

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
Zdravotně sociální fakulta

**Činnost mobilních skupin v zóně havarijního plánování za radiační
mimořádné situace**

Bakalářská práce

Vedoucí práce: Ing. Jan Matzner

Autor: Lubomír Brhel

V Českých Budějovicích 6. května 2010

ABSTRAKT

Activity of mobile groups in emergency planning zone during radiation emergency situation

This work describes tasks of mobile groups as a part of the radiation emergency network during a radiation emergency situation, an equipment of the radiation groups and ways of its application.

The activity of the mobile groups in the emergency planning zone of the Temelín Nuclear Power Plant was analysed in detail. The source term of radioactive material emission in emergency situation with the most serious radiological consequences on the surroundings and with the most demanding conditions for the monitoring performed by the mobile groups was chosen. Several critical points in organizing of the monitoring emerged from the situation analysis and the way of their solution was suggested to the Crisis Staff of the State Office for Nuclear Safety.

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma: „Činnost mobilních skupin v zóně havarijního plánování za radiační mimořádné situace“ vypracoval samostatně použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

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

V Českých Budějovicích 6. 5. 2010

.....

Poděkování

Děkuji vedoucímu práce Ing. Janu Matznerovi za poskytnutí řady podkladů, průběžné metodické vedení a odbornou pomoc při zpracování této práce.

OBSAH

ÚVOD.....	6
1 SOUČASNÝ STAV.....	7
1.1 <i>Legislativní podklady</i>	7
1.2 <i>Přístrojové a programové vybavení mobilních skupin</i>	12
1.3 <i>Popis činnosti mobilních skupin za radiační mimořádné situace</i>	16
2 CÍL PRÁCE A HYPOTÉZY	24
2.1 <i>Cíl práce</i>	24
2.2 <i>Hypotézy</i>	24
3 METODIKA.....	25
4 VÝSLEDKY	26
4.1 <i>Zdrojový člen úniku a časový průběh úniku</i>	26
4.2 <i>Podmínky šíření úniku</i>	33
4.3 <i>Rozsah zóny havarijního plánování ETE a v ní plánovaná opatření</i>	35
4.4 <i>Analýza modelového případu</i>	36
4.5 <i>Volba monitorovacích tras</i>	37
4.6 <i>Časový rozvrh monitorování</i>	37
4.7 <i>Odhad ozáření osádky mobilní skupiny</i>	38
5 DISKUSE.....	40
6 ZÁVĚR	42
7 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ.....	44
8 KLÍČOVÁ SLOVA.....	46
9 PŘÍLOHY.....	47

ÚVOD

Podle krizového zákona (24) je krizovým řízením obecně myšlen „souhrn řídicích činností věcně příslušných orgánů zaměřených na analýzu a vyhodnocení bezpečnostních rizik, plánování, organizování, realizaci a kontrolu činností prováděných v souvislosti s řešením krizové situace“.

Mimořádnou událostí podle zákona o integrovaném záchranném systému (25) je „škodlivé působení sil a jevů vyvolaných činností člověka, přírodními vlivy, a také havárie, které ohrožují život, zdraví, majetek nebo životní prostředí a vyžadují provedení záchranných a likvidačních prací.“

Radiační mimořádná situace je tedy obecně jedním druhem mimořádné situace, která vyžaduje předem vyhodnocení všech rizik s ní spojených a plánování všech činností nutných k řešení takové události.

Vzhledem k tomu, že jsem členem mobilní skupiny SÚJB – Regionálního centra v Českých Budějovicích a jsem s činností mobilních skupin Radiační monitorovací sítě ČR podrobně seznámen, zvolil jsem téma týkající se konkrétního plánování činnosti mobilních skupin za radiační mimořádná situace v zóně havarijního plánování Jaderné elektrárny Temelín. Pozornost bude věnována především časovému rozvrhu činnosti mobilních skupin za situace s omezenou dobou pro monitorování a z toho vyplývající závěry.

1. SOUČASNÝ STAV

Mobilní skupiny jsou trvalou složkou celostátní radiační monitorovací sítě. Jejich činnost je popsána v legislativním prostředí založeném na atomovém zákoně a prováděcích předpisech k tomuto zákonu. Hlavním úkolem mobilních skupin je poskytnout za mimořádné radiační situace dozimetrické údaje nutné k rozhodování o zavedení opatření na ochranu obyvatel.

1.1 *Legislativní podklady*

1.1.1 *Zákon č. 18/1997 Sb., o mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření (atomový zákon), ve znění zákona č. 13/2002 Sb.*

Zákon č. 18/1997 Sb., o mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření (atomový zákon) a o změně a doplnění některých dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů (23) definuje v § 2 základní pojmy, z nichž pro tuto práci jsou nejdůležitější:

Radiační mimořádná situace je situace, která následuje po radiační havárii nebo po takové radiační nehodě nebo po takovém zjištění zvýšené úrovně radioaktivity nebo ozáření, které vyžadují naléhavá opatření na ochranu fyzických osob.

Radiační nehoda je událost, která má za následek nepřipustné uvolnění radioaktivních látek nebo ionizujícího záření nebo nepřipustné ozáření fyzických osob.

Radiační havárie je taková radiační nehoda, jejíž následky vyžadují naléhavá opatření na ochranu obyvatelstva a životního prostředí.

Zóna havarijního plánování (dále jen ZHP) je oblast v okolí jaderného zařízení nebo pracoviště, kde se nachází zdroj ionizujícího záření, v níž se na základě výsledků rozborů možných následků radiační havárie uplatňují požadavky z hlediska havarijního plánování (vnější havarijní plán). Rozsah zóny havarijního plánování stanovuje Státní úřad pro jadernou bezpečnost.

Z uvedených zákonných definic vyplývá, že v případě radiační mimořádné situace je nutné zavést konkrétní opatření za účelem ochrany fyzických osob před

účinky záření. Tato opatření nelze zavádět bez podrobné znalosti situace a nástrojem k získání všech potřebných informací je Celostátní radiační monitorovací síť, jejíž činnost řídí Státní úřad pro jadernou bezpečnost. Na základě hodnocení radiační situace pak Státní úřad pro jadernou bezpečnost „zajišťuje podklady pro rozhodování o opatřeních vedoucích ke snížení nebo odvrácení ozáření v případě radiační havárie“. Funkci a organizaci celostátní radiační monitorovací sítě upřesňuje prováděcí předpis k atomovému zákonu, jímž je vyhláška č. 319/2002 Sb., ve znění vyhlášky č. 27/2006 Sb. (22).

1.1.2 Vyhláška č. 318/2002 Sb., o podrobnostech k zajištění havarijní připravenosti jaderných zařízení a pracovišť se zdroji záření a požadavcích na obsah vnitřního havarijního plánu a havarijního řádu, ve znění vyhlášky č. 2/2004 Sb.

Vyhláška (21) upravuje podrobnosti k zajištění havarijní připravenosti jaderných zařízení a pracovišť se zdroji ionizujícího záření a požadavky na obsah vnitřního havarijního plánu a havarijního řádu. Pro účely této práce je důležitý § 5 vyhlášky, kde jsou definovány tři klasifikační stupně mimořádných událostí:

- a) prvním stupněm je klasifikována mimořádná událost, která vede nebo může vést k nepřipustnému ozáření zaměstnanců a dalších osob nebo nepřipustnému uvolnění radioaktivních látek do prostor jaderného zařízení nebo pracoviště, která má omezený, lokální charakter a k jejímu řešení jsou dostačující síly a prostředky obsluhy nebo pracovní směny, a při přepravě nedojde k úniku radioaktivních látek do životního prostředí,
- b) druhým stupněm je klasifikována mimořádná událost, která vede nebo může vést k nepřipustnému závažnému ozáření zaměstnanců a dalších osob nebo k nepřipustnému uvolnění radioaktivních látek do životního prostředí, které nevyžaduje zavádění neodkladných opatření k ochraně obyvatelstva a životního prostředí, její řešení vyžaduje aktivaci zasahujících osob držitele povolení a k jejímu zvládnutí jsou dostačující síly a prostředky držitele povolení, případně síly a prostředky smluvně zajištěné držitelem povolení,

- c) třetím stupněm je klasifikována mimořádná událost, která vede nebo může vést k nepřijatelnému závažnému uvolnění radioaktivních látek do životního prostředí, vyžadujícímu zavádění neodkladných opatření k ochraně obyvatelstva a životního prostředí, stanovená ve vnějším havarijním plánu (dále jen VHP) a v havarijním plánu kraje. Událost třetího stupně je radiační havárií a její řešení vyžaduje kromě aktivace zasahujících osob držitele povolení a zasahujících osob podle vnějšího havarijního plánu, popřípadě havarijního plánu kraje zapojení dalších dotčených orgánů.

1.1.3 Vyhláška č. 319/2002 Sb., o funkci a organizaci celostátní radiační monitorovací sítě, ve znění vyhlášky č. 27/2006 Sb.

V § 2 vyhlášky č. 319/2002 Sb., (22) jsou definovány další používané pojmy, z nichž jsou pro tuto práci nejdůležitější:

monitorovací síť je soustava měřících míst a systém prostředků odborně, technicky a personálně vybavených a organizačně propojených pro potřeby monitorování radiační situace na území České republiky.

Monitorováním radiační situace se rozumí měření veličin a hodnocení výsledků měření veličin pro účely usměrňování ozáření.

Obvyklou radiační situací je situace s výjimkou radiační mimořádné situace.

Stálými složkami monitorovací sítě jsou:

- a) Síť včasného zjištění,
- b) síť termoluminiscenčních dozimetrů,
- c) měřící místa kontaminace ovzduší, potravin a vody a měřící místa na hraničních přechodech,
- d) mobilní a letecké skupiny,
- e) laboratorní skupiny,
- f) centrální laboratoř monitorovací sítě,

g) meteorologická služba.

Pohotovostními složkami monitorovací sítě jsou:

- a) Mobilní skupiny,
- b) laboratorní skupiny,
- c) letecké skupiny a letecké prostředky,
- d) měřicí místa kontaminace vody, potravin a měřicí místa na hraničních přechodech,
- e) měřicí místa na uzavěrech, kterými jsou prostředky pro získávání údajů o dávkových příkonech a radionuklidové kontaminaci osob, dopravních prostředků, předmětů a materiálu na hranicích uzavřených oblastí a v okolí místa radiační havárie.

Z uvedeného výtahu vyplývá, že mobilní skupiny, které jsou předmětem zájmu této práce, jsou jak stálými, tak pohotovostními složkami radiační monitorovací sítě.

Úkolem mobilních skupin pak je (22) provádět monitorování dávek, dávkových příkonů a aktivity radionuklidů, odběry vzorků složek životního prostředí a rozmístění a výměnu dozimetrů v síti termoluminiscenčních dozimetrů (dále jen TLD).

1.1.4 Vyhláška č. 307/2002 Sb., o radiační ochraně, ve znění vyhlášky č. 499/2005 Sb.

Mezi tzv. neodkladná opatření, která přicházejí v úvahu, a to v případě radiační mimořádné situace patří ukrytí, jódová profylaxe a evakuace obyvatel. V Tab. č. 2 Přílohy č. 8 vyhlášky (20), jsou uvedeny směrné hodnoty pro neodkladná opatření:

Opatření	Rozpětí	
	Efektivní dávka	Ekvivalentní dávka v orgánech a tkáních
ukrytí a jódová profylaxe	5 až 50 mSv	50 až 500 mSv
evakuace obyvatel	50 až 500 mSv	500 až 5000 mSv

Tab. 1. Směrné hodnoty pro neodkladná opatření v případě mimořádné radiační situace(20)

V § 99 uvedené vyhlášky jsou směrné hodnoty upřesněny s tím, že směrnou hodnotou je:

- a) Pro ukrytí odvrácená efektivní dávka 10 mSv za období ukrytí ne delší než 2 dny,
- b) pro jódovou profylaxi odvrácený úvazek ekvivalentní dávky ve štítné žláze způsobený radioizotopy jódu 100 mSv,
- c) pro evakuaci odvrácená efektivní dávka 100 mSv za období evakuace ne delší než 1 týden.

Směrné hodnoty jsou uvedeny ve veličinách efektivní dávka resp. úvazek efektivní dávky, tj. ve veličinách, jež nejsou přímo měřitelné. Odhad odvrácené efektivní dávky se prakticky dělá měřením příkonu fotonového dávkového ekvivalentu (dále jen PFDE), přičemž fotonový dávkový ekvivalent je veličina radiační ochrany, která zjednodušujícím způsobem vyjadřuje riziko ozáření fotony gama nebo X (jakostní činitel je roven 1), protože se konvenčně předpokládá, že nezávisí na energii fotonů. Fotonový dávkový ekvivalent se vždy vztahuje ke vzduchu a vyjadřuje se, stejně jako dávkový ekvivalent, v jednotkách Sievert (dále jen Sv). Odhad odvráceného úvazku efektivní dávky se prakticky dělá měřením objemové aktivity radioizotopů jódu ve vzduchu, s uvažováním dalších podmínek inhalace.

V případě, kdy k radiační havárii dojde v důsledku havarijního úniku radioaktivních látek z jaderného zařízení, je pak nutné provést měření PFDE na poměrně rozsáhlém území zasaženém únikem. To lze uskutečnit pouze dvěma dostupnými způsoby:

- a) leteckým monitorováním zasaženého území (leteckou monitorovací skupinou),
- b) mobilními skupinami a pojezdovým měřením PFDE na monitorovací trase.

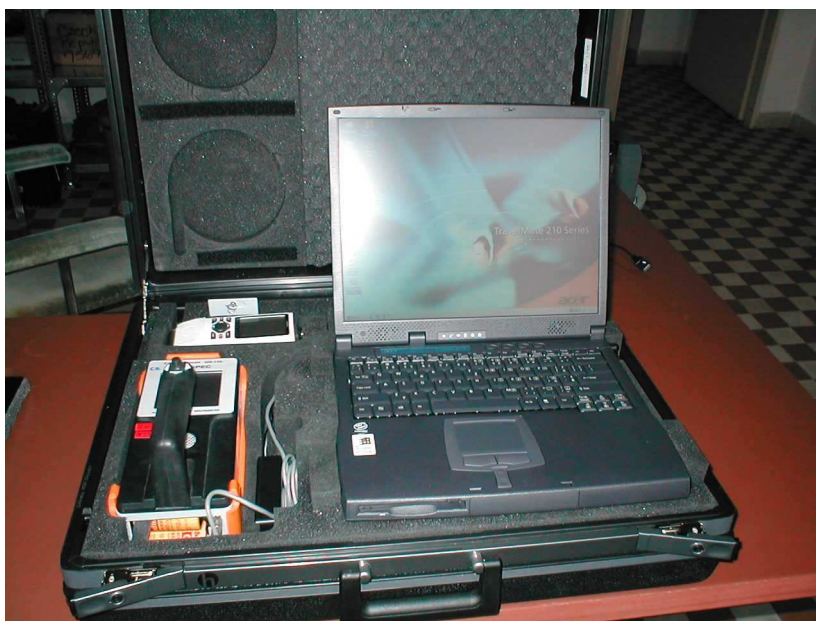
Letecké monitorování je samozřejmě rychlejší, nicméně je velmi závislé na meteorologických podmínkách, proto se předpokládá, že základem pro rozhodování o neodkladných opatřeních budou informace získané pojezdovými měřeními mobilních skupin.

Plné znění atomového zákona a jeho prováděcích předpisů lze nalézt na webu Státního úřadu pro jadernou bezpečnost (23). Podrobnosti o radiační monitorovací síti a aktuální výsledky lze nalézt na webu Státního ústavu radiační ochrany (22).

1.2 Přístrojové a programové vybavení mobilních skupin

1.2.1 Přístrojové vybavení

Mobilní skupiny radiační monitorovací sítě ČR jsou vybaveny soupravou označenou MK2, která umožňuje za pojezdu osobního automobilu automaticky měřit a zaznamenávat PFDE, spolu s údaji o poloze měřeného bodu získanými z GPS. Vybavení MK2 je umístěno v pohotovostním kufru a v pracovní poloze je zobrazeno na obr. 1.



Obr. 1. Vybavení mobilní skupiny MK2

K měření PFDE je v soupravě MK2 použit dozimetrický přístroj The Minispec/Identifier GR 130/135 kanadského výrobce EXPLORANIUM (na obr. 1 vlevo v popředí). Jedná se o velmi sofistikovaný dozimetr, mobilními skupinami je při pojezdovém měření využívána funkce měření dávkového příkonu. Dozimetr je vybaven dvěma detektory, jednak NaI(Tl) detektorem (lze jej využít rovněž pro určování radionuklidů pomocí scintilační spektrometrie), jednak GM detektorem, který umožňuje měření PFDE až do 100 mSv/h. Dozimetr je schopen detekovat fotony v energetickém rozsahu 50 keV až 3 MeV. Do 100 keV je uváděna přesnost měření PFDE +/- 30%, nad 100 keV +/- 20%.

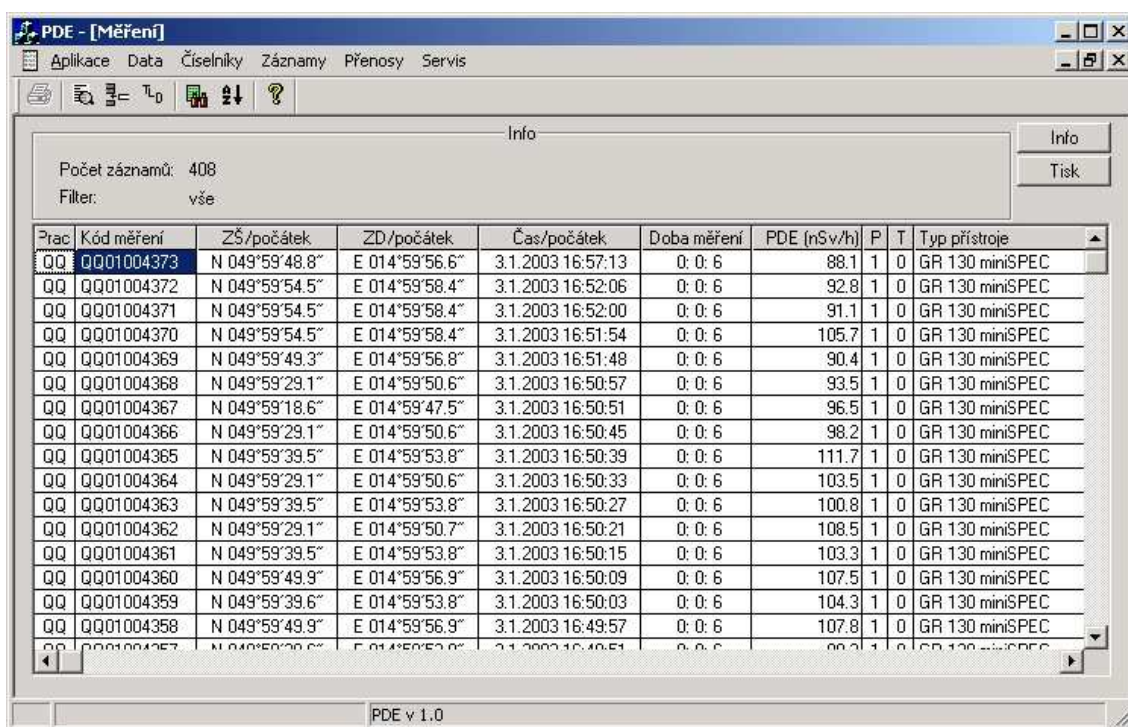
K zaznamenání polohy měřeného bodu je souprava vybavena standardním přístrojem globálního polohového systému (dále jen GPS) s magnetickou anténou umístěnou na střeše vozidla (GPS je v soupravě na obr. 1 vlevo vzadu).

Sběr dat z dozimetrického přístroje a z GPS je zajištěn pomocí sériového rozhraní přístrojů do přenosného počítače, kde jsou data vyhodnocována programovým vybavením.

1.2.2 Programové vybavení

K záznamu a vyhodnocování dat je používán software příkonu dávkového ekvivalentu (dále jen PDE) (5), který umožňuje ve stanovených časových intervalech ukládat data o poloze vozidla a hodnotu PFDE v bodě měření. Příklad výstupu dat na obrazovce přenosného PC je na obr. 2, kde je pro měřené body udané v zeměpisné šířce a délce udaná naměřená hodnota PFDE a čas měření.

Software PDE mj. umožňuje zobrazit naměřené hodnoty do mapy, příklad pojezdového měření přírodních hodnot PFDE je uveden na obr. 3, kde pro barevné zobrazení hodnot v celkem 178 měřených bodech byly zvoleny následující odstíny barev: světle modrá, modrá, světle zelená a zelená, pro intervaly do 50, <50;100), <100;150) a <150;200) nSv/h.



The screenshot shows the 'PDE - [Měření]' application window. It features a menu bar with 'Applikace', 'Data', 'Číselníky', 'Záznamy', 'Přenosy', and 'Servis'. Below the menu is a toolbar with various icons. The main area displays 'Info' with 'Počet záznamů: 408' and 'Filter: vše'. A table lists measurement data with the following columns: Prac, Kód měření, ZŠ/počátek, ZD/počátek, Čas/počátek, Doba měření, PDE (nSv/h), P, T, and Typ přístroje. The table contains 20 rows of data, with the first row highlighted.

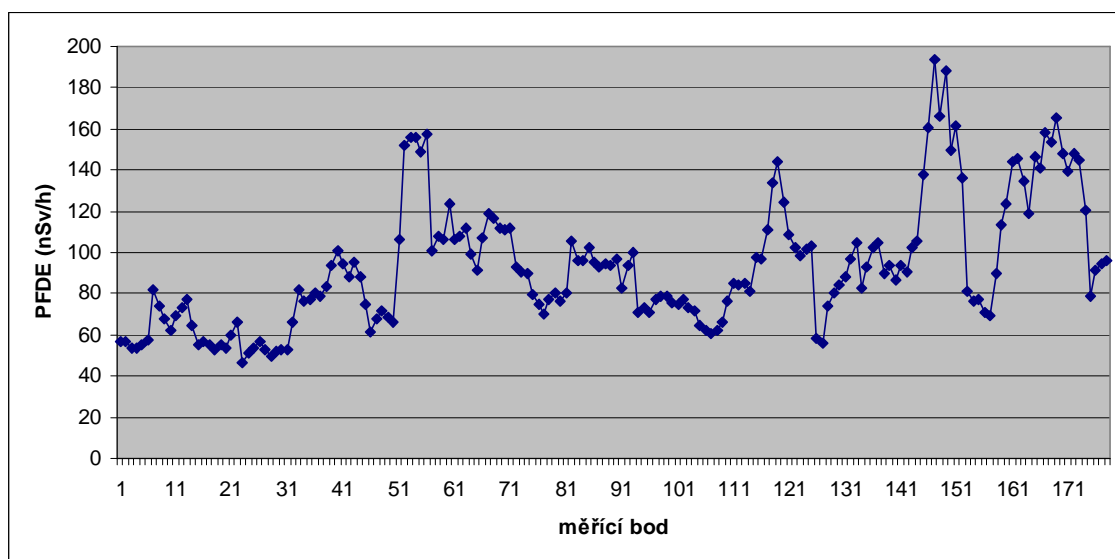
Prac	Kód měření	ZŠ/počátek	ZD/počátek	Čas/počátek	Doba měření	PDE (nSv/h)	P	T	Typ přístroje
QQ	QQ01004373	N 049°59'48.8"	E 014°59'56.6"	3.1.2003 16:57:13	0: 0: 6	88.1	1	0	GR 130 miniSPEC
QQ	QQ01004372	N 049°59'54.5"	E 014°59'58.4"	3.1.2003 16:52:06	0: 0: 6	92.8	1	0	GR 130 miniSPEC
QQ	QQ01004371	N 049°59'54.5"	E 014°59'58.4"	3.1.2003 16:52:00	0: 0: 6	91.1	1	0	GR 130 miniSPEC
QQ	QQ01004370	N 049°59'54.5"	E 014°59'58.4"	3.1.2003 16:51:54	0: 0: 6	105.7	1	0	GR 130 miniSPEC
QQ	QQ01004369	N 049°59'49.3"	E 014°59'56.8"	3.1.2003 16:51:48	0: 0: 6	90.4	1	0	GR 130 miniSPEC
QQ	QQ01004368	N 049°59'29.1"	E 014°59'50.6"	3.1.2003 16:50:57	0: 0: 6	93.5	1	0	GR 130 miniSPEC
QQ	QQ01004367	N 049°59'18.6"	E 014°59'47.5"	3.1.2003 16:50:51	0: 0: 6	96.5	1	0	GR 130 miniSPEC
QQ	QQ01004366	N 049°59'29.1"	E 014°59'50.6"	3.1.2003 16:50:45	0: 0: 6	98.2	1	0	GR 130 miniSPEC
QQ	QQ01004365	N 049°59'39.5"	E 014°59'53.8"	3.1.2003 16:50:39	0: 0: 6	111.7	1	0	GR 130 miniSPEC
QQ	QQ01004364	N 049°59'29.1"	E 014°59'50.6"	3.1.2003 16:50:33	0: 0: 6	103.5	1	0	GR 130 miniSPEC
QQ	QQ01004363	N 049°59'39.5"	E 014°59'53.8"	3.1.2003 16:50:27	0: 0: 6	100.8	1	0	GR 130 miniSPEC
QQ	QQ01004362	N 049°59'29.1"	E 014°59'50.7"	3.1.2003 16:50:21	0: 0: 6	108.5	1	0	GR 130 miniSPEC
QQ	QQ01004361	N 049°59'39.5"	E 014°59'53.8"	3.1.2003 16:50:15	0: 0: 6	103.3	1	0	GR 130 miniSPEC
QQ	QQ01004360	N 049°59'49.9"	E 014°59'56.9"	3.1.2003 16:50:09	0: 0: 6	107.5	1	0	GR 130 miniSPEC
QQ	QQ01004359	N 049°59'39.6"	E 014°59'53.8"	3.1.2003 16:50:03	0: 0: 6	104.3	1	0	GR 130 miniSPEC
QQ	QQ01004358	N 049°59'49.9"	E 014°59'56.9"	3.1.2003 16:49:57	0: 0: 6	107.8	1	0	GR 130 miniSPEC

Obr. 2. PDE - výstup dat



Obr. 3. PDE – interpretace měření na mapovém podkladu.

Příklad interpretace naměřených hodnot PFDE z obr. 3 jako profil trasy je uveden na obr. 4.



Obr. 4. PDE – profil hodnot v jednotlivých bodech trasy

1.2.3 Další vybavení mobilních skupin

Mimo soupravu MK2, určenou po jezdové měření PFDE, jsou mobilní skupiny radiační monitorovací sítě vybaveny následujícími pomůckami:

pro všechny odběry obecně: igelitové sáčky a tašky různých velikostí, psací potřeby, zvýrazňovače, samolepící štítky, gumičky, PET láhve o objemu 1000 ml, 500 ml a 250 ml, provaz 10 m, izolepa, pevná podložka (s klipselem), peán, gáza, nůžky, nůž, láhev s čistou vodou (minimálně 1,5 litru), ručník, mýdlo.

Pro odběry vzdušiny: přenosné mobilní čerpadlo JL-100 DWARF, jódová patrona, zásoba náhradních aerosolových filtrů, elektrocentrála (minim. 1kW).

Pro odběry půdy nebo krmiva: polní lopatka nebo rýč, špachtle, zednická lžíce, metr, pravítko, nůžky na trávu nebo srp.

Pro odběry tekutých vzorků: odběrové nádoby.

Pro odběry stěrů: kotoučky, filtrační papír, lůh, pipeta.

Osobní ochranné pomůcky a prostředky: ochranný oděv TYVEC, ochranné rukavice bavlněné, ochranné rukavice chirurgické, ochranné rukavice gumové, gumové holínky, návleky na obuv, respirátor, elektronické osobní dozimetry, filmové osobní dozimetry.

Popsaným vybavením disponuje v rámci radiační monitorovací sítě celkem 32 mobilních skupin, z nichž je:

- a) 18 zajišťováno resortem Státního úřadu pro jadernou bezpečnost (Regionální centra a Státní ústav radiační ochrany),
- b) 8 zajišťováno resortem Ministerstva financí - Generálním ředitelstvím cel,
- c) 6 zajišťováno resortem Ministerstva vnitra – 5 Hasičským záchranným sborem ČR a 1 Policií ČR.

1.3 Popis činnosti mobilních skupin za radiační mimořádné situace

V případě České republiky může radiační mimořádná situace nastat pouze v důsledku radiační havárie (mimořádné události třetího stupně, viz část 2) na jedné ze dvou provozovaných jaderných elektráren. Proto i zóny havarijního plánování - určené části území v okolí jaderné elektrárny, kde je nutné připravovat opatření na ochranu

obyvatel, jsou Státním úřadem pro jadernou bezpečnost stanoveny pouze pro jadernou elektrárnu (dále jen JE) Dukovany a JE Temelín. Za zpracování Vnějšího havarijního plánu (viz část 2.1), dokumentu, ve kterém jsou uvedena všechna opatření na ochranu obyvatel, je zodpovědný příslušný kraj, ve kterém se nachází jaderná elektrárna: V případě JE Dukovany je to Kraj Vysočina spolu s Jihomoravským krajem, v případě JE Temelín to je Jihočeský kraj. Vnější havarijní plány jsou zpracovávány a v nich uvedená opatření jsou pravidelně procvičována dotčenými krajskými úřady, v úzké spolupráci s provozovatelem obou elektráren ČEZ, a. s. a se Státním úřadem pro jadernou bezpečnost.

1.3.1 Činnost mobilních skupin při vyhlášení druhého stupně mimořádné události

Mobilní skupiny jsou podřízeny Krizovému štábu SÚJB. Činnost mobilních skupin může probíhat ve třech režimech, a to za obvyklé radiační situace, při záchytech nebo nálezech, či za radiační mimořádné situace.

Pohotovost mobilních skupin k přechodu do havarijního režimu je vyhlášována stálým i pohotovostním složkám vedoucím nebo specialistou radiační ochrany Krizového štábu Státního úřadu pro jadernou bezpečnost (dále jen SÚJB). V rámci složky SÚJB je pohotovost mobilních skupin vyhlášena prostřednictvím pracovníků konajících službu na regionálních centrech a Státním ústavu radiační ochrany (dále jen SÚRO), u resortů Ministerstva financí a Ministerstva vnitra se pohotovost mobilních skupin vyhláší způsobem určeným ve smlouvě a uvedeném v krizovém plánu SÚJB. Všechny mobilní skupiny uvedené do pohotovosti zajistí připravenost mobilních skupin k výjezdu.

Pro účely této práce je důležité zdůraznit, že v případě nehody na jaderném zařízení, která dosáhne již mimořádné události druhého stupně, je o této skutečnosti vyrozuměn Krizový štáb SÚJB a ten v tento okamžik uvádí do pohotovosti celou radiační monitorovací síť, včetně mobilních skupin. Důvodem je připravenost celé sítě, protože v takové situaci není vyloučeno, že vývoj události povede k mimořádné události třetího stupně.

Z pohledu mobilních skupin je tedy v této fázi stěžejní činností příprava a pohotovost k výjezdu do výchozího místa monitorování. Součástí přípravy je především kontrola úplnosti a funkčnosti veškerého vybavení mobilní skupiny.

1.3.2 Činnost mobilních skupin při vyhlášení třetího stupně mimořádné události

Z bezpečnostní dokumentace obou jaderných elektráren – tzv. předprovozní bezpečnostní zprávy - vyplývá, že nehody v jaderné elektrárně lze rozdělit na nehody projektové a nehody nadprojektové. Projektové nehody jsou ty, na něž jsou dimenzovány bezpečnostní systémy elektrárny, a proto úniky radioaktivních látek při těchto nehodách nedosahují hodnot, které by vyžadovaly v okolí elektrárny zavádění neodkladných opatření, lze je tedy klasifikovat jako mimořádné události druhého stupně. Naopak většina nadprojektových nehod může způsobit takové úniky radionuklidů, kdy bude nutné aktivovat vnější havarijní plán a zavést opatření na ochranu obyvatel, bude se jednat tedy o mimořádnou událost třetího stupně.

Ke změně klasifikace mimořádné události na jaderné elektrárně z druhého na třetí stupeň dojde ve chvíli, kdy již je pravděpodobné, že dojde v důsledku nehody k úniku radioaktivních látek v takové míře, že bude nutné přijmout opatření na ochranu obyvatel v okolí elektrárny. V takovém momentu dává směnový inženýr pokyn hasičskému záchrannému sboru příslušného kraje, aby v zóně havarijního plánování vyhlásil pomocí sirén signál k varování obyvatel. Současně se v rozhlase a televizi spouští připravená informace pro obyvatele spolu s pokynem, aby se ukryli a požili jódové tablety. Tím dojde k realizaci dvou ze třech neodkladných opatření, která byla popsána v části 2.4.

Období po vyhlášení třetího stupně mimořádné události na jaderné elektrárně lze podle toho, zda již došlo k úniku radioaktivních látek do okolí rozdělit na fázi před únikem a fázi po úniku. Podle typu nadprojektové havárie může doba od vyhlášení třetího stupně mimořádné události po začátek vlastního úniku radioaktivních látek do okolí trvat hodiny až desítky hodin (pro JE Temelín je konkrétně uvedeno v části 5).

Jakmile dojde k vyhlášení třetího stupně mimořádné události na jaderné elektrárně, Krizový štáb SÚJB vydá mobilním skupinám pokyn k přesunu z místa pohotovosti do

výchozího místa k monitorování. Výchozím místem bude vždy místo s patřičným logistickým zázemím pro mobilní skupiny, místo, které bude v blízkosti zóny havarijního plánování dotčené jaderné elektrárny, ale nebude postiženo únikem radioaktivních látek.

V případě havárie na JE Dukovany se předpokládá, že výchozím místem k monitorování bude Moravský Krumlov a v případě JE Temelín budou výchozím místem České Budějovice. Ve výchozím místě budou mobilní skupiny podřízeny tzv. Regionálnímu krizovému štábu, který bude podle pokynů krizového štábu SÚJB zadávat mobilním skupinám úkoly.

Stěžejním úkolem mobilních skupin po vyhlášení mimořádné události třetího stupně pak bude zaujetí výchozího místa a konečná příprava k monitorování radiační situace v zóně havarijního plánování.

1.3.3 Činnost mobilních skupin při monitorování v zóně havarijního plánování

Činnost mobilních skupin při monitorování závisí na konkrétní radiační situaci, která je především dána havarijním únikem do okolí – radionuklidovým složením úniku a aktivitami jednotlivých radionuklidů a podmínkami šíření úniku – aktuální meteorologickou situací v době šíření úniku.

Havarijní únik radioaktivních látek do okolí jaderné elektrárny je zdrojem třech hlavních expozičních cest:

- a) vnější ozáření z pohybujících se kontaminovaných vzdušných mas (tzv. „ozáření z mraku“),
- b) vnitřní ozáření v důsledku inhalace kontaminovaného vzduchu.
- c) vnější ozáření z depozitu na terénu, vzniklého vypadnutím radionuklidů na povrch země.

Podíl jednotlivých expozičních cest na celkovém ozáření závisí na celkové aktivitě a radionuklidovém složení úniku a na meteorologických podmínkách šíření úniku.

Obecně lze říci, že hlavním zdrojem ozáření z mraku jsou radioaktivní vzácné plyny – především izotopy xenonu a kryptonu, na vnitřním ozáření se rozhodující měrou podílí inhalace izotopů jódu (jódovou profylaxí lze následky této expoziční cesty významně eliminovat) a na ozáření z deponie se podílí hlavně izotopy jódu a cesia.

Z pohledu mobilních skupin je rozhodující skutečnost, že v zájmu ochrany posádky lze monitorování v zóně havarijního plánování zahájit až po přechodu mraku a po vytvoření deponie, abychom vyloučili expoziční cesty ad a) a ad b) uvedeny výše. Jedinou významnou expoziční cestou pro posádky mobilních skupin pak bude vnější ozáření z kontaminovaného terénu. Ve výčtu expozičních cest nebyla uvedena inhalace z tzv. resuspenze, ke které dochází v důsledku inhalace prachu z kontaminovaného terénu, protože takovému způsobu ozáření lze zabránit použitím vhodné ochrany dýchacích cest před vdechováním aerosolových a prachových částic, např. respirátorem.

Vlastní monitorování radiační situace v zóně havarijního plánování pak provádějí mobilní skupiny pojezdovým měřením PFDE na předem stanovené trase pomocí soupravy MK2, jež byla popsána v části 3 této práce.

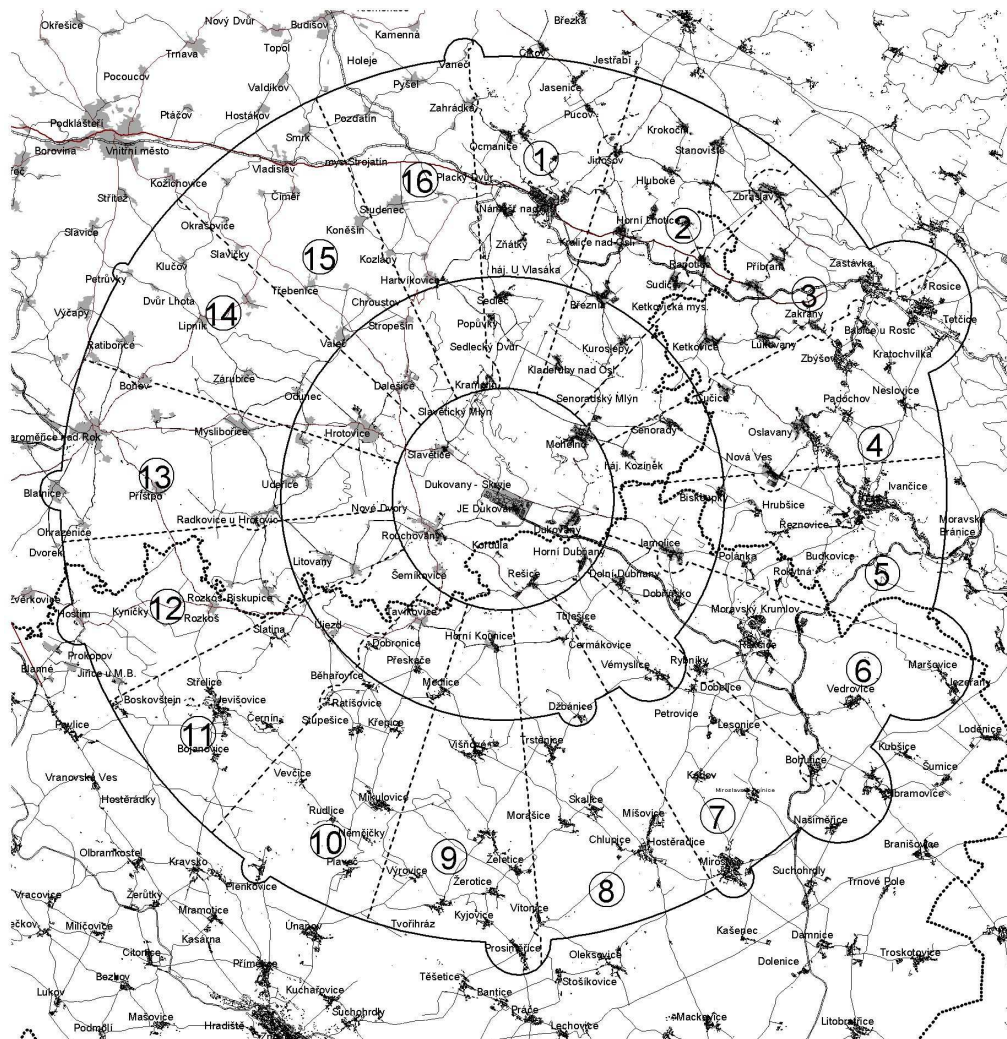
1.3.4 Monitorovací trasy v zóně havarijního plánování

V zónách havarijního plánování jsou za účelem přípravy a provádění opatření na ochranu obyvatel stanoveny vnitřní části zóny a celá zóna je rozdělena úhlově do 16 sektorů. V celé zóně je připravováno neodkladné opatření ukrytí a jódová profylaxe, ve vnitřních částech zón je připravováno neodkladné opatření evakuace obyvatel.

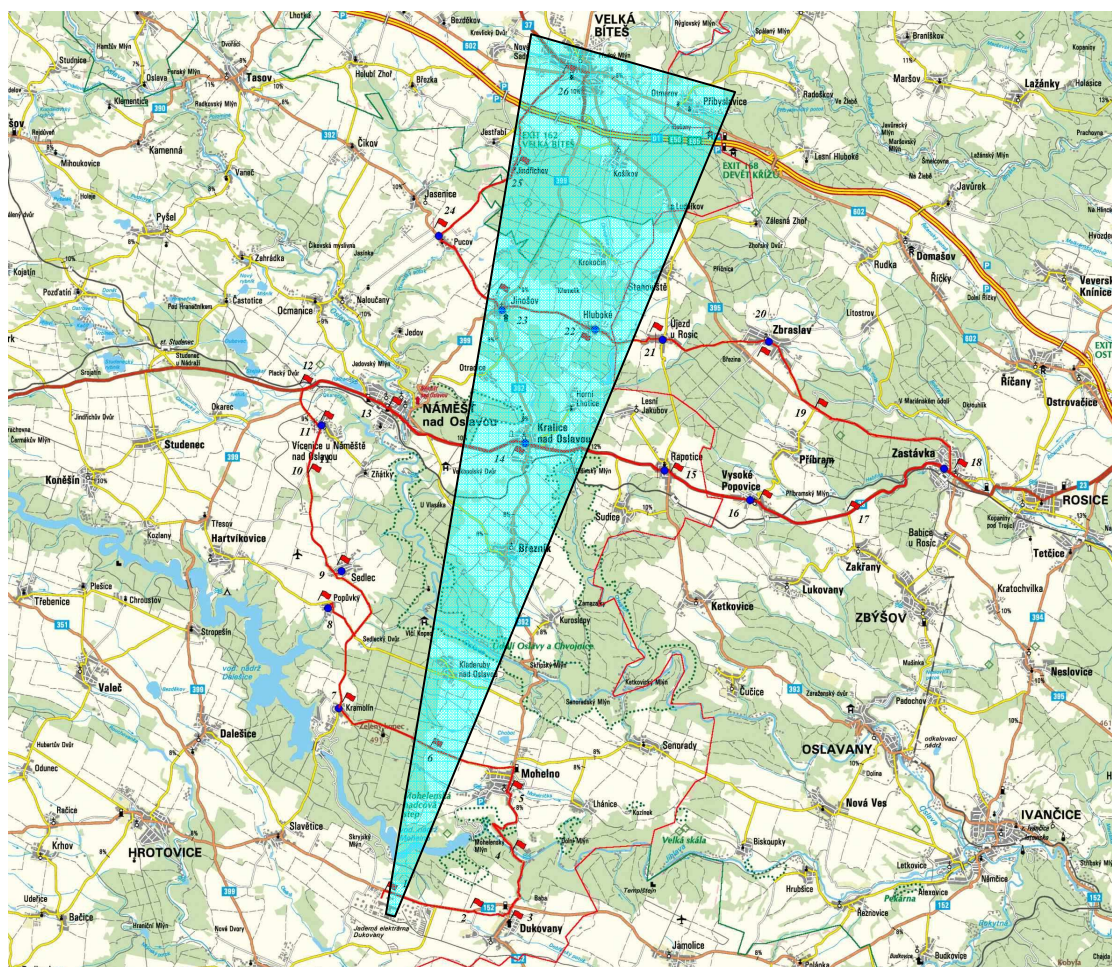
Na obr. 5 je jako příklad uvedeno členění zóny havarijního plánování JE Dukovany, kde vnitřní části představují území o poloměru 5 a 10 km od jaderné elektrárny, poloměr celé zóny je 20 km.

Obě jaderné elektrárny mají v dokumentaci (10), (11) připraveno celkem 17 monitorovacích tras s určenými monitorovacími body na každé trase. Trasy jsou voleny tak, aby obsáhly celou zónu havarijního plánování. Volba trasy monitorování se pak provede podle aktuálního směru šíření radioaktivních látek. Na obr. 6 je jako příklad

uvedena trasa č. 2 pro JE Dukovany, která se volí v případě směru větru v rozsahu 190 až 200°. (Členění zóny havarijního plánování JE Temelín a vybrané trasy monitorování budou podrobně uvedeny v části 4 této práce.)



Obr. 5. Členění zóny havarijního plánování pro JE Dukovany (19).



Obr. 6. JE Dukovany, monitorovací trasa č. 2 pro směr šíření 190 až 210° (10).

1.3.5 Další činnost mobilních skupin v zóně havarijního plánování

Kromě pojezdového měření PFDE musí mobilní skupiny v zóně havarijního plánování zajistit i další úkoly podle (12), (14), (15), jejichž cílem je stanovit rozsah zasažené části území a v této části provést další šetření za účelem stanovení ozáření obyvatel a upřesnění opatření na ochranu obyvatel. Jedná se především o výměnu termoluminiscenčních dozimetrů (TLD) za účelem jejich vyhodnocení a upřesnění dávek v monitorovacích bodech sítě TLD, o stanovení míry a radionuklidového složení depozitu vytvořeném na terénu a o odběry vzorků životního prostředí především za

účelem regulace spotřeby potravin. Přehled všech činností mobilních skupin je uveden v tab. 2.

činnost	účel
Pojezdové měření PFDE	Určit rozsah území zasaženého únikem radioaktivních látek. Výsledky měření slouží k určení rozsahu území, ze kterého bude nutné obyvatele evakuovat.
Rozmístění a svoz TLD	Výměna TLD v monitorovacích bodech sítě TLD, upřesnění hodnot ozáření obyvatel.
Měření aktivity radionuklidů	Stanovení radionuklidového složení, zejména deponátu na terénu.
Odběr vzorků složek životního prostředí a potravních řetězců	Pro účely laboratorního stanovení obsahu radionuklidů ve složkách ŽP a PŘ.
Měření kontaminace osádky po ukončení činnosti	Ochrana osádky mobilní skupiny.
Měření kontaminace vozidel po ukončení činnosti	

Tab. 2 Přehled činností mobilních skupin v zóně havarijního plánování za mimořádné radiační situace.

2. CÍL PRÁCE A HYPOTÉZY

2.1 Cíl práce

Cílem této práce je podrobně analyzovat činnost mobilních skupin z pohledu jejich úkolů v zóně havarijního plánování JE Temelín, zejména s ohledem na způsob získávání informací nutných k rozhodování o zavedení neodkladných opatření na ochranu obyvatel. Z možných radiačních havárií JE Temelín bude vybrána sekvence – modelový případ, pro který je z hlediska časového průběhu úniku i jeho velikosti nejméně času na provedení monitorování mobilními skupinami za účelem získání podkladů pro rozhodování o zavedení neodkladných opatření na ochranu obyvatel. Modelový případ tak bude představovat situaci, která bude z hlediska plnění úkolů mobilních skupin nejnáročnější. Cílem bude nalézt pro tento modelový případ možná kritická místa a navrhnout způsoby jejich ošetření.

2.2 Hypotézy

Na základě daného cíle jsem zvolil k ověření jednu hypotézu:

„Určení rozsahu neodkladného ochranného opatření evakuace obyvatel a následných ochranných opatření v zóně havarijního plánování je podmíněno získáním informací od mobilních skupin radiační monitorovací sítě.“

3. METODIKA

Metodika bude spočívat ve dvou základních krocích: Výběr modelového případu a analýza tohoto případu.

Modelový případ bude vybrán tak, aby představoval z časového hlediska nejnáročnější podmínky pro monitorování v zóně havarijního plánování, tj. takové podmínky, kdy je k dispozici nejméně času. Výběr si vyžádá porovnání časových průběhů úniku radioaktivních látek pro jednotlivé události specifikované v bezpečnostní dokumentaci Jaderné elektrárny Temelín. Zvolíme podmínky šíření úniku, které určí výběr jednotlivých monitorovací tras.

Zvolený modelový případ bude analyzován z hlediska časových dispozic pro monitorování a za podmínky splnění všech požadavků na monitorování daných legislativou, zejména včasné získání údajů o radiační situaci, jako podklad k vydání neodkladných opatření na ochranu obyvatelstva. Hlavní pozornost bude věnována možným kritickým místům při organizaci monitorování mobilními skupinami, s návrhem opatření snižujících nalezená rizika.

4. VÝSLEDKY

Zvolený modelový případ konkrétní činnosti mobilních skupin při radiační havárii na JE Temelín závisí především na následujících vstupních údajích:

- a) zdrojový člen úniku radioaktivních látek a časový průběh úniku,
- b) podmínky šíření úniku (meteorologická situace),
- c) volba monitorovacích tras na základě údajů ad a) a b),
- d) další podmínky pojezdového měření (rychlost pojezdu, nečekané překážky apod.).

4.1 Zdrojový člen úniku a časový průběh úniku

V bezpečnostní dokumentaci každé jaderné elektrárny jsou popsány nehody, při nichž může dojít k úniku radioaktivních látek do okolí a je odhadován vliv takového úniku na okolí. Nehody lze základně rozdělit na *projektové nehody* a *nadprojektové nehody*. Projektovými nehodami jsou myšleny všechny události, se kterými projekt jaderné elektrárny počítá a pro které jsou projektována všechna technologická a režimová opatření. Při projektových nehodách musí být únik radioaktivních látek do okolí žádný nebo tak malý, že není nutné přijímat žádná neodkladná opatření na ochranu obyvatel. Oproti tomu nadprojektové nehody mohou být již spojeny s únikem do okolí vyžadujícím opatření k ochraně obyvatel. Přestože pravděpodobnost takových nehod je velmi malá (menší než 10^{-4} na reaktor a rok), jsou v zóně havarijního plánování pro tyto případy připravována opatření na ochranu obyvatel.

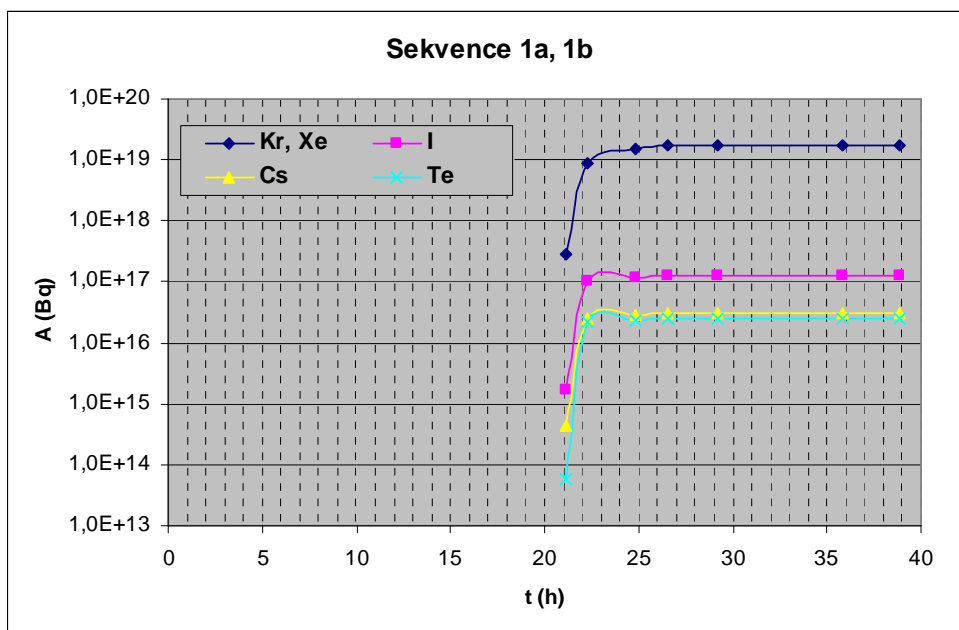
označení	popis
1a, 1b	Netěsnost mezi primárním a sekundárním okruhem. Roztěsnění víka primárního kolektoru PG (ekvivalentní průměr netěsnosti 40 mm), ztráta havarijního doplňování v důsledku vyčerpání jímky kontejnmentu přes únik. Nedošlo k porušení integrity kontejnmentu. (Z hlediska zdrojového členu jsou sekvence 1a a 1b totožné, liší se pouze technologicky.)

2a	LOCA – ztráta chlazení bez hoření vodíku. Netěsnost na spojovacím potrubí mezi horkou větví smyčky č. 4 a kompenzátorem objemu (ekvivalentní průměr 200 mm), ztráta havarijního doplňování, bez požárů vodíku. Nedošlo k porušení integrity kontejnmentu.
3m	LOCA – ztráta chlazení s hořením vodíku Netěsnost na spojovacím potrubí mezi horkou větví smyčky č. 4 a kompenzátorem objemu (ekvivalentní průměr 200 mm), ztráta havarijního doplňování, detonace vodíku po selhání dna reaktorové nádoby - shoření veškerého vodíku v kontejnmentu. Zvětšení úniku z kontejnmentu.
4	Úplná ztráta elektrického napájení vlastní spotřeby s následnou ztrátou všech aktivních bezpečnostních systémů. Nedošlo k porušení integrity kontejnmentu.
5	LOCA havárie s obnovením havarijního chlazení po selhání dna RTN. Netěsnost na spojovacím potrubí mezi horkou větví smyčky č. 4 a kompenzátorem objemu (ekvivalentní průměr 200 mm), ztráta havarijního doplňování a jeho obnovení po selhání dna reaktorové nádoby. Nedošlo k porušení integrity kontejnmentu.

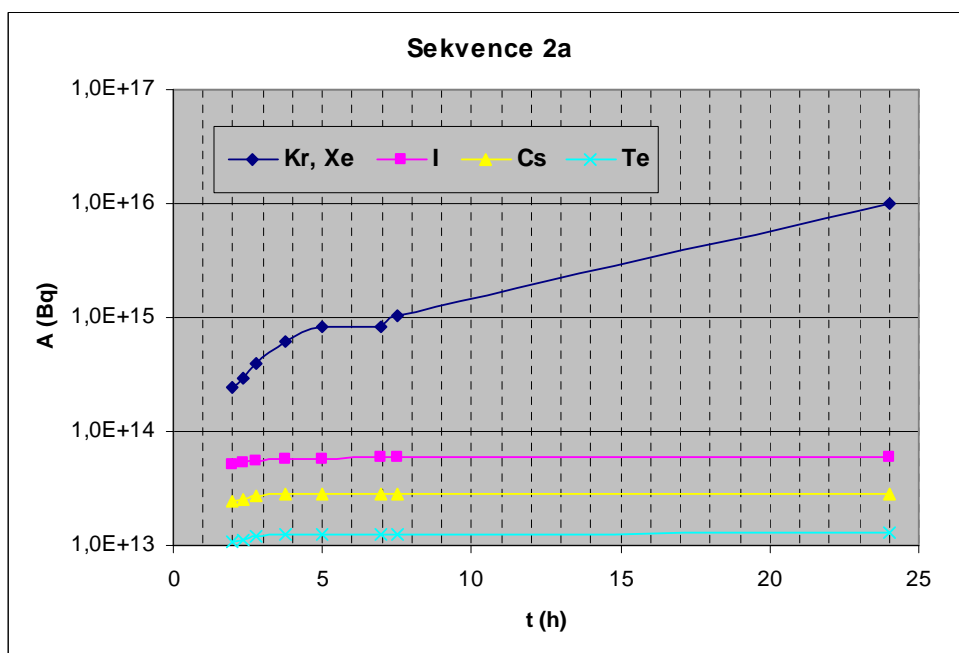
Tab. 3 Označení a popis uvažovaných nadprojektových nehod JE Temelín (6).

Z uvedených důvodů byly pro JE Temelín jako podklad k dalším úvahám vybrány případy nadprojektových nehod popsaných v bezpečnostní dokumentaci (6). V uvedeném dokumentu lze nalézt celkem 6 technologických událostí (sekvencí) vedoucích k nadprojektové nehodě s popisem uvedeným v tabulce č. 6.

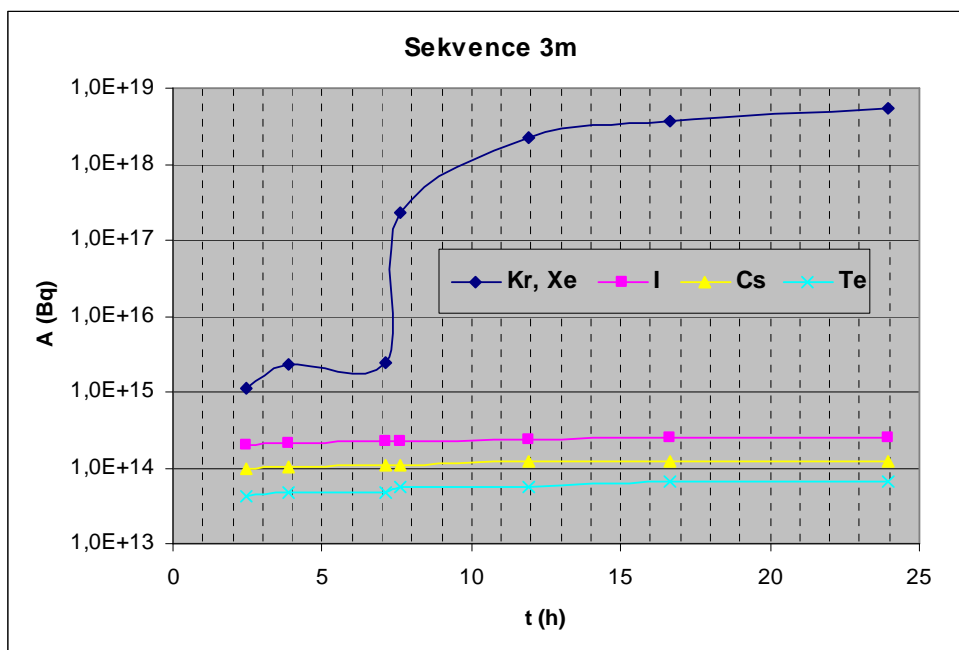
Havarijní sekvence jsou v dokumentaci popsány z hlediska celkového úniku a jeho průběhu – doby do začátku úniku od iniciace události a doby trvání úniku. Pro jednotlivé havarijní události byly uvedené údaje shrnuty do grafů na obr. 7 až 11, v nichž je vždy čas iniciace události v $t=0$. Časový průběh výpusti je zobrazen kumulativně pro jednotlivé skupiny radionuklidů, z nichž skupina „Kr,Xe“ zahrnuje Kr-85m, Kr-85, Kr-87, Kr-88, Kr-89, Kr-90, Xe-133, Xe-135 a Xe-138, skupina „I“ zahrnuje I-131, I-132, -133, I-134 a I-135, skupina „Cs“ zahrnuje Cs-134, Cs-136, Cs-137 a Cs-138 a konečně skupina „Te“ zahrnuje Te-127m, Te-127, Te-129m, Te-129, Te-131m a Te-132.



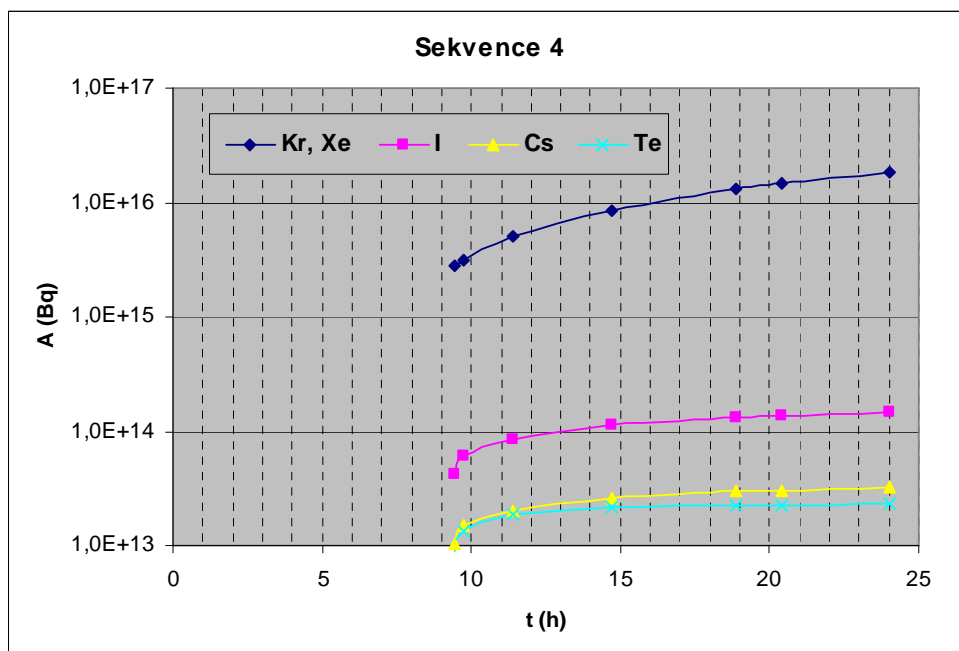
Obr. 7 Velikost úniku a časový průběh pro sekvence 1a a 1b (9).



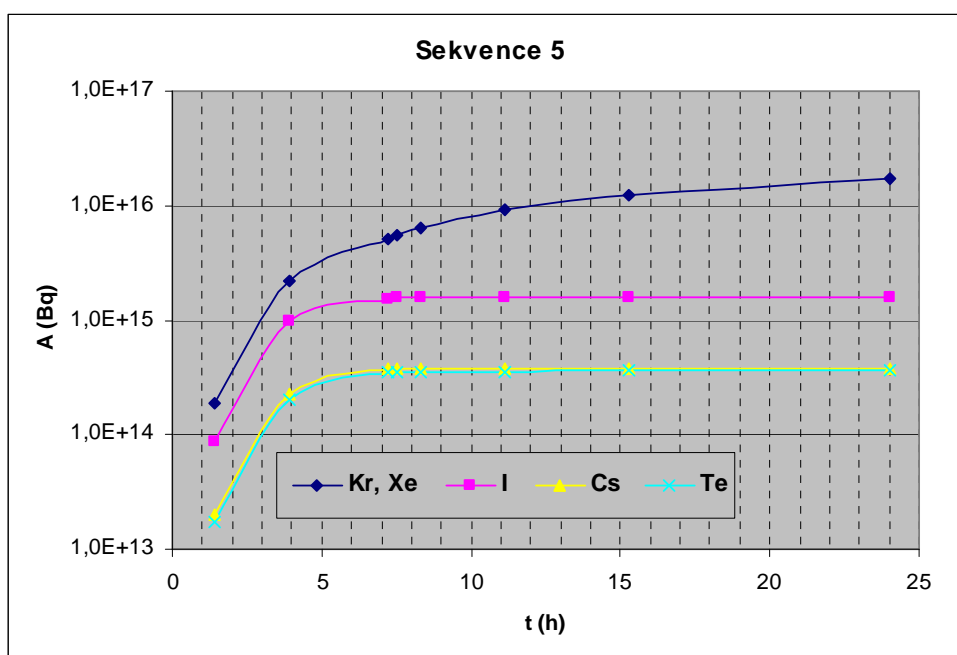
Obr. 8 Velikost úniku a časový průběh pro sekvenci 2a (9).



Obr. 9 Velikost úniku a časový průběh pro sekvenci 3m (9).



Obr. 10 Velikost úniku a časový průběh pro sekvenci 4 (9).



Obr. 11 Velikost úniku a časový průběh pro sekvenci 5 (9).

Pro odhad jaká opatření budou vyžadovat jednotlivé havarijní sekvence použijeme Katalog opatření (2). Pro suchou depozici jsou zásahové úrovně v celkových aktivitách úniku pro jednotlivé skupiny radionuklidů ve vztahu k neodkladným opatřením uvedeny v tab. 4.

opatření (ve vzdálenosti 5 km)	aktivita úniku (Bq)	
	ukrytí a jódová profylaxe	evakuace
Kr, Xe	10^{18}	10^{19}
I	10^{15}	10^{16}
Cs	10^{15}	10^{16}

Tab. 4 Aktivity úniku skupiny radionuklidů vyžadující neodkladná opatření (2).

Porovnáním velikosti úniků pro jednotlivé skupiny radionuklidů z obr. 9 až 11 s tab. 4 pak dojdeme k následujícímu závěru o nutnosti nedokladných opatření pro jednotlivé havarijní sekvence :

- a) sekvence 1a a 1b budou s velkou jistotou vyžadovat realizaci ukrytí, jódové profylaxe a evakuaci, protože zásahové úrovně jsou překročeny pro všechny skupiny radionuklidů,
- b) sekvence 2a pravděpodobně nebude vyžadovat žádná neodkladná opatření, protože nejsou překročeny zásahové úrovně pro žádnou skupinu radionuklidů, bude však záležet na konkrétních podmínkách šíření úniku,
- c) sekvence 3m bude vyžadovat nejméně ukrytí obyvatel a jódovou profylaxi, protože je překročena zásahová úroveň pro skupinu Kr, Xe a jsou téměř dosaženy zásahové úrovně pro ostatní skupiny radionuklidů, o evakuaci bude muset být rozhodnuto na základě výsledků monitorování,
- d) sekvence 4 (podobně jako sekvence 2a), pravděpodobně nebude vyžadovat žádná neodkladná opatření, protože nejsou překročeny zásahové úrovně pro žádnou skupinu radionuklidů, bude však záležet na konkrétních podmínkách šíření úniku,
- e) sekvence 5 bude vyžadovat nejméně ukrytí obyvatel a jódovou profylaxi, protože je překročena zásahová úroveň pro skupinu jódů.

V bezpečnostní dokumentaci (6) lze nalézt i časové údaje o době začátku a ukončení úniku, tj. údaje, které jsou důležité pro organizaci monitorování v zóně havarijního plánování.

sekvence (iniciace v čase t)	začátek úniku (h)	ukončení úniku (h)
1a, 1b	t + 20	t + 38,9
2a	t + 0,6	t + 24,0

3m	t + 0,6	t + 24,0
4	t + 3,0	t + 24,0
5	t + 0,6	t + 29,4

Tab. 5 Časové údaje o začátku a konce úniku (6).

Z tabulky číslo 5 vyplývají pro organizaci monitorování následující důležité skutečnosti:

- a) v případě události 1a resp. 1b bude únik ukončen až cca 40 hodin od začátku události, nicméně z kumulativního charakteru na obr. 7 vyplývá, že prakticky celá aktivita všech uvažovaných skupin radionuklidů unikne během prvních 10 hodin trvání úniku,
- b) v případě ostatních událostí bude moci být zahájeno monitorování za cca 24 až 29 hodin od začátku události.

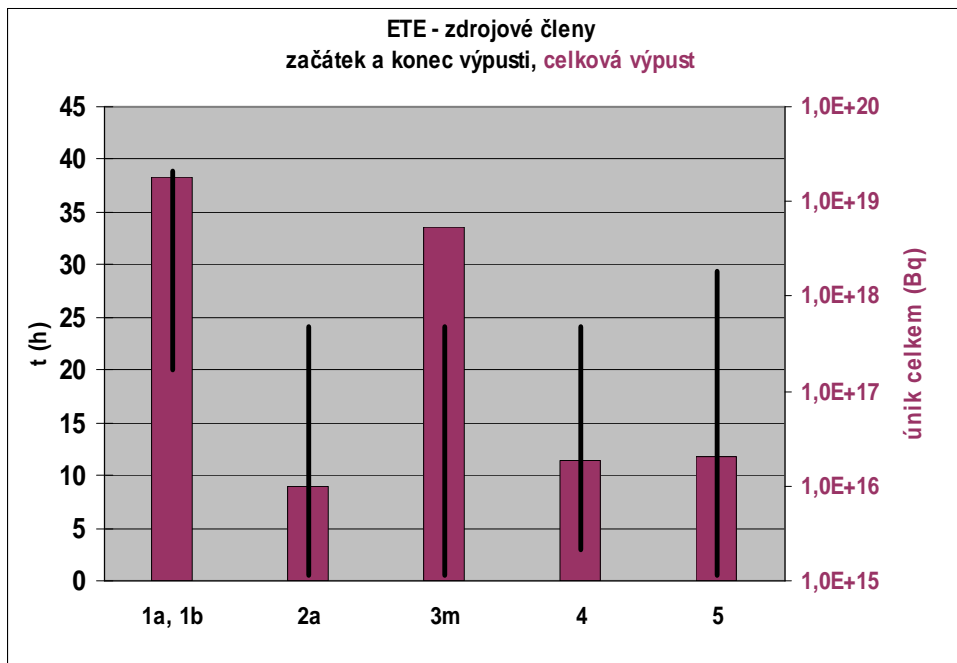
V části 2.1.4 bylo uvedeno, že ukrytí obyvatel se nepředpokládá delší než 2 dny, to znamená, že o případné evakuaci by mělo být rozhodnuto nejpozději do 48 hodin od vzniku události.

Pokud uvážíme, že na zpracování a vyhodnocení výsledků monitorování je třeba nejméně 2 hodin, pak vychází, že v případě události 1a resp. 1b nebude pro monitorování radiační situace k dispozici více jak 6 hodin, pokud budeme chtít zahájit monitorování až po ukončení úniku. Tato skutečnost bude klást enormní nároky na organizaci a provedení monitorování, proto budeme nadále předpokládat a analyzovat tento scénář.

Grafické znázornění velikosti úniku a jeho začátku a konce je na obr. 12.

Poznámka:

Tab. 5. obsahuje i důležitý odhad toho, zda bude reálné uskutečnit evakuaci obyvatel ještě před únikem radioaktivních látek nebo až po ukončení jejich úniku. Vzhledem k začátku úniku od počátku nehody je patrné, že s výjimkou právě událostí 1a resp. 1b nebude možné uskutečnit evakuaci v předúnikové fázi, protože minimální doba nutná pro realizaci evakuace je 8 až 12 hodin.



Obr. 12 Velikost úniku a časové údaje o úniku pro jednotlivé nadprojektové nehody.

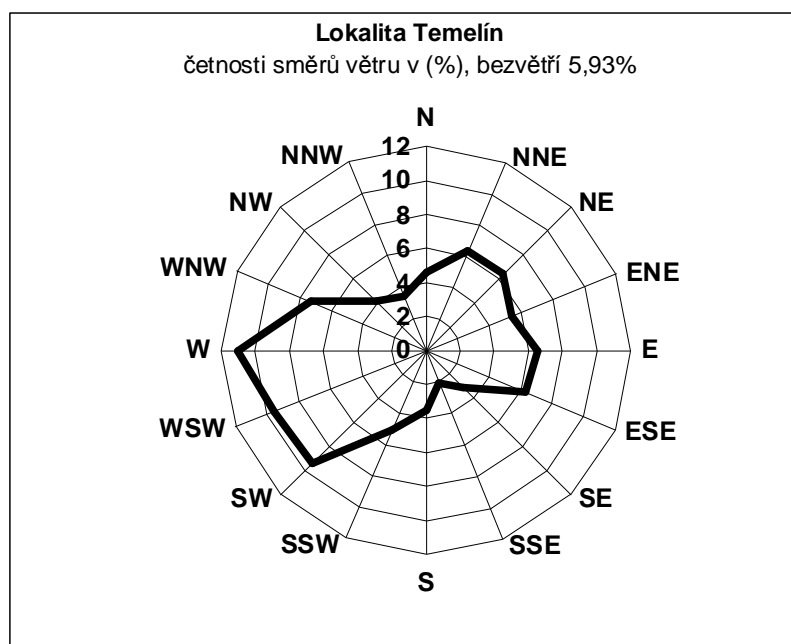
4.2 Podmínky šíření úniku

Podmínky šíření úniku radioaktivních látek záleží na konkrétní meteorologické situaci, především na směru a rychlosti větru, na kategorii stability počasí a na množství srážek v průběhu úniku. Konkrétní meteorologickou situaci pak určuje i rozsah monitorování, tj. které z připravených 17 monitorovacích tras budou zvoleny pro provedení monitorování. Další analýza našeho případu vyžaduje specifikaci konkrétní meteorologické situace, proto zvolíme nejčastější výskyty meteorologických podmínek uvedených v (7) pro lokalitu JE Temelín. V tab. 6 je uvedena četnost zastoupení jednotlivých kategorií stability počasí, spolu s převládající rychlostí větru. Na obr. 13 je pak uvedena tzv. větrná růžice, která charakterizuje nejčastější směry větru.

Pro účely této práce tedy zvolíme kategorii stability počasí D (zastoupení v roce 41%), střední rychlost větru 5 m/s, směr větru 270° (západní) a srážky nebudeme uvažovat. Budeme předpokládat, že v průběhu úniku nedojde k zásadní změně meteorologických podmínek.

kategorie stability	zastoupení (%)	střední rychlost větru (m/s)
A	1,42	1,2
B	6,11	2,5
C	15,76	3,0
D	40,91	5,1
E	13,29	3,7
F	22,55	1,8

Tab. 6 Zastoupení jednotlivých kategorií stability počasí a střední rychlost větru v lokalitě JE Temelín (7).



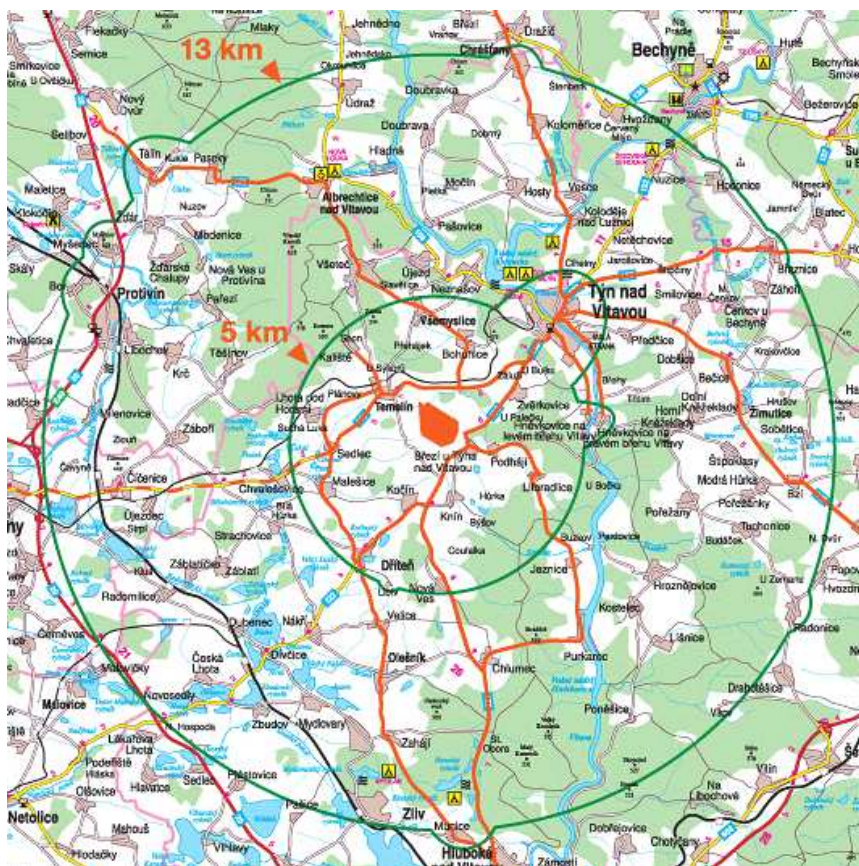
Obr. 13 Větrná růžice pro lokalitu Temelín (7).

4.3 Rozsah zóny havarijního plánování JE Temelín a v ní plánovaná opatření

Zóna havarijního plánování JE Temelín (ZHP) byla stanovena rozhodnutím SÚJB č. 311 z 5.8.1997 (Rozhodnutí SÚJB, 1997). Celá ZHP má poloměr 13 km, vnitřní část ZHP má poloměr 5 km (obr. 14).

V celé ZHP jsou připravena opatření vyrozumění, ukrytí obyvatel a jódová profylaxe, pro evakuaci pak platí následující zásady (18) :

- a) v počáteční fázi (po předchozím ukrytí osob) se provádí evakuace z vnitřní části ZHP a z vybraných sektorů v závislosti na směru větru,
- b) v předúnikové fázi lze provést evakuaci z vnitřní části ZHP a z vybraných sektorů jen v případě, že do úniku je dostatek času k provedení evakuace,
- c) během únikové fáze se evakuace nepředpokládá, s výjimkou případu, kdy – oproti očekávání – došlo k úniku v průběhu již zahájené evakuace.



Obr. 14 Zóna havarijního plánování JE Temelín (18).

Pokud jsme k další analýze zvolili havarijní sekvenci 1a resp. 1b, pak z výše uvedených připravených opatření ve vnějším havarijním plánu vyplývá, že s velkou pravděpodobností by byla při této události provedena evakuace z vnitřní části ZHP a vybraných sektorů podle směru šíření úniku ještě před únikem (k dispozici je pro provedení evakuace 20 hodin, což je dostačující) a v části ZHP ve vzdálenosti 5 až 13 km by bylo realizováno opatření ukrytí obyvatel s jódovou profylaxí. Hlavním úkolem monitorování v ZHP po skončení úniku a vytvoření depozitu radioaktivních látek na terénu by pak bylo získat informace o skutečné radiační situaci v ZHP a z ní odvodit, zda a kdy lze evakuované obyvatelstvo vrátit zpět, případně, zda není nutné rozsah evakuace rozšířit i za hranici vnitřní části ZHP.

4.4 Analýza modelového případu

Shrňme výchozí údaje z předchozích částí práce, které jsou rozhodující pro další úvahy:

- a) na JE Temelín dojde k radiační havárii v důsledku těžké nehody popsané sekvencí 1a resp. 1b (průnik chladiva z primárního do sekundárního okruhu, ztráta chladiva a tavení aktivní zóny).
- b) V čase t (h) byla vyhlášena mimořádná událost třetího stupně. Únik začne přibližně v čase $t+20$. V celé ZHP je obyvatelstvo ukryto, z vnitřní části ZHP byla provedena evakuace před únikem. Předpokládaný konec úniku je v čase $t+40$ (více než 95% aktivity unikne do $t+30$).
- c) Směr větru západní, rychlost větru 5 m/s, stabilita počasí kategorie D.
- d) Celá radiační monitorovací síť byla uvedena v čase $t+2$ do plné pohotovosti. Šest mobilních skupin se přesunulo do výchozího místa k monitorování v ZHP

(Regionální centrum SÚJB v Českých Budějovicích) a všechny jsou od $t+5$ připraveny zahájit monitorování v ZHP podle pokynů krizového štábu SÚJB.

- e) Doporučení SÚJB k dalším opatřením na ochranu obyvatel v ZHP (odvolání ukrytí, případně evakuace z další části ZHP) musí být vydáno nejpozději v $t+48$, protože se nepředpokládá, že opatření ukrytí bude trvat déle než 2 dny. Pokud budeme předpokládat, že Krizový štáb SÚJB bude potřebovat nejméně 2 hodiny na zpracování výsledků monitorování, pak Krizový štáb SÚJB musí obdržet výsledky monitorování v ZHP nejpozději v $t+46$.

4.5 Volba monitorovacích tras

V dokumentaci elektrárny Temelín (dále jen ETE) (ETE, 2007) je pro monitorování v ZHP (11) připraveno celkem 17 tras, které jsou voleny podle aktuálního směru šíření úniku. V případě západního větru přicházejí v úvahu trasy č. 4 až 6. Podrobný popis těchto tras je uveden v Příloze této práce, kde jsou uvedeny zeměpisné souřadnice jednotlivých monitorovacích bodů na uvedených trasách, kilometrové vzdálenosti a mapy jednotlivých tras.

4.6 Časový rozvrh monitorování.

Při rychlosti větru 5 m/s dojde přibližně za 1 hodinu od ukončení úniku k vytvoření depozitu na terénu do vzdálenosti 18 km od jaderné elektrárny, tj. v celé ZHP. Mobilní skupiny budou tedy moci zahájit monitorování v prvních monitorovacích bodech tras až v čase $t+41$.

Monitorovací trasa č. 4 je dlouhá 50 km, trasy č. 4 a 6 jsou dlouhé 54 km. Při pojezdovém měření je plánovaná rychlost pojezdu nejvýše 40 km/h, to znamená, že ukončení monitorování na uvedených třech trasách lze očekávat za cca 1,5 hodinu od jeho zahájení v prvním monitorovacím bodě, tj. v čase $t+42,5$.

Návrat mobilních skupin do výchozího místa (České Budějovice, vzdálenost od koncových bodů tras 30 až 35 km) lze očekávat nejpozději do $t+43,5$.

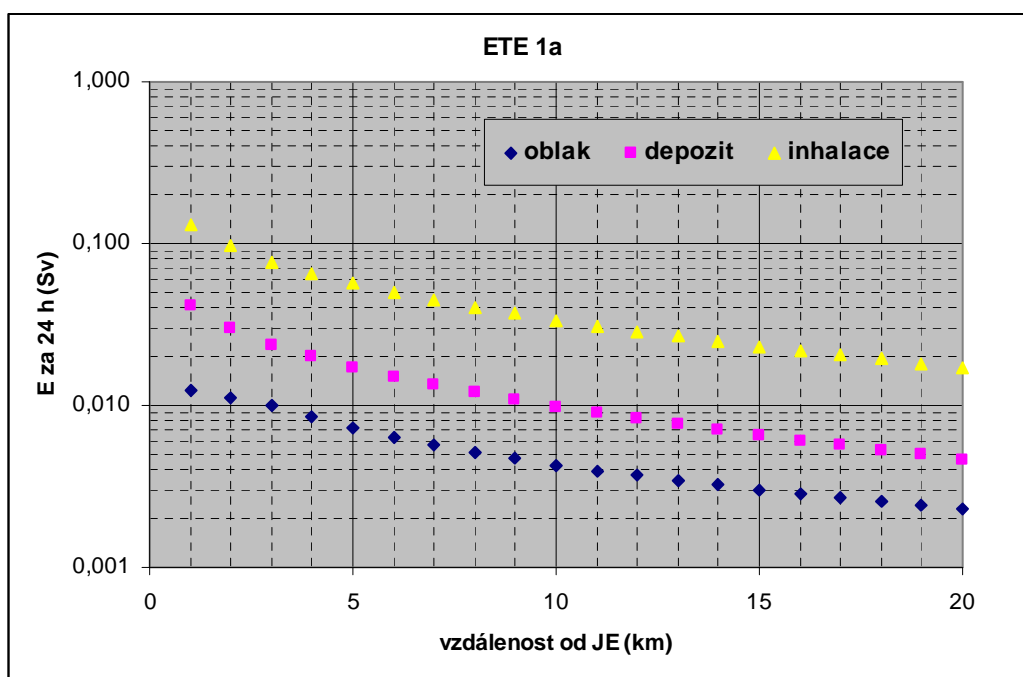
Za uvažovaných ideálních podmínek lze předpokládat, že Krizový štáb SÚJB obdrží výsledky monitorování v čase $t+44$, tj. s přibližnou dvouhodinovou rezervou oproti krajnímu limitu $t+46$. V okolí JE Temelín lze však očekávat v dané situaci různé komplikace, především dopravní, které mohou způsobit zdržení mobilních skupin při jejich přesunech, proto lze časový rozvrh pro monitorování v ZHP považovat sice za uskutečnitelný, za reálných podmínek však velmi časově napjatý. Značná komplikace by především nastala, pokud by Krizový štáb SÚJB potřeboval pro vydání doporučení na ochranu obyvatel ještě nějaké dodatečné údaje o radiační situaci v ZHP poté, co vyhodnotil informace získané z monitorovacích tras. Takový požadavek by byl nutný, pokud by např. došlo k výrazné změně směru větru během úniku nebo pokud by se ukázalo, že z dostupných údajů nelze zodpovědně rozhodnout o odvolání ukrytí resp. o nutnosti evakuace v určité části ZHP.

4.7 Odhad ozáření osádky mobilní skupiny

K odhadu ozáření použijeme údaje o velikosti jednotlivých složek ozáření v ose úniku z (9), které jsou uvedeny na obr. 15. Údaje jsou pro nekrytého jedince a v závislosti na vzdálenosti od jaderné elektrárny. Dominantní expoziční cestou je inhalace radioaktivních látek, nejmenším je záření z oblaku. Protože mobilní skupiny budou vyjíždět na monitorovací trasy až po ukončení úniku a vytvoření depozitu na terénu, bude hlavní složkou ozáření posádek mobilních skupin ozáření z depozitu na terénu. Na obr. 15 je pro uvažovaný zdrojový člen úniku uveden odhad ozáření z jednotlivých expozičních cest pro nekrytého jedince, v závislosti na vzdálenosti od jaderné elektrárny, ve směru osy úniku.

Z obr. 15 lze odečíst, že maximální hodnota efektivní dávky za 24 hodin z depozitu na terénu v blízkosti jaderné elektrárny je přibližně 50 mSv, na hranicích ZHP (13 km) je přibližně 3 mSv. Z toho vyplývá, že odhad průměrné hodnoty příkonu fotonového dávkového ekvivalentu (PFDE) v oblasti, kde se bude pohybovat vozidlo mobilní skupiny, bude $(50+3)/2/24=1$ mSv/h. Konzervativně zanedbáme snížení PFDE odstíněním vozidlem a pokud budeme předpokládat v uvedených podmínkách

maximální dobu monitorování 2 hodiny, dostáváme konzervativní odhad efektivní dávky pro člena posádky mobilní skupiny v hodnotě 2 mSv. Odhad je horní mezí ozáření pro všechny mobilní skupiny (v našem případě 3), poněvadž jsme použili údaje platné v ose úniku, kde se mobilní skupiny budou vyskytovat jenom část celé doby monitorování.



Obr. 15 Odhad jednotlivých složek ozáření pro sekvenci 1a (9).

5. DISKUSE

V části 4.6 této práce bylo analýzou nejnáročnějšího modelového případu monitorování ukázáno, že v tomto případě bude mít Krizový štáb SÚJB na vyhodnocení získaných údajů od mobilních skupin a na vydání doporučení k neodkladnému opatření evakuace obyvatel pouhé 2 hodiny. Bylo rovněž poukázáno na to, že za komplikovaných podmínek šíření se časová dispozice může dokonce i zkrátit. Uvedenému problému lze čelit např. těmito opatřeními:

- a) Předsunutím nejméně dvou mobilních skupin do blízkosti ZHP, aby byly k dispozici pro dodatečné úkoly monitorování a nebyl zbytečně ztrácen čas jejich přesunem z výchozího místa v Českých Budějovicích. Podle aktuální meteorologické situace by mělo být předsunutým místem místo v blízkosti ZHP, které však není ve směru úniku. Tímto opatřením lze získat přibližně časovou rezervu v délce 1 hodiny.
- b) Zvážením zahájení monitorování bezprostředně po ukončení úniku bez vyčkávání na vypadnutí depozitu v celé ZHP, protože monitorovací bod č. 1 všech tras je v blízkosti elektrárny, kde dojde k vytvoření depozitu prakticky po ukončení úniku. Tímto opatřením lze získat – v závislosti na rychlosti větru – časovou rezervu v délce 1 až 2 hodiny.
- c) Zvážit přenos výsledků monitorování mobilních skupin do Krizového štábu SÚJB bezprostředně po ukončení monitorování v ZHP, tj. nepřenášet výsledky až po návratu do výchozího místa v Českých Budějovicích. Tímto opatřením lze získat další časovou rezervu v délce přibližně 1 hodiny.

V modelovém případě byly uvažovány podmínky šíření dané větrem v jednom směru po dobu celého úniku a z toho plynoucí volba monitorovacích tras v sektoru směru úniku a ve dvou sousedních sektorech. V případě proměnlivého směru větru po dobu úniku je třeba předpokládat, že bude nutné monitorovat nejméně ve dvou sousedních sektorech k sektoru převládajícího směru větru, z čehož vyplývá nutnost mít k dispozici nejméně 5 mobilních skupin.

Pro sběr TLD, případně odběr vzorků životního prostředí, pokud by vůbec v této fázi přicházely v úvahu, bude nutné použít dalších mobilních skupin.

6. ZÁVĚR

V práci bylo prokázáno, že největší nároky na organizaci monitorování v zóně havarijního plánování nastanou v případě radiační havárie – nadprojektové nehody, kdy k ukončení úniku dojde až několik desítek hodin od vzniku události a současně se bude jednat o únik s nejméně závažnými radiologickými dopady na okolí.

Podrobně byl rozebrán konkrétní případ pro JE Temelín (nadprojektová nehoda typu 1a,b), kdy k provedení monitorování, vyhodnocení výsledků a vydání doporučení Státního úřadu pro jadernou bezpečnost k neodkladným opatřením na ochranu obyvatel je k dispozici pouze cca 6 hodin. V tomto případě lze Krizovému štábu SÚJB doporučit, aby zvážil:

- a) Předsunutí nejméně dvou mobilních skupin do blízkosti ZHP, aby byly k dispozici pro dodatečné úkoly monitorování a nebyl zbytečně ztracen čas jejich přesunem z výchozího místa v Českých Budějovicích. Tímto opatřením lze získat přibližně 1 hodinu.
- b) V případě, že meteorologická situace to dovolí, zvážil zahájit monitorování bezprostředně po ukončení úniku bez vyčkávání na vypadnutí deponie v celé ZHP, protože monitorovací bod č. 1 všech tras je v blízkosti elektrárny, kde dojde k vytvoření deponie prakticky po ukončení úniku. Tímto opatřením lze získat – v závislosti na rychlosti větru – 1 až 2 hodiny.
- c) Přenos výsledků monitorování mobilních skupin do Krizového štábu SÚJB bezprostředně po ukončení monitorování v ZHP, tj. nezasílat výsledky až po návratu mobilních skupin do výchozího místa v Českých Budějovicích. Tímto opatřením lze získat další přibližně 1 hodinu.
- d) Zvýšení počtu mobilních skupin na určených trasách monitorování v případě, že dojde ke změnám směru větru v průběhu úniku. Lze předpokládat, že oproti 5 mobilním skupinám, které byly uvažovány v modelovém případě za neměnného směru úniku (3 skupiny na trasách a 2 v pohotovosti pro dodatečné monitorování), pak bude nutné počítat s monitorováním nejméně na dalších dvou trasách přilehlých na každé straně k uvažovaným 3 trasám ve směru úniku.

Pro zdrojový člen úniku s největšími radiologickými dopady na okolí jaderné elektrárny Temelín byl proveden konzervativní odhad ozáření posádek mobilních skupin v průběhu monitorování v zóně havarijního plánování, ze kterého vyplývá, že efektivní dávka by neměla překročit hodnotu několika mSv.

V zadání bakalářské práce bylo uloženo testovat hypotézu „Určení rozsahu neodkladných a následných ochranných opatření v zóně havarijního plánování je podmíněno získáním informací od mobilních skupin radiační monitorovací sítě.“

V případě mimořádné radiační situace v zóně havarijního plánování je rovněž počítáno s monitorováním prováděným leteckou monitorovací skupinou. Nelze však vyloučit meteorologické podmínky, které neumožní provést letecké monitorování v poměrně krátké době, případně neumožní využít leteckou monitorovací skupinu vůbec. Pak bude bezpodmínečně nutné získat údaje o radiační situaci jako podklad k provedení neodkladných opatření na ochranu obyvatel pouze na základě monitorování mobilních skupin. Určení druhu následných ochranných opatření, zejména regulace spotřeby potravin a krmiv, bude vyžadovat odběr vzorků životního prostředí a potravinových řetězců, které zcela závisí na mobilních skupinách. Proto můžeme vyslovenou hypotézu jednoznačně potvrdit.

7. SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- (1) Macháčová, Irena. Optimalizace monitorování složek životního prostředí v laboratořích SÚJB za radiační mimořádné situace. České Budějovice, 2007. Diplomová práce. Jihočeská univerzita. Zdravotně sociální fakulta.
- (2) Katalog doporučení a opatření v případě mimořádné události závažné z hlediska radiační ochrany, SÚJB, Praha 2001
- (3) KLENER, V. Principy a praxe radiační ochrany, SÚJB Praha, 2000, ISBN 80-238-3703-6
- (4) Nařízení vlády č. 11/1999 Sb., o zóně havarijního plánování.
- (5) PDE – uživatelská příručka, verze 1.7.1, Protea, Praha 2006
- (6) Přehled zdrojových členů ETE, dokumentace krizového koordinačního centra SÚJB, Praha 2009
- (7) Předprovozní bezpečnostní zpráva, ČEZ, a. s., Jaderná elektrárna Temelín, 2001
- (8) Příkaz předsedy SÚJB č. 5/2005 ze dne 14. 2. 2005 k zajištění činnosti celostátní monitorovací sítě (RMS) v resortu SÚJB
- (9) RTARC, programový systém, verze 4.5, VÚJE Trnava, 2000
- (10) Trasy monitorování v ZHP Dukovany, Provozní dokumentace ČEZ, a. s., Jaderná elektrárna Dukovany, HI-N-06, Dukovany 2007
- (11) Trasy monitorování v ZHP Temelín, Provozní dokumentace ČEZ, a. s., Jaderná elektrárna Temelín, LRKO, PD 11-rev 00, České Budějovice 2006
- (12) VDMI 061, Metodika VDMI 061, Radiační monitorovací síť - mobilní skupiny, SÚJB Praha, 2003
- (13) VDMI 088, Metodika VDMI 088, Postupy služby Styčného místa při výměně informací o vzniku a průběhu mimořádné události, SÚJB Praha, 2008
- (14) VDMI 089, Metodika VDMI 089, Radiační monitorovací síť – mobilní skupiny, stanovení plošné (hmotnostní) aktivity radionuklidů v půdě a ovzduší pomocí spektrometrie in situ, SÚRO Praha, 2004
- (15) VDMI 090, Metodika VDMI 090, Radiační monitorovací síť – měřicí místa kontaminace ovzduší - odběry aerosolů a plyných forem jodu prováděné mobilní skupinou, SÚRO Praha, 2004
- (16) VDMI 094, Metodika VDMI 094, Radiační monitorovací síť – program monitorování za mimořádné situace, SÚRO Praha, 2004
- (17) VDMI 104, Metodika VDMI 104, Radiační monitorovací síť – síť včasného zjištění – hodnocení radiační situace v dané lokalitě pomocí měřiče příkonu dávky DC-3E, SÚRO Praha, 2005
- (18) Vnější havarijní plán Jaderné elektrárny Temelín, Krajský úřad Jihočeského kraje, České Budějovice 2009

- (19) Vnější havarijní plán Jaderné elektrárny Dukovany, Krajský úřad Kraje Vysočina, Jihlava 2009
- (20) Vyhláška č. 307/2002 Sb., o radiační ochraně, ve znění vyhlášky č. 499/2005 Sb.
- (21) Vyhláška č. 318/2002 Sb., o podrobnostech k zajištění havarijní připravenosti jaderných zařízení a pracovišť se zdroji ionizujícího záření a o požadavcích na obsah vnitřního havarijního plánu a havarijního řádu, ve znění vyhlášky č. 2/2004 Sb.
- (22) Vyhláška č. 319/2002 Sb., o funkci a organizaci celostátní radiační monitorovací sítě, ve znění vyhlášky č. 27/2006 Sb.
- (23) Zákon č.18/1997 Sb., o mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření, ve znění pozdějších předpisů
- (24) Zákon č. 240/2000 Sb., o krizovém řízení (krizový zákon)
- (25) Zákon č. 239/2000 Sb., o integrovaném záchranném systému

8. KLÍČOVÁ SLOVA:

mobilní skupiny

monitorování

radiační havárie

radiační mimořádná situace

radiační monitorovací síť

zóna havarijního plánování

9. PŘÍLOHY

Trasa č. 4 pro monitorování v ZHP ETE (11)

číslo bodu	popis monitorovacího bodu	Poloha GPS [° ' "]	délka [km]
1.	HLAVNÍ BRÁNA ETE	49°10' 59" 14°23' 06"	0,0
2.	Křižovatka za Podhájím	49° 11' 01' 14°24' 42"	2,3
3.	Za hrází hněvkovické přehrady (po pravé straně)	49°10' 55" 14°26'46"	8,1
4.	Křižovatka Týn-Ševětín-Pořežany	49°11'46" 14°26' 52"	9,8
5.	TŘÍTIM, u kapličky	49°12' 15" 14°27' 46"	15,8
6.	DOBŠICE, u směrové tabule	49°12' 56" 14°29' 08"	17,9
7.	DOLNÍ KNĚŽEKLADY, u autobusové zastávky	49°11' 55" 14°29' 22"	19,9
8.	ŠTIPOKLASY, autobusová zastávka	49°11' 25" 14°30' 35"	21,9
9.	MODRÁ HŮRKA, u kostela	49°10' 51" 14°31' 41"	23,8
10.	ŽIMUTICE, před obchodem se smíšeným zbožím	49°12' 22" 14°30' 39"	29,2
11.	BEČICE , autobusová zastávka na křižovatce Týn-Hartmanice	49°13' 03" 14°30' 11"	30,6
12.	SMILOVICE, kostelík na návsi	49°13' 55" 14°29' 04"	33,2
13.	BŘEZNICE, na návsi u kapličky	49°15' 06" 14°30' 57"	38,2
14.	ZÁHOŘÍ, autobusová zastávka, obchod se smíšeným zbožím	49°14' 27" 14°30' 52"	39,7

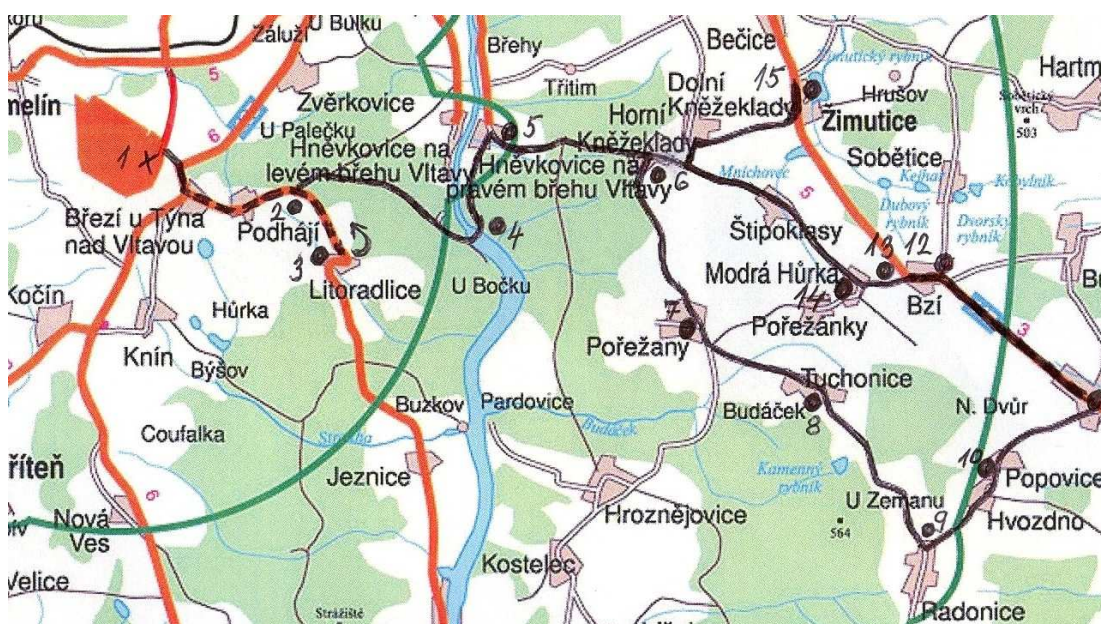
15.	KRAKOVČICE, u autobusové zastávky	49°13' 26'' 14°31' 28''	42,8
16.	SOBĚTICE, u autobusové zastávky, Boží muka	49°11' 42'' 14°32' 37''	47,5
17.	BZÍ, u autobusové zastávky, telefonní budka	49°11' 00'' 14°32' 26''	49,1



Trasa č. 5 pro monitorování v ZHP ETE (11)

číslo bodu	popis monitorovacího bodu	Poloha GPS [° ' "']	délka [km]
1.	HLAVNÍ BRÁNA ETE	49°10' 59" 14°23' 06"	0,0
2.	Křižovatka za Podhájím	49° 11' 01" 14°24' 42"	2,3
3.	LITORADICE, u cedule obce na vjezdu, vrátit se zpět do bodu 2	49°10' 31" 14°25' 27"	3,7
4.	Za hrází hněvkovické přehrady (po pravé straně)	49°10' 55" 14°26'46"	8,1
5.	Křižovatka Týn-Ševětín-Pořežany, pokračovat ve směru na Ševětín	49°11'46" 14°26' 52"	9,8
6.	KNĚŽEKLADY HORNÍ, v obci pokračujeme na Pořežany	49°11' 40" 14°28' 57"	16,5
7.	POŘEŽANY, autobusová zastávka, dále na Ševětín	49°10' 24" 14°29' 50"	19,4
8.	TUCHONICE autobusová zastávka u kapličky	49° 10' 02" 14°31' 19"	28,8
9.	RADONICE, křižovatka na Dolní Bukovsko – Ševětín a pokračovat směrem na Bukovsko	49°08' 48" 14°32' 56"	32,1
10.	POPOVICE, u cedule vjezdu do obce	49°09' 32" 14°33' 38"	34,1
11.	DOLNÍ BUKOVSKO, výjezd na Bzí, u cedule obce	49°10' 17" 14°34' 23"	36,6
12.	BZÍ, autobusová zastávka, pokračovat po hlavní silnici	49°11' 00" 14°32' 26"	39,3
13	Boží Muka	49°11' 27" 14°31' 33"	40,9

14.	MODRÁ HŮRKA, u kostela	49°10' 51'' 14°31' 41''	43,8
15.	ŽIMUTICE, před obchodem se smíšeným zbožím	49°12' 22'' 14°30' 39''	52,8
16.	BEČICE, křižovatka na Hartmanovice, autobusová zastávka	49°13' 03'' 14°30' 11''	54,2



Trasa č. 6 pro monitorování v ZHP ETE (11)

číslo bodu	popis monitorovacího bodu	Poloha GPS [° ' "]	délka [km]
1.	HLAVNÍ BRÁNA ETE	49°10' 59" 14°23' 06"	0,0
2.	Křižovatka za Podhájím	49° 11' 01" 14°24' 42"	2,3
3.	LITORADICE, u cedule obce na vjezdu	49°10' 31" 14°25' 27"	3,7
4.	JEZNICE, u kapličky	49°09' 00" 14°26' 44"	8,1
5.	PURKAREC, před kostelem, vracet se zpět do bodu 2	49°07' 48" 14°27' 11"	9,8
6.	Za hrází hněvkovické přehrady (po pravé straně)	49°10' 55" 14°26'46"	16,5
7.	POŘEŽANY, autobusová zastávka	49°10' 24" 14°29' 50"	19,4
8.	2 samoty, autobusová zastávka	49°09' 47" 14°30' 09"	28,8
9.	HROZNĚJOVICE, u požární nádrže	49°09' 07" 14°28' 57"	32,1
10.	KOSTELEČ, u kostela	49°08' 30" 14°28' 31"	34,1
11.	LIŠNICE, na návsi u autobusové zastávky	49°07' 50" 14°29' 14"	36,6
12.	PONĚŠICE, u křížku cca 100m za autobusovou zastávkou, zpět do Pořežan	49°06' 21" 14°28' 56"	39,3
13	TUCHONICE, zastávka autobusu, u kapličky	49°10' 02" 14°31' 19"	40,9
14.	Křížek u samoty	49°09' 19" 14°32' 29"	43,8

15.	RADONICE, křižovatka na Dolní Bukovsko	49°08' 48'' 14°32' 56''	52,8
16.	DRAHOTĚŠICE, kaplička na návsi	49°07' 30'' 14°32' 58''	54,2

