

Monitoring radiální situace

Monitoring of radiation situation

Tomáš Svoboda

Bakalářská práce
2011



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky
akademický rok: 2010/2011

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Tomáš SVOBODA**
Osobní číslo: **A08205**
Studijní program: **B 3902 Inženýrská informatika**
Studijní obor: **Bezpečnostní technologie, systémy a management**

Téma práce: **Monitoring radiační situace**

Zásady pro vypracování:

1. Charakterizujte vývoj a současné trendy v měření ionizujícího záření.
2. Popište působení záření na člověka, jednotky měřených veličin a způsoby detekce.
3. Zhodnoťte monitorování na území České republiky.
4. Popište technické prostředky používané k monitorování radiační situace.
5. Porovnejte stav v České republice a ve vybraných zemích EU.
6. Naměřte průběh radiační situace ve vybrané lokalitě během roku a proveďte interpretaci naměřených dat.
7. Vyhodnoťte systém radiační bezpečnosti vzhledem k možným teroristickým hrozbám.
8. Pokuste se navrhnout odpovídající úlohu do laboratoří FAI UTB ve Zlíně.

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. PROUZA Z., ŠVEC J. Zásahy při radiační mimořádné události. 1. vyd. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2008. 125 s. ISBN 978-80-7385-046-3.
2. MATOUŠEK J. a kol. Jaderné zbraně a radiologické materiály. 1. vyd. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2007. 216 s. ISBN 978-80-7385-029-6.
3. FUKÁTKO T. Detekce a měření různých druhů záření. 1. vyd. Praha: BEN, 2007. 189 s. ISBN 978-80-7300-193-3.
4. FRADEN J. Handbook of modern sensors. 2nd ed. New York: Springer AIP Press, 1996. 556 s. ISBN 1563965380.
5. HALLIDAY D., RESNICK R., WALKER J. Fyzika vol.5. 1. vyd. Brno: VUTIUM, 2000. ISBN 80-214-1868-0.

Vedoucí bakalářské práce:

doc. RNDr. Vojtěch Křesálek, CSc.

Ústav elektroniky a měření

Datum zadání bakalářské práce:


25. února 2011

Termín odevzdání bakalářské práce:

23. května 2011

Ve Zlíně dne 25. února 2011




prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.
děkan


doc. Mgr. Milan Adámek, Ph.D.
ředitel ústavu

ABSTRAKT

Tématem této bakalářské práce je Monitoring radiační situace. Tato práce se dělí na dvě části, teoretickou a praktickou. Teoretická část je zaměřená na radioaktivitu, její historii, vlivu radiace na člověka, způsoby detekce, monitorovací sítě až po přístupy jednotlivých států k jaderné problematice. Praktická část je zaměřena na měření ekvivalentních dávek ve Zlíně a vlivu klimatických podmínek na měřené hodnoty. Cílem práce je ukázat vývoj dávkového ekvivalentu za uplynulé roky, posouzení vlivu teploty, relativní vlhkosti vzduchu, měsíčního úhrnu srážek a jaderné havárie v Japonsku na měřené hodnoty.

Klíčová slova:

Radiace, ekvivalentní dávka, radiační monitorovací síť, jaderná elektrárna, jaderná havárie, ochrana obyvatelstva, ukrytí osob

ABSTRACT

The theme of this Bachelor work is monitoring of radiation situation. This work is divided into two parts, theoretical and practical. The theoretical part focused on radioactivity, its history, the influence of radiation on humans, detection methods, monitoring the network to the national approaches to the nuclear issue. The practical part is aimed at measuring the equivalent dose in Zlín and the influence of climatic conditions on the measured values. The aim of this work is to show the evolution of the equivalent dose for the past year and assess the influence of temperature, relative humidity, monthly rainfall and nuclear accident in Japan at the measured value.

Keywords:

Radiation, equivalent dose, radiation monitoring network, nuclear power plant, nuclear accident, protection of the population, sheltering persons

Poděkování

Chtěl bych poděkovat vedoucímu práce panu doc. RNDr. Vojtěchu Křesálkovi, CSc. za jeho užitečné rady a připomínky, které mi poskytl při psaní práce.

Ing. Jaroslavu Foldýnovi, z Hasičského záchranného sboru Zlínského kraje za umožnění přístupu na pracoviště s měřicí ústřednou LB 111.

Ing. Tomáši Vondrovi, jednatelem společnosti Envinet, a.s. za poskytnuté podklady a konzultace.

Ing. Miroslavu Muroňovi, jednatelem společnosti Protea, s.r.o. za poskytnuté podklady k mé práci.

Ing. Věře Starostové, vedoucí krizového koordinačního centra SÚJB za poskytnutá data a svolení k jejich interpretaci.

Mgr. Petru Štěpánkovi, Ph.D., vedoucímu oddělení meteorologie a klimatologie Brno za poskytnutá data.

Motto:

„ Není nám dovoleno vědět vše „

*Horatius Quintus Flaccus
Římský básník 40. př. n. l.*

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- beru na vědomí, že bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v příruční knihovně Fakulty aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

- že jsem na bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně

.....

podpis diplomanta

OBSAH

ÚVOD.....	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 HISTORIE RADIOAKTIVITY.....	12
1.1 HISTORIE UMĚLÉ RADIOAKTIVITY	13
2 RADIOAKTIVITA	14
2.1 TERMINOLOGIE	14
2.2 JEDNOTKY RADIOAKTIVITY	15
2.3 HLOUBKA PRŮNIKU IONIZAČNÍHO ZÁŘENÍ HMOTOU	16
2.4 ELEKTROMAGNETICKÉ SPEKTRUM	17
3 ČLOVĚK A RADIACE	18
3.1 PŮSOBNÍ ZÁŘENÍ NA ČLOVĚKA	18
3.2 OHROŽENÍ ZDRAVÍ.....	19
3.2.1 TKÁŇOVÝ VÁHOVÝ FAKTOR	20
3.2.2 JODOVÁ PROFYLAXE.....	21
3.3 PRINCIPY OCHRANY	21
4 ZPŮSOBY DETEKCE.....	22
4.1 DRUHY DETEKTORŮ IONIZUJÍCÍHO ZÁŘENÍ.....	22
4.1.1 DOZIMETRY	22
4.1.2 DETEKČNÍ PŘÍSTROJE POUŽÍVANÉ U HZS	26
5 MONITOROVÁNÍ RADIACE NA ÚZEMÍ ČESKÉ REPUBLIKY	30
5.1 STÁLÉ SLOŽKY	30
5.2 POHOTOVOSTNÍ SLOŽKY	31
5.3 MONITOROVACÍ SÍŤ – NORMÁLNÍ REŽIM	32
5.4 MONITOROVACÍ SÍŤ – HAVARIJNÍ REŽIM	32
6 TECHNICKÉ PROSTŘEDKY POUŽÍVANÉ K MONITOROVÁNÍ RADIČNÍ SITUACE NA ÚZEMÍ ČR	34
6.1 SÍŤ VČASNÉHO ZJIŠTĚNÍ (SVZ).....	34
6.2 TERITORIÁLNÍ SÍŤ TLD	35
6.3 OSTATNÍ MĚŘENÁ MÍSTA.....	36
7 MONITOROVÁNÍ SLOŽEK ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ	37
7.1 ZAŘÍZENÍ PRO MONITOROVÁNÍ RADIONUKLIDŮ V OVZDUŠÍ – SNOW WHITE	37
7.2 REGISTR VNITŘNÍ KONTAMINACE.....	38
7.3 RADIONUKLIDY V PITNÉ VODĚ A POŽIVATINÁCH.....	39

8	SOUČASNÝ STAV ČR A VYBRANÝCH ZEMÍ EU.....	40
8.1	PŘÍSTUP SPOLKOVÉ REPUBLIKY NĚMECKA K JADERNÉ ENERGII.....	40
8.2	PŘÍSTUP FRANCIE K JADERNÉ ENERGII.....	40
8.3	PŘÍSTUP ITÁLIE K JADERNÉ ENERGII.....	40
8.4	PŘÍSTUP DÁNSKA K JADERNÉ ENERGII.....	41
8.5	PŘÍSTUP ČESKÉ REPUBLIKY K JADERNÉ ENERGII.....	41
8.5.1	JADERNÁ ELEKTRÁRNA TEMELÍN	41
8.5.2	JADERNÁ ELEKTRÁRNA DUKOVANY	42
II	PRAKTICKÁ ČÁST	44
9	RADIAČNÍ SITUACE VE ZLÍNSKÉM KRAJI ZA ROK 2010 – 2011.....	45
9.1	MĚŘÍCÍ ÚSTŘEDNA LB 111	45
9.1.1	TECHNICKÁ DATA ÚSTŘEDNY LB 111	46
9.1.2	TECHNICKÉ PARAMETRY SONDY LB 6500-3.....	47
9.1.3	TECHNICKÉ PARAMETRY SONDY LB 6360.....	48
9.1.4	TECHNICKÉ PARAMETRY SPEKTROMETRU EXPLORANIUM GR-135.....	48
9.1.5	METEOROLOGICKÁ STANICE SWS7.....	48
9.1.6	SOFTWAREVÉ VYBAVENÍ.....	49
9.1.7	KALIBRACE MĚŘÍCÍ STANICE LB-111	50
9.2	ZDROJE METEOROLOGICKÝCH DAT	51
9.2.1	METEOROLOGICKÁ STANICE HOLEŠOV	52
9.2.2	METEOROLOGICKÁ STANICE VIZOVICE.....	53
9.3	VÝSLEDKY MĚŘENÍ RADIAČNÍ SITUACE VE ZLÍNĚ.....	55
9.3.1	HODNOTY PDE VE ZLÍNĚ OD ROKU 2004 DO 2010	63
9.3.2	AKTUÁLNÍ PRŮMĚRNÉ MĚSÍČNÍ HODNOTY ZE STANICE LB 111 A METEOROLOGICKÝCH	64
9.3.3	PŘEHLED TÝDENNÍCH HODNOT DÁVKOVÉHO EKVIValentu A JEHO VÝVOJ	65
9.3.4	Vliv JADERNÉ HAVÁRIE V JAPONSKU NA HODNOTY MĚŘENÍ PFDE VE ZLÍNĚ	66
10	BEZPEČNOST ČR VZHLEDEM K MOŽNÝM RADIAČNÍM HAVÁRIÍM, TERORISTICKÝM HROZBÁM.....	67
10.1	OCHRANA CIVILNÍHO OBYVATELSTVA ČR PŘED MOŽNÝM NEBEZPEČNÝM RADIAČNÍM HAVÁRIÍ.....	67

10.1.1	JAK POSTUPOVAT V PŘÍPADĚ RADIAČNÍ HAVÁRIE	67
10.1.2	MEZINÁRODNÍ STUPNICE PRO HODNOCENÍ UDÁLOSTI V ATOMOVÝCH ELEKTRÁRNÁCH.....	68
10.1.3	JADERNÉ ELEKTRÁRNY V BLÍZKOSTI ČR	69
10.2	NEBEZPEČÍ TERORISTICKÉHO ÚTOKU NA ČR S VYUŽITÍM JADERNÉ ENERGIE	70
10.2.1	NEBEZPEČÍ TERORISTICKÉHO ÚTOKU NA JADERNÉ ELEKTRÁRNY ČR.....	70
10.2.2	NEBEZPEČÍ TERORISMU S POUŽITÍM IMPROVIZOVANÝCH JADERNÝCH NÁLOŽÍ.....	71
11	MOŽNOST VYUŽITÍ ÚSTŘEDNY LB 111 PRO ÚČELY FAI UTB.....	74
11.1	CENOVÁ NABÍDKA PRO FAI UTB :.....	74
11.2	MOŽNOSTI VYUŽITÍ V LABORATOŘÍCH FAI UTB	74
	ZÁVĚR	75
	ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ.....	76
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	77
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	79
	SEZNAM OBRÁZKŮ	82
	SEZNAM TABULEK A GRAFŮ	83
	SEZNAM PŘÍLOH.....	84

ÚVOD

Již od 20 století si lidé začali uvědomovat vlastnosti radioaktivních látek a jejich působení na živý organismus. V průběhu několika desetiletí se pokoušeli ovládnout do dnešní doby nejsilnější energii jakou kdy člověk poznal. Toto poznání bylo vykoupeno statisíci lidských životů a tisíci kilometrů čtverečních zničené krajiny. Jaderná energie byla zneužita a rozhodla o vítězství a prohře ve světové válce.

Nakonec si však lidé uvědomili její ničivou sílu a její vlastnosti začali spíše využívat ve prospěch vědy. Dnes už si jen těžko umíme představit svět bez štěpných reakcí, které nám umožňují každodenní využívání elektrické energie. Celá řada lidí do ni vkládá své naděje při léčbě zhoubných onemocnění a úrazů. Tam kde dříve zabíjela, dnes přináší užitek ve formě energie, která vzniká nejšetrnější metodou a nejméně zatěžuje životní prostředí, nepříspěvá ke globálnímu oteplování a řadu států učinila energeticky nezávislými.

Do dnešních dnů se jadernou energii lidstvo pokouší ovládnout, ale ne vždy se mu to daří. Proto vznikají mezinárodní směrnice a postupy jak předcházet a jak se chovat v případech, kdy se jaderná síla vymkne lidské kontrole, nebo je zneužita lidmi.

Táto práce má přinést čtenáři přehled o vzniku a působení ionizačního záření, nejčastěji používaných způsobech detekce ionizačního záření, způsobech možné ochrany a postupech v případech jaderných havárií, nebo teroristických útocích. Čtenář se seznámí s měřicí ústřednou LB 111, která je součástí sítě včasného zjištění včetně měření dávkového ekvivalentu a jeho změn v průběhu několika let.

Neustále hledáme nové, méně nebezpečné zdroje energií než je energie jaderná. Bohužel výsledky hledání nejsou příliš uspokojivé a pokud se najdou alternativní řešení, nedají se vždy implementovat do všech míst naší planety. Jaderná energie stále patří mezi nejrozšířenější, nejekonomičtější a nejekologičtější způsoby získávání energií.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 HISTORIE RADIOAKTIVITY

Většina látek, z nichž je složen okolní svět je časově poměrně stálá a mění se jen v delších časových měřítcích. Tyto změny jsou však většinou povahy chemické, samostatné atomy běžně se vyskytujících prvků jsou téměř vždy stabilní. Prakticky až do konce 19. století neměli chemici a fyzici takové nástroje a laboratorní vybavení, která by jim umožnila odhalit základní složení atomu a jejich vlastnosti. [1]

Na přelomu 19. a 20. stol. však byly objeveny jevy, kdy některé látky vysílaly neviditelné pronikavé záření. Již v roce 1896 při pokusech s luminiscencí minerálů a krystalů zpozoroval H. Becquerel, že i bez ozáření vnějším světlem některé minerály (uranové sloučeniny) vysílají zvláštní neviditelné záření, které proniká i světlotěsným obalem fotografických desek a způsobuje jejich zčernání. [1]

Tímto jevem se dále zabývali M. Sklodovská-Curieová, její manžel P. Curie a G. Bémont, kteří našli v uranové rudě i další "zářící" prvky, polonium a radium. Tento jev byl nazván radioaktivita (tyto látky "aktivně vysílaly radiaci"). Později se zjistilo, že radioaktivní prvky při vysílání tohoto záření mění svou chemickou povahu - radioaktivita je doprovázena přeměnou (transmutací) jader atomů jednoho prvku na prvek jiný. V r.1899 se vlastnostmi radioaktivního ("uranového") záření zabýval E. Rutheford, který v tomto záření našel dvě rozdílné složky: [1]

- **měkkou složku**, kterou pohltí i list papíru a jejíž dolet ve vzduchu je pouze několik centimetrů; nazval ji paprsky α .
- **tvrdší složku**, asi 100krát pronikavější než α , která prochází i tenkým hliníkovým plechem, nazval ji záření β [1]

Zanedlouho v r. 1900 zjistil P. Villard, že radium emituje ještě podstatně pronikavější záření, které je schopno proniknout i desítkami centimetrů betonu, nazval je záření γ . Později se ukázalo, že jde o elektromagnetické záření s velmi krátkou vlnovou délkou, kratší než rentgenové záření. [1]

V r. 1908 E. Rutheford se svými spolupracovníky zjistili pomocí spektroskopie, že v uzavřené trubičce se vzorkem radia se objevily dva nové plyny, které tam dříve nebyly. Jeden měl spektrální čáry hélia, druhý byl tehdy neznámý a byl nazván radiová emanace, nyní radon. Ukázalo se tak, že radioaktivita je samovolný rozpad atomového jádra, při

němž se výchozí prvek mění v jiný - dochází k transmutaci prvku. Transmutací (u radioaktivity α a β) dochází k přeměně jader jednoho prvku na jádra jiného prvku, nebo k energetické změně hladin téhož jádra. [1]

Naše země už od samého počátku jaderného oboru patří mezi průkopníky tohoto odvětví. Stáli jsme dokonce na počátku atomové doby, když roku 1898 manželé Curieovy izolovali rádium z jáchymovského smolince. V roce 1919 byl v Praze založen Radiologický ústav. 27 let poté vznikl Výbor pro atomovou fyziku a v roce 1955 byl založen Ústav jaderného výzkumu v Řeži u Prahy. Současně byla založena Fakulta technické a jaderné fyziky ČVUT. V roce 1965 vznikl Výzkumný ústav hygieny záření, dnes Státní ústav radiační ochrany SÚRO. [1]

1.1 Historie umělé radioaktivity

Všechny tyto základní poznatky byly učiněny na radioaktivitě přírodní, pozorované převážně u nejtěžších prvků. V r. 1934 manželé F. Joliot-Curie a I. Joliot-Curieová poprvé vytvořili radioaktivitu uměle vyvolanou

Došlo k tomu, když ozařovali hliník paprsky α . Pozorovali, že takto ozářený hliník vysílá záření i tehdy, když ozařování paprsky α bylo zastaveno, přičemž intenzita záření postupně slábne. Jadernou reakcí s částicemi α se hliník měnil na radioaktivní fosfor, který se za vyslání pozitronu e^+ rozpadá na křemík. U některých uměle vytvořených radioaktivních látek pak pozorovali nový druh radioaktivity β^+ , kdy místo záporných elektronů jsou emitovány kladně nabitě pozitrony. Postupně byla vytvořena celá řada umělých radioisotopů, které vykazovaly všechny druhy radioaktivity. V r. 1940 G.N. Flerov a K.A. Petržak zjistili, že uran se kromě radioaktivity a v určitém velmi malém počtu případů rozpadá také samovolným štěpením na dvojice středně těžkých jader, přičemž se uvolňují neutrony. [1]

2 RADIOAKTIVITA

Radioaktivita je jev, kdy dochází k samovolné vnitřní přeměně atomových jader, přičemž je emitováno vysokoenergetické záření. Jádra vykazující tuto vlastnost se nazývají radionuklidy. [1]

Jako **radioaktivní látky** označujeme látky, které obsahují nestabilní izotopy prvků. Jádra těchto prvků (radionuklidy) se přeměňují v jádra jiných izotopů a přitom emitují (vysílají) ionizující záření, především ve formě fotonů (záření gama), částic beta, částic alfa, případně neutronů. Toto záření bývá označováno jako **radioaktivní záření**. Radioaktivní látky, radionuklidy, lze popsat nejen klasickými chemickými značkami a údaji o chemických vlastnostech, nýbrž i údaji o radioaktivních vlastnostech každého radionuklidu. Každý **radionuklid** je charakterizován svým atomovým číslem, které se zapisuje jako levý horní index u symbolu chemického prvku. Dalšími důležitými charakteristikami každého radionuklidu je jeho poločas přeměny, typ emitovaného záření, množství radionuklidů v gramech či molech a také aktivita daného množství radionuklidu s udáním data měření. [2]

2.1 Terminologie

Hmotové (nukleonové) číslo udává počet stavebních částic (nukleonů) v jádru atomu. Je dáno jako součet protonů a neutronů v atomovém jádru. [2]

Poločas rozpadu je časovým údajem určujícím dobu, za kterou se rozpadne polovina všech jader daného radionuklidu. Jsou popsány radionuklidy s poločasem rozpadu v řádu zlomku sekundy, ale i nuklidy s poločasy i několik tisíc let. Většina radionuklidů emituje beta a gama záření, ^{235}U (izotop uranu) a ^{239}Pu (izotop z plutonia) pak vyzařují významné množství α částic. [2]

Aktivita je fyzikální veličinou udávající počet radioaktivních přeměn za sekundu. Aktivita radionuklidů se udává v jednotkách Becquerel [Bq]. 1 Bq je tedy aktivitou, při níž dochází k jedné jaderné přeměně za 1 sekundu. Míra aktivity se u jednotlivých radionuklidů liší. [2]

Dávka (absorbovaná) je definována jako energie absorbovaná hmotou. Jednotkou je Gray [Gy]. Absorbuje-li lidský organismus o hmotnosti 70 kg energií záření o velikosti 70 J, jde o záření rovné 1 Gy. $1 \text{ Gy} = 1 \text{ J.kg}^{-1}$ [2]

Dávkový příkon vyjadřuje absorbovanou dávku za jednotku času. Efektivní dávka je veličina, která určuje míru postižení organismu stochastickými účinky. Jednotkou efektivní dávky je Sievert. $1 \text{ Sv} = 1 \text{ J.k}^{-1}$ [2]

Ekvivalentní dávka je dána součtem dávek jednotlivých typů záření, kterým je organismus vystaven. Ekvivalentní dávka daného typu záření je součin radiačního váhového faktoru a dávky daného typu záření absorbovanou v organismu nebo jeho části. Jednotkou je sievert (Sv) [3]

Sievert (Sv) je jednotkou dávkového ekvivalentu ionizujícího záření. Je pojmenováno po Rolfu Sievertovi, průkopníkovi radiační ochrany. 1 Sv je absorbovaná dávka, která při jakémkoliv typu ionizujícího záření vyvolá v organické látce stejné biologické účinky. Jednotkou je J / kg. [4]

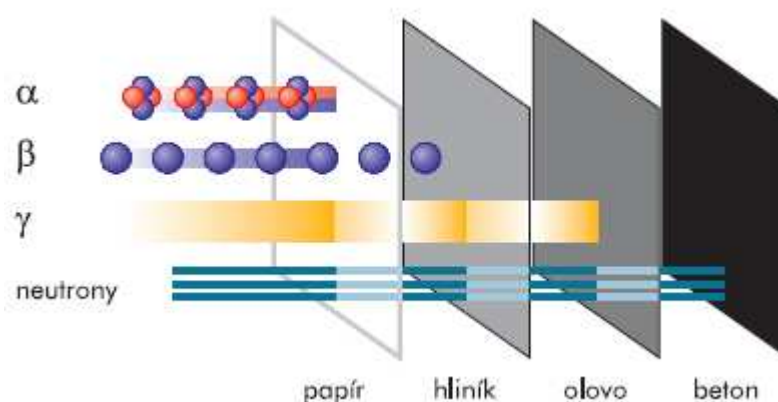
2.2 Jednotky radioaktivity

Jako u každého fyzikálního jevu, který chceme kvantifikovat, je nutno i u radioaktivity stanovit veličiny a jednotky, ve kterých budeme měřit její "sílu", "intenzitu" či velikost. Příslušná veličina se nazývá aktivita (zářiče, preparátu či obecně množiny jader) a je definována jako počet jader, která se přeměňují za jednotku času, nebo ekvivalentně jako úbytek počtu jader (dosud nepřeměněných) za jednotku času. [1]

Jelikož radioaktivita je jev, kdy se nám v čase přeměňují atomová jádra jednoho prvku na jádra jiného prvku, přičemž čas měříme v sekundách, je přirozenou jednotkou aktivity 1 rozpad za 1 sekundu. Tato jednotka byla na počest francouzského průkopníka v oblasti radioaktivity Henri Becquerela nazvána 1 Becquerel : $1 \text{ Bq} = 1 \text{ rozpad} / 1 \text{ sekundu}$. A její dekadické násobky: *kilobecquerel* ($1 \text{ kBq} = 10^3 \text{ Bq}$), *megabecquerel* ($1 \text{ MBq} = 10^6 \text{ Bq}$), *gigabecquerel* ($1 \text{ GBq} = 10^9 \text{ Bq}$). Čím větší je radioaktivita dané látky (vzorku) v Bq, tím více jader za sekundu se nám přeměňuje a tím intenzivnější záření látka do svého okolí vysílá. Čím vyšší je aktivita zářiče, tím intenzivněji září. Část energetického výkonu zářiče se mění na teplo (kinetická energie odražených jader a absorbovaná energie záření již ve zdroji), zbytek odnáší ionizující záření - tvoří vlastní radiační výkon zářiče, při absorpci záření pak dávkový příkon. [1]

2.3 Hloubka průniku ionizačního záření hmotou

Průnik ionizačního záření absorpčním prostředím závisí na hustotě a atomovém čísle prostředí. S rostoucí hustotou atomových čísel a nižší energii bombardujícího záření se tato dráha zkracuje. Dále je odlišná pro různé typy ionizačního záření. Nejdelší je pro energeticky vysoké záření γ , podstatně kratší pro β záření a nejkratší pro těžké částice záření α . Záření γ ve vzduchu dosahuje několik stovek metrů, záření β pouze několik metrů a záření α pouze několik centimetrů. [5]



Obrázek 1. Průnik ionizačního záření hmotou [6]

Tabulka 1. Absorpce ionizačního záření [2]

Absorpce záření alfa, beta, gama, neutrony		
Druh záření	Druh materiálu	úplné pohlcení
Alfa	papír	3 mm
Beta	ocel	3 mm
	beton	10 mm
Gama	ocel	40 mm
	beton	110 mm
	voda	240 mm
Neutrony	ocel	100 mm
	beton	90 mm
	voda	70 mm

Tabulka znázorňuje absorpční schopnost různých druhů materiálu a kapaliny vůči záření alfa, beta, gama a neutronům a udává potřebné tloušťky pro jejich úplné pohlcení.

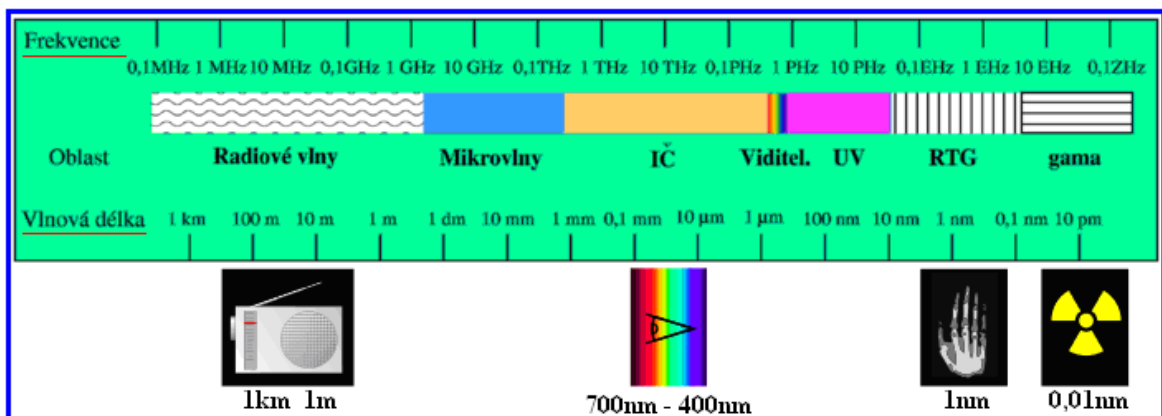
Při průletu ionizujícího záření látkou dochází ke ztrátám energie. Dochází k brzdění této energie a nakonec i k zastavení (vše závisí na daném prostředí). Podél dráhy svého průletu

zanechávají kvanta záření ionizační stopu z volných záporných elektronů a kladných iontů. Část těchto iontů a elektronů se opět vzájemně seskupí, avšak část jich může vyvolat nové chemické vazby a reakce v okolní látce, zvláště pokud se jedná o látky organické. [1]

2.4 Elektromagnetické spektrum

Elektromagnetické spektrum zahrnuje elektromagnetické záření všech vlnových délek. V našem případě se zaměříme na záření gama. [5]

Gama záření (γ) je druh ionizujícího záření vznikající při radioaktivních a jiných jaderných a subjaderných dějích. Do materiálu proniká lepe než záření alfa nebo záření beta. Jeho vlnová délka je kratší než 124 pm. Dosah gama záření je ve vzduchu řádově několik set metrů a v kompaktních materiálech jako např. zemina, hornina, beton je řádově několik centimetrů až desítek centimetrů. [5]



Obrázek 2. Frekvence, vlnové délky [1]

3 ČLOVĚK A RADIACE

Dávka je veličina charakterizující energii záření absorbovanou v hmotnostní jednotce ozařované látky. Označuje se písmenem D. Jednotkou dávky je Gray (Gy) s rozměrem $J \cdot kg^{-1}$. Dávka 1 Gy tedy znamená, že v jednom kilogramu ozařované látky se absorbuje energie záření 1J. [4]

3.1 Působení záření na člověka

Veličiny charakterizující působení ionizujícího záření na člověka vycházejí z veličiny dávky, tj. z energie, kterou ionizační záření předá buňkám, tkáním a orgánům lidského organismu. Škodlivé účinky ionizujícího záření především souvisí s ionizací atomů prostředí, kterým prochází. Ionizační schopnost záření různých energií a různých typů je rozdílná, a proto také stejná dávka sdělená dané tkáni nebo orgánu vede k rozdílným biologickým účinkům. Tato skutečnost vede k zavedení veličin radiační ochrany, které jsou definovány jako součin dávky a koeficientů, charakterizující jednak rozdílnou citlivost biologických tkání k různým typům a energiím ionizujícího záření, jednak rozdílnou radiosenzitivitu různých tkání či orgánů k danému typu energií. [4]

Účinky radioaktivního záření na lidský organismus byli zkoumány při jaderných výbuších v Japonsku, při radiačních nehodách (Windscale v Anglii roku 1957, Three Mile Island v USA v roce 1979 a hlavně Černobyl v bývalém Sovětském svazu 1986), při radioterapiích. Výsledky zkoumání vedly k zavedení koeficientů charakterizujících zmíněnou rozdílnou radiosenzitivitu daného orgánu nebo tkáně k ionizačnímu záření. [4]

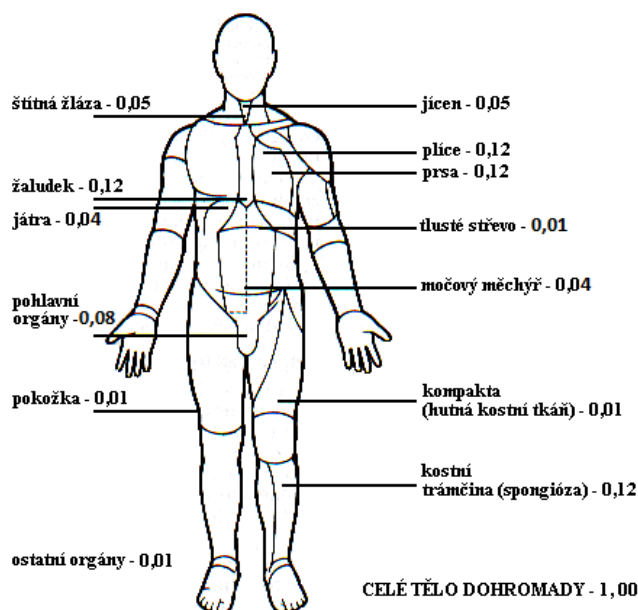


Obrázek 3. Působení různých zdrojů záření na člověka – ročně 2 až 3 mSv na obyvatele [6]

3.2 Ohrožení zdraví

Záření může v tkáni organismu ovlivnit tvorbu chemicky velmi reaktivních radikálů a vyvolat poškození nebo zánik buňky. Ve vyšších dávkách může způsobit poškození některého orgánu zvláště citlivého na záření (oko, krvetvorné tkáně, kostní dřeň, pohlavní orgány, atd.) a vyvolat nemoc z ozáření. Záření může také poškodit genetickou informaci uloženou v buňkách, vyvolat genetické změny a mutace budoucích generací. Nejcitlivější na přítomnost radioaktivního záření jsou buňky, které se množí rychle (zárodek dítěte, pohlavní buňky, kostní dřeň, trávicí soustava). Tělo v nich nestíhá „opravovat“ vzniklá poškození. Relativně odolné proti ozáření jsou naopak svaly a nervová soustava.

Zcela se vyhnout styku se zářením není možné. Radionuklidy v přírodě (zemská kůra, horniny, stavební materiály, atmosféra, lidské tělo, apod.), stejně jako kosmické záření na nás neustále působí. Lidstvo se mu v průběhu svého vývoje do značné míry přizpůsobilo. V moderní době přibýly tzv. civilizační zdroje záření – rentgenová vyšetření, sledování televize, letecká doprava a další. [7]



Obrázek 4. Tkáňový váhový faktor W_T (faktor tkáňové citlivosti) [7]

3.2.1 Tkáňový váhový faktor

Udává citlivost pro jednotlivé části lidského těla. Čím vyšší tento faktor je, tím je daný orgán náchylnější na radioaktivní záření, tj. daný orgán může být dopadem záření více poškozen. [7]

Vzorec pro výpočet efektivní dávky (E):

$$E = W_T \times W_R \times D$$

W_T - tkáňový váhový faktor

W_R – váhový faktor záření - je nutný, protože některé druhy záření jsou nebezpečnější než jiné. Hodnota 1 platí pro záření gama a rtg (vnější i vnitřní ozáření), 0 pro alfa (vnější), 20 pro alfa (vnitřní).

D – absorbovaná dávka, množství energie pohlcené ve tkáni o jednotkové hmotnosti. Jednotka JKg^{-1} [8]

Logicky platí, že čím silnější radiace a delší čas, po který je ji organismus vystaven, tím vážnější následky. Záření může nezvratně poškodit vnitřní orgány, změnit genetický kód a usmrtit živý organismus. Zpočátku se při nižších dávkách, zpravidla objevuje takzvaný akutní radiační syndrom. Říká se mu také otrava radiací či nemoc z ozáření. Člověku se udělá nevolno a začne zvracet – a to už po pár hodinách. Následuje průjem, bolesti hlavy, horečka a celková únava. Dočasně se může snížit počet červených krvinek, člověk má také oslabenou imunitu a je náchylný k infekcím. U mužů se často objevuje dočasná sterilita. Tím dané problému mohou být ukončeny. Pokud je však ozáření silnější, po této úvodní fázi může nastat až dva týdny trvající fáze latentní. Po ní přijdou další, lehčí či vážnější příznaky, to opět závisí na síle ozáření. Těhotné ženy mohou samovolně potratit anebo se dítě může narodit mrtvé. Člověku mohou vypadnout vlasy a všechno ochlupení na těle, prudce klesne počet bílých krvinek. Ženy pak mohou být trvale sterilní. Takové ozáření už může být smrtelné. Pokud je ozáření ještě silnější, člověk začíná nekontrolovatelně krvácet z ústní dutiny. Nastává vnitřní krvácení z ledvin, střev, zpod kůže. Padesát procent takto ozářených umírá do jednoho měsíce. V dalších fázích už je úmrtnost stoprocentní a to většinou do sedmi dnů, několika hodin či minut. [9]

Průměrné ozáření občanů ČR se za jeden rok může pohybovat od 2 do 3 mSv. Pro srovnání, při dlouhodobém monitorování okolí Černobylu byla naměřena dávka 350 mSv. Ve Fukušimě bylo 14.3.2011 naměřeno 8,2 mSv.

3.2.2 Jodová profylaxe

Jednou z možností snížení následků radiace je jodová profylaxe. Použití jódových tablet se provádí až po výzvě ve sdělovacích prostředcích. Je nejúčinnější před příchodem radioaktivního oblaku. Jednou z látek unikajících při radiační havárii je radioaktivní jód. Aby se předešlo jeho hromadění ve štítné žláze člověka a poškození zdraví, užívají se tablety s neradioaktivním jodem, který nasýtí štítnou žlázu a nevpustí do ní radioaktivní jód. [6]

3.3 Principy ochrany

Ochranu před ionizujícím zářením lze rozdělit na ochranu před zevním ozářením, povrchovou a vnitřní kontaminaci. Při **ochraně před zevním ozářením** jsou využívány tři hlavní faktory: vzdálenost, čas, stínění. Hlavním smyslem ochrany časem je maximální zkrácení doby pobytu osob v poli ionizujícího záření. Aplikace ochrany stíněním je založena na znalosti fyzikálních zákonitostí, na nichž je stínění založeno. Při ochraně vzdáleností se využívá fyzikální zákonitosti, podle níž se expoziční příkon snižuje s druhou mocninou vzdálenosti. [10]

Jako základní **ochranu před vnitřním ozářením** se uvádějí tři principy: princip zdůvodnění, princip optimalizace, princip limitování. Důležité je také dodržovat následující pravidla: zpracovat při jednom úkonu co nejmenší dostačující aktivitu radioaktivní látky, omezovat rozptyl radioaktivního materiálu a dodržovat předepsaný režim práce zahrnující zejména nošení ochranného oděvu, očistu a monitorování při práci a po jejím ukončení. [10]

Každé pracoviště, kde se manipuluje se zdroji ionizujícího záření, musí mít připraveny plány činnosti při vzniku radiačních událostí. Tyto plány obsahují základní principy činnosti: [2]

- Zamezení vzniku příčin radiačních událostí.
- Zamezení šíření kontaminace.
- Opětovné převedení zdroje záření pod kontrolu.
- Evakuace nebo ukrytí zaměstnanců.
- Nahlášení událostí kompetentním orgánům. [2]

4 ZPŮSOBY DETEKCE

Ionizující záření je okem neviditelné, takže abychom se o jeho existenci vůbec mohli přesvědčit, je třeba jej detekovat pomocí příslušných fyzikálních metod a vhodné přístrojové techniky. Kromě "zviditelnění" nám detekce umožňuje zkoumat vlastnosti tohoto záření a využívat jej v řadě vědecko-technických, průmyslových a medicínských aplikací. Poskytuje nám kvantitativní informace o intenzitě, energii, prostorové distribuci a příp. dalších vlastnostech záření. Metody a přístroje pro detekci ionizujícího záření a pro měření jeho energie - spektrometrii. Úkolem detekce a spektrometrie záření je objektivní měření počtu kvant, energií, intenzit a dalších charakteristik ionizujícího záření. Zcela přesné měření se 100% účinností je však jen ideální předpoklad, ve skutečnosti se v měřícím procesu projevuje řada nepříznivých fyzikálních a technických vlivů, omezujících možnosti měření či zkreslujících výsledky. [1]

4.1 Druhy detektorů ionizujícího záření

Byla vyvinuta celá řada detektorů ionizujícího záření, které využívají různých principů a technických konstrukcí. Přístroje pro detekci ionizujícího záření se někdy označují souhrnným názvem radiometry. Fungují buď samostatně, nebo jsou součástí přístrojů pro měření některých veličin a monitorování určitých dějů pomocí radiačních metod. [1]

4.1.1 Dozimetry

Speciálním typem radiometrů jsou tzv. dozimetry. Jsou to většinou jednoduché detekční přístroje, které jsou cejchované v jednotkách radiační dávky (Gray, Sievert) či dávkového příkonu. Používají se při radiačním monitorování pro posuzování účinků záření především na živou tkáň. [1]

Dozimetr se skládá z: detektoru záření, aparatury, zařízení které odezvu detektoru zpracují a převedou do formy použitelné k registraci, interpretaci a registračního zařízení. Některé dozimetry jsou konstruovány tak, že různě upravený detekční senzor je sám vystaven v poli záření a vyhodnocení odezvy se provádí odděleně v měřícím a registračním zařízení. Jiné dozimetry jsou vystaveny poli záření i s vyhodnocovací aparaturou. Detektory ionizujícího záření je možno dělit do skupin podle různých hledisek. Časté je

dělení na kontinuální a integrální detektory. **Kontinuální detektory** podávají průběžnou informaci o okamžité míře (dávkové rychlosti, povrchové aktivitě, apod.) detekovaného záření. Tyto detektory se používají pro monitorování radiační situace za normální i havarijní situace. U **integrálních detektorů** hodnota odezvy roste s dobou, po kterou je detektor vystaven působení zdroje záření. Tyto detektory se používají v osobní dozimetrii, dozimetrii životního i pracovního prostředí. [4]

Podle účelu lze detekční systémy dělit na:

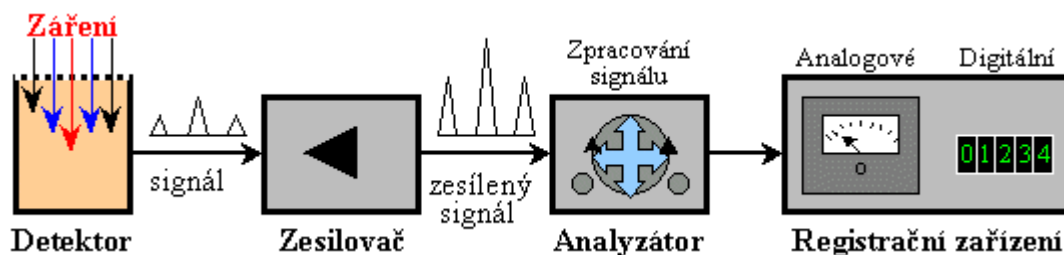
- **radiometry**: slouží k odhadu dávkových příkonů, dávky, povrchové kontaminace v daném místě, prostoru,
- **spektrometry**: měří energetickou distribuci dané veličiny (aktivitu, fluorescenci) ionizujícího záření,
- **radiometrická zařízení**: jsou určena k nejrůznějším, zpravidla průmyslovým aplikacím, zařízení obsahuje vhodný zdroj záření a měřicí aparaturu (vlhkoměry, popeloměry, tloušťkoměry, apod.) [4]

Nejpoužívanější detektory ionizujícího záření můžeme rozdělit dle principu detekce do tří hlavních skupin:

- a) elektrické detektory
- b) scintilační detektory
- c) materiálové detektory [4]

4.1.1.1 Elektrické detektory

V ozářené látce vzniknu ionizací volné elektrické náboje a tím se zvětší elektrická vodivost látky. Vzniklý ionizační proud respektive jím vyvolaný napěťový impuls je odezvou na ozáření. K těmto detektorům, patří ionizační komory, proporcionální a Geiger-Müllerovy počítače a polovodičové detektory. Detekční systémy měří okamžitou hodnotu dané veličiny radiačního pole v daném čase. [4]

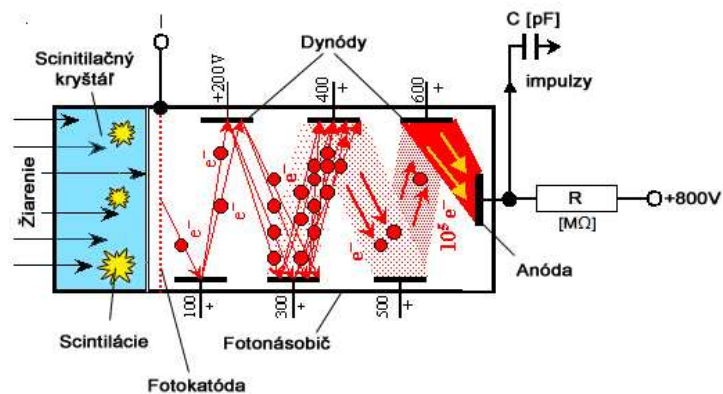


Obrázek 5. Základní blokové schéma elektronického detektoru záření [1]

4.1.1.2 Scintilační detektory

Jsou založeny na látkách, v nichž působením ionizujícího záření vzniká luminiscenční záření (scintilace). Světelný signál se převádí na elektrický a dále se zpracovává. Scintilační detekční aparatura se skládá ze scintilátoru, fotonásobiče a registračního zařízení. Ionizující záření dopadá na scintilátor a vyvolává v něm luminiscenční záření – fotony, tyto fotony dopadají na fotokatodu, která tvoří vstupní okénko fotonásobiče. Fotoelektrikem jsou uvolněny elektrony, které se po urychlení elektrickým polem dostávají na první elektrodu fotonásobiče (dynodu). Povrch fotonásobiče je pokryt materiálem s vysokým koeficientem sekundární emise elektronů. Počet elektronů, které jsou vyraženy z povrchu dynody, je větší než počet elektronů, které na dynodu dopadají. Následkem tohoto násobícího a urychlovacího procesu vyvolá každý uvolněný elektron celkem $10^5 - 10^9$ elektronů, které dopadnou na anodu fotonásobiče. Na připojeném pracovním odporu, tak vznikne napěťový impuls, který se dále zpracovává v registračním bloku. [11]

Scintilační detektory mají obdobné využití jako detektory elektrické. Vzhledem k tomu, že výsledný signál u scintilačních detektorů závisí na energii, lze je používat ve spektrometrech a po úpravách odezvy i k ocenění dozimetrických veličin (dávky). [4]



Obrázek 6. Blokové schéma scintilačního detektoru [12]

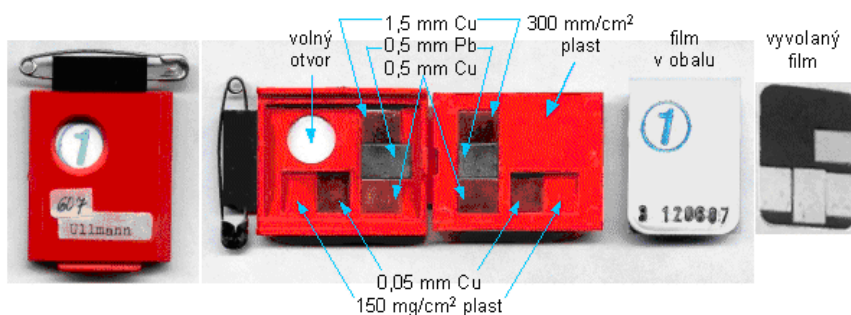
4.1.1.3 Materiálové detektory

Tyto detektory jsou založeny na látkách, které mění své vlastnosti (barvu, teplotu, vodivost, chemické složení, objem, apod.) působením ionizačního záření. K těmto detektorům patří filmové detektory, termoluminiscenční a stopové detektory. Jedná se většinou o detektory integrální. Používají se zpravidla v osobní dozimetrii, dozimetrii

pracovního a životního prostředí, pro monitorování za normální i havarijní situace. Tři nejčastěji používané detektory: [4]

1) Filmové dozimetry

Využívají skutečnosti, že působením ionizujícího záření vzniká ve fotografickém materiálu latentní obraz, který lze vyvoláním filmu zviditelnit. Optická hustota zčernání filmu je odezvou na ozáření. Vlastní film se vkládá do plastového pouzdra opatřeného malými zpravidla měděnými a olověnými filtry, které pohlcují gama záření v závislosti na jeho energii. Filtry slouží ke korekci závislosti zčernání materiálu na energii záření a také k odhadu druhu a energie záření (porovnáním zčernání pod jednotlivými filtry). Vyhodnocování se provádí zpravidla pomocí automatizovaných denzitometrů ve spojení s počítačem. [4]



Obrázek 7. Osobní filmový dozimetr používaný pro monitorování pracovníku [1]

2) Termoluminiscenční dozimetry

Jsou založeny na látkách, které po ozáření a následném zahřátí vydávají viditelné světlo. Odezvou na ozáření je pak vhodná fotometrická veličina, většinou světelný tok. Oproti filmovým dozimetřům mají termoluminiscenční dozimetry dvě výhody:

- malé rozměry, to umožňuje jejich použití v prstových dozimetrech
- s dostatečnou přesností zachytí velmi široký rozsah dávek – od přírodního pozadí po havarijní ozáření. Vyhodnocení se provádí pomocí aparatury obsahující fotonásobič (který detekuje fotony vyvolané v daném materiálu po jeho ohřevu na teplotu, která je pro tento materiál specifická) s pojený s vyhodnocovací a registrační jednotkou. [4]

3) Stopové detektory

Využívají stop, které tvoří částice ionizujícího záření v organických materiálech. Stopy se chemicky upravují (leptají) a počítají mikroskopem. [4]

4.1.2 Detekční přístroje používané u HZS

HZS ČR je vybaven řadou měřících přístrojů. Radiometr DC-3E-98, osobní i zásahové dozimetry jsou rozmístěny v jednotkách HZS krajů plošně v počtu, který závisí na tom, zda jednotka je základní, střední nebo opěrná v systému předurčenosti na havárie nebezpečných látek. Radiometr DC-3E-98 je však již dnes nahrazen novou verzí, a to zásahovým radiometrem DC-3H-08, který je plně digitalizován, automaticky se přepínají měřící rozsahy, je doplněn celou řadou významných doplňků, které byly vytvořeny na základě praktických metrologických a ergonometrických testů. Všechny nově zavedené přístroje splňují požadavky na jednoduchost ovládání, snadnou orientaci na displeji a reprodukci naměřených hodnot. Všechny přístroje jsou stanovenými měřidly, ověřování se provádí každé dva roky v Opravářenském závodě Olomouc HZS ČR, který je autorizovaným metrologickým střediskem. [4]

4.1.2.1 Radiometr DC-3H-08

Je určen pro stanovení příkonu dávkového ekvivalentu, měření plošné aktivity, kontrolu kontaminace osob, měření ekvivalentní dávky a pro stanovení doby pobytu. Radiometr má robustní konstrukci vhodnou pro měření v terénu. Je složen ze dvou samostatných dílů – základní a indikační jednotky. Základní jednotky obsahuje desky s elektronikou detektorů, detekční jednotku, držadlo s připojením indikační jednotky, vypínač, bateriové napájení. Na obalu přístroje jsou vyvedeny konektory – USB a nabíjecí, dále propojovací konektor s indikační jednotkou. Indikační jednotka obsahuje řídicí jednotku procesorem a pamětí, čtyři ovládací tlačítka, displej, bargraf¹ a dvojici paralelně zapojených piezo bzučáků. Při spojení se základní jednotkou čtyřmi pružnými kontakty je napájení společné a komunikace probíhá po RS-232. Odpojením od základní jednotky

¹ Bargraf – je slangové označení indikátoru hodnoty pomocí rozsvícení jednoho světelného bodu z několika.

komunikace probíhá bezdrátově pomocí Bluetooth. Data z měření, uložená ve vnitřní paměti, se přes konektor USB mohou přenést do počítače. Napájení je akumulátorové s možností dobíjení přes konektor v pouzdře přístroje. Indikační i základní jednotka mají samostatné napájení. [4]

Velkoplošná detekční jednotka je schopna detekovat ionizující záření typu beta a gama. Měření probíhá v režimu vyhledávacím (rychlá odezva měřidla), nebo měřícím (automatické přepínání detektorů a doby měření). Indikační jednotka s velkým displejem přehledně zobrazuje měřenou veličinu. Při měření plošné aktivity je nutné mít otevřenou clonu. [4]

Základní parametry přístroje:

- interval aktualizace hodnot 1s
- měření dávkového ekvivalentu záření do 10 Sv
- měření plošné aktivity beta 0,3 až 30000Bq.cm⁻²
- přístroj bude reagovat spuštěním alarmu:
 - alarm 1 při překročení hodnoty 10 μSv/h
 - alarm 2 při překročení hodnoty 1 mSv/h
 - alarm 1 při překročení hodnoty 10 Bq/cm²
 - alarm 2 při překročení hodnoty 1 kBq/cm²
- rozměry základní jednotky 108 x 210 x 103 mm
- rozměry indikační jednotky 67 x 235 x 100 mm
- celková hmotnost 2417g [4]

Výrobce: firma VF, a. s. Černá Hora



Obrázek 8. Zásahový dozimetr DC-3H-08 [13]

4.1.2.2 Osobní dozimetr SOR/R-20 verze DMC

Je určen pro sledování obdržených dávek zasahujících osob vyskytujících se v blízkosti zdroje ionizujícího záření. Při zásahu je určen pro stanovení obdržených dávek a signalizaci překročení dvou úrovní alarmu. Nosí se na bezpečnostní tkanici pod ochranným oděvem na hrudi ve výši prsou. Dozimetr má odolnost dle požadavku NATO, je vodotěsný do hloubky 1m, odolný proti nárazu, vibracím a záření, je odolný elektromagnetickému záření, odolný na pole záření do 50 Sv/h a až do 100 Sv/h, je bezpečný ve výbušném prostředí. Dozimetr má nastavitelné dvě úrovně signalizace pro ekvivalentní dávku 1mSv a 50 mSv) a příkon dávkového ekvivalentu, indikace alarmu – signalizace je zvuková. [4]

Základní parametry přístroje:

- detektor křemíková dioda pro záření gama
- rozsah ekvivalentních dávek od 1 μ Sv do 10 Sv
- rozsah příkonů dávky od 10 μ Sv/h do 10 Sv/h
- přesnost $\pm 20\%$ v celém rozsahu
- jedno funkční tlačítko
- podsvícený displej
- rozměry 80,5 x 48 x 9 mm
- celková hmotnost 55g [4]

Výrobce: firma M.G.P. Zlín



Obrázek 9. Osobní dozimetr SOR/R-20 verze DMC [13]

4.1.2.3 Zásahový dozimetr UltraRadiac URAD 115

Je určen pro indikaci zdrojů ionizujícího záření, měření dávkového příkonu v místě zásahu pro stanovení doby pobytu, pro vytyčování bezpečnostní zóny záření gama, pro stanovení obdržené dávky a signalizaci překročení dvou signalizačních úrovní. Dozimetr má odolnost dle požadavků NATO, je vodotěsný do hloubky 1m, odolný proti nárazu, vibracím a zářní, má velmi odolná ovládací tlačítka a hliníkové pouzdro, je odolný proti elektromagnetickému záření a je bezpečný ve výbušném prostředí. Oproti běžným dozimetřům má URAD 115 výrazně rychlejší odezvu, což je pro zásahové jednotky zásadním faktorem. Dozimetr má nastavitelné dvě úrovně signalizace pro příkon dávkového ekvivalentu (dolní práh je vhodný nastavit nad přirozeným pozadím – funkce indikátoru ionizujícího záření gama) a ekvivalentní dávku (kumuluje se od posledního vynulování registru). [4]

Základní parametry přístroje:

- interval aktualizace hodnot 1s
- rozsah ekvivalentní dávky 0,01 μSv do 10 Sv
- rozsah příkonů dávky od 0,1 $\mu\text{Sv/h}$ do 5 Sv/h
- přesnost $\pm 15\%$ v celém rozsahu
- automatické přepínání rozsahu
- 2 LED pod displejem pro signalizaci alarmu příkonu a kumulované dávky, akustická indikace dávky, akustická indikace impulzů pro dohledávání zdroje, vibrační alarm
- infračervený port
- při spojení s GPS navigací je možno použít pro nácvik radiálního průzkumu
- celková hmotnost 275g [4]



Obrázek 10. Zásahový dozimetr UltraRadiac URAD 115 [13]

5 MONITOROVÁNÍ RADIACE NA ÚZEMÍ ČESKÉ REPUBLIKY

Právní rámec pro systém radiační ochrany v ČR, včetně systému monitorování radiační situace na území ČR, vytváří zákon č. 18/1997 Sb., o mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření (atomový zákon) a na něj navazující prováděcí předpisy. Radiační situace na území ČR je zjišťována především pomocí Radiační monitorovací sítě (RMS). Jejím řízením je pověřen Státní úřad pro jadernou bezpečnost (SÚJB). Vedle něho, tj. jeho Regionálních center (RC) a Státního ústavu radiační ochrany (SÚRO) a držitelů povolení k provozu jaderných zařízení, se na činnosti RMS podílejí organizace resortů Ministerstva financí (MF), Ministerstva obrany (MO), Ministerstva vnitra (MV), Ministerstva zemědělství (MZe) a Ministerstva životního prostředí (MŽP). [14]

Data získávána RMS slouží pro hodnocení radiační situace, pro potřeby sledování, posuzování stavu ozáření a v případě radiační havárie, pro rozhodování o opatřeních vedoucích ke snížení nebo odvrácení ozáření. Data, zpracovávaná informačním systémem RMS, jsou k dispozici veřejnosti a v rámci mezinárodní výměny předávána do zahraničí. Příkladem této spolupráce je publikace *Environmental Radioactivity in the European Community*. Funkci monitorovací sítě zajišťují **stále složky** monitorovací sítě, které pracují nepřetržitě, a **pohotovostní složky** monitorovací sítě, které se aktivují pouze při podezření na vznik nebo při vzniku radiační mimořádné situace. Monitorovací síť pracuje v **normálním režimu** a v **havarijním režimu**. [15]

5.1 Stále složky

Stále složky monitorovací sítě tvoří:

1. Síť včasného zjištění, kterou tvoří systém měřících míst provádějících nepřetržitě měření dávkového příkonu na území České republiky a neprodlené informování o případném zvýšení příkonu nad obvyklé hodnoty.
2. Síť termoluminiscenčních dozimetrů, kterou je systém pro měření dávky záření gama na území České republiky.
3. Měřící místa kontaminace ovzduší, kterým jsou prostředky pro měření dávkového příkonu a pro zajištění odběrů vzorků aerosolů a spadů a pro jednoduché stanovení aktivity radionuklidů v těchto vzorcích.

4. Měřicí místa kontaminace potravin, kterými jsou prostředky pro zajištění odběru vzorků z článků potravních řetězců a pro stanovení aktivity radionuklidů v těchto vzorcích.
5. Měřicí místa kontaminace vody, kterými jsou prostředky pro zajištění odběru vzorků vody, říčních sedimentů a ryb a pro stanovení aktivity radionuklidů v těchto vzorcích.
6. Měřicí místa na hraničních přechodech, kterými jsou prostředky pro získávání údajů o radionuklidové kontaminaci osob, dopravních prostředků, zboží, předmětů a materiálů na hraničních přechodech.
7. Mobilní skupiny, které provádějí monitorování dávek, dávkových příkonů a aktivity radionuklidů v terénu, dozimetrů.
8. Letecké skupiny, které provádějí monitorování dávek, dávkových příkonů a aktivity radionuklidů v terénu.
9. Laboratorní skupiny, které zajišťují odběry vzorků z životního prostředí, provádějí spektrometrické, popřípadě radiochemické analýzy vzorků životního prostředí s cílem stanovit v nich aktivity radionuklidů.
10. Centrální laboratoř monitorovací sítě, která koordinuje měření vzorků odebraných laboratorními a mobilními skupinami a zajišťuje vybraná měření těchto vzorků a dále zajišťuje hodnocení výsledků těchto měření s cílem poskytnout podklady pro rozhodování o opatřeních vedoucích ke snížení nebo odvrácení ozáření osob a která koordinuje a zajišťuje měření vnitřní kontaminace osob.
11. Meteorologická služba, která získává meteorologické údaje nezbytné k tomu, aby bylo možno s použitím modelů šíření uniklých radionuklidů v ovzduší provádět vyhodnocení a prognózu vývoje radiační situace. [15]

5.2 Pohotovostní složky

Pohotovostní složky monitorovací sítě tvoří:

1. Mobilní skupiny, které provádějí monitorování dávek, dávkových příkonů a aktivity radionuklidů v terénu, odběry vzorků složek životního prostředí a rozmístění a výměnu dozimetrů v sítích termoluminiscenčních dozimetrů.

2. Laboratorní skupiny, které zajišťují odběry vzorků z životního prostředí, provádějí spektrometrické, popř. radiochemické analýzy vzorků životního prostředí s cílem stanovit v nich aktivity radionuklidů.
3. Letecké prostředky průzkumu pro monitorování dávek, dávkových příkonů a aktivity radionuklidů v terénu.
4. Měřicí místa kontaminace vody, kterými jsou prostředky pro stanovení aktivity radionuklidů ve vodě, v říčních sedimentech, ve vodních makrofytech a vzorcích ryb.
5. Měřicí místa kontaminace potravin, kterými jsou prostředky pro stanovení aktivity radionuklidů v člancích potravních řetězců.
6. Měřicí místa na hraničních přechodech, kterými jsou prostředky pro získávání údajů o dávkových příkonech, radionuklidové kontaminaci osob, dopravních prostředků, zboží, předmětů a materiálů.
7. Měřicí místa na uzávěrách, kterými jsou prostředky pro získání údajů o dávkových příkonech a radionuklidové kontaminaci osob, dopravních prostředků, předmětů a materiálů na hraních uzavřených oblastí a v okolí místa radiační havárie. [15]

5.3 Monitorovací síť – normální režim

Normální režim je monitorování za obvyklé radiační situace a podílejí se na něm stále složky monitorovací sítě. Monitorování je zaměřeno zejména na sledování časové a prostorové distribuce dávek, dávkových příkonů a aktivity radionuklidů ve složkách životního prostředí za účelem stanovení dlouhodobých trendů a včasného zjištění odchylek od nich a slouží zároveň k udržování organizační, technické a personální připravenosti složek monitorovací sítě k monitorování v havarijním režimu. [15]

5.4 Monitorovací síť – havarijní režim

Havarijní režim je monitorováním za radiační mimořádné situace nebo při podezření na její vznik.

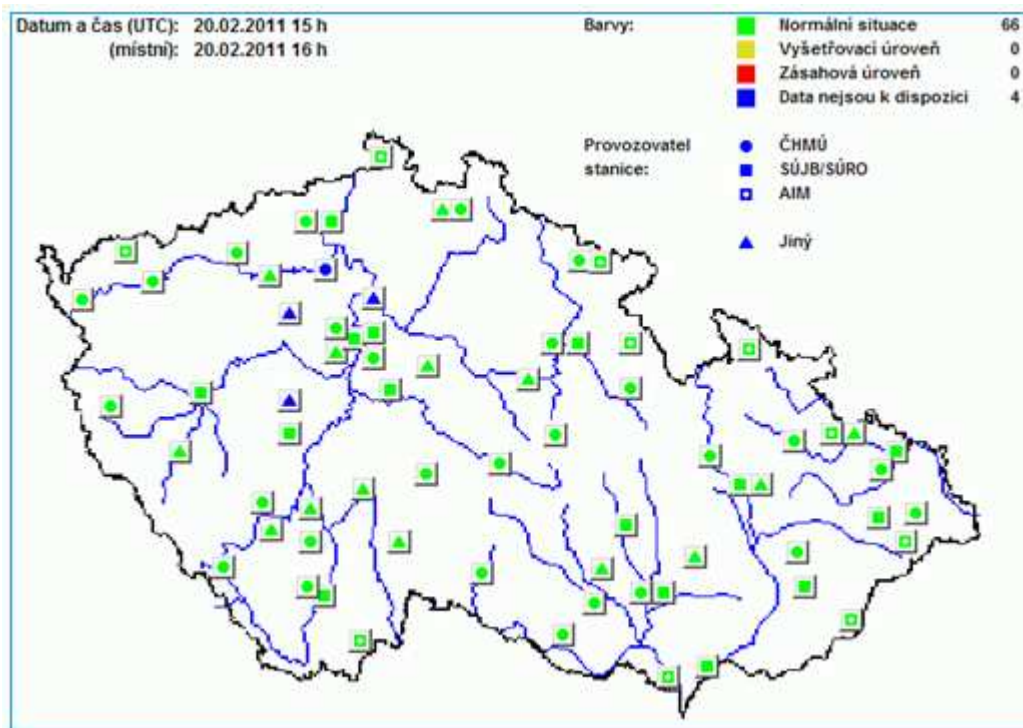
- podílejí se na něm stále i pohotovostní složky monitorovací sítě,

- monitorování v havarijním režimu je zaměřeno zejména na:
 1. potvrzení vzniku radiační mimořádné situace; jedná-li se o radiační mimořádnou situaci vzniklou na území České republiky, i na odhad dalšího vývoje radiační havárie a šíření radionuklidů v okolí jaderného záření nebo pracovišti, na němž k radiační havárii došlo,
 2. identifikaci a charakteru nastalého úniku,
 3. odhad dávek osob,
 4. hodnocení vzniklé radiační situace a přípravu podkladů pro rozhodování o opatřeních vedoucích ke snížení nebo k odvrácení ozáření osob, včetně určení území, kde jsou tato opatření z hlediska vzniklé radiační mimořádné situace doporučována,
 5. hodnocení účinnosti realizovaných ochranných opatření,
 6. předpověď vývoje radiační situace. [15]

6 TECHNICKÉ PROSTŘEDKY POUŽÍVANÉ K MONITOROVÁNÍ RADIČNÍ SITUACE NA ÚZEMÍ ČR

6.1 Síť včasného zjištění (SVZ)

Síť včasného zjištění se sestává z 54 měřících bodů s automatizovaným přenosem naměřených hodnot. Jejich provoz zajišťují Regionální centra SÚJB, SÚRO, Český hydrometeorologický ústav a Hasičský záchranný sbor ČR. Síť včasného zjištění je doplněna v okolí jaderných elektráren Dukovany a Temelín teledozimetrickou sítí, kterou tvoří 24 detektorů v okolí JE Temelín a 27 detektorů u JE Dukovany, v dalších 16 místech je zajištěna Armádou ČR. K 20.1.2011 bylo uvedeno do provozu 17 nových stanic SVZ (síť včasného zjištění) provozovaných armádou ČR. [14]



Obrázek 11. Mapa příkonu dávkového ekvivalentu [14]

Pro měření hodnot SVZ v ČR se využívá měřicí systém LB 111, který vytvořila společnost Protea, s.r.o pro Státní ústav radiální ochrany, Praha. Podrobnosti o systému a principu měření budou blíže specifikovány v praktické části.

6.2 Teritoriální síť TLD

Síť termoluminiscenčních dozimetrů je jednou z nejdůležitějších složek Radiační monitorovací sítě ČR. TLD síť byla zahájena v r. 1989 za účelem monitorování vnějšího ozáření obyvatel ČR. Převážná většina monitorovacích bodů je volně umístěna v prostranství ve výšce 1 m nad úrovní terénu a část těchto monitorovacích bodů je rozmístěna do přílehlých budov, aby včas odhalila radiační havárii.

Teritoriální síť TLD (termoluminiscenční dozimetry) je tvořena 184 měřicími místy rozmístěnými na území ČR a provozována SÚRO a RC SÚJB.

Jako dozimetry se používají plastické karty se třemi TLD elementy $\text{Al}_2\text{O}_3:\text{C}$, umístěné v obalu z hliníku pro modifikaci energetické závislosti dozimetrů. Měření se provádí pomocí automatického měřicího TLD systému Dosacus – Rados. Při měření jsou prostřednictvím speciálního softwaru zaznamenávány všechny naměřené odezvy včetně TL křivek. Výsledky měření jsou ukládány do výstupního souboru, odkud je lze používat pro další zpracování. Ke zpracování a uchování výsledků byl vytvořen speciální software přizpůsobený potřebám TLD sítě. Převážná většina těchto výsledků se dlouhodobě pohybuje v intervalu od 70 nSv/h do 270 nSv/h, což odpovídá variacím přírodního pozadí na území ČR. Za dobu existence TLD sítě nebylo zaznamenáno žádné překročení vyšetřovací úrovně, tj. hodnoty 500 nSv/h. [14]



Obrázek 12. Automatický měřicí TLD systém Dosacus [14]

6.3 Ostatní měřená místa

Mezi ostatní měřená místa patří:

- Lokální síť TLD s 21 měřícími místy v okolí JE Dukovany a JE Temelín provozované SURO a RC SÚJB.
- Lokální síť TLD s 70 měřícími místy v okolí JE Dukovany a JE Temelín provozované Laboratořemi radiační kontroly v okolí jaderných elektráren.
- Lokální síť měřících míst kontaminace ovzduší (MMKO) provozované Laboratořemi radiační kontroly v okolí jaderných elektráren Dukovany (6 stanic) a Temelín (7 stanic).
- Teritoriální síť 10 MMKO provozovaných RC SÚJB, SURO a ČHMÚ.
- Síť 12 laboratoří, které jsou vybaveny pro kvalitativní i kvantitativní analýzy obsahu radionuklidů ve vzorcích z životního prostředí, jako jsou potraviny, pitná voda, krmiva atd.
- Významnou složkou RMS jsou i její mobilní skupiny, umožňující rychlý zásah při podezření na únik radionuklidů na území ČR. [14]

7 MONITOROVÁNÍ SLOŽEK ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

Účelem programu monitorování je sledování distribuce aktivit radionuklidů a dávek ionizujícího záření na území státu v prostoru a čase, s cílem získat dlouhodobé časové trendy a včas zjistit odchylky od nich. Pozornost je věnována umělým radionuklidům, z nichž se v měřitelných hodnotách vyskytují a jsou sledovány radiační monitorovací síti. Jedná se o hodnoty v: [14]

- ovzduší ^{137}Cs , ^{90}Sr , ^{238}Pu , $^{239+240}\text{Pu}$, ^{85}Kr , ^{14}C , ^3H (radioaktivní izotop – cesium s poločasem rozpadu 30,1 roků, radioaktivní izotop – stroncium s poločasem rozpadu 28,8 roků, radioaktivní izotop - plutonia s poločasem rozpadu 87,7 roků, radioaktivní izotop – kryptonu s poločasem rozpadu 10,7 roků, radioaktivní izotop – uhlíku s poločasem rozpadu 5730 let, radioaktivní izotop vodíku – tritium s poločasem rozpadu 12 let).
- poživatinách ^{137}Cs , ^{90}Sr , ^3H (radioaktivní izotop – cesium, radioaktivní izotop - stroncium, radioaktivní izotop vodíku – tritium)
- v těle člověka ^{137}Cs [14]

7.1 ZAŘÍZENÍ PRO MONITOROVÁNÍ RADIONUKLIDŮ V OVZDUŠÍ – SNOW WHITE

Radionuklidy v ovzduší jsou monitorovány v tzv. měřících místech kontaminace ovzduší (MMKO) vybranými zařízeními pro odběr aerosolů s průtoky vzduchu v rozmezí 40 – 900 m³/h. Teritoriální síť se skládá z 10 MMKO provozovaných RC SÚJB, SÚRO a ČHMÚ. Úkolem sítě je vzhledem k její velké citlivosti spolu se sítí včasného zjištění monitorovat i malé kvalitativní a kvantitativní změny obsahu umělých radionuklidů v atmosféře a sledovat dlouhodobé časové průběhy, na jejichž základě lze odhadnout radiační zátěž obyvatelstva z inhalace. Filtr s kontinuálně odebraným aerosolem je měně zpravidla v týdenních intervalech a následně měřen pomocí polovodičové spektrometrie gama. [14]



Obrázek 13. Odběrové zařízení typu SNOW WHITE – areál SÚRO Praha [14]

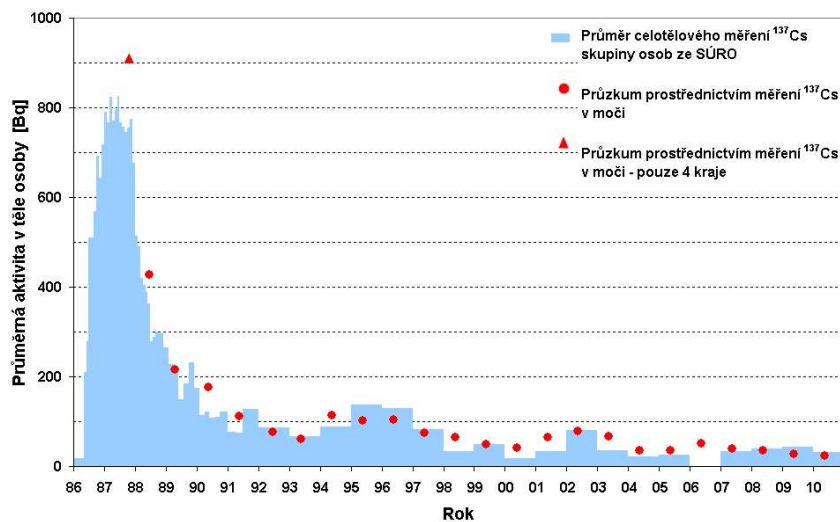
7.2 REGISTR VNITŘNÍ KONTAMINACE

Na počítači snímající celé lidské tělo situovaného v Praze SÚRO je každoročně prováděno monitorování vnitřní kontaminace ^{137}Cs (cesium²) u referenční skupiny celkem 30 osob (15 mužů, 15 žen), převážně obyvatel Prahy ve věku od 25 do 71 let. V roce 2010 průměrná aktivita ^{137}Cs v těle jedné osoby byla naměřena 31 Bq. [14]

Dalším měření vnitřní kontaminace se provádí prostřednictvím měřené aktivity ^{137}Cs vyloučeného moči za 24 hodin. Průměrná aktivita ^{137}Cs v těle jedné osoby byla na základě těchto měření v roce 2010 odhadnuta na 31 Bq. Vzorky byly odebrány v květnu 2010 celkem od 46 žen a 24 mužů, kteří svými stravovacími návyky představují zhruba průměrnou populaci. Průměrná hodnota aktivity ^{137}Cs , vyloučena moči za 24 hodin, byla 0,14 Bq a tomu odpovídající přepočtený průměrný obsah aktivity ^{137}Cs v těle 23 Bq. [14]

² Cesium (Cs) – chemický prvek z řady alkalických kovů, který se vyznačuje velkou reaktivitou. Jde o prvek velmi měkký, lehký a snadno lze krájet nožem. Jeho barva je zlatožlutá. Páry mají modrozelenou až zelenošedou barvu

Graf 1. Vývoj obsahu ^{137}Cs u českého obyvatelstva po černobylské havárii [14]



7.3 RADIONUKLIDY V PITNÉ VODĚ A POŽIVATINÁCH

Ve vzorcích pitné vody je sledována aktivita ^{137}Cs ³, ^{90}Sr , ^3H , (radioaktivní izotop z cesia, radioaktivní izotop stroncia, radioaktivní izotop vodíku - trítium) ve vzorcích povrchové vody je navíc sledována celková objemová aktivita beta. Monitorovány jsou zejména velké zdroje pitné vody a vybrané povrchové vody. Monitorované komodity poživatin jsou vedeny zejména podle své významnosti, velikosti spotřeby obyvatelstvem ČR a schopnosti akumulovat radionuklidy. Hmotnostní či objemové aktivity ^{137}Cs v základních potravinách se pohybují převážně v setinách až desetinách Bq/kg, respektive Bq/l. Objemové aktivity ^{137}Cs a ^{90}Sr v pitné vodě jsou ještě nižší (desetiny až jednotky mBq/l), případně pod mezí detekovatelnosti. Obsah tritia v pitné vodě se pohybuje v jednotkách Bq/l a v průběhu let soustavně dlouhodobě klesá. Relativně vyšší obsah ^{137}Cs oproti ostatním poživatinám je stále pozorován v houbách, lesních plodech a mase divoké zvěře. Hodnoty hmotnostní aktivity ^{137}Cs v těchto produktech dosahuje jednotek až stovek Bq/kg. Pokles aktivity cesia je v nich velmi pomalý, je to dáno charakterem ekosystému. V porovnání s ostatními druhy poživatin je hodnota cesia vyšší, avšak vzhledem k jejich malé spotřebě je daná hodnota zcela zanedbatelná (méně než 0,1%). [14]

³ ^{137}Cs – izotop cesia. Je jedním z 39 známých izotopů vznikajících při štěpení uranu.

8 SOUČASNÝ STAV ČR A VYBRANÝCH ZEMÍ EU

8.1 Přístup Spolkové republiky Německa k jaderné energii

V Německu je bezpečnostní provoz jaderných elektráren zastoupen světově proslulými vysokými bezpečnostními standardy. Pokud jde o bezpečnost a spolehlivost jsou německé jaderné elektrárny nejlepší na světě, na bezpečnost dohlíží státní úřady na mezinárodní úrovni. Po černobylské havárii Německo úplně upustilo od výstavby nových reaktorů. V současné době má Německo v provozu 17 jaderných elektráren. V roce 2009 vyrobily celkem 134,9 miliard kWh proudu. Z provozu bylo vyřazeno 19 jaderných zařízení, která vznikla v 60., 70. a 80. letech dvacátého století. Poslední z uzavřených elektráren se jmenovala Kernkraftwerk Obrigheim, a byla odstavena v roce 2005. I když se Německo staví k jaderným elektrárnám v dnešní době pozitivně, má v plánu do budoucna odstoupit od jaderné energetiky. Proslýchá se, že uzavření všech 17ti jaderných el. v Německu by mohlo být do roku 2021.

8.2 Přístup Francie k jaderné energii

Přístup Francie k jaderné energii je vesměs pozitivní. Zatímco mnoho evropských zemí omezilo jaderné elektrárny po černobylské katastrofě z roku 1986 v Sovětském svazu, Francie se rozhodla pokračovat ve vývoji jaderné energie. Francie se spoléhá na jadernou energii téměř z 80 % svých energetických potřeb a je největším vývozcem elektřiny, nejvíce vyváží do Velké Británie, Itálie, Nizozemska a Německa. V současné době je na území Francie 22 jaderných elektráren. Vláda vydala souhlas k výstavbě nových reaktorů ve Famanville v Normandii. Rozvoj jaderné energetiky bude ve Francii postaven buďto na prodloužení životnosti současných 58 reaktorů, nebo na nové kolekci nejmodernějších reaktorů EPR.

8.3 Přístup Itálie k jaderné energii

Postoj Itálie k jaderné energetice není příliš kladný. Má to za následek černobylská katastrofa v roce 1986, kdy po referendu v létě 1987 bylo rozhodnuto odstavit tři funkční atomové elektrárny a čtvrtou, jež byla ve výstavbě nedokončit. V posledních letech zesílila debata o možném návratu k jaderné energii, jelikož se země opakovaně potýkala s velkými

výpadky v zásobě elektřiny (masové spouštění klimatizačních zařízení). Itálii se nabízí možnost spolupracovat s Francií, která má s využitím jaderné energie bohaté zkušenosti.

8.4 Přístup Dánska k jaderné energii

Ze skandinávských zemí je Dánsko jediné, které se drží své nulové jaderné politiky. K výrobě tepla a el. energie využívá ropné produkty, zemní plyn, dovážené uhlí, biomasu a obnovitelné zdroje, zejména vítr. Do budoucna ani neplánuje žádnou výstavbu jaderných elektráren.

8.5 Přístup České republiky k jaderné energii

V ČR musí jaderné elektrárny dodržovat přísná doporučení Mezinárodní agentury pro atomovou energii a řídí se doporučeními velkého počtu mezinárodních prověrek zaměřených především na bezpečnost. Přístup k provozování jaderných zařízení je v ČR stejný nebo velmi podobný těm, které se používají v EU a ve světě. Na chod jaderných elektráren v ČR dohlíží Státní úřad pro jadernou bezpečnost.

SÚJB má celou řadu činností. K nejvýznamnějším patří státní dozor nad jadernou bezpečností vůbec, fyzickou ochranou jaderných zařízení, radiační ochranou a havarijní připraveností v prostorách jaderných zařízení nebo na pracovištích, kde se vyskytují zdroje ionizujícího záření. Prvotním úkolem pro rok 2011 zůstává zajištění adekvátní regulace rizik souvisejících s využíváním jaderných technologií. SÚJB dohlíží na bezpečné využívání jaderné energie a ionizujícího záření na šesti provozovaných blocích v Dukovanech a Temelíně, na třech výzkumných reaktorech, ve dvou skladech použitého jaderného paliva, ve třech trvalých úložištích radioaktivního odpadu, na třech stovkách pracovišť s otevřenými radionuklidovými zdroji, včetně 49 oddělení nukleární medicíny, na cca 4800 zařízeních s uzavřenými radionuklidovými zdroji, včetně 50 radioterapeutických oddělení, gama nože a dvou průmyslových ozařovačů a na zhruba 8 tisících rentgenů, z nichž je 6200 používáno v lékařství. [15]

8.5.1 Jaderná elektrárna Temelín

Jaderná elektrárna Temelín leží přibližně 24 km od Českých Budějovic a 5 km od Týna nad Vltavou. Elektřinu vyrábí ve dvou výrobních blocích s tlakovými reaktory VVER 1000 typu V 320. Od jara 2003 je temelínská elektrárna s instalovaným elektrickým

výkonem 2000 MW největším energetickým zdrojem České republiky. Technologie elektrárny odpovídá moderním světovým parametrům. Od konstrukce kontejneru až po optimalizaci využití paliva. Důležitou součástí zajištění bezpečnostního provozu je vysoká profesionální úroveň personálu. Pro jejich přípravu byl v areálu Jaderné elektrárny Temelín vybudován plnorozsahový simulátor. Jde vlastně o kopii blokové dozorny, z které normálně operační personál řídí skutečný blok. Na simulátoru ale řídí vše instruktor s pomocí počítače. Lze tak cvičit provozní, ale i případné havarijní stavy. [16]



Obrázek 14. Jaderná elektrárna Temelín [16]

Jaderná elektrárna Temelín vyrobila v roce 2010 rekordní množství elektřiny. V roce 2010 oba bloky elektrárny Temelín vyrobily 13,82 miliard kWh elektrické energie. Tím elektrárna překonala o 570 milionů kWh dosud nejvyšší výrobu z roku 2009. Od zahájení provozu v prosinci 2000 vyrobil Temelín 105,86 miliard kWh elektřiny. [17]

8.5.2 Jaderná elektrárna Dukovany

Jaderná elektrárna Dukovany se nachází 30 km jihovýchodně od Třebíče, v trojúhelníku, který je vymezen obcemi Dukovany, Slavětice Rouchovany. V elektrárně jsou ve dvou dvojblocích instalovány celkem čtyři tlakovodní reaktory typu VVER 440 model V 213. Tři z bloků mají elektrický výkon 460 MW, jeden disponuje výkonem o hodnotě 500 MW. Jaderná elektrárna Dukovany je první provozovanou jadernou elektrárnou v České republice a patří mezi největší, vysoce spolehlivé a ekonomicky výhodné energetické zdroje ČEZ, a.s. Roční výroba elektrické energie se pohybuje okolo 13,5 TWh, což představuje asi 20 % z celkové spotřeby elektřiny v České republice. V porovnání s ostatními významnými výrobci vyrábí elektřinu s nejnižšími měrnými náklady. [16]



Obrázek 15. Jaderná elektrárna Dukovany
[16]

V roce 2010 splnily Dukovany plán výroby na 100,03 %. Na Silvestra ve 21:23, dvě a půl hodiny před silvestrovskou půlnocí, splnila elektrárna Dukovany svůj plán výroby pro rok 2010, vyrobit 14 miliard a 171 milionu kilowatthodin elektřiny. Do konce roku vyrobila elektrárna celkem 14 miliard 175, 557 milionů kilowatthodin. [17]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

9 RADIAČNÍ SITUACE VE ZLÍNSKÉM KRAJI ZA ROK 2010 – 2011

Analýza měření radiační situace ve Zlínském kraji, byla provedena na základě výsledků hodnot získaných z měřicí ústředny LB 111 umístěné v budově Hasičského záchranného sboru Zlínského kraje, na ulici Přílucká 213, Zlín. Měřicí systém byl vytvořen firmou Envinet, a.s. a softwarové vybavení dodala firma Protea, s.r.o. pro Státní ústav radiační ochrany, Praha. Ústředna spadá do sítě včasného zjištění s automatizovaným přenosem naměřených hodnot do SÚRO. Jejich provoz zajišťují Regionální centra SÚJB, SÚRO, Český hydrometeorologický ústav, Hasičský záchranný sbor ČR.

9.1 Měřicí ústředna LB 111

Měřicí ústředna LB 111 je určena k měření ekvivalentních dávek a dávkových příkonů. Aktuální výsledky měření jsou zobrazovány na dvouřádkovém alfanumerickém displeji 2 x 24 znaky. To zaručí okamžitou možnost monitorování radiační situace i v případě poruchy funkce hlavního počítače. Měřicí ústředna obsahuje 16-bitový mikroprocesor umožňující podle potřeby programovat, nebo upravovat konkrétní aplikaci. Pomocí standardní sériové linky RS 232 se přenáší měřená data do nadřazeného systému, v tomto případě PC. LB 111 pracuje jednosměrně, tj. řídicí počítač si sám odečítá data z paměti LB 111, nebo obousměrně, tzn. že LB 111 informuje řídicí počítač o nejvýznamnějších změnách (např. zvýšení radiace, poruchy) a řídicí počítač si následně načítá informace. Informace jsou přenášeny v pravidelných intervalech, při výskytu zvýšených hodnot radiace častěji.

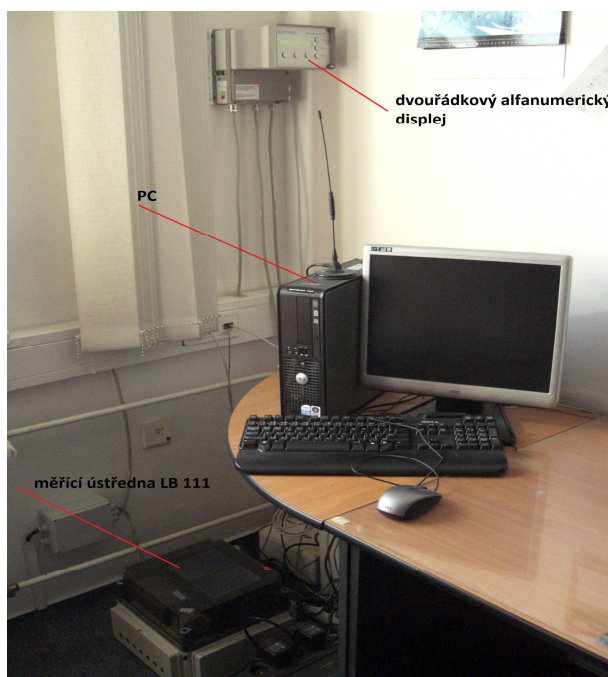
Základní měření probíhá dvěma sondami LB 6360 a LB 6500-3. Pro oblast vysokých dávek slouží sonda LB 6500-3, která obsahuje počítačí trubici s energetickým filtrem, zesilovač s diskriminátorem a vysokonapěťový zdroj. Pro oblast nízkých dávkových příkonů slouží sonda LB 6360. Obsahuje počítačí trubici opatřenou energetickým korekčním filtrem, pulsní zesilovač s diskriminátorem a vysoko napěťový zdroj. Další součástí měřicí ústředny je spektrometr Exploranium RG-135. Je vybaven displejem pro přímé zobrazení spektra a klávesnici pro ovládání spektrometru a nastavení parametrů vzorkování. Vnitřní paměť umožní uložit až 180 spekter. Zbývající součástí měřicí ústředny je i meteorologické zařízení SWS 7 umožňující základní druhy meteorologických měření. Komunikace s řídicím počítačem je prováděna po sériové lince RS-232.

Účel měřicí ústředny:

- Vyhodnocování havárií spojených s únikem radioaktivních látek.
- Použití NBC (nuclear, biological and chemical) zbraní teroristickou organizací a včasné varování obyvatelstva.
- Stanovení rozsahu úniku radioaktivních látek, opatření vedoucí k ochraně obyvatelstva a přijetí optimálních rozhodnutí.

9.1.1 Technická data ústředny LB 111

1. Dva vstupy pro sondy (LB 6360 a LB 6500-3), napájení sond ± 15 V, vzdálenost sond od LB 111 je menší než 500 m.
2. Dva galvanicky oddělené výstupy (z měřících sond), 10 V, délka kabelů 5 m.
3. Čtyři galvanicky oddělené vstupy (slouží k zavedení externímu hlášení o chybách).
4. Pět výstupů „Alarm“.
5. Galvanicky oddělené vstupy / výstupy RS 232.
6. Rozměry: 240 x 195 x 202 mm.
7. Hmotnost: 4,8 kg.
8. Provozní teplota: 0 – 50°C.
9. Relativní vlhkost: 0 – 90 %.



Obrázek 16. Měřicí ústředna LB 111



Obrázek 17. Venkovní rám s měřicími sondami

9.1.2 Technické parametry sondy LB 6500-3

Měřicí rozsah: $10^{-1} - 10^6$ nSv . h⁻¹.

Základní chyba: odpovídá požadavkům ČSN IEC 1018.⁴

Poloha závislosti: odpovídá požadavkům ČSN IEC 1018.

Přetížitelnost: odpovídá požadavkům ČSN IEC 1018.

Odezva k záření beta: odpovídá požadavkům ČSN IEC 1018.

Přípustný rozsah teplot a teplotní závislost: -25 až + 65 °C.

Přípustná vlhkost a závislost na vlhkosti: 10 – 99 %.

Závislost na elmag. poli: bez pozorovatelného vlivu, odpovídá požadavkům ČSN IEC 1018.

Napájení sondy: 25 V.

Stupeň krytí: vodotěsná skříň.

Rozměry: průměr 45 mm, délka 220 mm.

⁴ ČSN IEC 1018 přenosné přístroje pro široký rozsah dávky a dávkového příkonu záření beta a fotonů pro radiační ochranu při mimořádných okolnostech.

Hmotnost: 1 kg

9.1.3 Technické parametry sondy LB 6360

Měřicí rozsah: $10^{-2} - 10^3$ nSv . h⁻¹.

Základní chyba: ± 15 %.

Polohová závislost: odpovídá požadavkům ČSN IEC 1017-1.

Doba odezvy: 10 s.

Přípustný rozsah teplot a teplotní závislost: -40 až 99 %.

Závislost na elmag. poli: odpovídá požadavkům IEC 1017-1.

Napájení sondy: $5V \pm 0,25V$.

Stupeň krytí: vodotěsná sonda.

Rozměry: průměr 53 mm, délka 530 mm.

Hmotnost: 1,5 kg.

9.1.4 Technické parametry spektrometru Exploranium GR-135

Typ detektoru: integrovaný s bi-alkalickým fotonásobičem.

Rozměr scintilátoru: 38 průměr x 55 mm.

Objem scintilátoru: 65 cm³.

Počet záznamů v paměti: 180 spekter.

Displej: grafický LCD, 128 x 128 bodů.

Napájení: síťový adaptér, dva monočlánky – životnost cca 10 hodin.

Rozsah pracovních teplot: -25 až +50°C.

Záznam dat: vnitřní paměť nebo osobní počítač.

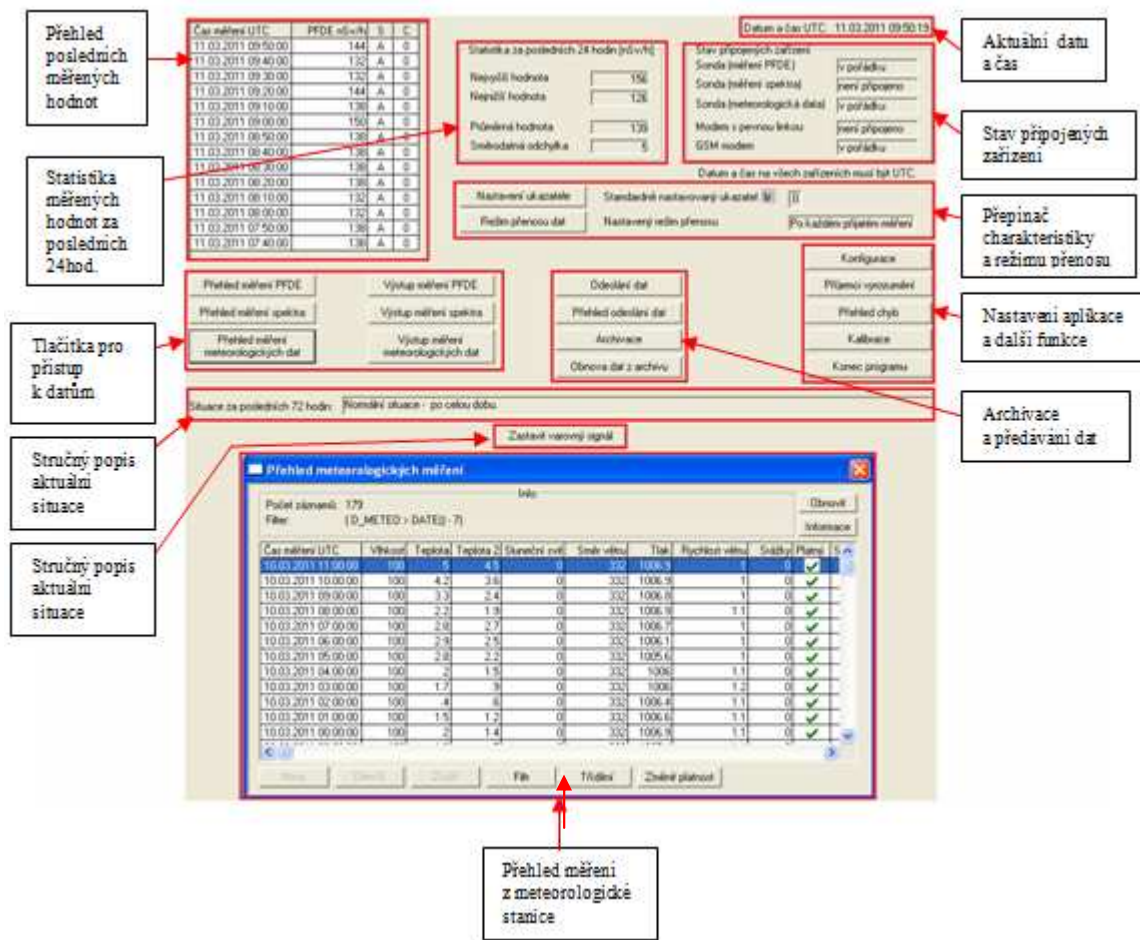
Rozměry: 102 mm x 172 mm x 229 mm.

Hmotnost: 2,2 kg včetně baterií.

9.1.5 Meteorologická stanice SWS7

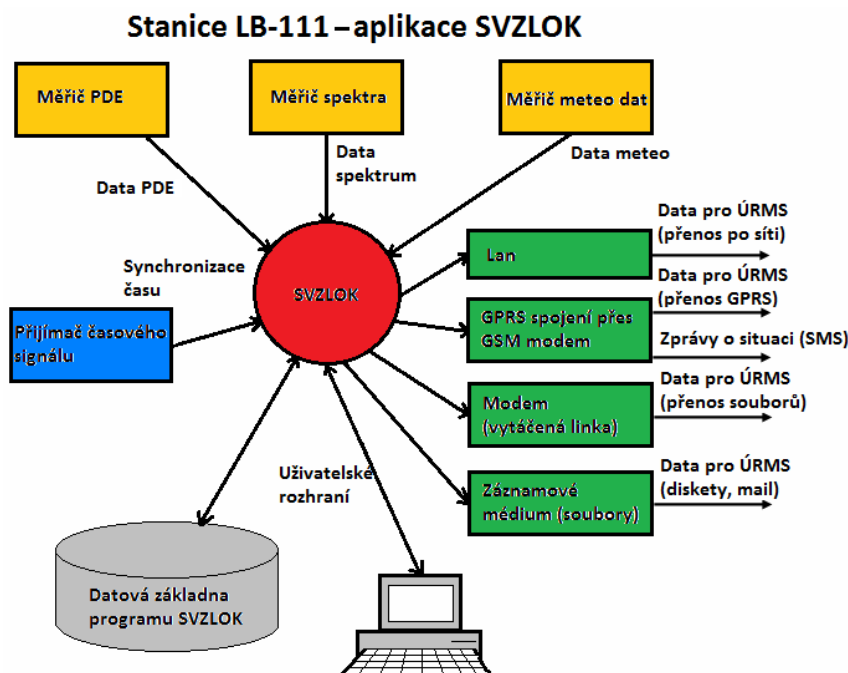
Tato stanice je schopna zaznamenávat tyto údaje: tlak vzduchu, směr větru, rychlost větru, sluneční svit, teplota 1, teplota2.

9.1.6 Softwarové vybavení



Obrázek 18. Softwarové vybavení

Program systému včasného zjištění lokálního pracoviště (SVZLOK) je určen ke zpracování desetiminutových hodnot příkonu dávkového ekvivalentu (PDE), dat ze spektrometrického měřicího zařízení (RG-135) a dat z měřicího meteorologického zařízení (SWS7), které jsou získávány z lokální stanice LB-111. Program může být použit pro všechny typy získaných dat, nebo pro každý druh dat samostatně.



Obrázek 19 Blokové schéma stanice LB 111 + aplikace

Obrázek blokového schéma znázorňuje propojení jednotlivých fragmentů stanice LB-111 a komunikace mezi nimi. Základními prvky jsou měřič PDE skládající se ze sond LB 6500-3 a LB 6360, měřič spektra Exploranium GR-135 a měřiče meteorologických dat. Na správnou časovou synchronizaci dohlíží přijímač časového signálu. Aplikace SVZLOK všechna data kontinuálně zpracovává a výsledky měření jsou odesílány buďto automaticky, nebo uživatelem. Odesílání dat se provádí: po síti, prostřednictvím technologie GPRS a GSM modemem, přes pevnou linku, zkopírováním souborem do zadaného adresáře a následným přenosem jinými prostředky.

9.1.7 Kalibrace měřící stanice LB-111

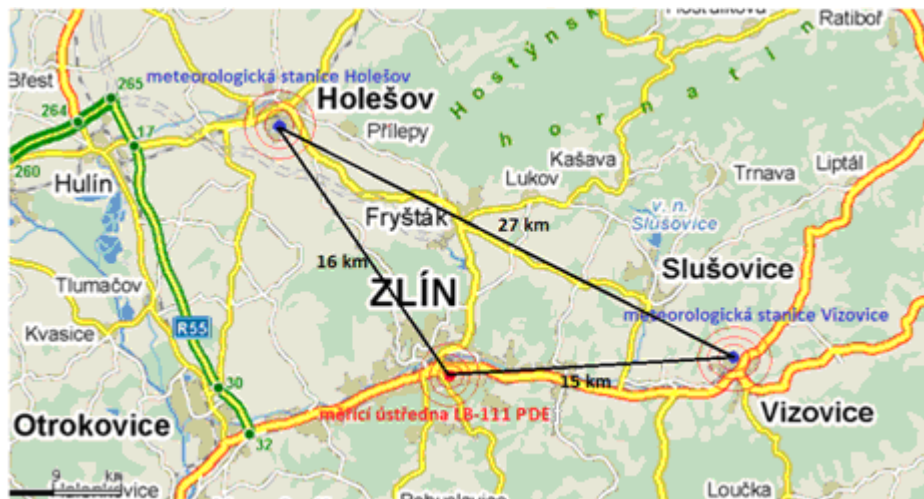
Aby bylo zajištěno přesné a spolehlivé měření, je potřeba provádět pravidelnou kontrolu. Kontrola se provádí pomocí kalibrace. Kalibrace měřícího systému je nařízená vždy jedenkrát za měsíc, a to každou první středu v měsíci, a provádí se pomocí radionuklidu ^{137}Cs . Tento radionuklid je uschován v olovené schránce a v době měření se ze schránky vyjme a pomocí gumového návleku se upevní na sondu LB 6360. Kalibrační program provede měření vzorku a vyhodnotí výsledky měření. Pokud jsou výsledky rozdílné, systém se skalibruje pomocí hodnot radionuklidu ^{137}Cs . Tento postup zaručuje celoroční přesnost měření a minimální odchylky v měření.



Obrázek 20. Radionuklid ^{137}Cs , pouzdro na uskladnění radionuklidu ^{137}Cs a pouzdro na připevnění k sondě LB 6360 po čas kalibrace

9.2 Zdroje meteorologických dat

Meteorologické zařízení SWS 7, které je součástí měřící stanice LB 111 není schopno odebírat a vyhodnocovat hodnoty jak relativní vlhkosti vzduchu, tak úhrnu srážek, a protože jsem tyto hodnoty potřeboval pro mou práci – v části měření, bylo nutné kontaktovat Český hydrometeorologický ústav (ČHMÚ) a požádat o zaslání daných hodnot. Z důvodů neexistence profesionální meteorologické stanice ve Zlíně, mi byly nabídnuty hodnoty z nejbližšího okolí, a to z met. stanice Holešov a Vizovice.



Obrázek 21. Mapa polohy meteorologických stanic a měřící ústředny

9.2.1 Meteorologická stanice Holešov

Stanice zřízená roku 1953. Od stejného roku probíhá nepřetržitý provoz. Od 1. prosince 2000 je měření automatizováno. Výsledky měření jsou pře-posílány na ČHMU Brno. Stanice je situována v nadmořské výšce 222 m nad mořem a je schopna provádět měření: oblačnosti, rychlosti větru, tlaku vzduchu, teploty, relativní vlhkosti, rosný bod, množství srážek a jiné.



Obrázek 22. Meteorologická stanice Holešov

Tabulka 2. Výsledky z meteorologické stanice Holešov

Meteorologická stanice Holešov			
Rok 2010	Průměrná měsíční teplota vzduchu (°C)	Průměrná měsíční relativní vlhkost vzduchu (%)	Měsíční úhrn srážek (mm)
Měsíc			
leden	-4,60	81,00	44,90
únor	-0,80	80,00	35,40
březen	4,30	69,00	19,50
duben	9,40	69,00	55,10
květen	13,10	81,00	220,50
červen	18,20	66,00	76,10
červenec	21,00	67,00	97,50
srpen	18,60	74,00	92,30
září	13,10	78,00	77,00
říjen	7,30	77,00	12,50
listopad	7,30	81,00	55,80
prosinec	-3,70	83,00	41,80
celkem	8,60	75,50	828,40
Meteorologická stanice Holešov			
Rok 2011	Průměrná měsíční teplota vzduchu (°C)	Průměrná měsíční relativní vlhkost vzduchu (%)	Měsíční úhrn srážek (mm)
Měsíc			
leden	-0,70	86,00	28,50

V tabulce jsou uvedeny průměrné hodnoty získané z meteorologické stanice Holešov za celý rok 2010 a za měsíc leden 2011. Jedná se o hodnoty průměrné měsíční teploty vzduchu ve stupních Celsia, dále je zde uvedena průměrná měsíční relativní vlhkost vzduchu uvedena v procentech a jako poslední jsou zde uvedeny průměrné měsíční srážky v mm. Nejvyšší naměřená teplota vzduchu za rok 2010 byla v měsíci červenci, a to 21 °C, naopak nejnižší byla v lednu -4,6 °C. Nejvyšší relativní vlhkost vzduchu v roce 2010 byla naměřena v prosinci a to 83 %, nejnižší v červnu 66 %. Největší úhrn srážek za rok 2010 byl v měsíci květnu a to 220,5 mm, nejmenší v říjnu 12,5 mm.

V lednu 2011 byla teplota -0,7 °C, což je při srovnání s lednem 2010 o 3,9 °C vyšší. Průměrná měsíční relativní vlhkost byla 86 %, měsíční úhrn srážek byl na leden 2011 poměrně nízký – 28,5 mm. Daná data z meteorologické stanice Holešov budou dále použita při monitoringu radiace.

9.2.2 Meteorologická stanice Vizovice

Stanice zřízená roku 2000. Od stejného roku je měření automatizováno. Výsledky měření jsou přeposílány na ČHMU Brno. Stanice je schopna provádět měření: oblačnosti, rychlosti větru, tlaku vzduchu, teploty, relativní vlhkosti, rosný bod, množství srážek.



Obrázek 23. Meteorologická stanice Vizovice

Tabulka 3. Výsledky z meteorologické stanice Vizovice

Meteorologická stanice Vizovice			
Rok 2010	Průměrná měsíční teplota vzduchu (°C)	Průměrná měsíční relativní vlhkost vzduchu (%)	Měsíční úhrn srážek (mm)
Měsíc			
leden	-4,50	85,00	52,00
únor	-0,50	80,00	41,80
březen	3,50	71,00	24,80
duben	8,50	73,00	53,40
květen	12,60	86,00	171,10
červen	17,50	71,00	84,40
červenec	20,30	72,00	138,30
srpen	17,80	80,00	104,00
září	12,20	84,00	67,20
říjen	6,40	81,00	14,70
listopad	7,40	81,00	66,20
prosinec	-3,20	85,00	66,10
celkem	8,17	79,08	884,00
Meteorologická stanice Vizovice			
Rok 2011	Průměrná měsíční teplota vzduchu (°C)	Průměrná měsíční relativní vlhkost vzduchu (%)	Měsíční úhrn srážek (mm)
Měsíc			
leden	-0,90	87,00	28,60

V tabulce jsou uvedeny průměrné hodnoty získané z meteorologické stanice Vizovice za celý rok 2010 a za měsíc leden 2011. Jedná se o hodnoty průměrné měsíční teploty vzduchu ve stupních Celsia, dále je zde uvedena průměrná měsíční relativní vlhkost vzduchu uvedena v procentech a jako poslední jsou zde uvedeny průměrné měsíční srážky v mm. Nejvyšší naměřená teplota vzduchu za r. 2010 byla v měsíci červenci, a to 20,3 °C, naopak nejnižší byla v lednu -4,5 °C. Nejvyšší relativní vlhkost vzduchu v roce 2010 byla naměřena v květnu a to 86 %, nejnižší v březnu a v červnu 71 %. Největší úhrn srážek za rok 2010 byl v měsíci květnu a to 171,1 mm, nejmenší v říjnu 14,7 mm.

V lednu 2011 byla teplota -0,9 °C, což je při srovnání s lednem 2010 o 3,6 °C vyšší. Průměrná měsíční relativní vlhkost byla 87 %, měsíční úhrn srážek byl na leden 2011 poměrně nízký – 28,6 mm. Daná data z meteorologické stanice Vizovice budou dále použita při monitoringu radiace.

9.3 Výsledky měření radiační situace ve Zlíně

Výsledky měření radiační situace byly získány z měřicí stanice LB-111 umístěné v zastavbě Hasičského záchranného sboru Zlínského kraje, na ulici Přílucká 213, Zlín. Výsledky jsou zde pravidelně archivovány již od roku 2004. Získané hodnoty jsou archivovány po 10 minutách každý den v roce. Za jeden rok to dělá 52 560 údajů.

Záměrem mé práce bylo porovnat údaje z měřicí ústředny LB-111 s výsledky přilehlých meteorologických stanic a zjistit jaký vliv mají změny klimatických podmínek a ročních období na hodnoty měřené radiace.

Tabulka 4. Hodnoty z LB 111 a meteorologické stanice Holešov

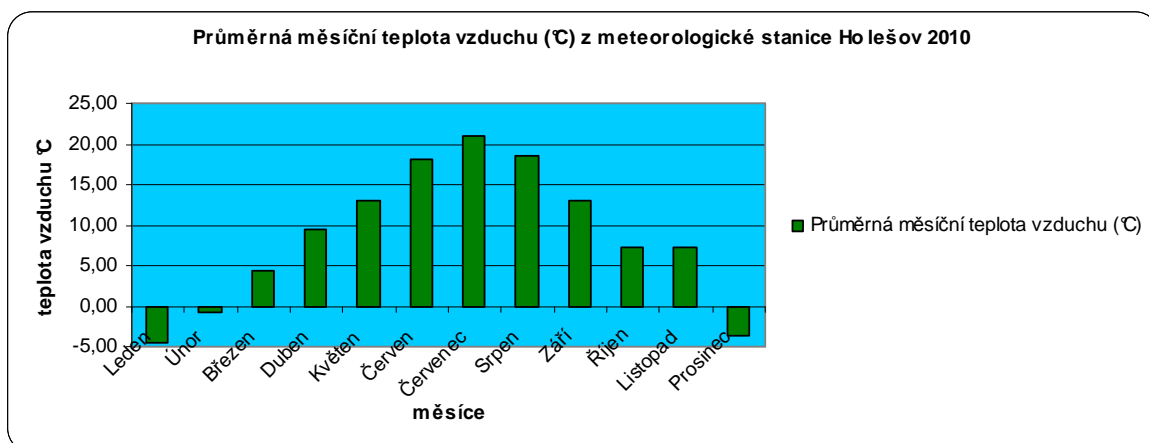
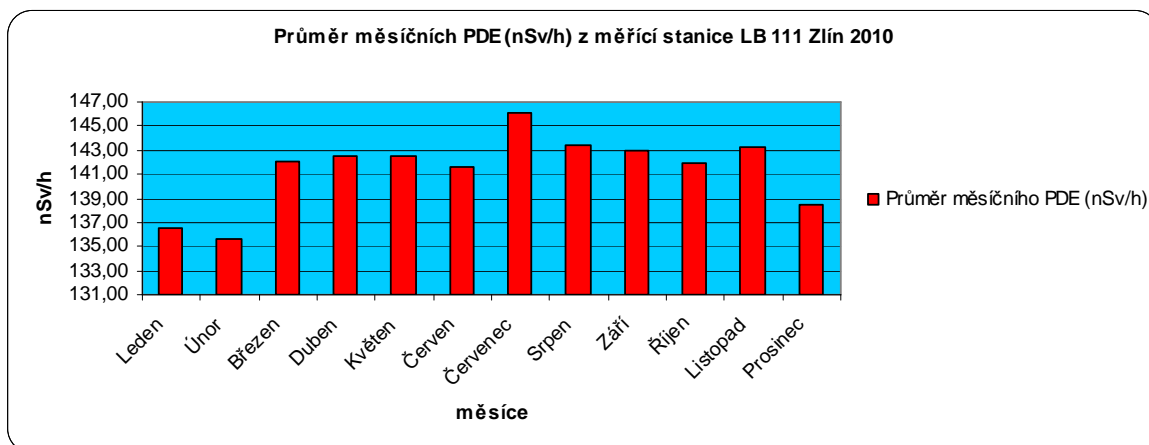
Průměrné hodnoty z LB 111 a meteorologické stanice Holešov				
Rok 2010	Průměr měsíčního PDE (nSv/h)	Průměrná měsíční teplota vzduchu (°C)	Průměrná měsíční relativní vlhkost vzduchu v (%)	Měsíční úhrn srážek (mm)
Leden	136,47	-4,60	81,00	44,90
Únor	135,64	-0,80	80,00	35,40
Březen	142,11	4,30	69,00	19,50
Duben	142,47	9,40	69,00	55,10
Květen	142,58	13,10	81,00	220,50
Červen	141,62	18,20	66,00	76,10
Červenec	146,06	21,00	67,00	97,50
Srpen	143,47	18,60	74,00	92,30
Září	142,91	13,10	78,00	77,00
Říjen	141,86	7,30	77,00	12,50
Listopad	143,22	7,30	81,00	55,80
Prosinec	138,48	-3,70	83,00	41,80
Průměr	141,41	8,60	75,50	69,03

V tabulce jsou uvedeny průměrné hodnoty za rok 2010 získané z měřicí stanice LB-111 a meteorologické stanice Holešov. Výsledky z měřicí stanice LB-111 ukazují příkon dávkového ekvivalentu za jednotlivé měsíce. Za každý měsíc se uskuteční cca 4464 záznamů, které jsou archivovány. Měsíční hodnoty vykazují rozsah hodnot od 135,64 do 146,06 nSv/h což je běžná hodnota odpovídající přírodnímu zdroji záření. Vyšetřovací úroveň nastává teprve od hodnoty 220 nSv/h a zásahová úroveň je od hodnoty 500 nSv/h. Dané hodnoty bylo potřeba pro snadnější práci měsíčně zprůměrnovat. Nejvyšší průměrný dávkový ekvivalent byl naměřen v roce 2010 a to v měsíci červenci 146,06 nSv/h, za to

nejnižší průměrný dávkový ekvivalent v únoru 135,64 nSv/h. Výsledky z meteorologické stanice Holešov ukazují průměrnou měsíční teplotu, průměrnou měsíční relativní vlhkost a průměrný měsíční úhrn srážek. Rozsah průměrných měsíčních teplot za rok 2010 ukazuje hodnoty pohybující se od - 4,6 °C do 21°C. Nejnižší průměrná naměřená teplota byla v měsíci lednu a to - 4,6°C a nejvyšší v červenci 21°C. Rozsah průměrných měsíčních relativních vlhkosti se pohyboval od 66 % do 83 %. Nejnižší průměrná naměřená relativní vlhkost byla v měsíci červnu a to 66 % a nejvyšší v prosinci 83 %. Rozsah průměrných měsíčních úhrnů srážek se pohyboval od 12,5 mm do 220,5 mm. Nejnižší průměrný měsíční úhrn srážek byl v měsíci říjnu 12,5 mm a nejvyšší v květnu 220,5 mm.

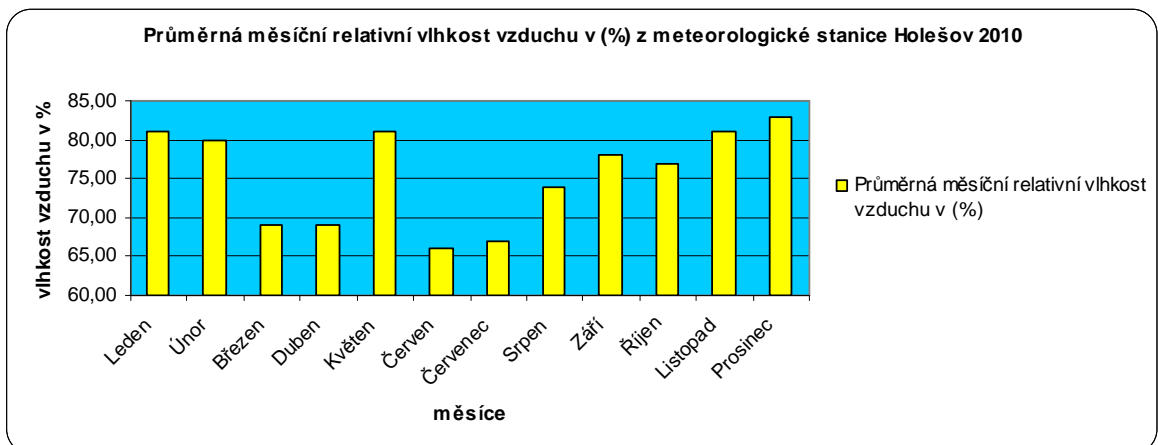
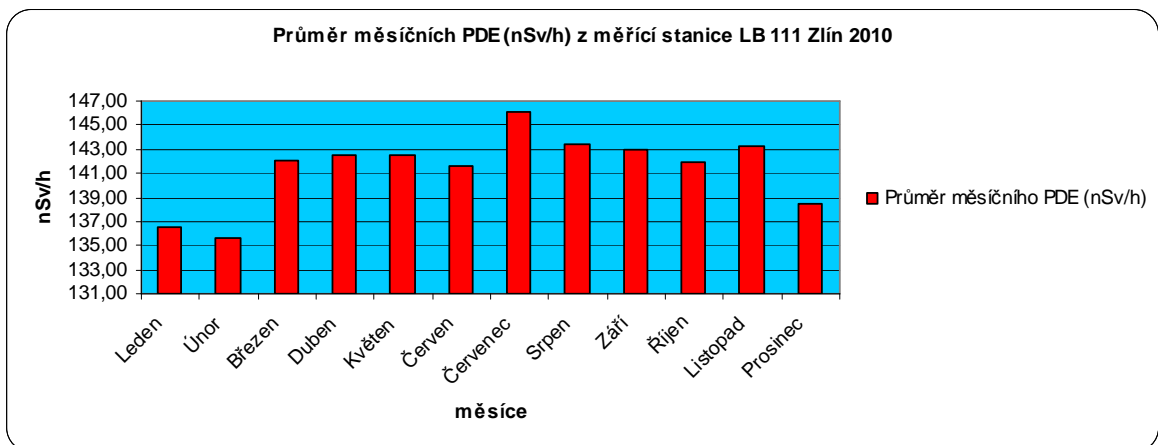
Hodnoty z tabulky Průměrné hodnoty z LB 111 a meteorologické stanice Holešov, byly následně implementovány do grafické podoby.

Graf 2. Dávkový ekvivalent porovnaný s teplotou vzduchu z meteorologické stanice Holešov za rok 2010



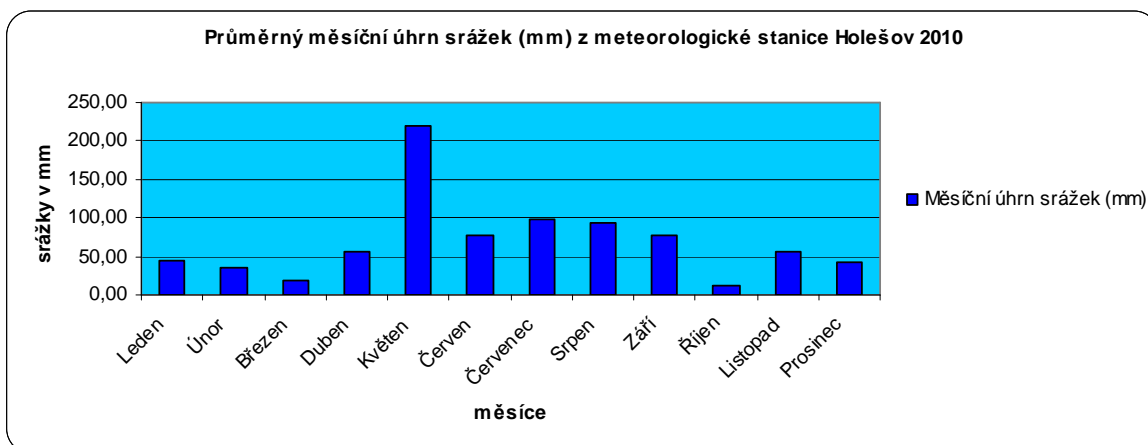
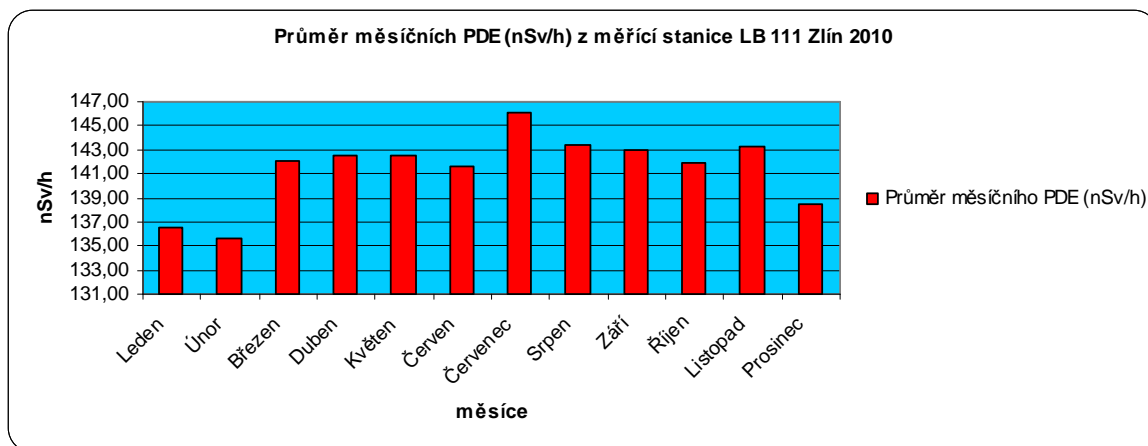
Grafické znázornění ukazuje průměrný měsíční dávkový ekvivalent za rok 2010 naměřený ve Zlíně, porovnaný s průměrnou měsíční teplotou vzduchu z meteorologické stanice Holešov za rok 2010. Z výsledků měření je patrná mírná závislost dávkového ekvivalentu na teplotě vzduchu, která může být zapříčiněna zvýšením prachových částic izotopu draslíku K^{40} .

Graf 3. Dávkový ekvivalent porovnaný s relativní vlhkostí vzduchu z meteorologické stanice Holešov za rok 2010



Grafické znázornění ukazuje průměrný měsíční dávkový ekvivalent za rok 2010 naměřený ve Zlíně, porovnaný s průměrnou měsíční relativní vlhkostí vzduchu z meteorologické stanice Holešov za rok 2010. Z výsledků měření je patrné, že relativní vlhkost vzduchu nemá vliv na vývoj dávkového ekvivalentu.

Graf 4. Dávkový ekvivalent porovnaný s měsíčním úhrnem srážek z meteorologické stanice Holešov za rok 2010



Grafické znázornění ukazuje průměrný měsíční dávkový ekvivalent za rok 2010 naměřený ve Zlíně, porovnaný s průměrným měsíčním úhrnem srážek z meteorologické stanice Holešov za rok 2010. Z výsledků měření je patrná mírná závislost dávkového ekvivalentu na úhrnu srážek. Důvod závislosti by vyžadoval další odbornou studii.

Tabulka 5. Hodnoty z LB 111 a meteorologické stanice Vizovice

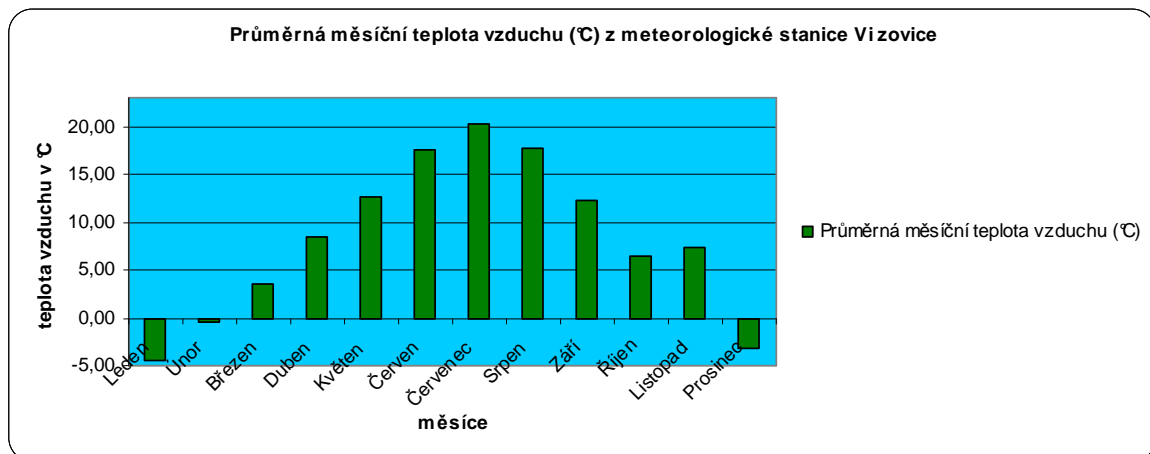
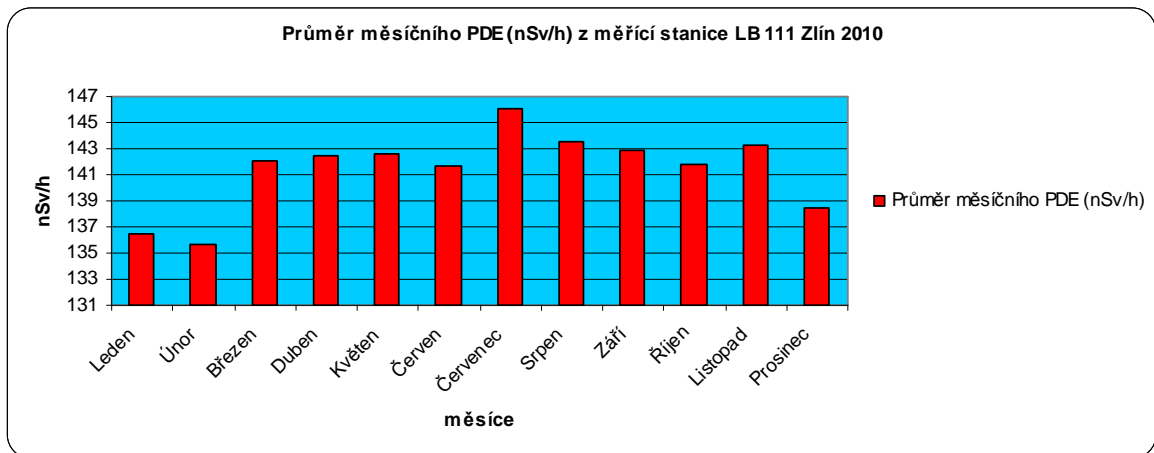
Průměrné hodnoty z LB 111 a meteorologické stanice Vizovice				
Rok 2010	Průměr měsíčního PDE (nSv/h)	Průměrná měsíční teplota vzduchu (°C)	Průměrná měsíční relativní vlhkost vzduchu v (%)	Měsíční úhrn srážek (mm)
Leden	136,47	-4,50	85,00	52,00
Únor	135,64	-0,50	80,00	41,80
Březen	142,11	3,50	71,00	24,80
Duben	142,47	8,50	73,00	53,40

Květen	142,58	12,60	86,00	171,10
Červen	141,62	17,50	71,00	84,40
Červenec	146,06	20,30	72,00	138,30
Srpen	143,47	17,80	80,00	104,00
Září	142,91	12,20	84,00	67,20
Říjen	141,86	6,40	81,00	14,70
Listopad	143,22	7,40	81,00	66,20
Prosinec	138,48	-3,20	85,00	66,10
Průměr	141,41	8,17	79,08	73,67

V tabulce jsou uvedeny průměrné hodnoty za rok 2010 získané z měřicí stanice LB-111 a meteorologické stanice Vizovice. Výsledky z měřicí stanice LB-111 ukazují příkon dávkového ekvivalentu za jednotlivé měsíce. Za každý měsíc se uskuteční cca 4464 záznamů, které jsou archivovány. Měsíční hodnoty vykazují rozsah hodnot od 135,64 do 146,06 nSv/h což je běžná hodnota odpovídající přírodnímu zdroji záření. Vyšetřovací úroveň nastává teprve od hodnoty 220 nSv/h a zásahová úroveň je od hodnoty 500 nSv/h. Dané hodnoty bylo potřeba pro snadnější práci měsíčně zprůměrnovat. Nejvyšší průměrná radiace v roce 2010 byla naměřena v měsíci červenci 146,06 nSv/h, za to nejnižší průměrná radiace v únoru 135,64 nSv/h. Výsledky z meteorologické stanice Vizovice ukazují průměrnou měsíční teplotu, průměrnou měsíční relativní vlhkost a průměrný měsíční úhrn srážek. Rozsah průměrných měsíčních teplot za rok 2010 ukazuje hodnoty pohybující se od - 4,5 °C do 20,3 °C. Nejnižší průměrná naměřená teplota byla v měsíci lednu a to - 4,5 °C a nejvyšší v červenci 20,3 °C. Rozsah průměrných měsíčních relativních vlhkostí se pohyboval od 71 % do 86 %. Nejnižší průměrná naměřená relativní vlhkost byla v měsíci březnu, červnu a to 71 % a nejvyšší v květnu 86 %. Rozsah průměrných měsíčních úhrnů srážek se pohyboval od 24,8 mm do 171,1 mm. Nejnižší průměrný měsíční úhrn srážek byl v měsíci březnu 14,8 mm a nejvyšší v květnu 171,1 mm.

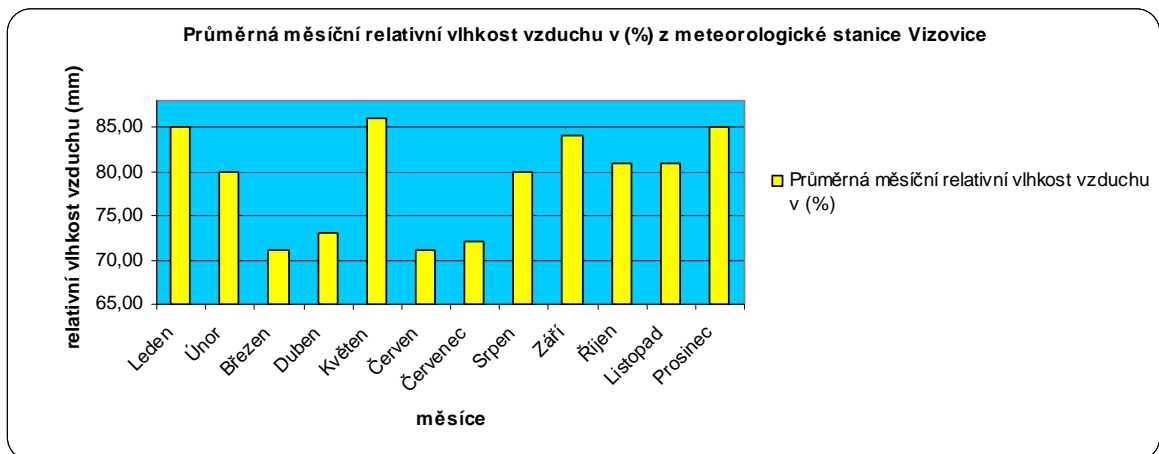
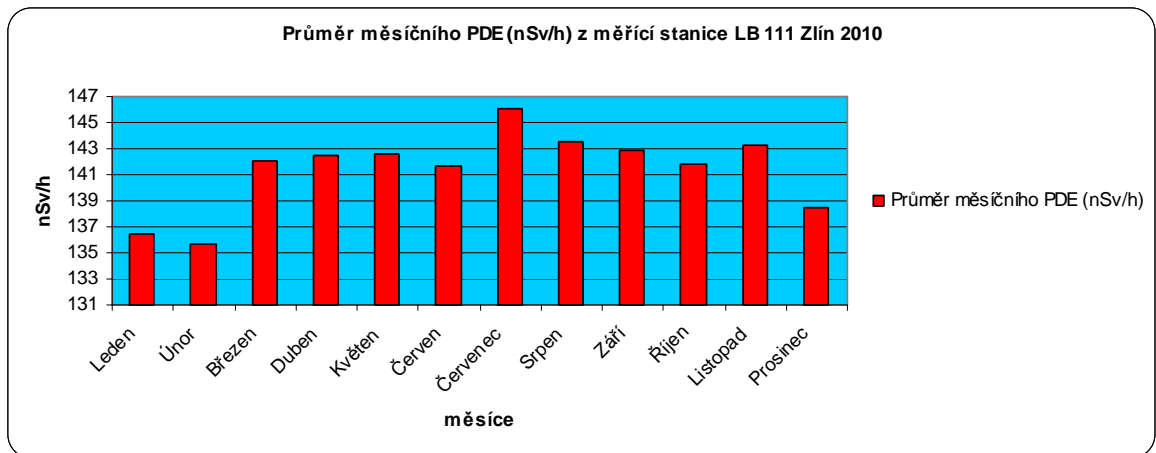
Hodnoty z tabulky Průměrné hodnoty z LB 111 a meteorologické stanice Vizovice, byly následně implementovány do grafické podoby.

Graf 5. Dávkový ekvivalent porovnaný s teplotou vzduchu z meteorologické stanice Vizovice za rok 2010



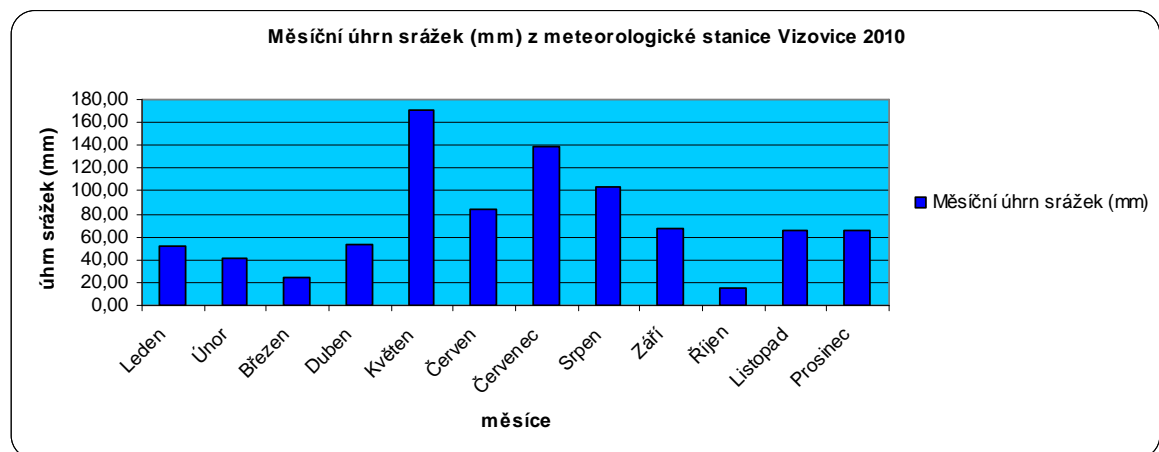
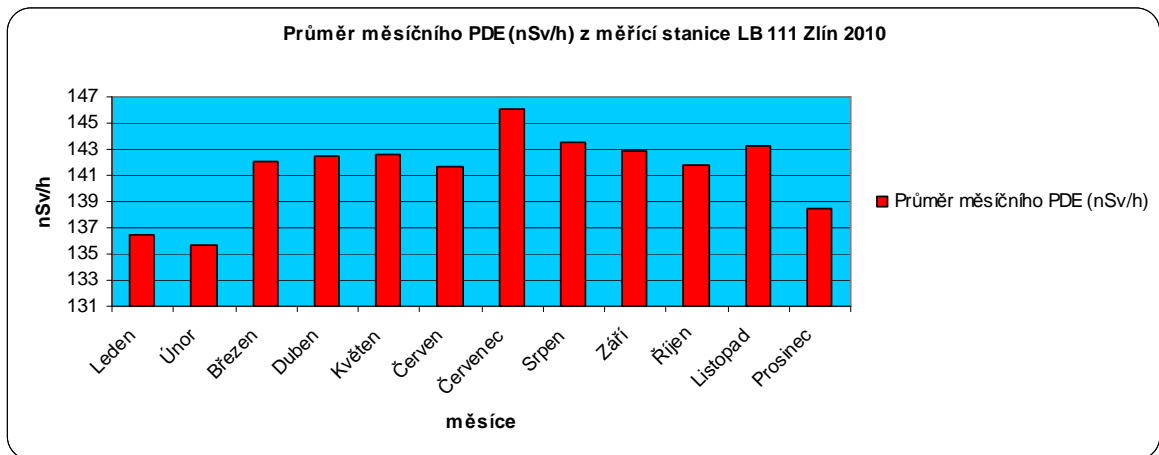
Grafické znázornění ukazuje průměrný měsíční dávkový ekvivalent za rok 2010 naměřený ve Zlíně, porovnaný s průměrnou měsíční teplotou vzduchu z meteorologické stanice Vizovice za rok 2010. Z výsledků měření je patrná mírná závislost dávkového ekvivalentu na teplotě vzduchu, která může být zapříčiněna zvýšením prachových částic izotopu draslíku K^{40} .

Graf 6. Dávkový ekvivalent porovnaný s relativní vlhkostí vzduchu z meteorologické stanice Vizovice za rok 2010



Grafické znázornění ukazuje průměrný měsíční dávkový ekvivalent za rok 2010 naměřený ve Zlíně, porovnaný s průměrnou měsíční relativní vlhkostí vzduchu z meteorologické stanice Vizovice za rok 2010. Z výsledků měření je patrné, že relativní vlhkost vzduchu nemá vliv na vývoj dávkového ekvivalentu.

Graf 7. Dávkový ekvivalent porovnaný s měsíčním úhrnem srážek z meteorologické stanice Vizovice za rok 2010



Grafické znázornění ukazuje průměrný měsíční dávkový ekvivalent za rok 2010 naměřený ve Zlíně, porovnaný s průměrným měsíčním úhrnem srážek z meteorologické stanice Vizovice za rok 2010. Z výsledků měření je patrná mírná závislost dávkového ekvivalentu na úhrnu srážek. Důvod závislosti by vyžadoval další odbornou studii.

Porovnáním výsledků dvou meteorologických stanic s měřicí stanicí LB 111 nám ukázalo vliv teploty a úhrnu srážek na dávkový ekvivalent.

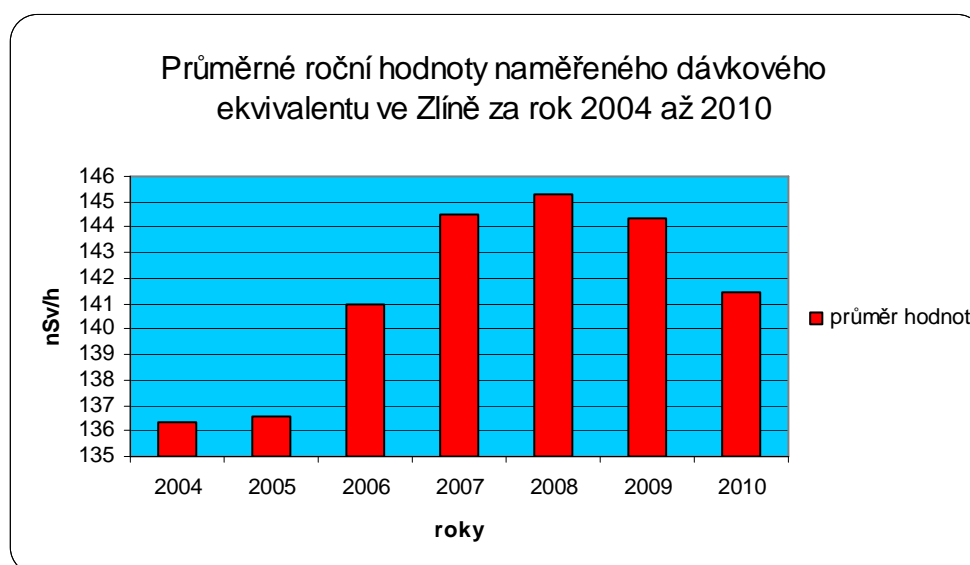
9.3.1 Hodnoty PDE ve Zlíně od roku 2004 do 2010

Tabulka 6. Porovnání dávkového ekvivalentu za časové období 7 let

Průměrné měsíční hodnoty naměřeného dávkového ekvivalentu ve Zlíně za časové období od roku 2004 až 2010							
Měsíce	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Leden	130,97	136,50	126,75	141,97	141,95	139,85	136,47
Únor	130,66	127,80	122,91	144,16	142,20	138,07	135,64
Březen	133,87	129,32	132,86	142,79	143,71	140,56	142,11
Duben	136,82	129,49	144,85	146,19	143,67	146,19	142,47
Květen	139,36	138,29	143,90	147,65	146,01	148,78	142,58
Červen	138,12	137,19	144,56	146,53	147,70	145,71	141,62
Červenec	137,95	136,87	147,82	145,95	145,87	143,90	146,06
Srpen	136,65	138,17	146,76	147,70	147,79	146,57	143,47
Září	140,12	141,65	144,98	144,98	148,18	147,03	142,91
Říjen	141,25	139,96	148,44	143,74	146,04	146,30	141,86
Listopad	139,01	140,65	145,07	140,37	145,85	144,60	143,22
Prosinec	134,09	143,17	142,84	142,16	144,13	144,47	138,48
Průměr hodnot	136,57	136,59	140,98	144,52	145,26	144,34	141,41

V tabulce jsou uvedeny průměrné hodnoty za jednotlivé měsíce v průběhu sedmi let. Je zde patrné že nejnižší naměřené hodnoty byly v roce 2004 a 2005, kdy průměr dosáhl 136,57 a 136,59 nSv/h. Poté se hodnoty začínají navyšovat a svého maxima dosáhly v roce 2008, kdy průměr činil 145,26 nSv/h. Od roku 2008 mají měřené veličiny sestupnou tendenci.

Graf 8. Porovnání dávkového ekvivalentu za časové období 7 let



Grafické znázornění nám ukazuje průběh změn dávkového ekvivalentu od roku 2004 do roku 2010. Je zde patrné že dávkový ekvivalent se v průběhu sedmi let mírně měnil. Nejnižší hodnoty byly dosaženy v roce 2004 a 2005, poté došlo k mírnému zvýšení. Nejvyšší hodnoty byly naměřeny v roce 2008 a od tohoto roku dochází k opětovnému mírnému poklesu.

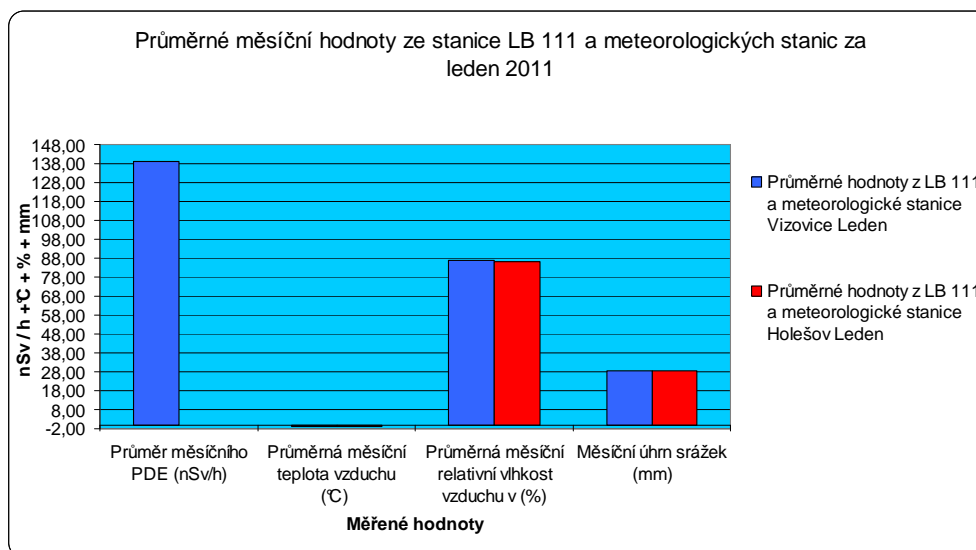
9.3.2 Aktuální průměrné měsíční hodnoty ze stanice LB 111 a meteorologických

Tabulka 7. Průměrné měsíční hodnoty za leden 2011

Tabulka průměrné měsíční hodnoty ze stanice LB 111 a meteorologických stanic za leden 2011					
LB 111 a meteorologické stanice	Rok 2011	Průměr měsíčního PDE (nSv/h)	Průměrná měsíční teplota vzduchu (°C)	Průměrná měsíční relativní vlhkost vzduchu v (%)	Měsíční úhrn srážek (mm)
Průměrné hodnoty z LB 111 a meteorologické stanice Vizovice	Leden	138,90	-0,90	87,00	28,60
Průměrné hodnoty z LB 111 a meteorologické stanice Holešov	Leden		-0,70	86,00	28,50

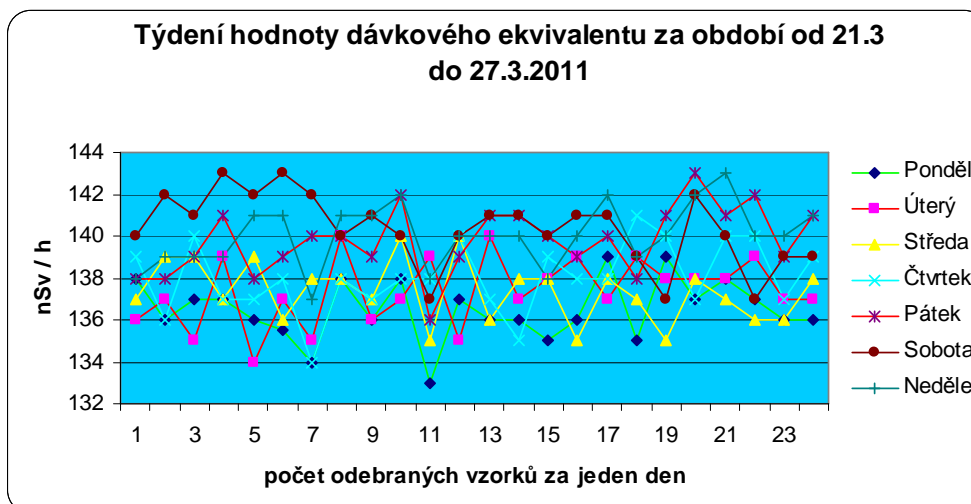
V tabulce jsou uvedeny průměrné hodnoty za měsíc leden 2011 a to jak z měřicí stanice LB 111 Zlín, tak z meteorologických stanic Vizovice, Holešov. Z tabulky je patrné, že vzdálenosti mezi Vizovicemi, Holešovem a Zlínem (max. 27 km) by neměly mít vliv na výsledky měřených hodnot, neboť klimatické podmínky ve zlínském kraji jsou značně shodné.

Graf 9. Průměrné měsíční hodnoty za leden 2011



Grafické znázornění ukazuje shodnost výsledků měření mezi měřicí ústřednou LB 111 umístěnou ve Zlíně a výsledky naměřených hodnot z meteorologických stanic umístěných ve Vizovicích a Holešově.

9.3.3 Přehled týdenních hodnot dávkového ekvivalentu a jeho vývoj



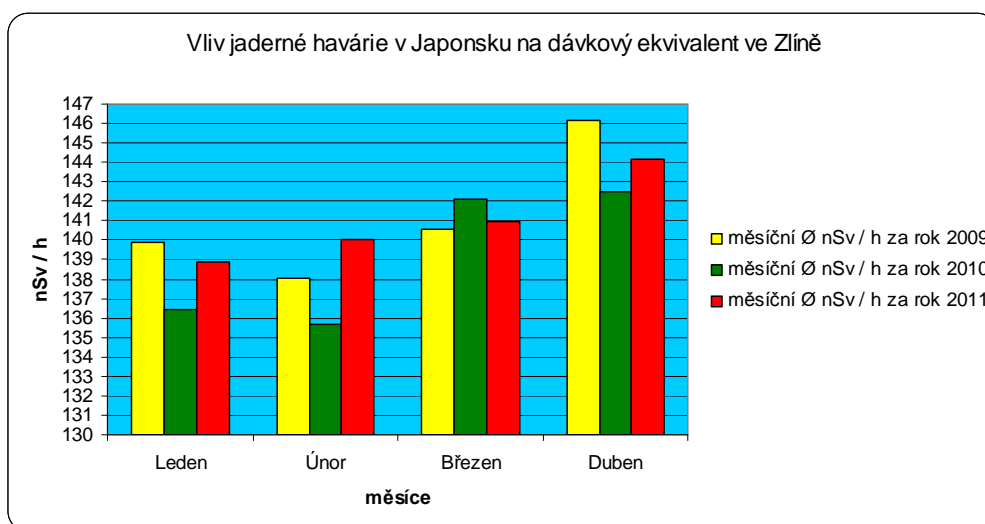
Grafické znázornění ukazuje vývoj dávkového ekvivalentu v průběhu sedmi dnů. Za každý den bylo zaznamenáno 144 měření. Z důvodů grafického zpráhlednění bylo měření za každou hodinu zprůměrováno a zaneseno do grafické podoby. Z měření je patrné, že dávkový ekvivalent se vyvíjel naprosto náhodně a nelze najít mezi jednotlivými dny žádný trend. Hodnoty použité při měření jsou umístěny v příloze.

9.3.4 Vliv jaderné havárie v Japonsku na hodnoty měření PFDE ve Zlíně

Dne 11.3.2011 došlo v blízkosti Japonska k silnému zemětřesení o síle 9,0 na RichtEROvě stupnici. Zemětřesení vyvolalo vlnu tsunami o výšce 38 m, která následně zdevastovala pobřeží Japonska. Přívalová vlna zasáhla jaderné elektrárny Onagawa, Fukušima 1, Fukušima 2, Tokai. Dne 12.3.2011 v 15:36 hod. místního času došlo v prvním bloku jaderné elektrárny Fukušima 1 k detonaci. Byla poničena vrchní část stěny reaktorovny, načež začalo do okolního prostředí unikat značné množství radioaktivních látek. Havárie dosáhla dne 12.4.2011 na stupnici INES hodnoty 7.

Podle sdělovacích prostředků měl radioaktivní mrak dorazit nad území Evropy kolem 21.3.2011. Tato informace v řadě zemí mezi něž patřila i ČR vyvolala obavy a celou řadu otázek.

Graf 10. Vliv jaderné havárie v Japonsku na dávkový ekvivalent ve Zlíně



Výsledky měření v době havárie a měsíc po havárii však jednoznačně ukázaly, že nedošlo k překročení dávkového ekvivalentu. Měřené hodnoty se ani nepřiblížily vyšetřovací úrovni (220 nSv/h).

Celorepublikově se hodnoty PDE od počátku měření 2003/2004 do 2010 pohybují od 70 nSv/h do 270 nSv/h což odpovídá variacím přírodního pozadí na našem území. Zdroji takového záření mohou být: některé druhy minerálu (smolinec), předměty dříve natírané uranovými barvami, izotopy běžně používané v nukleární medicíně, průmyslové zdroje (měřicí rámy – např. firma Otrokovické papírny, a.s., hladinoměry, měřiče tloušťek, apod.).

10 BEZPEČNOST ČR VZHLEDEM K MOŽNÝM RADIAČNÍM HAVÁRIÍM, TERORISTICKÝM HROZBÁM.

10.1 Ochrana civilního obyvatelstva ČR před možným nebezpečím radiační havárie

Radiační havárie – jde o skutečnost, kdy byla z nějakého důvodu poškozena některá ze 4 ochranných bariér (keramická ochrana paliva, poškození hermetického kovového pokrytí jaderného paliva, poškození uzavřeného primární okruhu, poškození nebo netěsnost ochranného kontejneru, který izoluje primární okruh od životního prostředí) jaderné elektrárny a toto poškození způsobilo uvolnění velkého množství radioaktivních látek do životního prostředí. Tato událost vyžaduje provedení takových opatření, které by vedly k ochraně obyvatelstva. [6]

Jaderné elektrárny Dukovany i Temelín mají vypracované předpisy jak v případě radiační havárie postupovat v zájmu ochrany obyvatelstva a eliminace následků vzniklého nebezpečí. Varování obyvatelstva v případě vzniku nebezpečí by bylo prováděno podle stanovených signálů a to sítí poplachových sirén, nebo dalšími prostředky jako jsou rozhlas, televize, místní rozhlas a další informační kanály. [6]

10.1.1 Jak postupovat v případě radiační havárie

10.1.1.1 Pokud se nacházíme doma

- Pokud možno soustředit rodinu. Nesnažit se však vyzvednout děti ze škol a školek, či příbuzné z jiných zařízení. Bude o ně personálně v těchto zařízeních postaráno.
- Vytvořit si možnost sledování rozhlasu, televize i hlášení místního rozhlasu.
- Připravit improvizované ochranné prostředky jako: roušky, pokrývky hlavy a celého těla, gumové holínky, rukavice, návleky.
- Uzavřít okna, dveře, větrací otvory, vypnout klimatizaci a větrání.
- Uhasit kamna a jiná spalovací zařízení.
- Zabezpečit si své potraviny a zásobu pitné vody.

- Zabezpečit vodní zdroj (studnu) před kontaminací překrytím např. polyetylenovou fólií. [6]

10.1.1.2 Pokud se nacházíme na pracovišti

- Postupujeme podle pokynů svých nadřízených nebo podle havarijního plánu. Ve zdravotnických, sociálních, kulturních, dopravních a jiných zařízeních dodržujeme pokyny jejich personálu. [6]

10.1.1.3 Pokud se nacházíme venku

- Zastihne-li nás vyhlášení varovného signálu mimo budovu, na volném prostranství, je nejvhodnější odebrat se neprodleně do nejbližší budovy nebo automobilu alespoň k provizornímu ukrytí. [6]

10.1.1.4 Evakuace

Jednou z nejúčinnějších forem ochrany obyvatelstva v případě radiační havárie je evakuace ze zamořeného prostoru. K jejímu provedení jsou připraveny evakuační plány, podle nichž jsou lidé evakuováni do předem stanovených příjmových obcí po vybraných trasách. Evakuaci vyhlašuje, zabezpečuje a organizuje odpovědný orgán státní správy.

Evakuace je koordinována a organizována pracovníky, kteří k tomu mají oprávnění ze zákona č. 239/2000 Sb. o integrovaném záchranném systému. [6]

10.1.2 Mezinárodní stupnice pro hodnocení události v atomových elektrárnách

Mezinárodní agentura pro atomovou energii zavedla stupnici INES (The International Nuclear Event Scale), která hodnotí v sedmi stupních události v jaderných zařízeních. Rozlišuje poruchy 1 – 3 a havárie 4 – 7.

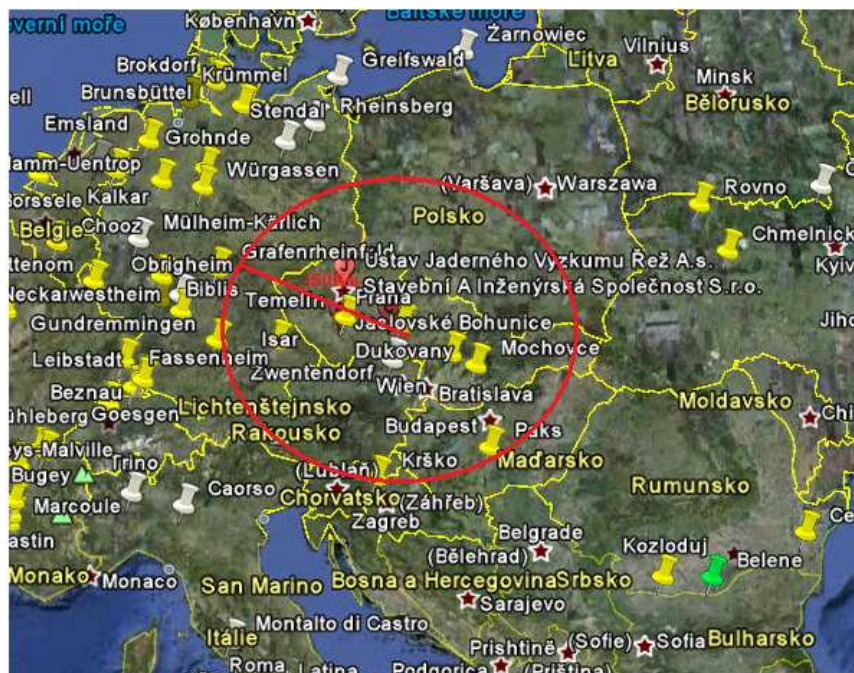
- 0 – Událost bez významu pro bezpečnost .i u(nejběžnější poruchy, běžně zvládnutelné).
- 1 – Odchylna od normálního provozu (poruchy představující riziko).
- 2 – Porucha (technické poruchy, které neovlivní bezpečnost elektrárny přímo, ale mohou vést k přehodnocení bezpečnostních opatření).
- 3 – Vážná porucha (ozáření obsluhy elektrárny nad normu, menší únik radioaktivity do okolí - zlomky limitu).

- 4 – Havárie s účinky v jaderném zařízení (částečně poškození aktivní zóny, ozáření obsluhy elektrárny, ozáření okolních obyvatel na hranici limitu).
- 5 – Havárie s účinky na okolí (vážnější poškození aktivní zóny, nutnost částečné evakuace okolí).
- 6 – Závažná havárie (velký únik radioaktivních látek mimo objekt, nutnost využít havarijních plánů k ochraně okolí).
- 7 – Velká havárie (značný únik radioaktivních látek na velkém území, okamžité zdravotní následky, dlouhodobé ohrožení životního prostředí). [2]

Havárie v jaderné elektrárně Fukušima byla dne 12.4.2011 označena stupněm 7.

10.1.3 Jaderné elektrárny v blízkosti ČR

V blízkosti hranic s ČR se nachází celá řada potencionálních nebezpečných zdrojů jaderné energie. Jde především o JE, které by v případě havárie mohli pro ČR znamenat určitý druh nebezpečí. V okruhu cca 450 km se jedná o tyto jaderné elektrárny: Jaslavské Bohunice, Mochovce – Slovenská republika; Paks – Maďarská republika; Krško – Slovinská republika; Isar, Gundremmingen, Grafenrheinfeld – Německá spolková republika.



Obrázek: Potencionální nebezpečí jaderné havárie v blízkosti hranic ČR [18]

10.2 Nebezpečí teroristického útoku na ČR s využitím jaderné energie

ČR až do nedávna patřila mezi státy, kde hrozba teroristického útoku byla relativně malá. Na našem území nebyl zaznamenaný žádný pohyb teroristických organizací a také nebyla zaznamenána žádná snaha naplánovat teroristický útok na ČR. Bohužel se vše změnilo po 11.9.2001, kdy byly provedeny teroristické útoky na území USA a ČR se postavila po boku Spojených států v boji proti terorismu. Vstupem do NATO, vysláním bojových jednotek do Afganistánu, připojením se do členství v protiteroristické koalici se míra rizika značně zvýšila. Budova rádia Svobodná Evropa se už několikrát stala terčem ostré kritiky ze strany Iránské vlády, které se nelíbil obsah vysílání týkající se oblasti Blízkého východu. Avšak i přes všechny tyto problémy patří ČR mezi nejméně ohrožené státy terorismem.

10.2.1 Nebezpečí teroristického útoku na jaderné elektrárny ČR

Není možné vymyslet a popsat všechny možné scénáře, kterými by mohli teroristé provést útok na jaderné elektrárny. Pokusím se proto nastínit jen ten nejpravděpodobnější scénář útoků.

Jako nejsnáze dosažitelná cesta k jaderným elektrárnám se jeví – ze vzdušného prostoru za použití dopravního letadla (samozřejmě, že lze provést útok i pomocí raket krátkého nebo dlouhého doletu. Nepředpokládejme však, že by ČR hrozila vojenská krizová situace). Nad všemi jadernými elektrárnami v ČR, včetně Ústavu jaderného výzkumu je však bezletová zóna, což znamená zákaz vstupu letadel do tohoto prostoru. Pokud by došlo k narušení této monitorované oblasti, ihned startují vojenská letadla, která mají za úkol donutit narušitele opustit tuto zónu. V případě neuposlechnutí výzvy ke změně směru, může v krajním případě dojít k eliminaci narušitele. Po teroristických útocích v roce 2001 byla provedena celá řada studií a pokusů, která měla prokázat nebo vyvrátit zranitelnost jaderných elektráren. Předpoklad útoků vycházel z použití velkých dopravních letadel letící rychlostí přes 700 km/hod s kapacitou pohonných hmot přes 43 000 litrů. Studie dokazují, že pro tak velká dopravní letadla (Boeing 747, 787, Airbus A380) je jaderná elektrárna velmi obtížně zasažitelný cíl. Pokud by se však podařilo takovému typu letadla proniknout bezletovou zónou, najít část komplexu jaderné elektrárny s umístěným jaderným reaktorem a zasáhnout nízko ležící cíl, s největší pravděpodobností by stejně nedošlo k poškození ochranných bariér jaderné elektrárny neboť reaktorová budova se

systemem hermetických boxů má více jak metr tlusté železobetonové stěny, projektované právě těmto druhům nárazů. V případě jakéhokoliv útoku jsou navíc reaktory vybavené systemem pro automatické odstavení štěpné reakce.

Jaderné elektrárny patří mezi nejlépe střežené a pro případ ozbrojeného útoku i dobře bráněné objekty.

10.2.2 Nebezpečí terorismu s použitím improvizovaných jaderných náloží

Daná možnost doposud patří k nejméně pravděpodobným variantám teroristického útoku z důvodu složitosti celé akce. Pokud si uvědomíme ničivou sílu jaderných náloží a následky s nimi spojené, je tu reálné nebezpečí, že by se časem mohly pokusit velké teroristické organizace o podobný útok.

Riziko zneužití štěpného materiálu je v současné době značně reálné, jelikož se v poslední dekádě 21. století zvýšil nelegální obchod s těmito materiály.

Ani konstrukce jednoduchého jaderného výbušného zařízení není teoreticky nikterak nereálná. V dnešní internetové době existuje celá řada návodů jak lze zhotovit malé výbušné zařízení se silou od zlomku kt do několika kt. Výroba takovéhoho zařízení je relativně prostá, naštěstí však nesmírně nebezpečná, což odrazuje teroristické organizace od její výroby.

Bližší pokyny pro zacházení a manipulaci s jaderným materiálem upravuje vyhláška č. 500/2005 Sb., o fyzické ochraně jaderných materiálů a jaderných zařízení a o jejich zařazování do jednotlivých kategorií. [19]

10.2.2.1 Ukrytí obyvatelstva

Ukrytí osob - jedná se o společnou, hromadnou ochranu obyvatelstva proti radiační havárii, chemické havárii, ochraně proti následkům ozbrojených konfliktů, přírodních havárií. K ukrytí obyvatelstva se využívá jak stálých úkrytů, tak improvizovaných úkrytů.

Stále úkryty (SÚ)- jsou stavby trvalého charakteru. Cílem těchto úkrytů je poskytnutí ochrany ukrytým osobám proti pronikavé radiaci, účinkům střepin, tlakové vlně, živelným katastrofám. Jsou dělitelné na stále tlakově odolné úkryty (STOÚ) a stále tlakově neodolné úkryty (STNÚ).

- STOÚ jsou využitelné k ochraně obyvatelstva proti účinkům zbraní typu hromadného ničení.

- STNÚ jsou využitelné k ochraně obyvatelstva proti účinkům pronikavé radiace, světelného a tepelného záření, proti kontaminaci radioaktivního spadu i částečně účinkům zbraní hromadného ničení.

Improvizované úkryty (IÚ) – jsou prostory staveb nacházející se jak v nadzemních částech tak i pod úrovní terénu. Jejich úkolem je poskytnout dostatečnou ochranu proti účinkům tlakové vlny, účinkům proti střepinám, pronikavé radiaci, kontaminaci radioaktivním prachem, živelným katastrofám. Zhotovují se po vyhlášení krizového stavu podle přesně stanovených postupů do pěti dnů. [19]

Průměr zabezpečení obyvatel ČR v úkrytech činí 15 %. Na území našeho hlavního města Prahy asi 40 %. Město Zlín poskytuje ochranu pro 46,26 % obyvatel.

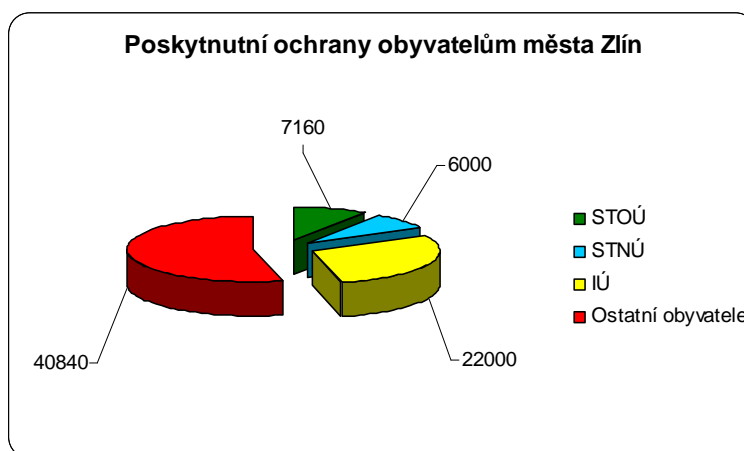
10.2.2.2 Stálé úkryty – město Zlín

Statutární město Zlín

Tabulka 8. Počet úkrytů v městě Zlín

Úkryty města Zlín	Obyvatelé	%
STOÚ	7160	9,42
STNO	6000	7,90
Možnosti improvizovaných úkrytů	22000	28,94
Poskytnuta ochrana obyvatelům města Zlín	35160	46,26
Celkový počet obyvatel města Zlín cca	76000	100

Graf 11. Počet úkrytů ve městě Zlín



Následující tabulka s grafem ukazuje rozdělení úkrytů ve městě Zlín. Na území města Zlína se nachází 5 stálo tlakových odolných úkrytů (STOÚ). Z toho jsou 4 přímo ve

Zlíně a jeden se nachází v Malenovicích. Tyto úkryty mají kapacitu pro 7160 obyvatel. Město Zlín má cca 76 000 obyvatel což tvoří 9,42 % ukrytých obyvatel ve STOÚ odolných jadernému výbuchu. Další možností úkrytu jsou stále tlakově neodolné úkryty STNÚ – úkryty určeny proti radioaktivnímu spadu, konvenčním zbraním a přírodním katastrofám jsou tvořeny cca 40 domy po 150 místech, tvoří tedy úkryt pro 6000 obyvatel což činí 7,90 %. Další možnosti ochrany jsou objekty vhodné pro improvizované úkryty (např. podzemní garáže) poskytující ochranu pro 22 000 obyvatel což činí 28,94 %. Dá se tedy říci, že v případě nebezpečí ať už jaderného, chemického nebo přírodního poskytuje město Zlín ochranu pro 35 160 obyvatel, což je 46,26 %. Ostatní obyvatelé by si museli vybudovat vlastní improvizované úkryty. V minulém roce 2010 město Zlín vyřadilo 12 STNÚ a převedlo je do osobního vlastnictví.

Věřím, že situování rozlohy ČR, zahraniční i vnitřní politická situace budou i nadále poskytovat občanům této země pocit bezpečí a jistoty a všechny tyto katastrofické scénáře zůstanou pouze v oblasti neuskutečněných hrozeb.

11 MOŽNOST VYUŽITÍ ÚSTŘEDNY LB 111 PRO ÚČELY FAI UTB

Měřicí ústředna LB 111 – pro měření ekvivalentních dávek, dávkových příkonů, základních meteorologických údajů, spektrometrických údajů.

Jedná se o stejný typ zařízení jaký byl konstruován pro Státní ústav radiační ochrany.

11.1 Cenová nabídka pro FAI UTB :

- Meteorologické zařízení SWS 7 : 80 000 Kč.
- Zařízení pro měření ekvivalentních dávek a dávkových příkonů – sondy LB 6360, LB 6500-3: 180 000 Kč.
- Nosná pracovní konzole s rozvody a přenosem: 120 000 Kč.
- Spektrometr Explorarium RG-135: 120 000 Kč.
- Softwarové vybavení: 50 000 Kč.
- PC sestava: 20 000 Kč.
- Práce, instalace, zaškolení obsluhy: 6 000 Kč.

Dodací lhůta 4 až 6 týdnů.

11.2 Možnosti využití v laboratořích FAI UTB

- Dynamika chování radiace v průběhu celého roku.
- Seznámení studentů s metodami měření – radiace.
- Seznámení studentů s metodami měření – meteorologických hodnot.
- Seznámení studentů s metodami měření – spektrometrických hodnot pro oblast radioaktivních měření.
- Využití těchto hodnot v praxi.
- Hlavní výhoda: včasné varování obyvatel v případě radiační havárie a úniku radioaktivních látek v blízkosti FAI. Stanovení rozsahu úniku radioaktivních látek

ZÁVĚR

Při výběru tématu mé bakalářské práce jsem nepředpokládal, že během několika následujících měsíců bude dané téma natolik aktuální.

Dne 11.3.2011 bylo Japonsko zasaženo ničivou přívalovou vlnou tsunami. Sled události, který následoval, ukázal jak nebezpečné mohou být zdroje ionizujícího záření a jak je velmi důležité mít vytvořeny sítě včasného zjištění s automatizovaným přenosem naměřených hodnot, které jsou schopny rozpoznat i velmi nízké hodnoty radiačního záření a včas upozornit odpovědné osoby a úřady na vzniklý druh nebezpečí.

Bakalářská práce je zaměřena na pozorování vývoje ekvivalentních dávek ve Zlíně v průběhu několika let, přičemž poslední rok je porovnán s výsledky měření z nejbližších meteorologických stanic Holešov a Vizovice. Z těchto meteorologických stanic byly využity hodnoty průměrné měsíční teploty vzduchu, průměrné měsíční relativní vlhkosti vzduchu a měsíčního úhrnu srážek. Z měřící stanice LB 111 jsem získal několik desítek tisíc hodnot dávkového ekvivalentu, které bylo za potřeby zprůměrnovat a porovnat. Předpokládal jsem, že měření výrazně prokáže vliv klimatických podmínek na vývoj dávkového ekvivalentu. Během zpracovávání dat již bylo patrné, že výsledky měření nebudou tak značně prokazatelné, jak jsem se domníval. Ukázalo se, že dávkový ekvivalent může být ovlivněn teplotou vzduchu a úhrnem srážek, avšak již nikoliv relativní vlhkostí. Z měření také vyplynulo, že od roku 2004 se dávkový ekvivalent značně měnil, vytvářel sinusoidu, kdy nejvyšší hodnoty dosáhly v roce 2008 a poté začaly opět klesat.

Mezi nejaktuálnější výsledky měření patří vliv jaderné havárie v Japonsku na dávkový ekvivalent ve Zlíně. Prognózy médií o jaderném mraku se ukázaly jako nereálné. Šlo z jejich strany pouze o získání pozornosti. Měření jednoznačně prokázalo, že hodnoty dávkového ekvivalentu se v důsledku jaderné havárie nikterak nezvýšily.

Práce se dále zabývá možnostmi obyvatel města Zlína využít stávající úkryty, v případě jaderné havárie nebo jaderné hrozby. Data získaná z magistrátu města Zlína ukazují, že město je připraveno poskytnout plnou ochranu 17,32 % obyvatel a ostatní obyvatelé by museli využít možnosti improvizovaných úkrytů.

Závěr bakalářské práce je zaměřen na možnosti pořízení a laboratorního využití měřící stanice LB 111 pro účely UTB FAI.

ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ

When I chose the theme of my Bachelor's thesis, I didn't predicted that the subject will be so topical within the next few months.

On March 11, 2011, Japan was hit by a devastating storm tsunami. The sequence of events followed showed how dangerous can be a source of ionizing radiation and how it's very important to have established early warning network with automatic transfer of measured values, which are able to detect very low levels of radiation and the early indication of the responsible persons and authorities to a certain type of danger.

The Bachelor's thesis is focused on observation of the development doses equivalent in Zlín in the course of several years, the last year compared with measurements from nearby weather stations Holešov and Vizovice. These weather stations were used in the average monthly values of air temperature, average monthly relative humidity and monthly rainfall. The monitoring station LB 111, I got tens of thousands equivalent dose values, which I had to average and compare. I assumed that the measurements show significant influence of climatic conditions on the development of dose equivalent. During the processing of data has already been seen that the measurement results are not so well demonstrable as I thought. The dose equivalent can be affected by air temperature and rainfall, but not relative humidity. Since 2004 the measurements also showed significantly changed the dose equivalent, generated sine wave which reached a peak in 2008 and then began to decline again.

The latest measurement results are impact of nuclear accidents in Japan on the dose equivalent in Zlín. Projections of the media on the nuclear cloud proved unrealistic. It was just to get attention on their side. Measurements clearly showed that the dose equivalent did not increase in a nuclear accident in any way.

The work also deals with possibilities of city residents of Zlín use the existing shelters, in case of nuclear accidents or nuclear threats. Data from the municipality of Zlín show that the city is ready to provide full protection for 17,32 % of the population and other residents would have to use of improvised shelters.

The conclusion of Bachelor's work is focused on the acquisition and laboratory use of monitoring station LB 111 for purpose of the UTB FAI.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Astronuklfyzika [online]. [cit. 2011-03-20]. Dostupný z WWW:
<<http://www.astronuklfyzika.cz/JadRadFyzika2.htm>>
- [2] MATOUŠEK, J., ÖSTERREICHER, J., LINHART, P. *CBRN, jaderné zbraně a radiologické materiály*. 1. vyd. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2007. 220 s. ISBN 978-80-7385-029-6.
- [3] HALLIDAY D., RESNICK R., WALKER J. *Fyzika vol. 5. 1. vyd.* Brno: VUTIUM, 2000. ISBN 80-214-1868-0.
- [4] PROUZA Z., ŠVEC J. *Zásahy při radiační mimořádné události*. 1. vyd. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2008. ISBN 978-80-7385-046-3.
- [5] FUKÁTKO T. *Detekce a měření různých druhů záření*. 1. vyd. Praha: BEN, 2007. ISBN 978-80-7300-193-3.
- [6] Náměšt nad Oslavou [online]. [cit. 2011-03-5]. Dostupný z WWW:
<<http://www.namestnosl.cz/storage/jedu-prirucka.pdf>>
- [7] Encyklopedie fyziky [online]. [cit. 2011-02-26]. Dostupný z WWW:
<<http://fyzika.jreichl.com/index.php?sekce=browse&page=841>>
- [8] Lékařská fakulta Masarykovy university [online]. [cit. 2011-03-9]. Dostupný z WWW:
<[http://www.med.muni.cz/biofyz/doc/leccs/DozimetrieBezpecnostVRadiologiiifin.ppt#448, 7, Veličiny a jednotky pro odhad rizika](http://www.med.muni.cz/biofyz/doc/leccs/DozimetrieBezpecnostVRadiologiiifin.ppt#448,7,Veličiny%20a%20jednotky%20pro%20odhad%20rizika)>
- [9] Idnes [online]. [cit. 2011-03-27]. Dostupný z WWW:
<http://zpravy.idnes.cz/japonci-prestali-chladit-reaktory-z-vrtulniku-brani-jim-v-tom-radiace-1k4-/zahranicni.asp?c=A110316_065815_zahranicni_ipl>
- [10] Vysoké učení technické v Brně [online]. [cit. 2011-03-27]. Dostupný z WWW:
<http://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=29356>
- [11] FRADEN J. *Handbook of modern sensors*. 2nd ed. New York: Springer AIP Press,

1996. 556 s. ISBN 1563965380.
- [12] Inštitút nukleárnej a molekulárnej medicíny [online]. [cit. 2011-03-5]. Dostupný z WWW: <http://www.inmm.sk/Data/Prednasky/Prednasky_SZS.doc>
- [13] Hasičský záchranný sbor České republiky [online]. [cit. 2011-04-5]. Dostupný z WWW: <<http://www.hzscr.cz/clanek/casopis-112-rocnik-viii-cislo-2-2009.aspx?q=Y2hudW09NA%3d%3d>>
- [14] Státní ústav radiační ochrany [online]. [cit. 2011-04-15]. Dostupný z WWW: <<http://www.suro.cz/cz/rms>>
- [15] Státní ústav pro jadernou bezpečnost [online]. [cit. 2011-04-10]. Dostupný z WWW: <http://www.sujb.cz/?c_id=305>
- [16] ČEZ [online]. [cit. 2011-04-17]. Dostupný z WWW: <<http://www.cez.cz/cs/vyroba-elektriny/jaderna-energetika/je-v-cr.html>>
- [17] Česká nukleární společnost [online]. [cit. 2011-02-01]. Dostupný z WWW: <<http://www.csvts.cz/cns/archiv10.htm>>
- [18] Google Earth [online]. [cit. 2011-02-01]. Dostupný z WWW: <<http://www.google.com/earth/index.html>>
- [19] Vyhláška č. 500/2005 Sb., kterou se mění vyhláška SÚJB č. 144/1997 Sb., o fyzické ochraně jaderných materiálů a jaderných zařízení a o jejich zařazování do jednotlivých kategorií
- [20] REKTOŘÍK, J. a kol. *Krizový management ve veřejné správě*. 1. vyd. Brno: Ekopres, 2004. ISBN 80-861119-83-1.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

α	Ionizační záření Alfa
β	Ionizující záření Beta
γ	Ionizující záření Gama
Bg	Beguerel – aktivita radionuklidu
Gy	Gray – energie absorbována hmotou
Sv	Sievert – jednotka dávkového ekvivalentu ionizujícího záření
WT	Tkáňový váhový faktor
WR	Váhový faktor záření
D	Absorbovaná dávka
HZS	Hasičský záchranný sbor
USB	Druh konektoru
RS-232	Sériový port – komunikační rozhraní u osobních počítačů
NATO	Organizace severoatlantického paktu
URAD 115	Zásahový dozimetr
LED	Světloemitující dioda
GPS	Global Positioning Systém – vojenský globální družicový polohový systém
RMS	Radiační monitorovací síť
SÚJB	Státní úřad pro jadernou bezpečnost
SÚRO	Státní ústav radiační ochrany
MF	Ministerstvo financí
MO	Ministerstvo obrany
MV	Ministerstvo vnitra
MZe	Ministerstvo zemědělství
MŽP	Ministerstvo životního prostředí

RC	Regionální centrum
JE	Jaderná elektrárna
SVZ	Síť včasného zjištění
TLD	Termoluminiscenční dozimetr
TL	Termoluminiscenční
MMKO	Měřicí místa kontaminace ovzduší
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
Cs	Cesium, radioaktivní izotop
Pu	Plutonium, radioaktivní izotop
Kr	Krypto, radioaktivní izotop
C	Uhlík
H	Vodík
EPR	Evropský tlakovodní reaktor
EU	Evropská unie
VVER	Vodo-vodní energetický reaktor
ČEZ	České Energetické Závody
LB 111	Měřicí ústředna
LB 6360	Druh měřicí sondy pro oblast nízkých dávkových příkonů
LB 6500-3	Druh měřicí sondy pro oblast vysokých dávkových příkonů
RG-135	Druh spektrometru
SWS 7	Druh meteorologického zařízení
NBC	Nukleární, biologické a chemické zbraně
LCD	Displej z tekutých krystalů
SVZLOK	Systém včasného zjištění lokální pracoviště
PDE	Příkon dávkového ekvivalentu

GPRS	Mobilní datová služba přístupná pro uživatele GSM mobilních telefonů
GSM	Globální systém mobilní komunikace
INES	Mezinárodní stupnice jaderných událostí
SÚ	Stálé úkryty
IÚ	Improvizované úkryty
STOÚ	Stále tlakově odolné úkryty
STNÚ	Stále tlakově neodolné úkryty

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obrázek 1. Průnik ionizačního záření hmotou [6].....</i>	16
<i>Obrázek 2. Frekvence, vlnové délky [1].....</i>	17
<i>Obrázek 3. Působení různých zdrojů záření na člověka [6]</i>	18
<i>Obrázek 4. Tkáňový váhový faktor W_T (faktor tkáňové citlivosti) [7]</i>	19
<i>Obrázek 5. Základní blokové schéma elektronického detektoru záření [1]</i>	23
<i>Obrázek 6. Blokové schéma scintilačního detektoru [12].....</i>	24
<i>Obrázek 7. Osobní filmový dozimetr používaný pro monitorování pracovníku [1].....</i>	25
<i>Obrázek 8. Zásahový dozimetr DC-3H-08 [13].....</i>	27
<i>Obrázek 9. Osobní dozimetr SOR/R-20 verze DMC [13]</i>	28
<i>Obrázek 10. Zásahový dozimetr UltraRadiac URAD 115 [13]</i>	29
<i>Obrázek 11. Mapa příkonu dávkového ekvivalentu [14]</i>	34
<i>Obrázek 12. Automatický měřící TLD systém Dosacus [14]</i>	35
<i>Obrázek 13. Odběrové zařízení typu SNOW</i>	38
<i>Obrázek 14. Jaderná elektrárna Temelín [16].....</i>	42
<i>Obrázek 15. Jaderná elektrárna Dukovany</i>	43
<i>Obrázek 16. Měřící ústředna LB 111</i>	46
<i>Obrázek 17. Venkovní rám s měřícími sondami</i>	47
<i>Obrázek 18. Softwarové vybavení.....</i>	49
<i>Obrázek 19 Blokové schéma stanice LB 111 + aplikace</i>	50
<i>Obrázek 20. Radionuklid ^{137}Cs, pouzdro na uskladnění radionuklidu ^{137}Cs a pouzdro na připevnění k sondě LB 6360 po čas kalibrace.....</i>	51
<i>Obrázek 21. Mapa polohy meteorologických stanic a měřící ústředny.....</i>	51
<i>Obrázek 22. Meteorologická stanice Holešov</i>	52
<i>Obrázek 23. Meteorologická stanice Vizovice</i>	53

SEZNAM TABULEK A GRAFŮ

<i>Tabulka 1. Absorpce ionizačního záření [2].....</i>	16
<i>Tabulka 2. Výsledky z meteorologické stanice Holešov.....</i>	52
<i>Tabulka 3. Výsledky z meteorologické stanice Vizovice</i>	54
<i>Tabulka 4. Hodnoty z LB 111 a meteorologické stanice Holešov</i>	55
<i>Tabulka 5. Hodnoty z LB 111 a meteorologické stanice Vizovice</i>	58
<i>Tabulka 6. Porovnání dávkového ekvivalentu za časové období 7 let.....</i>	63
<i>Tabulka 7. Průměrné měsíční hodnoty za leden 2011</i>	64
<i>Tabulka 8. Počet úkrytů v městě Zlín.....</i>	72
<i>Graf 1. Vývoj obsahu ¹³⁷Cs u českého obyvatelstva po černobylské havárii [14].....</i>	39
<i>Graf 2. Dávkový ekvivalent porovnaný s teplotou vzduchu z meteorologické stanice Holešov za rok 2010</i>	56
<i>Graf 3. Dávkový ekvivalent porovnaný s relativní vlhkostí vzduchu z meteorologické stanice Holešov za rok 2010.....</i>	57
<i>Graf 4. Dávkový ekvivalent porovnaný s měsíčním úhrnem srážek z meteorologické stanice Holešov za rok 2010.....</i>	58
<i>Graf 5. Dávkový ekvivalent porovnaný s teplotou vzduchu z meteorologické stanice Vizovice za rok 2010.....</i>	60
<i>Graf 6. Dávkový ekvivalent porovnaný s relativní vlhkostí vzduchu z meteorologické stanice Vizovice za rok 2010</i>	61
<i>Graf 7. Dávkový ekvivalent porovnaný s měsíčním úhrnem srážek z meteorologické stanice Vizovice za rok 2010</i>	62
<i>Graf 8. Porovnání dávkového ekvivalentu za časové období 7 let.....</i>	63
<i>Graf 9. Průměrné měsíční hodnoty za leden 2011</i>	65
<i>Graf 10. Vliv jaderné havárie v Japonsku na dávkový ekvivalent ve Zlíně</i>	66
<i>Graf 11. Počet úkrytů v městě Zlín</i>	72

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P I. Žádost o poskytnutí údajů z ČHMÚ

Příloha P II. Hodnoty dávkového ekvivalentu za časové období od 21.3.2011 do 27.3.2011

PŘÍLOHA P I: ŽÁDOST O POSKYTNUTÍ ÚDAJŮ Z ČHMÚ

Tomáš Svoboda
Hložkova 1625
Otrokovice 765 02

ČHMÚ
Kroftova 43
Brno 616 67

Ve Zlíně dne 4.2.2011

Věc: ŽÁDOST O POSKYTNUTÍ ÚDAJŮ Z ČHMÚ

Vážená paní,

žádám Vás o poskytnutí údajů z Českého hydrometeorologického ústavu. Jedná se o údaje týkající se Zlínského kraje, konkrétně o:

- měsíční srážky za rok 2010 a 2011
- měsíční teplotu za rok 2010 a 2011
- měsíční vlhkost vzduchu za rok 2010 a 2011

Jsem studentem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, fakulta Aplikované informatiky. Vámi poskytnuté údaje budou sloužit pro mou Bakalářskou práci na téma „Monitoring – radiační situace“.

Prohlašuji, že:

- Data nebudou využita ke komerčním účelům.
- Data nebudou poskytnuta třetí osobě.
- ČHMÚ si vyhrazuje právo na nahlédnutí do mé Bakalářské práce.



doc. RNDr. Vojtěch Křesálek, CSc
vedoucí Bakalářské práce

Tomáš Svoboda
student

PŘÍLOHA P II: HODNOTY DÁVKOVÉHO EKIVALENTU ZA ČASOVÉ OBDOBÍ 21.3.2011 DO 27.3.2011

Dávkový ekvivalent za týdenní období v nSv/h						
1	2	3	4	5	6	7
Pondělí	Úterý	Středa	Čtvrtek	Pátek	Sobota	Neděle
138	144	138	132	132	138	138
138	132	138	138	138	138	138
138	132	138	138	138	138	138
138	138	132	144	138	138	132
138	132	132	144	138	150	144
138	138	144	138	144	138	138
138	136	137	139	138	140	138
138	126	138	132	144	144	138
138	138	144	138	144	138	144
132	132	138	138	132	144	138
138	138	138	138	132	138	138
132	138	138	132	132	144	144
138	150	138	138	144	144	132
136	137	139	136	138	142	139
138	138	132	138	138	144	138
132	138	138	138	132	138	138
144	138	138	138	144	138	138
132	132	138	150	144	138	138
138	138	138	138	138	144	144
138	126	150	138	138	144	138
137	135	139	140	139	141	139
138	138	144	138	138	150	138
132	138	138	132	138	144	144
138	138	138	132	138	144	138
138	138	126	138	144	144	132
138	144	138	138	138	138	144
138	138	138	144	150	138	138
137	139	137	137	141	143	139
144	132	138	144	138	144	150
138	144	138	132	138	138	144
138	132	144	138	138	150	138
138	132	138	138	132	138	144
126	132	138	138	144	150	132
132	132	138	132	138	132	138
136	134	139	137	138	142	141
138	132	132	132	138	138	138
132	138	132	138	144	144	138
138	138	138	138	138	144	138
138	132	138	138	144	144	150
135	144	132	144	132	144	138
132	138	144	138	138	144	144
135,5	137	136	138	139	143	141
132	138	144	132	132	138	138

138	138	138	138	138	132	132
132	138	132	132	144	144	138
132	126	144	138	138	150	138
138	132	138	132	144	144	138
132	138	132	132	144	144	138
134	135	138	134	140	142	137
138	138	132	138	144	144	150
132	138	138	138	144	138	138
138	132	138	132	132	138	138
144	150	138	138	138	138	138
132	138	144	144	138	144	132
144	144	138	138	144	138	150
138	140	138	138	140	140	141
138	132	138	138	144	132	144
132	132	138	144	144	150	150
132	132	132	132	138	144	138
138	138	138	132	144	138	138
132	138	132	138	132	138	138
144	144	144	138	132	144	138
136	136	137	137	139	141	141
138	144	138	138	138	138	132
144	138	150	144	138	138	144
138	132	144	138	144	144	138
138	138	132	132	144	144	144
132	138	132	138	144	138	150
138	132	144	138	144	138	144
138	137	140	138	142	140	142
126	132	132	138	132	138	138
138	138	132	126	132	132	138
132	144	138	138	132	138	132
132	138	138	138	138	138	138
138	144	138	144	138	138	144
132	138	132	144	144	138	138
133	139	135	138	136	137	138
138	138	150	144	144	144	144
138	132	138	138	144	138	138
138	138	138	144	138	138	144
138	132	138	132	138	144	144
132	132	132	138	132	132	132
138	138	144	144	138	144	138
137	135	140	140	139	140	140
132	144	138	138	138	138	138
132	138	132	132	132	138	138
138	144	132	132	144	150	138
138	138	138	144	144	138	144
144	132	144	138	144	138	138
132	144	132	138	144	144	144
136	140	136	137	141	141	140
138	138	144	138	138	132	144
138	132	138	132	132	144	132
138	138	132	126	144	144	138
132	138	132	138	138	138	138

138	132	138	138	144	144	144
132	144	144	138	150	144	144
136	137	138	135	141	141	140
132	144	132	144	138	138	138
132	138	138	138	144	138	138
138	138	138	138	138	132	138
138	138	144	138	132	144	138
132	132	138	144	144	144	138
138	138	138	132	144	144	138
135	138	138	139	140	140	138
144	132	132	132	138	144	144
144	144	132	138	144	144	138
132	132	138	138	144	144	144
138	138	138	138	138	138	138
132	150	132	138	138	138	138
126	138	138	144	132	138	138
136	139	135	138	139	141	140
138	138	150	138	138	138	138
132	132	132	138	138	144	138
144	138	138	144	138	144	138
132	132	138	132	138	138	144
138	138	138	132	150	144	150
150	144	132	144	138	138	144
139	137	138	138	140	141	142
132	150	138	144	138	126	138
138	144	132	144	138	144	144
138	138	138	138	138	138	126
132	132	138	144	138	138	144
132	144	144	138	138	150	144
138	126	132	138	138	138	138
135	139	137	141	138	139	139
144	138	138	132	150	138	150
138	138	138	138	138	138	144
144	138	132	144	144	144	138
138	138	138	138	144	126	138
138	138	132	144	138	144	132
132	138	132	144	132	132	138
139	138	135	140	141	137	140
138	138	138	138	138	138	138
132	138	132	138	150	150	138
132	144	144	132	144	144	138
138	132	144	138	144	144	150
138	138	138	138	144	144	144
144	138	132	138	138	132	144
137	138	138	137	143	142	142
144	132	138	144	132	138	138
138	138	132	138	144	138	144
144	132	138	138	144	132	138
138	144	132	144	138	144	144
138	138	144	138	144	144	150
126	144	138	138	144	144	144
138	138	137	140	141	140	143

138	138	138	126	144	138	144
132	132	132	144	138	138	132
138	138	144	144	138	126	138
138	138	132	138	144	138	138
132	138	138	150	138	144	138
144	150	132	138	150	138	150
137	139	136	140	142	137	140
138	138	138	144	144	138	144
138	144	138	132	138	144	144
138	138	126	132	138	138	138
138	138	144	138	138	138	132
126	126	132	138	132	138	144
138	138	138	138	144	138	138
136	137	136	137	139	139	140
132	144	132	138	144	132	144
132	132	144	144	150	138	150
138	132	138	144	144	138	138
138	144	138	138	138	144	132
144	138	138	138	138	144	144
132	132	138	132	132	138	138
136	137	138	139	141	139	141