jakosti
OTK	oddělení technické kontroly
RVT	rozvoj vědy a techniky
ŘPFZ	řízení provozu finálního zpracování
SÚ	stavební úsek
TL	tlakové loužení
THP	technicko-hospodářský pracovník
TO	technologické oddělení
ÚAVP	úsek automatizace výrobního procesu
ÚMZ	úsek mechanického zabezpečení
ÚZS 1/ ÚZS 2	úsek zajištění strojní
ÚCHZ	úsek chemického zpracování
VV	vlečka vykládka
Analyt.	analytická laboratoř
Elektro/ el. /eld.	elektrikářský úsek
Hamr.	hamerská linka
Hydrocykl.	hydrocyklon
Ind. Odd.	investiční oddělení
Kompres.	kompresovna
Kys. l.	kyselá linka
Pol. pr.	poloprovoz
Sm. Mistr	směnový mistr
Sráž.	srážení

<b>Úd.komp.</b>	údržba kompresorů
<b>Zah.</b>	zahušťovače

*Zdroj: MAPE Mydlovary*

*Pracovní zařazení, místa a pracoviště zaměstnanců bývalé chemické úpravny MAPE Mydlovary*

<b>Pracovní zařazení, místa a pracoviště zaměstnanců</b>
<b>Automatizace</b>
<b>Analytická skupina</b>
<b>Brigáda</b>
<b>Drtírna</b>
<b>Buldozery</b>
<b>Centrální laboratoř</b>
<b>Čistící stanice</b>
<b>Dělník</b>
<b>Dílny</b>
<b>Dílny elektr.</b>
<b>Dispečer</b>
<b>Elektrikář</b>
<b>Eluce</b>
<b>Gumárna</b>
<b>Chemikálie</b>
<b>Jímky</b>
<b>Kaliště</b>
<b>Kalodjem</b>
<b>Konečná neutralizace</b>
<b>Kyselé loužení</b>
<b>Likvidační práce</b>
<b>Likvidační skupina</b>
<b>Lešenář</b>
<b>Loužení</b>
<b>Mlýnice</b>
<b>Montážní skupina</b>
<b>Náhradníci</b>
<b>Nakládání</b>
<b>Nápravné zařízení</b>



<b>Natěrač</b>
<b>Obsluha</b>
<b>Odkaliště</b>
<b>Opravář</b>
<b>Palírna AKU</b>
<b>Plnírna</b>
<b>Požární prevence</b>
<b>Provozní laboratoř</b>
<b>Předák</b>
<b>Revizní technik</b>
<b>Směnový inženýr</b>
<b>Směnový mistr</b>
<b>Sorpce</b>
<b>Srážení</b>
<b>Stavba</b>
<b>Stavební skupina</b>
<b>Stavební úřad</b>
<b>Střídač</b>
<b>Sušárna</b>
<b>Technik</b>
<b>Technologická skupina</b>
<b>Truhlárna</b>
<b>Vápno</b>
<b>Vedoucí OS</b>
<b>Vlečka</b>
<b>Voda</b>
<b>Vykládka</b>
<b>Výzkum</b>
<b>Vzorkovna</b>
<b>Údržba</b>
<b>Úkolář</b>
<b>Zámečnick</b>
<b>Zásobárna</b>
<b>Zásobníky</b>
<b>Zahušťování</b>
<b>Zedník</b>

*Zdroj: MAPE Mydlovary*