

# **Model následných ochranných opatření programu HAVAR**

**Závěrečná zpráva**

*Dokumentace k etapě E 02 a) projektu 6/2003*

**Vypracovali: Ing. Hana Hustáková  
RNDr. Jan Švanda**

**leden 2005**



# Obsah

<b>1. ANOTACE</b> .....	<b>5</b>
<b>2. NÁSLEDNÁ OCHRANNÁ OPATŘENÍ STANOVENÁ VYHLÁŠKOU SÚJB 307/2002</b> .....	<b>6</b>
<b>2.1. Citace Vyhlášky SÚJB 307/2002:</b> .....	<b>6</b>
<b>2.2. Rozdělení potravin uvažovaných programem HAVAR do skupin podle Vyhlášky SÚJB 307/2002</b> .....	<b>9</b>
<b>3. STUDIE MEZINÁRODNÍCH A EVROPSKÝCH STANDARDŮ A KÓDŮ Z OBLASTI HAVARIJNÍ ODEZVY</b> .....	<b>10</b>
<b>3.1. Materiály IAEA</b> .....	<b>10</b>
3.1.1. Zásahové úrovně.....	11
3.1.2. Načasování opatření .....	12
3.1.3. Informace potřebné pro rozhodování .....	12
3.1.4. Seznam zemědělských opatření.....	13
<b>3.2. Materiály EC</b> .....	<b>29</b>
3.2.1. EURATOM 770/90 .....	29
3.2.2. Evropský manuál Vnějšího havarijního plánování a odezvy na jaderné havárie .....	29
<b>3.3. RODOS</b> .....	<b>33</b>
3.3.1. Přesídlení .....	33
3.3.2. Zemědělská opatření.....	35
3.3.3. Dekontaminace.....	43
<b>3.4. COSYMA</b> .....	<b>44</b>
3.4.1. Přesídlení .....	44
3.4.2. Zákazy potravin.....	45
<b>3.5. Konference WISDOM a STRATEGY</b> .....	<b>49</b>
<b>4. VSTUPNÍ PANELE INGESCŇNÍHO MODELU PROGRAMU HAVAR</b> .....	<b>50</b>
4.1. Vstupní panel: Časové charakteristiky.....	51
4.2. Vstupní panel: Půdní transport.....	52
4.3. Vstupní panel: Dlouhodobá resuspenze.....	53
4.4. Vstupní panel: Listový/kořenový transport .....	54
4.5. Vstupní panel: Fenologie.....	55
4.6. Vstupní panel: Spotřební koš.....	56
4.7. Vstupní panel: Krmné dávky skotu .....	58
4.8. Vstupní panel: Krmné dávky ostatní.....	60
<b>5. NÁSLEDNÁ OCHRANNÁ OPATŘENÍ UVAŽOVANÁ PROGRAMEM HAVAR</b> ..	<b>61</b>
<b>6. PROPOJENÍ MODELU NÁSLEDNÝCH OCHRANNÝCH OPATŘENÍ A DALŠÍCH MODELŮ PROGRAMU HAVAR</b> .....	<b>63</b>
<b>7. PŘEHLEDOVÉ A VSTUPNÍ PANELE MODELU NÁSLEDNÝCH OCHRANNÝCH OPATŘENÍ</b> .....	<b>67</b>
<b>8. ZOBRAZENÍ VÝSTUPŮ MODELU OPATŘENÍ</b> .....	<b>68</b>
<b>9. LITERATURA</b> .....	<b>69</b>

## SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Směrné hodnoty zásahových úrovní pro následná ochranná opatření pro radiační mimořádné situace.....	7
Tabulka 2: Nejvyšší přípustné radioaktivní kontaminace potravin pro radiační mimořádné situace .....	8
Tabulka 3: Doporučené obecně použitelné zásahové úrovně pro zrušení zákazu potravin tam, kde jsou okamžitě dostupné náhradní zdroje .....	11
Tabulka 4: Rovnovážné transfer koeficienty (faktory) pro různé živočišné produkty a nejdůležitější radionuklidy .....	18
Tabulka 5: Denní příjem suchého krmiva a vody hospodářskými zvířaty.....	19
Tabulka 6: Retenční faktory pro zpracování $F_r$ a efektivita zpracování $P_e$ mléčných produktů .....	23
Tabulka 7: Retenční faktory pro zpracování $F_r$ a efektivita zpracování $P_e$ masa (savců, ptáků a ryb) .....	24
Tabulka 8: Retenční faktory pro zpracování $F_r$ a efektivita zpracování $P_e$ zeleniny a ovoce (data založená na celkové kontaminaci plodiny) .....	25
Tabulka 9 : Retenční faktory pro zpracování $F_r$ a efektivita zpracování $P_e$ zeleniny a ovoce (data založená pouze na vnější kontaminaci plodiny).....	26
Tabulka 10: Retenční faktory pro zpracování $F_r$ a efektivita zpracování $P_e$ brambor a kořenových produktů.....	27
Tabulka 11: Retenční faktory pro zpracování $F_r$ a efektivita zpracování $P_e$ obilovin.....	28
Tabulka 12: Nejvyšší přípustné úrovně radioaktivní kontaminace krmiv izotopy Cs.....	29
Tabulka 13: Doporučené zásahové úrovně pro přechodné a trvalé přesídlení dle EU.....	31

## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Rozdílné chápání odvratitelné a odvrácené dávky. ....	30
Obrázek 2: Příklad výpočtu odvratitelné dávky. ....	30
Obrázek 3: Posuzování oprávněnosti intervence .....	31
Obrázek 4: Vstupní panel ingesčního modelu: Časové charakteristiky.....	51
Obrázek 5: Vstupní panel ingesčního modelu: Půdní transport.....	52
Obrázek 6: Vstupní panel ingesčního modelu: Dlouhodobá resuspenze .....	53
Obrázek 7: Vstupní panel ingesčního modelu: Listový/kořenový transport.....	54
Obrázek 8: Vstupní panel ingesčního modelu: Fenologie .....	55
Obrázek 9: Vstupní panel ingesčního modelu: Spotřební koš .....	56
Obrázek 10: Vstupní panel ingesčního modelu: Krmné dávky skotu.....	58
Obrázek 11: Vstupní panel ingesčního modelu: Krmné dávky ostatní.....	60

# 1. Anotace

## 2. Následná ochranná opatření stanovená Vyhláškou SÚJB 307/2002

Uvádíme zde citaci části Vyhlášky 307/2002 Státního úřadu pro jadernou bezpečnost o radiační ochraně týkající se zásahů při radiační mimořádné situaci, konkrétně §98 Ochranná opatření a §100 Následná ochranná opatření.

### 2.1. Citace Vyhlášky SÚJB 307/2002:

#### Hlava III

#### ZÁSAHY PŘI RADIAČNÍ MIMOŘÁDNÉ SITUACI

#### § 98

#### Ochranná opatření

- (1) Omezování ozáření osob a životního prostředí při radiační mimořádné situaci se uskutečňuje ochrannými opatřeními, kterými jsou
  - a) **neodkladná ochranná opatření** zahrnující ukrytí, jódovou profylaxi a evakuaci,
  - b) **následná ochranná opatření** zahrnující přesídlení, regulaci požívání radionuklidy kontaminovaných potravin a vody a regulaci používání radionuklidy kontaminovaných krmiv.
- (2) Ochranná opatření při radiačních haváriích se provádějí vždy, jsou-li odůvodněna větším přínosem, než jsou náklady na opatření a škody jimi způsobené, a mají být optimalizována co do formy, rozsahu a trvání tak, aby přinesla co největší rozumně dosažitelný přínos.
- (3) Jako základní vodítko pro rozhodování o zavedení ochranných opatření jsou uplatňovány **směrné hodnoty**, které odráží současný stav poznání a mezinárodně nabyté zkušenosti o tom, kdy lze od daného opatření očekávat větší přínos než škodu. Pro jednotlivé radiační činnosti nebo zdroje ionizujícího záření, s nimiž je spojeno nebezpečí vzniku radiační mimořádné situace, se využitím optimalizace radiační ochrany, na základě údajů specifických pro daný jednotlivý případ, stanovují zásahové úrovně specifické pro danou radiační činnost nebo zdroj v havarijních plánech.
- (4) Údaji specifickými pro stanovení zásahových úrovní podle odstavce 3 se rozumí také údaje charakterizující osídlení a infrastrukturu v okolí zdroje ionizujícího záření a podmiňující očekávané kolektivní efektivní dávky a proveditelnost ochranných opatření, zejména

- a) přítomnost specifických skupin obyvatel, zejména v nemocnicích, domovech důchodců, v pečovatelských domech, vězeních,
  - b) dopravní situace,
  - c) vysoká hustota obyvatel,
  - d) přítomnost velké sídelní jednotky.
- (5) Při rozhodování o přijetí ochranných opatření za vzniklé radiační mimořádné situace je nutné zvážit skutečnost, zda aktuální stav se výrazně neliší od podmínek, které byly uplatněny při stanovení zásahových úrovní. Při současném výskytu radiační mimořádné situace a mimořádné situace po jiné havárii, jako je havárie způsobená únikem chemických škodlivin, nebo po živelní pohromě je nutné zvážit i to, zda zavedením ochranného opatření nedojde ke zvýšení škod od jiných havárií nebo pohrom, a to v rozsahu větším než přínos ze snížení ozáření.

## § 100

### Následná ochranná opatření

- (1) Pro následná ochranná opatření jsou směrné hodnoty zásahových úrovní stanoveny v následující Tabulka 1.

Opatření	Rozpětí dávek (za první rok po havárii)	
	efektivních dávek	ekvivalentních dávek v jednotlivých orgánech a tkáních
Regulace požívání radionuklidy znečištěných potravin, vody a krmiv	5 mSv až 50 mSv	50 mSv až 500 mSv
Přesídlení obyvatelstva	50 mSv až 500 mSv	<i>nestanovuje se</i>

**Tabulka 1: Směrné hodnoty zásahových úrovní pro následná ochranná opatření pro radiační mimořádné situace**

S těmito hodnotami se porovnávají předpokládané **efektivní nebo ekvivalentní dávky**, které by byly obdrženy při neuskutečnění odpovídajících ochranných opatření, a to v důsledku všech způsobů zevního ozáření a příjmu radionuklidů vdechováním i požíváním během prvního roku po radiační havárii a pro regulaci požívání znečištěných potravin a vody pouze v důsledku příjmu radionuklidů požitím během prvního roku po radiační havárii.

- (2) Pro regulaci výroby a dovozu potravin a uvádění potravin na trh podle zvláštního zákona<sup>1</sup> jsou pro radioaktivní kontaminaci potravin při radiační havárii nebo radiační mimořádné situaci stanoveny do dne vstupu smlouvy o přistoupení České republiky do Evropské unie v platnost nejvyšší přípustné radioaktivní kontaminace potravin uvedené v následující Tabulka 2.

<sup>1</sup> § 3 a 10 zákona č. 110/1997 Sb., o potravinách a tabákových výrobcích, ve znění zákona č. 306/2000 Sb.

Radionuklid	Nejvyšší přípustné úrovně radioaktivní kontaminace potravin pro radiační mimořádné situace [Bq/kg] nebo [Bq/l]				
	potraviny pro počáteční a pokračovací kojeneckou výživu	mléko a mléčné výrobky	pitná voda a tekuté potraviny	potraviny uvedené v tabulce č.6 [1]	ostatní potraviny
izotopy stroncia, zejména <b>Sr-90</b>	75	125	125	7 500	750
izotopy jódu, zejména <b>I-131</b>	150	500	500	20 000	2 000
izotopy plutonia a transuranových prvků, emitujících záření alfa, zejména <b>Pu-239</b> a <b>Am-241</b>	1	20	20	800	80
všechny ostatní nuklidy s poločasem přeměny delším než 10 dní, zejména <b>Cs-134</b> a <b>Cs-137</b> , kromě H-3, C-14, K-40	400	1 000	100	12 500	1 250

Pozn.: Nejvyšší přípustné úrovně radioaktivní kontaminace potravin se u koncentrovaných nebo sušených potravin vztahují na výsledný produkt, který je určen pro přímou konzumaci (tj. např. po zředění).

**Tabulka 2: Nejvyšší přípustné radioaktivní kontaminace potravin pro radiační mimořádné situace**

- (3) K rozhodnutí o přesídlení jsou zpřesňujícím vodítkem následující směrné hodnoty zásahových úrovní:
- pro zahájení přechodného přesídlení odvrácená efektivní dávka 30 mSv pro období 1 měsíc,
  - pro ukončení přechodného přesídlení očekávaná efektivní dávka 10 mSv pro období 1 měsíc. Jestliže se v průběhu 1 až 2 let ukáže, že celkové efektivní dávky za 1 měsíc neklesají pod zásahovou úroveň pro ukončení přechodného přesídlení, musí být zvažováno trvalé přesídlení,
  - pro trvalé přesídlení očekávaná celoživotní efektivní dávka 1 Sv.

## Závěry:

### 1. Seznam protiopatření:

Podle této vyhlášky je nutno zvažovat při překročení směrných hodnot zásahových úrovní provedení následujících **následných ochranných opatření** (v pořadí od nejzávažnější radiační mimořádné situace k nejméně závažné):

- trvalé přesídlení,
- přechodné přesídlení,
- regulace požívání radionuklidy znečištěných potravin, vody a krmiv (není přesně specifikováno jaká).

### 2. Kritéria pro zavedení protiopatření:

Směrné hodnoty zásahových úrovní pro následná ochranná opatření a nejvyšší přípustné radioaktivní kontaminace potravin jsou základem pro sestavení modelu zemědělských opatření programu HAVAR. S jejich hodnotami jsou porovnávány hodnoty efektivních a



ekvivalentních dávek vypočtené programem HAVAR a je tak detekována nutnost zvažovat zavedení následných opatření.

## 2.2. Rozdělení potravin uvažovaných programem HAVAR do skupin podle Vyhlášky SÚJB 307/2002

**Potravin** rostlinného i živočišného původu, které jsou položkami vstupní grupy ingesčního modelu programu HAVAR [2] byly zařazeny do skupin, které jsou definovány v Tabulka 2 Vyhlášky SÚJB 307/2002 následujícím způsobem:

### A. Potravin pro počáteční a pokračovací kojeneckou výživu

Do této skupiny spadají pouze položky:

- **mléčné náhražky,**
- **sušené mléko,**

které konzumují děti.

### B. Mléko a mléčné výrobky

Sem patří následující potravin vyrobené z kravského mléka:

- **mléko kravské (rozumí se čerstvé),**
- **kondenzované mléko,**
- **smetana,**
- **máslo,**
- **sýry (rennet),**
- **sýry (acid).**

### C. Pitná voda a tekuté potravin

Do této skupiny nespádá žádná položka vstupní grupy ingesčního modelu programu HAVAR (pitná voda ani pivo nejsou uvažovány).

### D. Potravin uvedené v tabulce č.6 [1]

Z potravin uvedených v tabulce 6 [1] patří do vstupní grupy ingesčního modelu pouze **houby**. Dále sem patří **konzervované ovoce a zelenina**.

### E. Ostatní potravin

Sem spadají všechny ostatní potravin uvažované programem HAVAR, které jsou součástí vstupní grupy ingesčního modelu.

## 3. Studie mezinárodních a evropských standardů a kódů z oblasti havarijní odezvy

Základem pro vytvoření modelu protiopatření programu HAVAR, byla studie materiálů IAEA [4] a EC [10,11] týkajících se zemědělských opatření a modelů opatření kódů RODOS [3] a COSYMA [8,9]. Dále byly prostudovány materiály z konferencí WISDOM a STRATEGY z důvodu vyhledání aktuálních informací z této oblasti [5,6]. Výsledky jsou uvedeny v této kapitole.

Tato problematika je natolik rozsáhlá a zasahuje i do jiných oblastí jako například krizový management, logistika, ukládání RAO apod., že bylo třeba ji zúžit pouze na protiopatření v zemědělské oblasti. Nezabývali jsme se dekontaminací, stavebními protiopatřeními, průmyslovými protiopatřeními, protiopatřeními v sociální oblasti atp.

### 3.1. Materiály IAEA

#### **Směrnice pro zavádění zemědělských opatření po havarijním úniku radionuklidů [4]**

Hlavními cíli přípravy strategie zemědělských opatření je:

- chránit zdraví obyvatelstva snížením kontaminace zemědělských produktů,
- navrátit území k původnímu využití v co nejkratším čase.

V praxi to znamená, že rozhodnutí o zavedení opatření musí udržovat v rovnováze opatření na ochranu zdraví, náklady a rozvrat každodenního života.

Smyslem těchto směrnic je:

- stanovit obecnou strategii pro zavádění zemědělských opatření po havarijních únicích,
- shromáždit údaje o použitelných opatřeních jako podklad pro rozhodovací proces,
- poskytovat členským státům podporu při přípravě jejich vlastních detailních směrnic pro zavádění zemědělských opatření.

Zdravotní následky expozice jsou dvojího druhu: deterministické a stochastické

**Deterministické následky** se projevují většinou krátce po ozáření a jejich závažnost se zvyšuje s dávkou. Mají také prahovou hodnotu, pod kterou se neprojevují (0,5 Sv za 2 dny).

**Stochastické následky**, jako rakovina a dědičné vady, se projevují až mnoho let po expozici. Není zde žádná prahová hodnota. Pravděpodobnost jejich vzniku se zvyšuje s obdrženou dávkou (riziko smrti je řádově  $5 \cdot 10^{-5}/\text{mSv}$ ).

Většina případů rakoviny nebo jiných následků ozáření vzniká v důsledku ozáření velkého množství lidí malými dávkami. To nelze zcela eliminovat žádným opatřením. Proto je třeba zvýšené úsilí věnovat menšímu množství jedinců, kteří obdrželi vyšší dávky.

### 3.1.1. Zásahové úrovně

Tři obecné principy tvořící základ pro rozhodování o zásahu jsou následující:

- Musí být vynaloženo veškeré úsilí na prevenci vážných deterministických zdravotních následků.
- Zásah by měl být oprávněný, v tom smyslu, že zavedení ochranného opatření by mělo přinést více prospěchu než škody.
- Úrovně, při kterých je zásah proveden a při kterých je později ukončen, by měly být optimalizovány tak, aby ochranné opatření přineslo maximální užitek.

**Zásahové úrovně** musí být specifikovány tak, aby mohly být úřadem pro kontrolu potravin jednoznačně interpretovány pro jakýkoli druh havárie a byly v souladu s existující legislativou týkající se potravin (FAO, WHO). Musí být také použitelné mezinárodně – vyloučí to spory na hranicích zemí a při mezinárodním obchodu.

Doporučené obecně použitelné zásahové úrovně pro vyloučení potravin tam, kde jsou okamžitě dostupné náhradní zdroje jsou uvedeny v Tabulka 3.

Dávka na jednotku příjmu [Sv/Bq]	Typické radionuklidy	Úroveň [Bq/kg]
Potraviny určené k obecné spotřebě		
$10^{-6}$	Am-241, Pu-239	10
$10^{-7}$	Sr-90	100
$10^{-8}$	I-131, Cs-134, Cs-137	1 000
Mléko a dětská výživa		
$10^{-6}$	Am-241, Pu-239	1
$10^{-7}$	Sr-90	100
$10^{-8}$	I-131, Cs-134, Cs-137	1 000

**Tabulka 3: Doporučené obecně použitelné zásahové úrovně pro zrušení zákazu potravin tam, kde jsou okamžitě dostupné náhradní zdroje**

Poznámky:

V případě, že nejsou okamžitě dostupné náhradní zdroje potravin, použijí se vyšší hodnoty.

Jsou ve shodě s „Codex Alimentarius Guideline Levels for Radionuclides for Use in International Trade Following Accidental Nuclear Contamination“. Ten platí celý rok po havárii.

Neplatí pro přirozeně se vyskytující radionuklidy.

Úroveň platí pro celkový obsah radionuklidů spadajících do dané skupiny.

Sušené a koncentrované potraviny musí být před porovnáním přepočteny na přímo konzumovatelnou formu.

**Zásahové úrovně** jsou specifikovány jako objemová aktivita radionuklidů (nebo skupin radionuklidů) v potravině [v Bq/kg nebo Bq/l].

Pokud jsou překročeny zásahové úrovně, musí být zavedena opatření, která sníží objemovou aktivitu potravin nebo musí být potraviny vyloučeny ze spotřeby.

Za výjimečných okolností mohou národní úřady zvýšit zásahové úrovně (návod v IAEA-TECDOC-698 a WHO Derived Intervention Levels).

### 3.1.2. Načasování opatření

Dobu po havarijním úniku lze rozdělit do tří fází:

- **časná fáze** – začíná před tím než přijde oblak (varování několik hodin nebo dní předem), tuto dobu lze využít k odhadu závažnosti a následků a rozhodnutí o opatřeních (ta musí být rychle proveditelná, a také levná, z důvodu nepřesnosti odhadů), končí po průchodu oblaku
- **střední fáze** – navazuje na předchozí a trvá několik týdnů či měsíců až do vymření krátkodobých radionuklidů nebo do první sklizně, musí být monitorovány potraviny a dávky pro obyvatele ze zkonsumovaných potravin a při překročení zásahových úrovní musí být přijata opatření, musí začít plánování eventuelních dlouhodobých opatření a musí být zjištěna možnost zajištění nekontaminovaných potravin na domácím či zahraničním trhu,
- **dlouhodobá fáze** – radioaktivní kontaminaci způsobují převážně dlouhodobé radionuklidy, potraviny jsou kontaminovány kořenovou cestou, stanoví se potřeba dlouhodobých opatření, aplikují se ta, která jsou v souladu s možnostmi získání nekontaminovaných potravin na trhu.

### 3.1.3. Informace potřebné pro rozhodování

Následuje seznam základních okruhů informací potřebných během rozhodování o vhodné strategii zemědělských opatření:

- **prostředí** – topografické mapy, půdní charakteristiky, způsob využití půdy, hydrologie, depozice radionuklidů, údaje o klimatu,
- **zemědělství** – způsob produkce, výnosy, množství a ceny produktů, materiální vstupy, ekonomická důležitost,
- **infrastruktura** – dostupnost a cena dopravy, komunikace, palivo, voda, lékařská služba,
- **sociální faktory** – obyvatelstvo, hustota osídlení, zaměstnanost, zdravotní profily, rekreační využití venkovských oblastí,
- **seznam vhodných protiopatření** – efektivita, požadavky na zdroje, cena, slučitelnost s jinými, možné vedlejší efekty,
- **radioekologie** – transfer faktory, akumulace v hospodářských zvířatech a biologické poločasy odbourávání, retenční faktory pro místní vegetaci, redukční faktory při zpracování potravin.

Cílem opatření je snížení dávky pro obyvatelstvo a tím zmenšení zdravotních rizik. To v praxi znamená výběr takového opatření, které dovolí produkci potraviny, jejíž objemová aktivita je pod zásahovou úrovní, cenově nejefektivnějším způsobem s minimem vedlejších následků (např. změna nutriční hodnoty stravy v důsledku dlouhodobého ochuzení stravy o některé skupiny potravin jako např. mléčné výrobky, ovoce, zeleninu).

Z toho, jako nejjednodušší způsob porovnání efektivity opatření, vychází výpočet ceny jednotky odvrácené kolektivní dávky.

Nicméně, musí se přihlížet k podstatným vedlejším následkům (ekologickým, ekonomickým, sociálním). Měla by být dána přednost opatřením, která umožní nějakým způsobem využít kontaminované území, nejlépe zemědělsky.

### 3.1.4. Seznam zemědělských opatření

Opatření jsou rozdělena do čtyř skupin: preventivní, prováděná během prvního týdne po depozici, středně- a dlouhodobá, zpracování a příprava potravin.

Každému opatření je přiřazena %-ní efektivita a také ohodnocení (A až D), kde:

- A – obecně použitelné,
- B – efektivní, ale potřebné zdroje nemusí být dostupné,
- C – technicky efektivní, požadováno speciální zařízení, které nemusí být obecně dostupné,
- D – nedoporučeno.

Poznámka: Vždy je třeba mít na zřeteli také ozáření lidí, kteří provádějí opatření.

#### I) PREVENTIVNÍ OPATŘENÍ (před průchodem a během průchodu oblaku)

Cílem je zabránit kontaminaci přímou depozicí. Mají 100% účinnost, jsou obecně snadno proveditelné a většinou nepříliš nákladné. Musí o nich být rychle rozhodnuto a musí být rychle provedeny.

##### 1. Zabránit požívání kontaminovaného krmiva pasoucími se hospodářskými zvířaty

Efektivita: až 100%

Ohodnocení: A

Popis: Pasoucí se zvířata jsou ustájena a krmena nekontaminovaným krmivem. Eventuelně jsou zvířata uzavřena v oploceném prostoru a opět krmena nekontaminovaným krmivem. Může být provedeno i jako střednědobé nebo dlouhodobé opatření.

##### 2. Zabránit přímé kontaminaci zemědělských produktů

###### a. *Pokrytí zásob potravin a krmiv a zdrojů vody vodonepropustnou fólií*

Efektivita: 100%

Ohodnocení: A

###### b. *Sklizeň zralých plodin před kontaminací*

Efektivita: 100%

Ohodnocení: A/B

###### c. *Pokrytí pěstebních ploch vodonepropustnou fólií*

Efektivita: 100%

Ohodnocení: A

#### II) OPATŘENÍ PROVÁDĚNÁ BĚHEM PRVNÍCH TÝDNŮ PO DEPOZICI

Efektivita opatření závisí na míře intercepce na vegetaci a na rychlosti odstraňování aktivity z povrchu rostlin. Velká část aktivity je z povrchu rostlin odstraněna vlivem počasí během prvního měsíce po depozici.

Opatření v tomto období by měly být efektivní vzhledem k různým radionuklidům (i dlouhodobým).

##### 1. Ustájení obvykle se pasoucích hospodářských zvířat a krmení nekontaminovaným krmivem

Efektivita: až 100%

Ohodnocení: A/B

## **2. Rychlá sklizeň zemědělských plodin a trávy pro uložení (likvidaci) nebo skladování**

Efektivita: závisí na mnoha faktorech (doba mezi depozicí a sklizní, LAI, typu půdy atd.)  
25-50% někdy až 80%

Ohodnocení: A/B

Popis: Sklizeň má proběhnout co nejdříve a sklizené plodiny nebo tráva jsou buď uloženy (zlikvidovány) nebo využity později (po vymření krátkodobých radionuklidů) či jinak (společně s podáním sorbentu nebo pro jiná hospodářská zvířata). Plodiny mohou být také zpracovány vhodným procesem nebo použity na jiné účely než ke konzumaci (např. v chemickém průmyslu).

Zabraňuje následné kontaminaci půdy vlivem počasí radionuklidy z povrchu vegetace a translokaci radionuklidů z listů do kořenů (respektive zrn, hlíz apod.)

## **3. Zpoždění sklizně krmiv/zemědělských plodin**

Efektivita: neuváděna, závisí na mnoha faktorech

Ohodnocení: A (někdy B)

Popis: Sníží kontaminaci produktů (vliv počasí, zředění v důsledku růstu, rozpad) a naopak zvýší kontaminaci půdy. Může způsobit problémy v dlouhodobém měřítku.

## **4. Zákaz lovu, rybaření, sběru hub a konzumace zeleniny a vody z povrchových zdrojů**

Efektivita: neuváděna

Ohodnocení: A

Popis: Velmi efektivní krátkodobě při neznalosti kontaminace. Může způsobit problémy se získáním náhradních zdrojů potravin a vody.

## **SPECIFICKÁ OPATŘENÍ PROTI KONTAMINACI MLÉKA I-131**

Vzhledem ke krátkému poločasu rozpadu a také biologickému poločasu odbourávání I-131 jde při kontaminaci mléka o krátkodobý problém. Po depozici je maximální kontaminace mléka dosaženo asi po 2 dnech. Po Černobylské havárii byl I-131 detekován v mléce po dobu 45 dnů.

## **5. Zpracování kontaminovaného mléka na skladovatelné produkty**

Efektivita: neuváděna

Ohodnocení: A/B

(Nemá význam v případě kontaminace mléka zároveň Cs, Sr nebo jinými dlouhodobými radionuklidy.)

## **6. Přídavek stabilního jódu do krmiva**

Efektivita: neuváděna

Ohodnocení: A/B/D

Popis: Není dosud zcela znám dynamický vztah mezi příjmem radiojódů, funkcí štítné žlázy a transferem radiojódů do mléka. (Za určitých okolností došlo i ke zvýšení obsahu I-131 v mléce.) Výhodou je zvýšený obsah stabilního jódu v mléce (obdobu jódové profylaxe). Vyžaduje spolupráci s farmáři a distribuci jódu.

### III) STŘEDNĚDOBÁ A DLOUHODOBÁ OPATŘENÍ

#### A. Dekontaminace území mechanickou úpravou půdy

Většina deponovaných radionuklidů je obsažena v tenké (několik cm) horní vrstvě půdy. Více než 30 let po skončení nadzemních testů jaderných zbraní bylo zjištěno, že většina radionuklidů pocházejících z těchto testů se nachází v 15 cm horní vrstvě půdy. To znamená, že většina radionuklidů může být z půdy odstraněna seškrábnutím relativně tenké vrchní vrstvy půdy.

Nevýhodou je, že tyto radionuklidy zůstávají v kořenové vrstvě půdy, jsou zdrojem externího ozáření a ozáření z resuspenze.

#### 1. Orba za účelem zředění kontaminace v kořenové vrstvě půdy

a. **Normální orba** (20-30 cm)

Efektivita: závisí na typu a hloubce půdy a na typu plodiny, zvláště na hloubce kořenů

Ohodnocení: A/B

Poznámky: obecně běžně použitelné, nemění úrodnost půdy

b. **Hluboká orba** (až 1 m)

Efektivita: významně redukuje kořenový příjem radionuklidů, zvláště u mělce kořenících rostlin s krátkou vegetační periodou (redukční faktor až 10)

Ohodnocení: C

Poznámky: vyžaduje speciální pluhy a traktory, může poškodit drenáž a způsobit ztrátu svrchní úrodné půdy, nepoužitelné pro písčité půdy

c. **Odstranění svrchní vrstvy půdy** (5-10 cm) **a její uložení do hloubky** (až 50 cm)

Efektivita: minimalizuje kořenový příjem radionuklidů, zvláště u mělce kořenících rostlin, i pro hluboce kořenící rostliny je hodnota redukčního faktoru nejméně 10

Ohodnocení: C

Poznámky: nesníží úrodnost, může poškodit drenáž, vyžaduje speciální pluhy a traktory

#### 2. Odstranění tenké svrchní vrstvy kontaminované půdy

a. **Použití konvenčních strojů na stavbu silnic (buldozerů, scraperů atp.)**

Efektivita: odstranění 5-10 cm vede až k odstranění 95% kontaminace (v následujících letech klesá)

Ohodnocení: C

Poznámky: pro ornou půdu i pastviny, nevhodné pro mělkou kamenitou půdu, nevhodné pro některé typy půdy (rašelina, písčité půdy, těžký jíl), může způsobit pokles úrodnosti (nutno přihnojit), nákladné, náročné na logistiku a na uložení odstraněné půdy

b. **Použití strojů na odstraňování drnů (turf harvesters)**

Efektivita: odstranění 2-4 cm odstraní téměř všechnu kontaminaci

Ohodnocení: C

Poznámky: pro louky a půdu ležící ladem s původními druhy rostlin, vyžaduje speciální stroje

#### 3. Stabilizace povrchu půdy k zabránění resuspenze

Ohodnocení: C

#### **4. Přidání vrstvy sorbentu k zabránění migrace radionuklidů**

Ohodnocení: C

### **B. Změna využití území**

Jsou velmi variabilní (od změny odrůdy pěstované plodiny k přeměně území na les) a účinek závisí na množství sociálně-ekonomických a radioekologických faktorů. Jsou také specifické vzhledem k lokálním a národním podmínkám.

#### **1. Volba takové odrůdy plodiny, který akumuluje menší množství radionuklidu než odrůda v oblasti obvykle pěstovaná**

Efektivita: proměnlivá, redukční faktor až 4-5

Ohodnocení: A/B

Poznámky: velmi účinné a přitom jednoduché a levné opatření, vyžaduje data o odrůdách (často nejsou k dispozici)

#### **2. Volba jiné, ale srovnatelné plodiny, která akumuluje menší množství radionuklidu než plodina v oblasti obvykle pěstovaná**

Efektivita: proměnlivá, redukční faktor až 3

Ohodnocení: A/B

Poznámky: úspěšně použito po Černobylu k redukci kontaminace Cs, jednoduché a levné opatření, vyžaduje data o plodinách (často nejsou k dispozici)

#### **3. Pěstování plodin (cukrová řepa, olejniny), které jsou před spotřebou zpracovány a kontaminace je tak redukována**

Efektivita: proměnlivá, redukční faktor až 10

Ohodnocení: A/B

Poznámky: zachovává produkci potravin v oblasti, zpracováním se redukuje kontaminace finálního produktu, vyžaduje doplňková data (často nejsou k dispozici), vyžaduje likvidaci kontaminovaných zbytků

#### **4. Volba plodiny, která akumuluje menší množství radionuklidu**

Efektivita: proměnlivá, redukční faktor až 8

Ohodnocení: A/B

Poznámky: využívá se různý příjem radionuklidů různými plodinami a také různá translokace radionuklidu do jedlých částí plodiny, transfer faktor půda-rostlina roste u plodin v následujícím pořadí:  
podle Segala - obiloviny < kořenové plodiny < tráva < hlíznaté plodiny < luštěniny < listová zelenina,  
podle Arnolda - obiloviny < hlíznaté plodiny < kořenové plodiny < luštěniny < tráva < listová zelenina



## **5. Ukončit produkci potravin a pěstovat plodiny pro nepotravinářské účely (len, bavlnu, okrasné plodiny, olejniny apod.)**

Efektivita: nelze stanovit

Ohodnocení: A/B

Poznámky: změna směrem k nepotravinářské produkci, produkty nesmí způsobit nepřijatelnou expozici a mít odbyt na trhu

## **6. Použít kontaminované území k chovu zvířat neposkytujících mléko nebo k chovu zvířat neurčených k okamžité porážce**

Efektivita: různá

Ohodnocení: B

Poznámky: v případě nedostatku nekontaminovaného krmiva, se toto krmivo použije pro krmení krav na mléko a také zvířat před porážkou

## **7. Změna druhu chovaných hospodářských zvířat**

Efektivita: různá, redukční faktor až 5

Ohodnocení: B

Poznámky: náhrada ovcí a koz skotem (kontaminace mléka a masa je 2-5 krát nižší), účinek může být snížen v důsledku dalších faktorů

## **8. Změna zemědělské půdy na pastviny pro skot**

Efektivita: různá, redukční faktor od hodnoty nižší než 10 až po 100 (závisí na použitém kritériu)

Ohodnocení: B

Poznámky: masná plemena, krmení nekontaminovaným krmivem před porážkou, podstatná a nákladná změna, je nutná existence odbytu na trhu

## **9. Přeměna území na les**

Efektivita: nelze stanovit

Ohodnocení: A/B

Poznámky: kontaminace lesních produktů je obecně asi o dva řády vyšší, naproti tomu jsou pro ně přijatelné vyšší zásahové úrovně, vysoké náklady, pouze pro vysoce kontaminovanou půdu s dlouhodobou nemožností zemědělské produkce (i při aplikaci jiných opatření)

## **C. Použití „ameliorants“ a hnojiv k redukci transportu radionuklidů z půdy do rostlin**

Redukují kořenový příjem radionuklidů rostlinami. Nejdůležitějšími kontaminanty jsou Cs a Sr, jejichž chování se podobá chování K a Ca. Dalším zdrojem kontaminace je Pu a také I-129 (pro něj nejsou vyvinuta opatření).

Přidání „ameliorants“ a hnojiv je jednoduchý, nenákladný a účinný způsob redukce příjmu radionuklidů plodinami, který má malý vliv na životní prostředí. Může být kombinován s orbou.

Úspěšné použití tohoto opatření závisí na vlastnostech půdy, které ovlivňují chování Cs a Sr. Přidáním solí K a Ca se sníží množství rozpuštěného Cs a Sr v půdě, přidáním jílu nebo zeolitů se jejich ionty imobilizují a přidání jiných látek (např. fosfátů) dojde s spolusrážení nerozpustných solí obsahujících ionty Cs a Sr.

Tato opatření se musí vybírat s ohledem na místní typ a složení půdy, druh pěstované plodiny a charakter kontaminace (vzhledem k složitým procesům probíhajícím při příjmu radionuklidů kořenovou cestou rostlinami).

Nejsou tak účinná v oblasti s intenzivní zemědělskou výrobou, která už před tím používala velká množství hnojiv.

Podrobně se tímto druhem opatření dále zabývat nebudeme. Jejich výběr je příliš složitý, než aby mohl být prováděn automaticky.

## D. Opatření týkající se živočišných produktů

Kontaminace živočišných produktů závisí na množství a rychlosti příjmu radionuklidů zvířetem, jeho metabolismu a rychlosti vylučování radionuklidu (v moči, výkalech a mléce). Zvířata přijímají radionuklidy stejnými cestami jako lidé. Dominantní cestou je ingesce a konkrétně absorpce radionuklidů v trávicím ústrojí (většinou probíhá v žaludku a tenkém střevu). Radionuklidy jsou absorbovány v různém rozsahu: Cs je absorbováno kompletně, aktinoidy pouze nepatrně. Aktinoidy a Sr mají tendenci se usazovat v kostech, Cs je rozloženo v měkkých tkáních, I se akumuluje ve štítné žláze.

Stupeň kontaminace je kvantifikován pomocí transfer koeficientů (poměr rovnovážné objemové aktivity radionuklidu v masě nebo mléce a denního příjmu radionuklidu), které jsou uvedeny pro jednotlivé produkty hospodářských zvířat a radionuklidy v Tabulka 4.

		Transfer koeficienty (faktory)		
		[d/l nebo d/kg]		
		I-131	Cs-134,137	Sr-90
Skot	mléko	0,010	0,0079	0,0028
	hovězí maso	0,038	0,051	0,0080
Ovce	mléko	0,49	0,058	0,056
	jehněčí maso	0,030	0,49	0,33
Kozy	mléko	0,43	0,10	0,028
	kozí maso		0,23	0,0028
Prasata	vepřové maso	0,0033	0,24	0,040
Drůbež	drůbeží maso	0,0110	12,0	0,080
	vejce	1,0	0,45	0,18

**Tabulka 4: Rovnovážné transfer koeficienty (faktory) pro různé živočišné produkty a nejdůležitější radionuklidy**

K výpočtu kontaminace živočišných produktů je třeba také znát množství přijatého krmiva hospodářskými zvířaty viz Tabulka 5 (zdroj: IAEA Handbook of Parameter Values for the Prediction of Radionuclide Transfer in Temperate Environments).

Opatření proti kontaminaci živočišných produktů spadají do 4 kategorií:

- omezení přísunu radionuklidů v krmivu,
- snížení absorpce požitých radionuklidů,

- blokování vstupu radionuklidů do orgánů a jejich transportu orgány,
- zvýšení vylučování v těle naakumulovaných radionuklidů.

Neúčinnější jsou první dvě kategorie opatření.

Druh hospodářského zvířete	Denní příjem krmiva [kg/d] (suchá hmotnost)		Denní příjem vody [l/d]
	Očekáváno	Rozsah	
Dojící krávy	16,1	10-25	50-100
Býci a jalovice na maso (500 kg)	7,2	5-10	20-60
Telata (160 kg)	1,9	1,5-5,3	5-15
Dojící kozy	1,3	1,0-3,5	5-10
Dojící ovce	1,3	1,0-2,5	5-8
Jehňata (50 kg)	1,1	0,5-3,0	6-10
Prasata (110 kg)	2,4	2,0-3,0	6-10
Snášejíci slepice	0,1	0,07-0,15	0,1-0,3
Kuřata	0,07	0,05-0,15	0,1-0,3

**Tabulka 5: Denní příjem suchého krmiva a vody hospodářskými zvířaty**

Opatření jsou v následujícím textu rozdělena na obecná (proti všem radionuklidům) a na speciálně působící proti Cs-134,137 a Sr-90. Opatření proti I-131 jsou popsána v kapitole II) v bodech 5. a 6. na str.14.

## OBEČNÁ OPATŘENÍ

### 1. Odsun hospodářských zvířat z kontaminovaných pastvin a/nebo krmení nekontaminovaným krmivem

Ohodnocení: A/B

Poznámky: stejné jako I) 1. a II) 1. pouze prováděné po delší dobu

### 2. Pěstování píce s nižší tendencí ke kontaminaci

Ohodnocení: A/B

Poznámky: pěstování plodiny s nejnižšími transfer faktory (viz řada v kapitole: III) B. 4. na str.16) může snížit přenos radionuklidů z půdy do živočišných produktů 5-10 krát

### 3. Použit kontaminované území k chovu zvířat neposkytujících mléko nebo k chovu zvířat neurčených k okamžité porážce

viz bod III) B. 6. na str. 17

### 4. Změna druhu chovaných hospodářských zvířat

viz bod III) B. 7. na str. 17.

### 5. Změna určení živočišných produktů od lidské spotřeby ke spotřebě zvířaty

Ohodnocení: B

Poznámky: v případě masa problém vzhledem k existenci chorob jako je BSE

### 6. Zničení živočišných produktů

Ohodnocení: A/D

Poznámky: vzniká množství odpadu, které je nutno zpracovat a uložit

## OPATŘENÍ PROTI Cs-134,137

### **7. Zvýšení výšky seče při sklizni pícnin včetně trávy, siláže, sena a obilovin**

Ohodnocení: A

Poznámky: nižší části rostlin jsou více kontaminovány

### **8. Monitorování živých zvířat, aby na porážku nešla nejvíce kontaminovaná zvířata**

Ohodnocení: A

Poznámky: na jatkách či na farmě se určí zvířata, nevhodná na porážku, pak se mohou krmit nekontaminovanou stravou, vyžaduje to monitorovací zařízení a jejich obsluhu

### **9. Změna doby porážky ke snížení kontaminace zvířat**

- a. zvířata se porazí před příchodem oblaku nebo hned po skončení depozice,
- b. porážka se po depozici zpozdí,
- c. porážka se přesune do období roku, kdy je kontaminace zvířat nízká (zvěřina).

Ohodnocení: A/B

Poznámky: mohou nastat problémy s kapacitou jatek a skladovacích prostor, s odbytem na trhu, výtěžnost masa klesne, je potřeba monitorovat zvířata

### **10. Nekrmit hospodářská zvířata vysoce kontaminovanými krmivy**

- a. pěstovat méně kontaminovaná krmiva
- b. nekrmit prasata vysoce kontaminovanou syrovátkou

Ohodnocení: A/B

### **11. Přídavek chemických látek redukcí absorpci Cs-134,137 v žaludku**

Spousta metod, které nebudeme podrobně popisovat.

### **12. Zvýšení obsahu vlákniny v krmivu**

Ohodnocení: A/D

Poznámky: není dostatečně prozkoumáno

## OPATŘENÍ PROTI Sr-90

### **13. Krmení zvířat krmivem s vysokým obsahem Ca k redukcí obsahu Sr v mléce**

Ohodnocení: A

Poznámky: redukční faktor 1,5-3 v závislosti na původním obsahu Ca v krmivu, nákladné

### **14. Přídavek alginátů do krmiva ke snížení absorpce ve střevech**

Ohodnocení: D (nebudeme se zabývat)

## **E. Opatření týkající se sladkovodních ryb a rybích farem**

Neбудeme se jimi zabývat. (HAVAR neuvažuje příspěvek ze sladkovodních ryb k dávce z ingesce).

## **F. Opatření v lesích**

Budeme se zabývat pouze opatřeními týkajícími se lesních produktů určených ke konzumaci lidmi (lesní plody, houby a zvěřina).

## 1. Změna sběru lesních produktů a přípravy z nich vyrobených potravin

Efektivita: vysoce účinné v případě pravidelných konzumentů lesních produktů

Ohodnocení: A

Poznámky: zákaz sběru vysoce kontaminovaných produktů jako např. hub a vhodná příprava redukující jejich kontaminaci

## 2. Změna lovecké sezóny tj. doby odstřelu (redukce kontaminace zvěřiny)

Efektivita: redukční faktor 2-3 pro obsah Cs-137 v mase (závisí to na sezónních změnách ve složení stravy zvěře)

Ohodnocení: A

Poznámky: obvykle přesun lovecké sezóny z podzimu na jaro (velmi účinné opatření v oblastech s velkou úrodou podzimních hub, které jsou součástí potravy zvěře), přesunutá lovecká sezóna může zasahovat do období rození mláďat – etický problém

## IV) OPATŘENÍ PŘI ZPRACOVÁNÍ A PŘÍPRAVĚ POTRAVIN

Mohou být prováděna v domácnostech (nelze se spolehnout, že bude provedeno a správně provedeno) i průmyslově (lze lépe regulovat).

Z toho plyne: pro domácnosti – doporučení, v průmyslu – opatření.

Produkty kontaminované krátkodobými radionuklidy mohou být po zpracování konzervací, mražením nebo sušením skladovány po dobu, za kterou dojde k fyzikálnímu rozpadu aktivity. Významné redukce kontaminace krátko- i dlouhodobými radionuklidy lze dosáhnout i při obvyklé přípravě, vaření a zpracování potravin.

Procesy zpracování potravin lze rozdělit následovně:

- očištění povrchu (praní, oplachování, kartáčování),
- selektivní odstranění nejvíce kontaminovaných částí (oloupaní, odstranění vnějších listů, vykostování),
- procesy jako blanšírování, marinace, výroba sýrů, olejová extrakce.

Efekt zpracování potravin lze kvantifikovat dvěma způsoby:

- **retenční faktor** (pro zpracování potravin) –  $F_r$  = frakce radionuklidu, která v potravine zůstává po zpracování,
- **efektivita zpracování** –  $P_e$  = podíl hmotnosti produktu zpracování a hmotnosti původní formy potraviny.

Výsledný produkt má tedy  $F_r/P_e$  krát vyšší (nebo nižší) kontaminaci než původní<sup>2</sup>.

---

<sup>2</sup> Poznámka: Je třeba brát v úvahu následující:

- efekt vaření se projeví jen tehdy není-li voda z vaření zkonsumována v jiné formě,
- těstoviny při vaření absorbují vodu,
- radionuklidy odstraněné při přípravě potravy mohou být použity jako krmivo a zvýšit kontaminaci příslušných živočišných produktů.

## **1. Mléčné produkty**

Hodnoty  $F_r$  a  $P_e$  pro různé procesy zpracování mléka jsou uvedeny v Tabulka 6.

Také vedlejší produkty zpracování mléka jsou většinou využity, takže jen malá část radionuklidů je odstraněna z potravního řetězce.

Je také nutno brát ohled na dostatečnou nutriční hodnotu (obsah Ca) stravy obyvatel.

Všechny tři druhy radionuklidů přechází spíše do vodní frakce mléka, v tuku zůstává nejvyšší podíl I. Většina Sr a I má tendenci přecházet do sýrů. Cs zůstává hlavně ve vodní fázi a jeho obsah ve smetaně, máslu a sýrech je poměrně nízký.

Výjimkou je kozí sýr vyrobený ze syrovátky, kde je poměrně vysoký obsah Cs.

Pro všechny radionuklidy je přenos do sýru nižší v případě kyselé koagulace než v případě rennet koagulace (zejména pro Sr).

## **2. Maso (saviců, ptáků a ryb)**

Hodnoty  $F_r$  a  $P_e$  pro různé procesy zpracování masa jsou uvedeny v Tabulka 7.

Nejefektivněji je Cs odstraněno vařením, nakládáním a marinací, a také výrobou uzenin.

Mechanické odstraňování kostí ze zvířat kontaminovaných Sr zvyšuje kontaminaci masa.

## **3. Ovoce, zelenina, brambory a obilniny**

Hodnoty  $F_r$  a  $P_e$  pro různé procesy zpracování ovoce a zeleniny odvozené z celkové kontaminace plodiny jsou uvedeny v Tabulka 8 a odvozené pouze z povrchové kontaminace v Tabulka 9.

Hodnoty  $F_r$  a  $P_e$  pro různé procesy zpracování brambor a kořenové zeleniny jsou uvedeny v Tabulka 10.

Hodnoty  $F_r$  a  $P_e$  pro různé procesy zpracování obilovin jsou uvedeny v Tabulka 11.

U ovoce a zeleniny je důležité rozlišovat, zda jde o povrchovou kontaminaci z depozice nebo o kontaminaci kořenovou cestou. Praní, mytí, oškrábání, oloupaní nebo odstranění slupky jsou jednoduché, obecně použitelné a přitom efektivní metody snížení povrchové kontaminace a kontaminace vázané na slupku, navíc jsou součástí běžné přípravy potravin.

Kontaminace některých produktů (např. hub) může být vysoká a přitom přetrvávat po dlouhou dobu po depozici. Nicméně většina radiocesia z hub může být odstraněna vařením, předvařením a namočením usušených hub.

Produkt	Retenční faktor $F_r$						Efektivita zpracování $P_e$	
	Sr		Cs		I		Odhad	Rozsah
	Odhad	Rozsah	Odhad	Rozsah	Odhad	Rozsah		
Smetana	0,07	0,04-0,25	0,05	0,03-0,25		0,06-0,19	0,08	0,03-0,24
Odstředěné mléko	0,93	0,75-0,96	0,95	0,85-0,99		0,81-0,94	0,92	0,76-0,97
Máslo	0,006	0,0025-0,012	0,01	0,0003-0,16		0,035-0,01	0,04	0,03-0,05
Podmáslí	0,06	0,03-0,07	0,05	0,02-0,13		0,05-0,13	0,04	0,03-0,14
„Butterfat“		0,001-0,002	0		0,02		0,04	0,04-0,04
Sušené mléko	1		1		1		0,12	
Sýr kozí	0,61			0,07-0,15		0,08-0,14	0,12	0,08-0,17
Sýr kravský (rennet)		0,025-0,80	0,07	0,05-0,23	0,20	0,11-0,53	0,12	0,08-0,18
Sýr kravský (acid)		0,04-0,08		0,11-0,12		0,22-0,27	0,10	0,08-0,12
Tvaroh (rennet)		0,07-0,17		0,01-0,05				
Tvaroh (acid)	0,22							
Jogurt			0,34					
Syrovátka (acid)		0,20-0,80		0,73-0,96		0,47-0,89	0,90	0,70-0,94
Syrovátka (rennet)		0,70-0,90		0,75-0,90		0,60-0,73	0,82	
„Casein“ (acid)		0,10-0,85		0,01-0,08		0,02-0,12		0,03-0,06
„Casein“ (rennet)		0,05-0,08		0,01-0,04		0,03-0,04		0,01-0,06
„Casein“ syrovátka (acid)		0,08-0,16		0,77-0,83		0,69-0,82	0,76	0,73-0,79
„Casein“ syrovátka (rennet)		0,67-0,86		0,83-0,84		0,78-0,80	0,78	0,75-0,79
Mléko dekontaminované (výměna iontů)	0,1		0,01		0,1			

**Tabulka 6: Retenční faktory pro zpracování  $F_r$  a efektivita zpracování  $P_e$  mléčných produktů**

Červeně jsou označeny nejlepší odhady.

Původní produkt	Metoda zpracování	Retenční faktor $F_r$							Efektivita zpracování $P_e$	
		Sr		Cs		I		Ru	Odhad	Rozsah
		Odhad	Rozsah	Odhad	Rozsah	Odhad	Rozsah	Odhad		
Maso savců (skotu, prasat, ovcí, vysoké, králíků)	Vaření masa	0,5	0,4-0,9	0,4	0,2-0,7	0,6		0,3	0,7	
	Vaření kostí	0,999			0,2-0,3	0,98		0,7	1,0	
	Smažení, pečení a grilování masa	0,8			0,5-0,8					0,4-0,7
	Pečení v mikrovlnné troubě				0,4-0,5					
	Nakládání namokro				0,1-0,7					0,4-0,7
	Nakládání nasucho			0,8					0,9	
	Marinování				0,1-0,6					
Výroba uzenin				0,4-1,0						
Ptáci	Vaření masa	0,5								
Ryby	Vaření masa	0,9		0,7	0,2-0,9		0,5-0,9			
	Smažení masa				0,8-0,9		0,7-0,8			

**Tabulka 7: Retenční faktory pro zpracování  $F_r$  a efektivita zpracování  $P_e$  masa (saviců, ptáků a ryb)**

Červeně jsou označeny nejlepší odhady.



Původní produkt	Metoda zpracování	Retenční faktor $F_r$		Efektivita zpracování $P_e$
		Sr	Cs	
Špenát	Praní	0,4-1	0,6	1
	Praní a povaření	0,4-1	0,5-0,6	0,8
	Vaření a opláchnutí	0,9	1	0,7
	Konzervace	0,5	0,2	0,7
	Mražení	1		0,7
Salát hlávkový	Odstranění nejedlých částí		0,5	0,7
	Povaření	0,3-0,9	0,1-0,6	0,5
Zelí a kapusta	Marinování		0,9	0,9
	Praní	0,3	0,9	1
	Praní a povaření	0,4-1	0,1-1	0,7
	Vaření a opláchnutí	0,8		0,7
	Konzervace	0,2-0,9	0,7	0,7
	Mražení	0,4	0,2	0,7
Květák	Oloupání (listů)		0,5	0,7
Fazole	Praní	0,1		1
	Povaření	0,3-1	0,6-0,9	0,9
	Konzervace	0,3-0,8	0,4-1	
	Pěnová flotace	0,4-0,6	1	
	Konzervace solí	0,6	1	
Rajčata	Omytí	0,7		1
	Oloupání a nakrájení	0,7		0,9
	Konzervace	0,8		
	Mražení	0,5		0,5
Cibule	Oloupání, omytí a vaření	0,5		
Houby	Vaření	0,7-0,9	0,2-0,5	0,6
	Vaření ve 2% roztoku soli	0,2		
	Konzervace	0,5		
	Předvaření	0,1-0,4		
	Namočení usušených hub	0,1-0,2		
	Předvaření, osolení a namočení	0		
Okurky	Nakládání		0,15	
	Konzervace	0,35	0,06	
Hrášek	Oloupání	0,5		0,9
	Konzervace	0,5		
	„Lye peeling“	0,09	0,03	
Jahody	Opláchnutí	0,7	0,6	0,1
Bobule	Výroba pyré		0,6-0,8	0,6-0,8
	Opláchnutí		0,8	

**Tabulka 8: Retenční faktory pro zpracování  $F_r$ , a efektivita zpracování  $P_e$  zeleniny a ovoce (data založená na celkové kontaminaci plodiny)**

Původní produkt	Metoda zpracování	Retenční faktor $F_r$			Efektivita zpracování $P_e$
		Sr	Cs	I	
Špenát	Praní	0,2	0,2-0,9	0,07-0,8	1
	Praní a povaření	0,4-0,7	0,2-0,9	0,6-0,7	0,8
	Vaření a opláchnutí			0,4	
Salát hlávkový	Praní		0,2-1	0,1-0,5	1
	Odstranění nejedlých částí		0,1-0,4	0,1-0,4	0,7
Zelí a kapusta	Odstranění nejedlých částí		0,9	0,5	0,8
	Praní	0,07	0,09	0,4	1
	Praní a povaření	0,3	0,2-0,7		0,7
	Vaření a opláchnutí			0,2-0,5	0,7
Květák	Oloupání (listů)		0,05-0,2	0,03	0,7
Fazole	Praní				1
	Povaření	0,3	0,3	0,7	0,9
	Pěnová flotace	0,4	0,4	0,2	
	Konzervace solí	0,4	0,4		
Rajčata	Omytí			0,5	1
	Vaření			0,2	0,7
Cibule	Odstranění nejedlých částí		0,2	0,2	0,9
	Omytí		0,3	0,2	1
Houby	Vaření ve 2% roztoku soli		0,3		
Bobule	Opláchnutí	0,8-0,9			
	Výroba pyré				0,6-0,8
	Vaření	0,3-0,5	0,2		

**Tabulka 9 : Retenční faktory pro zpracování  $F_r$  a efektivita zpracování  $P_e$  zeleniny a ovoce (data založená pouze na vnější kontaminaci plodiny)**

Původní produkt	Metoda zpracování	Retenční faktor $F_r$			Efektivita zpracování $P_e$
		Sr	Cs	Pu, Am	
Brambory	Vaření ve slupce	0,9-1	0,8-0,9		0,9
	Oloupání	0,5-0,9	0,6-0,8	0,1-1	0,8
	Oloupání a vaření	0,7-0,8	0,6		0,8
	Mražení	0,6			0,6
	Vaření ve slupce v mikrovlnné troubě		0,8		0,8
	Vaření oloupaných v mikrovlnné troubě		1		0,6
	Konzervace	0,7	1		
	Dekontaminace	0,5	0,05-0,2		
Mrkev	Oškrábání, omytí a vaření	0,8			0,8
	Oloupání	0,7	0,5	0,4	0,8
	Vaření neoloupané		0,5-0,8		0,8-0,9
	Vaření neoloupané v mikrovlnné troubě		0,7		0,8
	Vaření oloupané v mikrovlnné troubě		0,5		0,7
Řepa (bulvy)	Oloupání	0,8	0,4-0,7	0,45	0,8
	Vaření neoloupané		0,3-0,7		0,9
	Vaření a oloupání		0,3		0,8
	Vaření neoloupané v mikrovlnné troubě		0,4		0,75
	Vaření oloupané v mikrovlnné troubě		0,3		0,7
Pastinák	Oloupání	0,7	0,6	0,3	
Tuřín	Oloupání	0,65	0,6	0,7	

**Tabulka 10: Retenční faktory pro zpracování  $F_r$  a efektivita zpracování  $P_e$  brambor a kořenových produktů**

Původní produkt	Metoda zpracování	Retenční faktor $F_r$			Efektivita zpracování $P_e$
		Sr	Cs	Pu, Am	
Pšenice (zrna)	Mletí na bílou mouku	0,09-0,5	0,2-0,6	0,1-0,2	0,7
	Mletí na tmavou mouku	0,1-0,2	0,05-0,1		0,05-0,1
	Mletí na semolinu		0,15-0,5		0,2-0,3
	Mletí na otruby	0,6-0,9	0,5-0,6		0,1-0,2
	Vaření obilných klíčků		0,9		1,8
	Rozdrcená nebo „puffing“		0,1-0,15		0,9-0,95
Tvrdá pšenice (zrna)	Mletí na mouku		0,1-0,6		0,08-0,8
	Mletí na kroupy a krupici		0,3-0,4		0,6-0,7
	Mletí na otruby		0,4-0,5		0,2
Žito (zrna)	Mletí na bílou mouku	0,6	0,3-0,6	0,2	0,6-0,8
	Mletí na tmavou mouku		0,2		0,1
	Mletí na otruby		0,35-0,7		0,15-0,4
	Vaření žitných klíčků		0,8-0,9		1,9-2,4
Ječmen (zrna)	Mletí na bílou mouku	0,5	0,2-0,6	0,1-0,2	0,6-0,8
	Mletí na semolinu		0,35		0,1
	Mletí na otruby		0,4		0,4
Oves (zrna)	Mletí na bílou mouku	0,3	0,4	0,4	0,4
Těstoviny	Vaření		0,8-0,9		2,2

*Tabulka 11: Retenční faktory pro zpracování  $F_r$  a efektivita zpracování  $P_e$  obilovin*

## 3.2. Materiály EC

### 3.2.1. EURATOM 770/90

Celý název je: COMMISSION REGULATION (EURATOM) No 770/90 of 29 March 1990.

Na základě zkušeností a názorů expertů se ukázalo, že nejvyšší přípustné úrovně radioaktivní kontaminace krmiv jsou potřebné pouze pro izotopy Cs.

Nejvyšší přípustné úrovně radioaktivní kontaminace krmiv jsou uvedeny v Tabulka 12.

Druh zvířete	Objemová aktivita [Bq/kg]
Prasata	1.250
Drůbež, jehňata, telata	2.500
Ostatní	5.000

**Tabulka 12: Nejvyšší přípustné úrovně radioaktivní kontaminace krmiv izotopy Cs**

Poznámky:

1. Tyto nejvyšší přípustné úrovně radioaktivní kontaminace krmiv přispívají k dodržování nejvyšších přípustných úrovní radioaktivní kontaminace potravin; nejsou však zárukou jejich dodržení za všech okolností a nesnižují požadavky na sledování úrovně kontaminace živočišných produktů určených k lidské spotřebě.
2. Tyto úrovně se aplikují na krmiva v době jejich spotřeby.

### 3.2.2. Evropský manuál Vnějšího havarijního plánování a odezvy na jaderné havárie

V originále:

(A European Manual for „Off-site Emergency Planning and Response to Nuclear Accidents“, December 2002)

#### 3.2.2.1. Principy intervence:

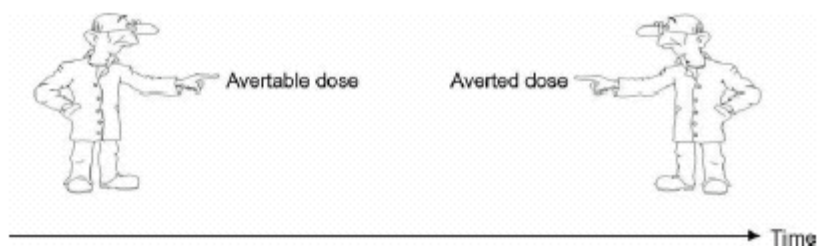
V tomto materiálu jsou v kapitole Principy intervence zajímavým a názorným způsobem definovány následující pojmy:

**Předpokládaná dávka** = celková dávka obdržená ze všech cest od počátku havárie (bez zavedení opatření).

**Odvratitelná dávka** = individuální dávka, kterou lze odvrátit opatřením, tj. rozdíl mezi očekávanou dávkou bez opatření a očekávanou dávkou obdrženou v případě zavedení opatření.

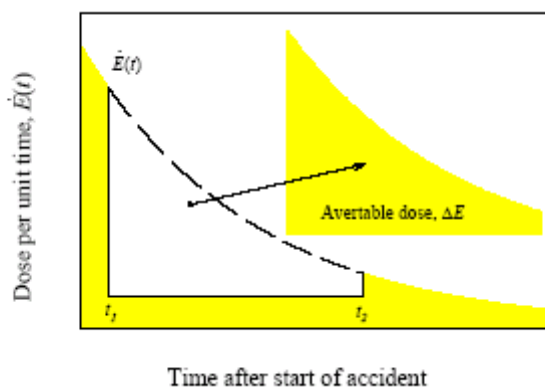
**Odvrácená dávka** = individuální dávka, která nebyla obdržena v důsledku provedení opatření.

Rozdíl mezi odvratitelnou a odvrácenou dávkou je ilustrován na Obrázek 1. Odvratitelná dávka je chápána jako eventuelní v okamžiku rozhodování o opatření, kdežto odvrácená dávka je nahlížena retrospektivně, tj. až po skončení platnosti opatření.



**Obrázek 1: Rozdílné chápání odvratitelné a odvrácené dávky.**

Příklad výpočtu odvratitelné dávky v důsledku přesídlení (počátek v čase  $t_1$  a konec v čase  $t_2$ ) je uveden na Obrázek 2. Je natolik názorný, že nepotřebuje komentář.



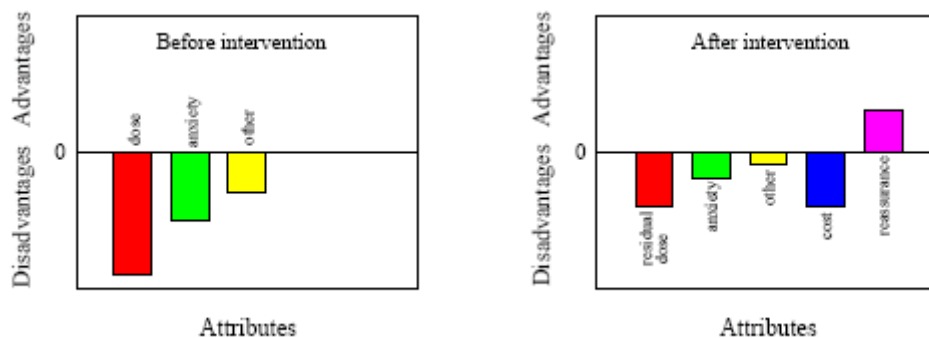
**Obrázek 2: Příklad výpočtu odvratitelné dávky.**

### 3.2.2.2. Oprávněnost intervence

Základní doporučené (dle ICRP) principy intervence jsou následující:

1. Navrhovaný zásah musí přinášet více užitku než škody; tzn. že snížení škody způsobené snížením dávky musí dostatečně ospravedlnit újmu a náklady, včetně sociálních, vzniklé v důsledku zavedení opatření. (Oprávněnost intervence)
2. Forma, měřítko a doba trvání intervence by měly být optimalizovány tak, že čistý přínos snížení dávky, tzn. přínos z redukce radiačních následků snížený o škodu spojenou s intervencí, by měl být maximalizován. (Optimalizace ochrany)

Obrázek 3 ilustruje způsob, jakým se provádí rozhodnutí o oprávnění intervence. Před intervencí všechny atributy pro posuzování představovaly nevýhody (levá strana). Po intervenci došlo ke změně nevýhodnosti stávajících atributů a přibýly nové atributy, některé výhodné a některé nevýhodné (pravá strana).



**Obrázek 3: Posuzování oprávněnosti intervence**

### 3.2.2.3. Zásahové úrovně

European Basic Safety Standards je definují následujícím způsobem:

**Zásahová úroveň** je úroveň odvratitelné ekvivalentní dávky, efektivní dávky nebo odvozená hodnota, od které by mělo být zvažováno provedení (intervenční) opatření.

Pokud je dávka odvratitelná zavedením opatření vyšší než zásahová úroveň, opatření by mělo být provedeno. Odvrácená dávka je potom minimálně vyšší než zásahová úroveň.

### 3.2.2.4. Opatření v pozdní fázi

V této fázi pochází největší riziko z radioaktivního materiálu deponovaného na půdě (externí ozáření, ingesce a resuspenze). Na lokálních podmínkách závisí, zda bude dominovat externí ozáření nebo ingesce.

Hlavními opatřeními prováděnými v pozdní fázi jsou:

- přesídlení/znovuosídlení,
- potravinová omezení,
- dekontaminace půdy.

#### 3.2.2.4.1 Přesídlení a znovuosídlení

**Přesídlení** = přemístění obyvatelstva z území zasaženého havárií na delší dobu (týdny, měsíce, roky) s cílem odvrátit expozici z materiálu deponovaného na povrchu (externí ozáření, resuspenze).

Vzhledem k předpokládané délce trvání se rozlišuje **přechodné** (předpokládán návrat po rozumné době) a **trvalé** (návrat se nepředpokládá) přesídlení.

Doporučené hodnoty zásahových úrovní pro přechodné a trvalé přesídlení podle EU jsou uvedeny v Tabulka 13.

Opatření	ZÚ dle doporučení EU
Přechodné přesídlení	10 mSv za měsíc
Trvalé přesídlení	1 Sv celoživotně

**Tabulka 13: Doporučené zásahové úrovně pro přechodné a trvalé přesídlení dle EU**

#### **3.2.2.4.2 Potravinová omezení a zemědělská opatření**

V tomto materiálu jsou rozlišeny dva typy opatření:

- potravinová omezení/zákazy,
- zemědělská opatření.

Před zavedením zákazu potravin je nutno zvážit aplikaci zemědělských opatření.

Nebyla zde jmenována žádná zemědělská opatření, která by už nebyla popsána v kapitole 3.1.4.

Maximální povolené úrovně kontaminace potravin udává Council Regulation (EURATOM) No. 3954/87 of 22/12/1987. Jejich hodnoty jsou shodné s hodnotami stanovenými Vyhláškou SÚJB 307/2002 a uvedené v Tabulka 2.

#### **3.2.2.4.3 Dekontaminace a čištění**

Jejich cílem je redukce vnějšího ozáření z deponované aktivity, snížení přenosu aktivity do lidského organismu, zvířat a potravin a snížit resuspenzi aktivity.

Kromě opatření opět popsaných v kapitole 3.1.4 jsou zde uvedena skupina opatření nazvaná **Biologická dekontaminace půdy rostlinami:**

- biosorpce – využití rostlin k sorpci radionuklidů z kapalin ( FJFI se v současné době zabývá tzv. fytoremediací),
- „bioleaching“ – využití mikroorganismů ke zvýšení rozpustnosti radionuklidů.



### 3.3. RODOS

Ve zprávě [3] je popisován modul následných (pozdních) opatření (LCMT - terrestrial late countermeasures module - jeho programová struktura a logika je uvedena v Appendix A) kódu RODOS4.0, rozdělený na část (sub-modul) týkající se přesídlení, část zabývající se zemědělskými (potravinovými) opatřeními a část týkající se dekontaminace.

RODOS může pracovat jednak v automatickém a jednak v interaktivním módu:

**A) Automatický mód** má poskytnout uživateli rychlou informaci o rozsahu následků.

**B) Interaktivní mód** umožňuje volbu variant výpočtu a v důsledku toho vyhodnocení různých strategií postupu a účinnosti jednotlivých opatření a jejich kombinací.

V interaktivním módu volí uživatel jednu ze čtyř následujících možností:

1. **přesídlení + potravinová opatření** (default)
2. pouze **přesídlení**
3. pouze **potravinová opatření**
4. pouze **dekontaminace**

Tyto čtyři varianty představují tzv. **výzkumný** mód, který umožňuje dosažení plné flexibility a výpočet všech výsledků.

Další variantou (5.) je tzv. **rozhodovací** mód (vyhodnocení probíhá v sub-systému ESY), který slouží k vyhodnocení efektivity zemědělských opatření a jejich porovnání.

#### 3.3.1. Přesídlení

Přesídlení obyvatelstva z oblasti zasažené aktivitou uvolněnou při radiální mimořádné situaci je v závislosti na závažnosti kontaminace trvalé nebo přechodné:

- **Trvalé přesídlení** je přestěhování obyvatel z oblasti s tím, že není očekáván jejich návrat. Nicméně, území může být opět po delší době odblokováno a může být znovu osídleno (jinými obyvateli).
- **Přechodné přesídlení** je přestěhování obyvatel z oblasti na dosti dlouhou, ale omezenou dobu.

V důsledku přesídlení je obyvatelstvo po dobu přesídlení chráněno před:

- externím ozářením z **povrchu**,
- interním ozářením z inhalace **resuspenzovaných** látek.

**Odvrácená individuální efektivní dávka** pro přesnější posouzení nutnosti provedení přechodného či trvalého přesídlení se určí jako součet individuálního úvazku efektivní dávky z inhalace za specifikované období a individuálního úvazku efektivní dávky z externího ozářením za stejné specifikované období (pro náš případ 1 měsíc).

**Začátek přesídlení** je dán okamžikem, kdy dojde k překročení **zásahové úrovně** (kritéria) pro zavedení tohoto opatření (u kterékoli věkové kategorie obyvatelstva – výpočet probíhá vždy pouze pro 1 zvolenou uživatelem). Začátek sledování kritéria pro přesídlení obyvatelstva zadává uživatel.

Uživatel také zadává **dobu zdržení** od startu přesídlení do jeho dokončení (doba implementace – během ní dále roste dávka pro osoby, které ještě nebyly přesídleny, protože nelze přesídlit všechny hned a najednou).

Se **zásahovou úrovní** (uvolňovacím kritériem) pro ukončení přechodného přesídlení je porovnávána individuální efektivní dávka obdržena za specifikované období (začátek je stejný jako začátek přesídlení, perioda výpočtu je dána dobou integrace stanovenou v kritériu, pro náš případ 1 měsíc). Po poklesu její hodnoty pod hodnotu kritéria je přechodné přesídlení ukončeno.

Pokud nutná **doba trvání** přechodného přesídlení přesáhne maximum zadané uživatelem, je přesídlení považováno za trvalé.

### **Kombinace přesídlení a dalších opatření**

Na přesídlení má vliv i předchozí provedení evakuace a také souběžné zákazy potravin a dekontaminace:

V případě, že došlo k **evakuaci**, porovnává se vypočtená dávka s kritériem pro přesídlení až od okamžiku konce evakuace. Po dobu evakuace je individuální efektivní dávka nulová.

Pokud je na nějakém území splněno kritérium pro přesídlení (bez zavedení opatření), je vypočten efekt **dekontaminace** (5 různých strategií v jednom běhu výpočtu) a poté přehodnocena nutnost přesídlení.

Pokud uživatel zvolil kombinaci vyhodnocení nutnosti přesídlení a **zákazů potravin** v interaktivním módu, je uvažován vliv přesídlení na produkci potravin a potravinová opatření.

### **Re-kontaminace v důsledku dlouhodobé disperze**

Pokud dojde po primární depozici k dalším průchodům mraku nad daným místem, tj. dojde k více depozicím, jsou vypočteny dávky z externího ozáření a resuspenze pro každou zvlášť a potom sumarizovány na celkovou individuální dávku pro porovnání s kritériem pro přesídlení.

### **Vstupní data sub-modulu přesídlení:**

- evakuace – ano/ne,
- zásahová úroveň (kritérium) pro zavedení přesídlení + doba integrace,
- kritérium pro zrušení přesídlení + doba integrace,
- čas, kdy je poprvé uvažováno přesídlení (začátek výpočtu),
- doba potřebná pro provedení přechodného přesídlení,
- totéž pro trvalé přesídlení,
- maximální doba trvání přechodného přesídlení,
- věková kategorie.

### **Výstupní data sub-modulu přesídlení:**

A) automatický mód:

- **doba, kdy je možno ukončit přechodné přesídlení [dny]** – pro jednotlivé body sítě,
- **postížená plocha, kde je třeba provést přesídlení [km<sup>2</sup>]** – fce času,
- **počet obyvatel, kteří mají být přesídleni** – fce času.

B) interaktivní mód:

- **obdržená celoživotní individuální efektivní dávka [Sv]** – bere se v úvahu přesídlení, výpočet probíhá pro dospělé a dvě další věkové kategorie, a také pro zvolený orgán, výsledky jsou zobrazeny v mapě,
- **odvrácená kolektivní efektivní dávka [manSv]** – pouze pro dospělé, uživateli je předložena dávka z resuspenze, externího ozáření a sumace přes všechny cesty ozáření ve formě textu,
- **doba, kdy je možno ukončit přechodné přesídlení** – viz bod A),

- **postižená plocha, kde je třeba provést přesídlení** – viz bod A),
- **počet obyvatel, kteří mají být přesídlení** – viz bod A),
- **mapa ukazující, zda byla v daném bodě mřížky provedena dekontaminace,**
- **celkové množství prostředků potřebných pro dekontaminaci** – násobek dekontaminované plochy a prostředků potřebných na jednotku plochy, dále je jako text zobrazena v člověko-hodinách práce potřebná na dekontaminaci a v kg množství odpadu vytvořeného při dekontaminaci.

Další výstupy pocházejí z modulů ZDRAVÍ a EKONOMIKA.

Způsob rozhodování o provedení přesídlení i o jeho ukončení respektive jeho změně z přechodného na trvalé je velmi podobný tomu, co je předepsáno ve Vyhlášce SÚJB 307/2002. Nebere však v úvahu prvotní kritérium pro zavedení tohoto opatření, které je dáno v Tabulka 1 v řádku pro přesídlení obyvatelstva.

### 3.3.2. Zemědělská opatření

Opatření v tomto sub-modulu se týkají následujících potravin:

- jarní pšenice (celá),
- jarní pšenice (mouka),
- jarní pšenice (otruby),
- ozimá pšenice (celá),
- ozimá pšenice (mouka),
- ozimá pšenice (otruby),
- žito (celé),
- žito (mouka),
- žito (otruby),
- oves,
- brambory,
- listová zelenina,
- kořenová zelenina,
- plodová zelenina,
- ovoce,
- bobule,
- kravské mléko,
- kondenzované mléko,
- smetana,
- máslo,
- sýr (rennit),
- sýr (acid),
- kozí mléko,
- ovčí mléko,
- hovězí maso (z krávy),
- hovězí maso (z býka),
- telecí maso,
- vepřové maso,
- jehněčí maso,
- kuřecí maso,
- srnčí maso,

- vejce,
- pivo.

Následuje **seznam opatření** uvažovaných v sub-modulu zemědělských opatření týkajících se potravin :

1. uložení potravin a zastavení její produkce,
2. zpracování potravin,
3. skladování potravin,
4. náhrada krmiva pro hospodářská zvířata nekontaminovaným, méně kontaminovaným nebo jiným krmivem,
5. použití sorbentu pro hospodářská zvířata,
6. změna odrůdy nebo druhu pěstovaných plodin,
7. ameliorace,
8. změna způsobu využití oblasti.

Zavedení opatření v zemědělské oblasti chrání obyvatelstvo před interním ozářením z **ingescce** kontaminovaných potravin.

### 3.3.2.1. Zákazy potravin

V sub-modulu zemědělských opatření se nejprve porovnávají vypočtené objemové aktivity ve všech sledovaných potravinách s příslušnými zásahovými úrovněmi (kritérii) pro **zákaz potravin**, aby bylo určeno, zda je nutné (bez zavedení zemědělských opatření) zakázat tyto potraviny tam, kde byla tato kritéria překročena (body v síti). Potraviny, u nichž bylo kritérium překročeno, jsou vyloučeny ze spotřeby až do doby, kdy jsou zavedena opatření, která sníží objemovou aktivitu v nich pod zásahovou úroveň.

Pokud u některé potravin (např. mléko) po poklesu opět stoupne objemová aktivita nad zásahovou úroveň, potom je (bez zavedení opatření) potravina zakázána od počátku zavedení opatření až do posledního poklesu pod hodnotu kritéria.

Zákazy krmiv pro hospodářská zvířata nejsou uvažovány.

Je uvažován také vliv přesídlení a dekontaminace zemědělské půdy na zákazy potravin.

### 3.3.2.2. Inhalace hospodářskými zvířaty

Jako další zdroj kontaminace potravin živočišného původu je vedle příjmu kontaminovaných krmiv a dávky z depozice a z oblaku pro hospodářská zvířata také **inhalace** při průchodu mraku. Ta je nejvýznamnějším zdrojem kontaminace jen v případě, že hospodářská zvířata jsou ustájena (v době, kdy dojde k mimořádné události) a jsou krmena nekontaminovaným krmivem. Pokud jsou hospodářská zvířata krmena kontaminovaným krmivem, je relativní příspěvek inhalace vzhledem k příspěvku ingescce malý. Příjem aktivity z inhalace je navíc významný pouze v průběhu krátké periody ihned po havárii, a tedy opatření proti němu je spíše neodkladné než následné. Provedení takového opatření je velmi složité a má význam jen v případě, že je uskutečněno před průchodem mraku. V této době má ale přednost evakuace obyvatelstva.

(Proto inhalaci aktivity hospodářskými zvířaty nebudeme pro náš případ uvažovat.)

### 3.3.2.3. Potravinová zemědělská opatření

Následuje podrobnější popis jednotlivých opatření, která se vyskytují v sub-modulu zemědělských opatření RODOSu pro potraviny.

### 3.3.2.3.1 Uložení potraviny a zastavení její produkce

Pokud objemová aktivita ve sklizeném produktu překročí hodnotu kritéria pro zákaz potraviny, je nutné tento produkt **uložit**.

Toto opatření trvá po celou dobu, kdy objemová aktivita v produktu překračuje kritérium (může přetrvávat i několik let).

Proto se dále uvažuje také **zastavení produkce** všech produktů, u nichž objemová aktivita překračuje kritérium. Uživatel zvolí časový interval (ve vstupním okně) po němž dojde k zákazu produkce (default hodnota je 365 dní) a zákaz trvá až do doby, kdy vypočtená (teoretická) objemová aktivita v těchto produktech klesne pod hodnoty dané kritériem.

Použití pro všechny potraviny.

### 3.3.2.3.2 Zpracování potraviny

Toto opatření přichází v úvahu pouze pro **kravské mléko** a **celou pšenici** a **celé žito**, které mohou být zpracovány na mléčné výrobky a pšeničnou či žitnou mouku.

Zpracování jiným způsobem např. mražením, sušením nebo konzervací nezpůsobí významný pokles objemové aktivity v produktu, a proto jsou zařazeny do skladování potravin.

Zpracování produktů je uvažováno pouze v tom případě, že zákaz platí pro čerstvé potraviny (kravské mléko a celou pšenici), ale z nich vyrobené potraviny (sýry rennit, sýry acid, máslo, smetana, kondenzované mléko a pšeničná a žitná mouka) nepřekračují hodnotu kritéria.

Předpokládá se, že zpracování proběhne obvyklým způsobem, včetně zdržení do konzumace a frakce aktivity přecházející do zpracovaného produktu.

RODOS navíc uvažuje také **chemickou dekontaminaci mléka** (samotně či v kombinaci se zpracováním). Potom se použije faktor redukce objemové aktivity v mléce.

### 3.3.2.3.3 Skladování potraviny

Toto opatření není vhodné pro dlouhodobé radionuklidy, protože objemová aktivita klesne pod hodnotu kritéria až po dlouhé době skladování (mezitím jsou k dispozici nové čerstvé potraviny). Skladování má být zvažováno v případě vysokého obsahu krátkodobých radionuklidů (I-131) v dané potravíně, protože pokles kontaminace během doby skladování je v tomto případě významný.

RODOS uvažuje skladování:

- **pšenice** jarní i ozimé (na mouku, otruby) a **mléka** (na sýr, máslo a kondenzované mléko) - normálním způsobem zpracovaných potravin,
- potravin, které nemohou být skladovány čerstvé (zkazily by se), ale mohou být zpracovány mražením, sušením a konzervací (kombinace zpracování a skladování) a potom uskladněny.

Je zaveden předpoklad, že zpracování jiným způsobem např. mražením, sušením nebo konzervací nezpůsobí významný pokles objemové aktivity v produktu. Proto jsou skladování a zpracování+skladování zpracovávány při výpočtu stejně.

Skladování nebo zpracování+skladování je doporučeno pokud původní potravina kritérium nespĺňuje a konečná forma po uplynutí skladovací doby ho splňuje (bez zavedení jiných opatření).

Dobu skladování volí uživatel zvlášť pro čerstvé - sýry, máslo, kondenzované mléko (default hodnota je 180 dní) a zpracované potraviny - konzervované, mražené, sušené (default hodnota je 730 dní). Za maximum se považuje 5 let (to odpovídá také době skladovatelnosti potravin).

### **3.3.2.3.4 Náhrada krmiva pro hospodářská zvířata nekontaminovaným, méně kontaminovaným nebo jiným krmivem**

#### *3.3.2.3.4.1 Odstranění kontaminovaného krmiva*

Buď se zvířata odvezou z kontaminované pastviny, nebo se ve stáji krmí nekontaminovaným krmivem, tj. příjem aktivity klesne na nulu. Následuje přehled hospodářských zvířat a příslušných živočišných produktů, u kterých se uvažuje o tomto opatření: krávy (kravské mléko, hovězí), kozy (kozí mléko), ovce (ovčí mléko, jehněčí), býci a jalovice (hovězí), prasata (vepřové), drůbež (kuřecí maso a vejce).

Existují dvě varianty odstranění kontaminovaného krmiva:

1. **v době havárie:** živočišné produkty jsou nekontaminované až do návratu či obnovení normálního režimu  
Uživatel zadává tři různá období (default hodnoty jsou 7, 30 a 90 dní), po která se uplatňuje toto opatření. Pokud je úspěšné vybere se nejkratší doba, po které se mohou zvířata vrátit a/nebo mít normální režim.  
(málo pravděpodobná varianta)
2. **uplyne nějaký čas od havárie:** dojde ke kontaminaci živočišných produktů před zavedením opatření a ta přetrvává dokud nedojde k biologickému vyloučení aktivity z organismu  
Uživatel zadává čas uplynulý mezi havárií a aplikací opatření (default hodnota je 2 dny) a opět tři období uplatnění tohoto opatření (default hodnoty jsou 7, 30 a 90 dní).  
Je vybrána se nejkratší doba jeho úspěšného trvání.

#### *3.3.2.3.4.2 Redukce kontaminovaného krmiva*

Část obvyklého krmiva, které je kontaminováno se nahradí nekontaminovaným (stejným tj. tráva trávou apod.). Přehled hospodářských zvířat a příslušných živočišných produktů, u kterých se uvažuje o tomto opatření je následující: krávy (kravské mléko, hovězí), kozy (kozí mléko), ovce (ovčí mléko, jehněčí), býci a jalovice (hovězí), prasata (vepřové), drůbež (kuřecí maso a vejce).

Postup je stejný jako v předchozím případě. Opět se uvažují dvě varianty:

1. **v době havárie**  
Uživatel zadává frakci nahrazeného krmiva (default hodnota je 0.25) a tři různá období (default hodnoty jsou 7, 30 a 90 dní).
2. **uplyne nějaký čas od havárie**  
Uživatel zadává čas uplynulý mezi havárií a aplikací opatření (default hodnota je 2 dny) a dále frakci nahrazeného krmiva (default hodnota je 0.25) a tři různá období (default hodnoty jsou 7, 30 a 90 dní).

Stejný je také výběr nejkratší doby pro zavedení opatření.

#### *3.3.2.3.4.3 Náhrada kontaminovaného krmiva*

Všechny další změny scénáře výkrmu (složka může být odstraněna zcela nebo zčásti a nebo nahrazena nekontaminovanou) spadají do tohoto opatření. Uživatel zadá čas startu opatření (default hodnota je 7 dní) a změni scénář výkrmu (max. 8 složek, ze zvoleného regionu i nekontaminované).

Uvažovaná hospodářská zvířata a živočišné produkty jsou stejné jako v předchozích dvou bodech.

V jednom běhu modulu LCMT lze provádět výpočet pouze pro jeden režim výkrmu. Pokud se scénář výkrmu změní během prvních dvou týdnů po depozici, jsou výpočty provedeny pro nový scénář výkrmu.

Při přechodu na jiný scénář výkrmu se k příspěvku aktivity v živočišném produktu přidává i reziduální aktivita akumulovaná v organismu zvířete při předchozím režimu výkrmu. Nicméně je třeba uvažovat změnu režimu výkrmu v pozdějších fázích, pokud by zákaz potravin (bez opatření) trval příliš dlouho.

Proto je nutné spustit znovu FDMT pro nový scénář výkrmu k výpočtu objemové aktivity v produktech a potom použít modul LCMT, aby byly vzaty v úvahu tyto změny v dalším období výkrmu. Objemová aktivita v živočišném produktu pro nový scénář výkrmu je odhadnuta pomocí škály poměrů celkové aktivity přijaté z nového režimu výkrmu a celkové aktivity přijaté z původního režimu výkrmu pro každé období.

Předpokládá se, že aktivita v živočišném produktu se mění okamžitě se změnou scénáře výkrmu. Reálně však aktivita přijatá během původního režimu výkrmu po několik týdnů zvyšuje celkovou objemovou aktivitu ve zvířeti.

Tento postup však alespoň indikuje snížení objemové aktivity, které lze očekávat.

#### **3.3.2.3.5 Použití sorbentu pro hospodářská zvířata**

Sorbenty se mohou přidávat do krmiva nebo vpravit přímo do těla zvířete.

Hospodářská zvířata a příslušné živočišné produkty, u kterých se uvažuje o tomto opatření jsou následující: krávy (kravské mléko, hovězí), kozy (kozí mléko), ovce (ovčí mléko, jehněčí), býci a jalovice (hovězí), prasata (vepřové), drůbež (kuřecí maso a vejce).

Efektivita sorbentu je modelována faktorem snížení celkové objemové aktivity v těle zvířete během doby aplikace sorbentu (v krmivu) nebo doby účinnosti sorbentu ve střevě zvířete.

Uživatel zadává začátek aplikace (default hodnota je 2 dny) a dobu trvání aplikace sorbentu (default hodnota je 7 dní).

#### **3.3.2.3.6 Změna odrůdy nebo druhu pěstovaných plodin**

Pokud kontaminace daného produktu neklesne po dobu zvolenou uživatelem (default hodnota je 2 roky pro odrůdu, 10 let pro druh) pod povolenou úroveň, je splněna podmínka pro provedení tohoto opatření. Dále musí být objemová aktivita v náhradní plodině pod kritériem pro zákaz. Neuvažuje se o změně během prvního roku po havárii.

Plodiny u nichž lze uvažovat o tomto opatření jsou následující: jarní a ozimá pšenice, žito, oves, brambory, listová zelenina, kořenová zelenina, plodová zelenina.

Nejlepší variantou je změna odrůdy (k tomu je třeba znát konverzní faktory pro kořenový příjem jednotlivých odrůd). Pak se vypočte pokles kontaminace. Nová odrůda se začne pěstovat v další vegetační periodě. Po poklesu kontaminace původní odrůdy může dojít k jejímu návratu.

Další uvažovanou variantou je změna druhu. Předpokládá se, že tato změna bude trvalá.

Pokud se nenajde jiná plodina, která by se dala pěstovat a která by vyhověla požadavkům, upustí se od tohoto opatření.

Pokud vyhovuje více plodin, provádí se další vyhodnocení. Existuje pořadí, ve kterém se volí náhradní plodiny. Mají být co nejpodobnější původní plodině.

Neuvažuje se náhrada plodinami pro krmení zvířat.

#### **3.3.2.3.7 „Ameliorace“ (vylepšení půdy)**

Taková úprava zemědělské půdy, která zvýší její kvalitu a zároveň sníží kořenový příjem radionuklidů rostlinami. Neuvažuje se minimálně po dobu jednoho roku od havárie.

Plodiny uvažované pro toto opatření jsou následující: jarní a ozimá pšenice, žito, oves, brambory, listová zelenina, kořenová zelenina, plodová zelenina.

Po provedení úpravy půdy je příjem aktivity rostlinou snížen prostřednictvím faktoru (faktor redukce objemové aktivity) reprezentujícího zvolený typ úpravy půdy. Uživatel může zvolit dobu aplikace (začátek) různých úprav půdy (default hodnota je 1 rok) a dobu trvání jejich účinnosti (default hodnota je 3 roky) pro maximálně 5 aplikací opatření. Faktory redukce objemové aktivity jsou závislé na radionuklidu a jsou specifikovány pro 5 skupin prvků (Cs, Sr a tři nedefinované). Předpokládá se, že k poklesu aktivity v produktu dojde ihned po aplikaci úpravy půdy, která se provádí během normálního kultivačního cyklu.

#### **3.3.2.3.8 Změna způsobu využití oblasti**

Uvažuje se pouze zalesnění. Důvodem pro zavedení tohoto opatření je to, že žádná další produkce plodin s objemovou aktivitou pod hodnotou kritéria není možná v průběhu doby, kterou vybere uživatel (default hodnota je 10 let). Pak následuje zákaz produkce v oblasti a její zalesnění.

#### **3.3.2.4. Dekontaminace zemědělské půdy**

Efektivita tohoto opatření je reprezentována prostřednictvím jednoduchého redukčního faktoru objemové aktivity v potravinách vyprodukovaných na půdě.

Dekontaminace pomocí orby a odstranění půdy (svrchní vrstvy) je uvažována pro plodiny pěstované na orné půdě a pro neporušené (neorané) pastviny.

Uživatel volí dobu provedení dekontaminace po depozici (default hodnota je 3 měsíce) a dobu, po kterou je zastavena produkce z důvodu neproduktivnosti půdy (default hodnota je 30 dní pro plodiny a 2 roky pro pastviny).

Pokud jsou plodinami vyprodukovanými na této dekontaminované půdě krmena hospodářská zvířata, je na uživateli, zda změny objemové aktivity v těchto produktech promítne i do zadání scénářů výkrmu a výpočtu kontaminace příslušných živočišných produktů.

Předpokládá se, že před provedením dekontaminace je na daném území zastavena produkce potravin, u nichž dojde k překročení hodnoty kritéria.

#### **Kombinace opatření**

Pro každou potravinu je možné definovat strategii skládající se ze dvou individuálních opatření, z nichž každé ovlivňuje příslušným způsobem konečnou aktivitu v potravine. Typickým případem je kombinace zpracování produktu, které samo o sobě redukuje aktivitu v produktu, a skladování, které dále pokračuje v redukcí aktivity.

Předností kombinace opatření je fakt, že každé opatření snižuje aktivitu potraviny svým působením v různé části potravního řetězce (např. redukce kontaminovaného krmiva pro krávy a zpracování mléka na mléčné produkty).

Je uvažováno celkem 13 individuálních opatření, tzn. že množství možných kombinací je až 78. Kombinace tří a více opatření nejsou brány v potaz (jejich zavedení by bylo obtížné a efekt by nebyl odpovídající). Dále byly vyloučeny kombinace nepoužitelné pro danou potravinu a neproveditelné. To zredukovalo počet kombinací na vyhodnotitelnou mez.

Navíc jsou kombinace opatření možné pouze pro vybrané potraviny.

Také automatický mód neumožňuje kombinovat opatření. To lze pouze v interaktivním módu a kombinace vybírá uživatel.

Pro mléko existuje 35 možností kombinací, pro hovězí, vepřové a jehněčí 26 kombinací. Celkem existuje 40 možných kombinací opatření (viz Appendix B [3]).

Vyhodnocení probíhá v subsystému ESY.

V případě kombinace opatření musí být splněny další požadavky na načasování opatření (začátek a dobu trvání zadávané uživatelem a správné pořadí provádění opatření). V případě, že nezáleží na pořadí, se předpokládá, že opatření odstartují ve stejnou dobu. V případě, že se



zadáva doba trvání ve vstupním okně, je povoleno zadat pouze stejnou dobu trvání pro obě opatření.

Přehledová tabulka jak jednotlivých zemědělských opatření tak jejich kombinací příslušejících jednotlivým druhům potravin je uvedena v Table 5 [7].

### **Re-kontaminace v důsledku dlouhodobé disperze**

Pokud dojde po primární depozici k dalším průchodům mraku nad daným místem, tj. dojde k více depozicím, jsou objemové aktivity v potravinách (časová fce) vypočteny pro každou zvlášť a potom sumarizovány pro každou potravinu.

### **Vstupní data sub-modulu zemědělských opatření:**

Data do sub-modulu potravinových opatření přicházejí z RODOS modulů nebo ze vstupních souborů (Appendix C) tzv. default parametry, které mohou být editovány uživatelem a dále ze vstupních panelů (kritéria, volba potravin a opatření, volba variant). Všechny proměnné zadávané uživatelem musí mít default hodnoty, které může uživatel měnit.

Vstupní data jsou následující:

- **potravina** – až 5 skupin (1. mléko a mléčné výrobky, 2. ostatní potraviny kromě tekutin, 3. tekuté potraviny = pivo, 4. a 5. nepoužívají se),
- **zásahová úroveň** (kritérium) – pro každou skupinu potravin a pro až 5 skupin radionuklidů:
  - 1. izotopy Sr,
  - 2. izotopy I,
  - 3.  $\alpha$ -emitory,
  - 4. radionuklidy s poločasem  $> 10$  dní)<sup>3</sup>,
- **opatření** – 0 (bez) až 12 variant pro každou potravinu,
- **časování** (pro každé opatření – uvedeno v předchozím textu),
- **orgán** pro výpočet ekvivalentní dávky – 1 ze seznamu,
- **věková kategorie** – default jsou dospělí.

### **Výstupní data sub-modulu zemědělských opatření:**

Objemové aktivity v potravinách i dávky jsou počítány v diskretních časech, které tvoří tzv. časovou mřížku. V čase, kdy startuje opatření, se neprojeví jeho působení, k tomu dojde až v následujícím bodě časové mřížky.

#### A) Výstupní data interaktivního výzkumného módu:

- **potenciální plocha zákazu potravin a doba trvání zákazu [dny]** (grafický výstup) – vypočteno bez opatření (zákaz platí od prvního překročení kritéria až do poklesu objemové aktivity v potravinách pod hodnotu kritéria),
- **potenciální kolektivní dávka z ingesce [manSv]** (text) – vypočteno v místě maxima předchozí veličiny s integrační dobou 1, 2, 5 a 50 let, předpokládá se, že potraviny přesahující kritérium jsou uloženy (nahrazeny nekontaminovanými) a ostatní zkonsumovány, výpočet probíhá pro každou potravinu, pro jednu věkovou kategorii (default – dospělí) a vypočítává se efektivní dávka a ekvivalentní dávka pro orgán zvolený uživatelem (sumace přes všechny radionuklidy) při výpočtu kolektivní dávky se předpokládá, že vyprodukované potraviny pro lidskou spotřebu jsou někde někým zkonsumovány

<sup>3</sup> Default hodnoty kritérií jsou stejné jako ty uvedené ve Vyhlášce SÚJB 307/2002 viz Tabulka 2.

- **zbývající doba trvání zákazu potravin [dny]** (grafický výstup) – doba trvání zákazu potravin, který přetrvává po zavedení opatření  
v případě opatření „změna způsobu využití oblasti“ je horní limit 1 rok
- **zakázané potraviny** (grafický výstup) – množství zakázaných potravin jako funkce času, klesá s časem stejně jako rozsah plochy zákazu potravin  
pokud opatření vede k produkci potravin, která je nějaký čas zakázána, její ztráta se nezapočítává do této veličiny  
plodiny – plocha zákazu pro každou plodinu v km<sup>2</sup> jako fce času  
hospodářská zvířata – počet zvířat, jejichž produkty jsou zakázány v kusech jako fce času  
ostatní potraviny – množství zakázané potravin za den v kg/den jako fce času
- **ztracená produkce potravin [kg]** (grafický výstup) – integrované množství potravin jako fce času ztracené v důsledku jejich zákazu a zastavení jejich produkce (musí být nahrazeno z jiných zdrojů)  
v případě opatření „změna způsobu využití oblasti“ se předpokládá, že veškerá původní produkce je ztracena
- **potraviny vyžadující uložení** (text) – celkové množství potravin vyžadujících uložení  
hospodářská zvířata – počet zvířat, která musí být uložena v kusech  
potraviny – množství potravin, které musí být uloženy v kg
- **prostředky (zdroje)** (grafický výstup) – závisí na opatření, které má být implementováno:
  - **uložení potravin** – žádné,
  - **zpracování potravin** – celkové množství potravin vyžadující zpracování v kg,
  - **skladování potravin** – maximální množství skladované potravin v každém čase a místě v kg,
  - **odstranění (redukce) kontaminovaného krmiva** – celkové množství požadovaného nekontaminovaného krmiva v kg,
  - **použití sorbentu pro hospodářská zvířata** – celkové množství potřebného sorbentu v kg,
  - **náhrada kontaminovaného krmiva** – množství náhradního krmiva v kg,
  - **změna odrůdy nebo druhu pěstovaných plodin** – celková plocha vyžadující zasetí nových plodin v km<sup>2</sup>,
  - **„ameliorace“ (vylepšení půdy)** – požadované množství „ameliorantů“ v kg,
  - **změna způsobu využití oblasti** – celková plocha vyžadující změnu způsobu využití v km<sup>2</sup>,
  - **dekontaminace zemědělské půdy** – celková plocha vyžadující dekontaminaci v km<sup>2</sup>.

celkové množství požadovaných prostředků je integrováno pro dobu zvolenou uživatelem a zobrazeno ve formě grafu

pokud má být zavedena kombinace 2 opatření, zobrazí se zdroje zvlášť,

- **zakázané akce** (text) – objeví se zpráva, že dané opatření bylo zakázáno důvodem pro zákaz je nevhodná volba počátku a konce implementace opatření uživatelem a volba počátku implementace opatření až po konci implementace a naopak  
výpočet pro toto opatření pak neproběhne v místě, kde nastanou tyto podmínky a pokud je tato strategie zakázána všude, objeví se hlášení „akce zakázána“

B) Výstupní data interaktivního rozhodovacího módu (ESY):

Jsou zvoleny takové výstupy, které umožní přímé srovnání jednotlivých opatření. Nejsou zobrazeny uživateli přímo.

- **nejčasnější začátek zákazu potravin [dny]** – minimální hodnota z celé potenciální plochy zákazu,
- **maximální doba trvání zákazu potravin [dny]** – doba mezi prvním zákazem kdekoli na potenciální ploše zákazu a prvním uvolněním zákazu kdekoli na potenciální ploše zákazu,
- **potravin vyžadující uložení** viz. bod A),
- **ztracená produkce potravin** viz. bod A),
- **prostředky (zdroje)** viz. bod A),
- **maximální potenciální individuální dávka z ingesce [Sv]** – maximální individuální dávka dosažená bez opatření uvnitř potenciální plochy zákazu pro každou potravinu, sečtená pro všechny radionuklidy, pro věkovou kategorii a orgán zvolené uživatelem a integrovaná pro 1, 2, 5 a 50 let,
- **potenciální kolektivní dávka z ingesce [manSv]** viz. bod A),
- **maximální individuální odvrácená dávka z ingesce [Sv]** – maximální individuální odvrácená dávka po zavedení opatření uvnitř potenciální plochy zákazu pro danou potravinu, sečtená pro všechny radionuklidy, pro věkovou kategorii a orgán zvolené uživatelem a integrovaná pro 1, 2, 5 a 50 let,
- **maximální kolektivní odvrácená dávka z ingesce [manSv]** – maximální kolektivní odvrácená dávka po zavedení opatření uvnitř potenciální plochy zákazu pro danou potravinu, sečtená pro všechny radionuklidy, pro věkovou kategorii a orgán zvolené uživatelem a integrovaná pro 1, 2, 5 a 50 let.

#### C) Výstupní data automatického módu:

Vypočítávají se výstupy bez implementace opatření a pro uložení zakázaných potravin.

- **potenciální plocha zákazu potravin a doba trvání zákazu [dny]** - viz. bod A),
- **potenciální kolektivní dávka z ingesce [manSv]** - viz. bod A),
- **potravin vyžadující uložení** - viz. bod A).

Další výstupy pocházejí z modulů ZDRAVÍ a EKONOMIKA.

### 3.3.3. Dekontaminace

Dekontaminačními opatřeními se v této práci nebudeme zabývat, protože neuvažujeme jejich začlenění do programu HAVAR.

## 3.4. COSYMA

Program COSYMA uvažuje následující opatření:

- Stínění (pouze),
- Stínění a následná evakuace,
- **Přesídlení**,
- Dekontaminaci půdy,
- Distribuci jódové profylaxe,
- **Zákazy potravin**.

Z nich patří k dlouhodobým opatřením Přesídlení a Zákazy potravin.

*Popisována je plná verze programu pro sálový počítač. Rozdíly a úpravy pro PC verzi programu COSYMA jsou uvedeny kurzívou v hranatých závorkách na příslušných místech kapitoly.*

### 3.4.1. Přesídlení

Přesídlení obyvatelstva snižuje dlouhodobé následky úniku radioaktivních látek. Uvažuje se, že přesídlení je provedeno v intervalu několika dnů po úniku (evakuace během hodin). **Zásahové úrovně** (kritéria) pro provedení přesídlení a evakuace jsou různá, ale kritérium pro návrat jsou stejná u obou.

Se zásahovou úrovní se porovnává **individuální efektivní dávka** obdržená ze zvolených cest ozáření (z mraku, z povrchu, z inhalace a z resuspenze) za zvolenou dobu integrace (kromě ozáření z mraku, tam se jako integrační doba bere doba průchodu mraku).

Předpokládá se, že lidé, kteří mají být přesídlení, opustí prostor ve stejnou dobu. Do té doby obdrží dávku odpovídající místu jejich trvalému pobytu.

#### Vstupní data pro přesídlení:

- 1-3 **zásahové úrovně** [Sv] pro 1-3 **oblasti** (průměr) [km] (pro větší plochu vyšší hodnota kritéria)
- **cesty ozáření**, jejichž sumace má být uvažována pro porovnání se zásahovou úrovní (možnosti: ozáření z mraku, ozáření z povrchu, inhalace, resuspenze)
- **doba integrace** pro všechny cesty ozáření kromě ozáření z mraku [dny] (default hodnota je 365 dní)
- **lokační faktor**
- **doba mezi únikem a dokončením přesídlení** [dny] – měla by být kratší než nejkratší doba trvání přesídlení.

#### Výstupní data pro přesídlení:

- **diagram přesídlení** – doba trvání přesídlení v každém bodě mřížky, pro vybrané sekvence pravděpodobnostního výpočtu i pro deterministický výpočet (tabulka, obrázek-barevné rozlišení),
- **pravděpodobnost versus vzdálenost** – pravděpodobnost zavedení opatření jako fce vzdálenosti, pravděpodobnostní rozdělení představuje pravděpodobnosti různých sekvencí a počty sektorů, ve kterých má být provedeno přesídlení pro každou sekvenci, pro deterministický výpočet – počet sektorů, kde má být opatření provedeno (tabulka, graf),

- **informace o dávce** – průměrná a maximální hodnota individuální dávky, která je porovnávána se zásahovou úrovní jako fce vzdálenosti (tabulka, graf),  
+ **příspěvek cesty k dávce** – (tabulka koláčový graf),
- **vyhodnocení dávky** – alternativní forma prezentace stejné informace (viz předchozí bod) ve dvou zvolených vzdálenostech dvěma způsoby:
  - celkové rozdělení pravděpodobnosti (tabulka, graf),
  - sumarizace percentilů rozdělení pravděpodobnosti (tabulka),
- **počet zasažených obyvatel a zasažená plocha** – počet obyvatel, jichž se týká přesídlení s různou dobou trvání buď pro vybrané sekvence počasí nebo jako průměr ze všech (tabulka)
- **vyhodnocení počtu zasažených obyvatel a zasažené plochy** – pravděpodobnostní rozdělení počtu zasažených obyvatel a zasažené plochy (bez závislosti na čase), dvě formy prezentace:
  - celkové rozdělení pravděpodobnosti (tabulka, graf),
  - sumarizace percentilů rozdělení pravděpodobnosti (tabulka).

### 3.4.2. Zákazy potravin.

Zákazy potravin jsou nařizovány nebo odvolávány na základě **zásahových úrovní**, které jsou dvojího typu:

- **objemová aktivita v potravině,**
- **individuální dávka.**

Zásahové úrovně založené na **objemové aktivitě v potravině** může uživatel zadávat a to tak, že je může definovat pro škálu skupin radionuklidů a potravin. Program potom sečte objemovou aktivitu v každé potravině pro všechny radionuklidy ve skupině a porovná s odpovídající zásahovou úrovní. [*PS COSYMA rozděluje potraviny do dvou skupin: mléko a všechny ostatní. Také skupiny radionuklidů jsou pevně definovány a uživatel je nemůže měnit.*]

V případě zásahových úrovní založených na **individuální dávce** může uživatel zvolit orgány a potraviny, které budou brány v úvahu při rozhodování o zákazu. Jednotlivé potraviny mohou být zkombinovány do skupin tak, aby dávka obdržená z této skupiny potravin mohla být porovnávána se zásahovou úrovní příslušející dané skupině potravin. [*PS COSYMA opět pevně zařazuje potraviny do skupin a uživatel je nemůže měnit. Pokud je zakázána kterákoli potravina ze skupiny, platí zákaz pro celou skupinu.*]

[*V PC verzi programu COSYMA lze použít pouze zásahové úrovně založené na objemové aktivitě v potravině. Příští verze má umožňovat i užití kritéria založeného na individuální dávce.*]

Následuje popis způsobu implementace zpoždění spotřeby potravin a jejich zpracování do výpočtu zákazů potravin. Tyto faktory nejsou uvažovány jako samostatná opatření, ale úpravou vstupních dat lze stanovit jejich vliv na následky úniku radioaktivních látek.

#### 3.4.2.1. Zpoždění spotřeby potravin

Zpoždění spotřeby je doba, která uplyne mezi sklizní plodiny (respektive porážkou zvířete) a předpokládaným začátkem konzumace potravin.

U radionuklidů obsažených v potravině, které mají poločas rozpadu výrazně nižší než je zpoždění spotřeby, dojde k významnému poklesu objemové aktivity v potravině v době před spotřebou v důsledku radioaktivního rozpadu.

V programu COSYMA může být (ale také nemusí) uvažováno zpoždění spotřeby přímo v modelu transportu aktivity potravním řetězcem, který vypočítává aktivitu v potravinách. Uživatel může při výpočtu **zákazů potravin** v ingesčním modelu programu COSYMA zadat hodnotu „**přídavného**“ zpoždění mezi produkcí a spotřebou, které se přidá ke zpoždění spotřeby implicitně obsaženému v modelu transportu aktivity potravním řetězcem (používá se pouze pro účely výpočtu zákazů potravin).

Objemová aktivita v potravině se pak násobí faktorem:

$$e^{-(\ln 2/\lambda) * \Delta T}$$

*rovnice 1*

kde:  $\lambda$  je poločas rozpadu příslušného radionuklidu,  
 $\Delta T$  je „přídavné“ zpoždění spotřeby.

#### 3.4.2.2. Zpracování potravin

Při zpracování potravin (např. mytí nebo loupání) dochází také k poklesům aktivity, které je bráno v úvahu při výpočtech v modelu transportu aktivity potravním řetězcem.

Program neumožňuje přidání dalších „přídavných“ procesů zpracování, tzn. že uživatel musí v případě potřeby změnit přímo data (ztrát aktivity v důsledku zpracování) v odpovídajícím vstupním souboru dat (viz. User Guide).

#### 3.4.2.3. Modul zákazů potravin:

Vypočítává dobu trvání zákazu potravin podle jednoho ze dvou kritérií (zásahových úrovní) popsaných výše.

Jeho výstupem je sada **indikátorů** zákazů potravin („foodban flags“), které udávají v každém bodě mřížky odhadnutou dobu trvání zákazu pro každou potravinu ve formě kódu (obsahuje informaci o platnosti zákazu „ANO“, „NE“ a dobu trvání – diskrétní hodnoty, předem definované intervaly výpočtu). Ty jsou pak využívány ostatními moduly programu.

Po výpočtu indikátorů zákazů potravin dochází k jejich modifikaci následujícími dvěma způsoby (tzv. post-IL-processing, IL – intervention levels):

- první modifikace – vždy se bere v úvahu **přesídlení** obyvatelstva: předpokládá se, že v oblasti z níž bylo obyvatelstvo přesídleno nedochází k zemědělské produkci až do ukončení přesídlení (znovuosídlení), ve všech bodech mřížky, kde došlo k přesídlení se automaticky nastaví indikátor zákazu potravin na dobu trvání přesídlení (i když tam podle zásahových úrovní k zákazu nemělo dojít nebo jeho trvání by podle nich mělo být kratší),
- druhá modifikace (volitelná) – je možné přiřadit **společný indikátor** různým potravinám tak, že nalezený nejpřísnější (nejdelší doba zákazu) indikátor pro skupinu potravin je přiřazen všem potravinám ve skupině.

COSYMA poskytuje default hodnoty skupin nuklidů a potravin pro zákazy, orgánů, zásahových úrovní a zpoždění spotřeby. Lze je nalézt v User Guide.

#### 3.4.2.4. Záказы potravin v důsledku překročení objemové aktivity v potravině

Vypočtená hodnota objemové aktivity všech radionuklidů příslušejících k dané skupině v každé potravině (v daném čase a bodě mřížky) se porovná s příslušnou zásahovou úrovní pro tuto potravinu. To se provede pro všechny uvažované skupiny radionuklidů. Pokud

alespoň pro jednu skupinu je zásahová úroveň překročena, nastaví se indikátor na „ANO“ (v daném čase a bodě mřížky). Pokud nedojde k překročení zásahové úrovně pro žádnou skupinu radionuklidů, je indikátor nastaven na „NE“.

(Pro ulehčení zadávání zásahových úrovní jsou potraviny zařazeny do skupin. Pro všechny potraviny ze skupiny pak platí stejná zásahová úroveň.)

Porovnání probíhá pro každou potravinu zvlášť, tj. každé je přiřazen indikátor, a potom mohou být indikátory modifikovány ve smyslu druhé modifikace popsané výše.

#### **3.4.2.5. Zákazy potravin v důsledku překročení individuálních dávek**

Je vypočtena dávka pro všechny uvažované orgány pocházející z konzumace všech potravin příslušejících do zvolené skupiny potravin kontaminovaných všemi radionuklidy (pro zvolenou věkovou kategorii obyvatel, v daném čase a bodě mřížky).

(Pro ulehčení zadávání zásahových úrovní jsou potraviny zařazeny do skupin. Pro všechny potraviny ze skupiny pak platí stejná zásahová úroveň.)

Pro každý orgán, potravinu a radionuklid se počítá dávka (pro zvolenou věkovou kategorii obyvatel a v daném čase a bodě mřížky) jako součin:

- celoročního integrálu aktivity v potravine (na jednotku jejího množství) normalizované na jednotku počáteční depozice  $[(\text{rok} \cdot \text{Bq/kg})/(\text{Bq/m}^2)]$ ,
- celkové počáteční depozice  $[\text{Bq/m}^2]$ ,
- redukčního faktoru charakterizujícího pokles aktivity v potravine během doby mezi její produkcí a spotřebou (viz rovnice na str. 46),
- rychlosti spotřeby potraviny  $[\text{kg/rok}]$ ,
- dávkového konverzního faktoru (integrace po dobu 50 let od příjmu)  $[\text{Sv/Bq}]$ .

Provede se sumace přes všechny radionuklidy a pak přes všechny potraviny ve skupině a výsledné hodnoty dávek pro uvažované orgány se porovnají s příslušnými zásahovými úrovněmi.

Pokud alespoň pro jeden orgán je zásahová úroveň překročena, nastaví se indikátor na „ANO“ pro všechny potraviny ve skupině (v daném čase a bodě mřížky). Pokud nedojde k překročení zásahové úrovně pro žádný orgán, je indikátor nastaven na „NE“. (Příkladem takové skupiny potravin jsou hovězí maso a hovězí játra. Nelze předpokládat, že lidé budou konzumovat hovězí maso z krav, pro něž platí zákaz konzumace jater a naopak.)

#### **3.4.2.6. Výpočet doby trvání zákazů potravin**

Zákazy potravin platí vždy od okamžiku úniku aktivity a trvají „nejdelší možnou dobu“ (nutnou), tj. až do prvního indikátoru „NE“ po posledním indikátoru „ANO“.

Ke kontrole překročení zásahových úrovní dochází v diskrétních časech po úniku (např. 0 dní, 7 dní, 30 dní, 90 dní, 180 dní, 1 rok, 2 roky, 5 let, 10 let, 20 let, 50 let, 100let ... pole časových bodů). Rozhodování o zákazech mezi těmito časovými body není možné. Proto je také trvání zákazu určeno délkou intervalu mezi těmito časovými body.

Volba časových bodů je dána znalostí hodnot normalizované specifické objemové aktivity v potravinách v čase, která je nutná pro stanovení překročení zásahových úrovní a tedy závisí na modelu transportu aktivity potravním řetězcem.

Každému časovému bodu je přiřazeno pořadové číslo tak, že počátek úniku má pořadové číslo 1 a pro každý další bod se pořadové číslo o 1 zvyšuje až do N (ve výše uvedeném příkladě je N=12). Indikátor zákazu potravin nabývá hodnot 1 (není nutný zákaz) až N+1 (nekonečný zákaz), kde N je pořadí v poli časových bodů (N=2 odpovídá zákaz potravin po dobu 7 dní atd.).

Algoritmus výpočtu doby trvání zákazu musí splňovat tři požadavky:

- rozumná doba výpočtu,
- schopnost pracovat s poli, která mají různou délku a časové intervaly,
- v případě, že se v poli vyskytuje více přechodů „ANO“/“NE“ přes hodnotu zásahové úrovně, musí najít maximální dobu trvání zákazu (poslední přechod).

První dva požadavky vedou k následujícímu algoritmu:

**Krok 1:** v čase  $t = 0$  dní test, zda je splněno kritérium (překročena zásahová úroveň) pro **zavedení** opatření

pokud ne ... není potřebné zavést opatření (indikátor = 1) a testování končí,  
pokud ano ... pokračuje se krokem 2.

**Krok 2:** v čase  $t = 1$  rok test, zda je splněno kritérium (není překročena zásahová úroveň) pro **uvolnění** opatření (nemusí být stejné jako pro zavedení opatření)

pokud ano ... pokračuje se krokem 3a,  
pokud ne ... pokračuje se krokem 3b.

**Krok 3a: (zpětný postup)** testuje se překročení kritéria pro **zavedení** opatření v časových bodech pole od nejbližšího nižšího než 1 rok směrem k nižším až se narazí na jeho překročení, indikátor = N+1 (N – pořadové číslo časového bodu, ve kterém došlo k prvnímu překročení zásahové úrovně).

**Krok 3b: (dopředný postup)** testuje se splnění kritéria pro **uvolnění** opatření v časových bodech pole od nejbližšího vyššího než 1 rok směrem k vyšším až se narazí na jeho splnění, indikátor = N (N – pořadové číslo časového bodu, ve kterém poprvé byla hodnota nižší než zásahová úroveň).

Třetí požadavek je splněn pouze za předpokladu, že hodnoty testovaných veličin (objemové aktivity v potravinách nebo individuální dávka) se vzrůstajícím časem klesají. To však nemusí být splněno, a proto jsou testované veličiny normalizovány následujícími dvěma způsoby:

- hodnota testované veličiny v **čase úniku** je uměle nastavena na **maximální hodnotu** z celého časového pole,
- je nalezeno **pořadové číslo** maximální hodnoty testované veličiny (pokud je jich více stejných, tak té poslední v čase)<sup>4</sup> a všechny hodnoty testované veličiny, které mají **nižší** pořadové číslo, jsou nahrazeny touto maximální hodnotou.

Tak je zajištěno, aby bylo nalezeno vždy „nejdelší“ (nutné) trvání zákazů potravin.

#### 3.4.2.7. Plocha a množství produkce zasažené zákazy potravin

COSYMA vypočítává také ekonomické důsledky zákazů potravin a to:

- **Potenciálně postižená plocha** [km<sup>2</sup>] – plocha polí mřížky, u kterých bylo odhadnuto, že budou zasaženy zákazy potravin.
- **Roční produkce** [kg,l,ks] – obvyklá roční produkce na potenciálně postižené ploše.

---

<sup>4</sup> Měla by být provedena ještě další modifikace. V čase poslední hodnota překračující zásahovou úroveň pro zavedení protipatření by měla nahradit předchozí hodnoty zpětně až k maximu nalezenému v druhé modifikaci.



- **Pěstební plocha zemědělské plodiny** – část potenciálně postižené plochy na níž se obvykle pěstuje daná plodina.

Pro výpočet zasažené roční produkce a pěstebních ploch je třeba znát data o zemědělské produkci v zasažené oblasti. Pokud data chybí vypočítává se pouze první položka, která poskytuje konzervativní odhad ekonomických následků (předpoklad, že celá potenciálně postižená plocha se využívá k zemědělské produkci).

#### **Vstupní data pro zákaz potravin:**

- **typ** zásahové úrovně:
  - objemová aktivita v potravine,
    - individuální dávka.
- **zásahové úrovně** (pro objemovou aktivitu v potravinách) pro **zavedení a uvolnění** zákazu potravin pro mléko a ostatní potraviny a pro všechny čtyři skupiny radionuklidů (Sr, I,  $\alpha$ -emitory, Cs) [Bq/kg, Bq/l] tj. celkem 2 x 2 x 4 hodnot,
- **zásahové úrovně** (pro individuální dávku) pro **zavedení a uvolnění** zákazu potravin pro 8 druhů potravin (mléko, hovězí maso, hovězí játra, skopové maso, skopová játra, listovou zeleninu, kořenovou zeleninu, brambory a obiloviny) pro zvolenou věkovou kategorii, pro ekvivalentní dávku pro štítnou žlázu a efektivní dávku [Sv/rok] tj. celkem 2 x 8 x 2 hodnot,  
+ **roční spotřeba potravin** [kg/rok] a **zpoždění spotřeby** [dny] pro každý druh potravin  
(zařazení potravin do skupiny je automatické, uživatel ho nemůže měnit)

#### **Výstupní data pro zákaz potravin:**

- **diagram zákazů potravin** – doba trvání každého zákazu v každém bodě mřížky, pro vybrané sekvence pravděpodobnostního výpočtu i pro deterministický výpočet (tabulka, obrázek-barevné rozlišení),
- **pravděpodobnost versus vzdálenost** – pravděpodobnost zákazu potravin jako fce vzdálenosti, pravděpodobnostní rozdělení představuje pravděpodobnosti různých sekvencí a počty sektorů, ve kterých je zaveden zákaz potravin pro každou sekvenci, pro deterministický výpočet – počet sektorů, kde má být opatření provedeno (tabulka, graf),
- **množství zasažených potravin** – pravděpodobnostní rozdělení množství zakázaných potravin nebo velikosti postižené plochy (bez závislosti na čase), dvě formy prezentace:
  - celkové rozdělení pravděpodobnosti (tabulka, graf),
  - sumarizace percentilů rozdělení pravděpodobnosti (tabulka).

### **3.5. Konference WISDOM a STRATEGY**

V materiálech obou těchto konferencí jsme našli víceméně stejná zemědělská opatření popsána již v kapitole 3.1 v materiálech IAEA a EC.

Navíc byla na těchto konferencích podrobně diskutována opatření v dalších oblastech (sociální, průmyslová atp.), která však nejsou předmětem této zprávy a tedy je zde neuvádíme.

## 4. Vstupní panely ingesčního modelu programu HAVAR

Ingesční model programu HAVAR počítá dávky obdržené v důsledku příjmu potravin kontaminovaných radionuklidy pocházejících z havarijních úniků aktivity. Při výpočtu vychází z již předem vypočtených (nebo asimilovaných) hodnot depozice a používá velké množství dalších potřebných údajů respektive variant submodelů jednotlivých procesů transportu aktivity potravním řetězcem.

Ingesční model obsahuje také default hodnoty všech používaných veličin a zároveň umožňuje uživateli tato data měnit a volit varianty použitých submodelů transportních procesů. Tím mu poskytuje velký prostor pro analýzu situace.

Údaje vstupující do ingesčního modelu programu může uživatel prohlížet a modifikovat prostřednictvím **vstupních panelů** nazvaných „Parametry ingesčního modelu“ (soubor: ingmodel.exe viz Obrázek 4 až Obrázek 11<sup>5</sup>). Tak uživatel vytvoří variantu neboli „scénář“ ingesčního modelu, pro který se pak provede výpočet ingesčních dávek.

(Uživatel může po spuštění programu ingmodel.exe otevřít implicitní scénář, předchozí scénář nebo archivovaný scénář. Po provedení požadovaných úprav pak lze nově vytvořený scénář uložit pod zvoleným jménem do archivu.)

**Model následných ochranných opatření** a zejména jeho část týkající se zemědělských opatření (Regulace požívání radionuklidy znečištěných potravin, vody a krmiv) navazuje na **ingesční model** a využívá jeho výstupy. Po vyhodnocení výpočtu radiologického dopadu úniku radionuklidů (bez zavedení zemědělských opatření, část zemědělských opatření) je prostřednictvím panelů modelu následných ochranných opatření vytvořena nová varianta scénáře, který je modifikován tak, aby vystihoval navrhovaná opatření, a takto vytvořený scénář je novým vstupem pro výpočet v ingesčním modelu. Tj. následky použitého opatření se vypočítávají jako výstupy pro tento modifikovaný scénář stejným způsobem jako pro situaci bez opatření.

Nejprve proto uvádíme popis vstupních panelů ingesčního modelu a vybraných veličin zadávaných jejich prostřednictvím, jejichž hodnota je ovlivněna zavedením některého následného (zemědělského) opatření.

Například:

- pokud bude zakázána některá potravina, změní se její spotřeba ve spotřebním koši na nulu (při částečném zákazu na hodnotu povolené frakce),
- pokud bude navrženo zpracování potraviny (např. mléka) na produkt (např. máslo), klesne spotřeba čerstvé potraviny na nulu (objemová aktivita produktu musí být pod zásahovou úrovní),
- pokud dojde ke změně výkrmového scénáře, zadá se v modelu zemědělských opatření nový scénář atd.

---

<sup>5</sup> V současné době probíhá úprava těchto vstupních panelů ingesčního modelu takovým způsobem, aby obsahovala vysvětlení jednotlivých veličin a uváděla popis jednotlivých variant submodelů transportních procesů.

Vybrané veličiny, které se mění v důsledku zavedení některého zemědělského opatření jsou například: spotřeba kontaminované potraviny, zpoždění do konzumace, faktor zpracování, spotřeba kontaminovaného krmiva, změna pastvy na stájový výkrm, posunutí doby sklizně, hloubka kořenové vrstvy, povrchová hustota kořenové zóny, poločasy migrace a fixace radionuklidů v půdě atd.

V následujícím textu je u každého vstupního panelu ingesčního modelu uvedeno, které veličiny se mění, se kterým zemědělským opatřením a jakým způsobem. Toho je pak využito při tvorbě modelu zemědělských protiopatření.

## 4.1. Vstupní panel: Časové charakteristiky

Prostřednictvím tohoto panelu (viz Obrázek 4) se zadává jméno vytvářeného scénáře mimořádné události a případný komentář vysvětlující podrobnosti.

Dále se zde zadává okamžik spadu radioaktivity, doba výpočtu (doba integrace) dávky z ingesce kontaminovaných potravin a také lokační faktor a zeslabení stínění půdou.

Tyto veličiny nejsou ovlivněny zemědělskými opatřeními.

**Parametry ingesčního modelu** [?] [X]

Soubor Nápověda

Spotřební koš | Krmné dávky skotu | Krmné dávky ostatní

Časové charakteristiky | Půdní transport | Dlouhodobá resuspence | Listový/kořenový transport | Fenologie

Záhlaví

Titulní řádka  
1.řádka

Druhá titulní řádka (text začíná datem)  
2.řádka

Časové charakteristiky

Datum radioaktivního spadu: 87 | Ukončení příjmu kontamin. potravy: 365 dní po spadu

Formát datumu

Juliánské dny  
 kalendářní dny

Faktory pro dlouhodobé dávky

Pro normální životní rytmus - průměry pro dávky na otevřeném prostranství a uvnitř budov (zahrnuje frakci času setrvání v místě)

Cesta	lokační faktor	zeslabení stínění půdou
z depozice	0.14	0.30
z resuspence	0.55	0.45

**Obrázek 4: Vstupní panel ingesčního modelu: Časové charakteristiky**

## 4.2. Vstupní panel: Půdní transport

Na tomto panelu (viz Obrázek 5) jsou zadávány veličiny charakterizující transport aktivity půdou tj. poločasy odstraňování aktivity z kořenové zóny prostřednictvím migrace a fixace. Uživatel zde dále volí vztah, který bude použit pro modelování chování radionuklidu v půdě.

Hodnoty poločasů migrace a fixace jsou ovlivněny provedením některé z variant procesů **dekontaminace zemědělské půdy** (viz kapitola 3.1.4). Tato závislost však je velmi složitá a ne zcela jednoznačná, proto ji nelze jednoduše popsat.

Změnit tyto hodnoty je možné pouze se znalostí působení použité metody dekontaminace půdy (dodání hnojiv, zeolitu nebo jiných ameliorantů, různé způsoby orby, odstranění svrchní vrstvy půdy nebo drnu) na procesy transportu radionuklidů půdou a kořenový příjem rostlinami a také se znalostí typu a složení půdy a její hloubky v místě provádění dekontaminace a údajů o dřívějším způsobu zemědělské výroby v tomto místě (používání hnojiv). Proto je automatické zpracování dekontaminačních opatření velmi problematické a diskutabilní.

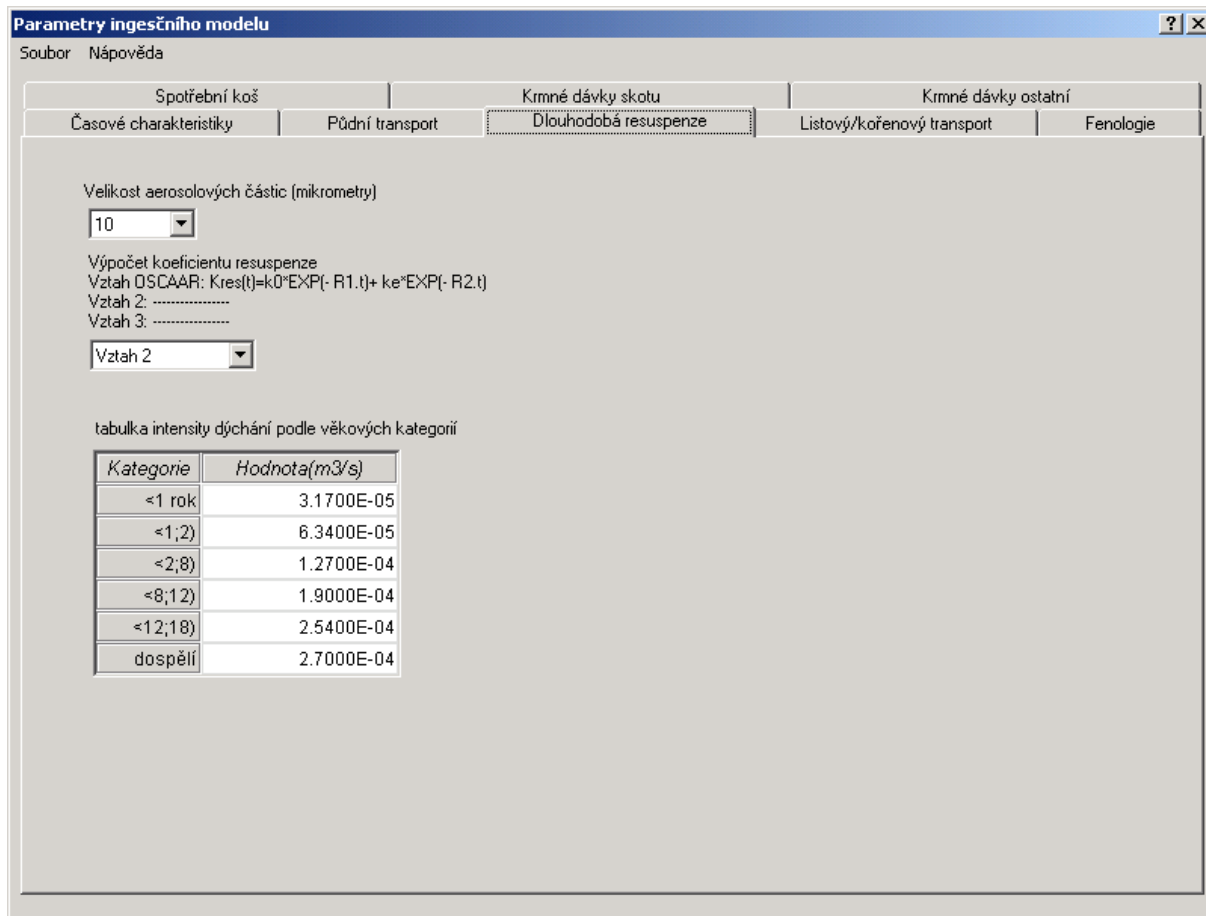
Prvek	T1/2 migrace	fixace
Cs	8.00	16.00
Sr	2.00	4.00

Obrázek 5: Vstupní panel inženýrského modelu: Půdní transport

### 4.3. Vstupní panel: Dlouhodobá resuspenze

Tento vstupní panel (viz Obrázek 6) slouží k zadání dat a volbě vztahu pro výpočet dlouhodobé resuspenze.

Data na tomto panelu nemají vztah k žádnému zemědělskému opatření.



**Obrázek 6: Vstupní panel ingesčního modelu: Dlouhodobá resuspenze**

## 4.4. Vstupní panel: Listový/kořenový transport

Na tomto vstupním panelu (viz Obrázek 7) jsou zadávána data charakterizující listový a kořenový transport radionuklidů do plodin jako například: poločasy setrvání elementárního I a aerosolů I na listech, hloubka kořenové zóny, typ půdy a povrchová hustota kořenové zóny v x-tém roce po spadu. Uživatel dále volí, zda bude při výpočtu uvažována resuspenze z půdy na listovou část rostlin.

**Dekontaminační opatření** jako je mechanické zpracování půdy (orba do různé hloubky a odstranění svrchní vrstvy půdy nebo drnu) a také procesy „ameliorace“ půdy (hnojení, přídavky dalších ameliorantů) způsobují změnu hloubky kořenové vrstvy půdy a povrchové hustoty kořenové zóny.

Jednoduchým způsobem lze zadat změnu hloubky kořenové zóny v důsledku hlubší orby než je obvyklé (tj. hloubka kořenové zóny = hloubka orby ... aktivita se „nařadí“ ve větším objemu půdy) a poté vypočítat dopad tohoto opatření prostřednictvím ingesčního modelu.

Souvislost ostatních zmíněných dekontaminačních opatření a hloubky kořenové vrstvy respektive povrchové hustoty kořenové zóny není jednoznačně interpretovatelná. Proto se jimi dále nebudeme zabývat.

Poločasy setrvání obou forem I na listech je ovlivněno kromě počasí také případným zaléváním rostlin. Jeho vliv však neuvažuje ani materiál IAEA ani žádný z kódů, a tedy ho nebudeme uvažovat ani pro program HAVAR.

The screenshot shows the 'Parametry ingesčního modelu' window. The 'Listový/kořenový transport' tab is active. The main panel contains the following elements:

- Spotřební koš**: Časové charakteristiky, Půdní transport
- Krmné dávky skotu**: Dlouhodobá resuspenze
- Krmné dávky ostatní**: Listový/kořenový transport, Fenologie

Parameters and controls:

- H\_PASTV - hloubka kořenové zóny (pastviny) (m);
- H\_ORNA - hloubka kořenové zóny (orná půda) (m);
- TSM\_ELEM, TSM\_AERO - poločasy setrvání elem. jódů resp. aerosolů na listech (weathering faktory) (dny);
- MRESUSP=1 - uvažování resuspenze zpět na listovou část
- MPUDA - převládající typ půdy v zasažené oblasti;
- MPUDA = 1.0 - hlína, MPUDA = 2.0 - jíl,
- MPUDA = 3.0 - písek, MPUDA = 4.0 - rašelina
- PHKZx - povrchová hustota kořenové zóny v x-tém roce po spadu
- PHKZPicx - pro pícniny
- Volba pro suché usazování: Chamberlain ..., Pinder ...
- modifikace Pinder (dropdown menu)
- Intercepce při dešti: Pröhl-Hoffman (elem+aer) ..., Model xxx ...
- model xxx (elem + aer) (dropdown menu)

Název	Hodnota
H_PASTV	0.10
H_ORNA	0.25
TSM_ELEM	20.00
TSM_AERO	25.00
MRESUSP	1.00
MPUDA	1.00
PHKZ1	65.0
PHKZ2	195.0
PHKZ3	325.0
PHKZPic2	150.0
PHKZPic3	240.0

Obrázek 7: Vstupní panel ingesčního modelu: Listový/kořenový transport

## 4.5. Vstupní panel: Fenologie

Na tomto panelu (viz Obrázek 8) se zadávají data týkající se počátku a konce (sklizeně) vegetační periody, zdržení výkrmu zvířat produktem, doba konce konzumace plodiny a data týkající se výnosu plodiny.

Jedině **doba sklizeně** (a tím i výnos) a zdržení výkrmu zvířat mohou ovlivnit výslednou kontaminaci potravin. Sklizeň plodiny může být buď urychlena a provedena ještě před spadem (toto opatření však patří mezi neodkladná a není předmětem naší práce) nebo naopak zdržena (to ovlivní výnos) do doby, kdy poklesne kontaminace plodiny. Případně může být plodina sklizena ihned po spadu a zlikvidována, a tím snížena kontaminace půdy v příštích letech.

Působení těchto opatření opět není jednoznačně určeno (nevíme jak se změní růstové křivky - LAI a jaké ztráty výnosů zpoždění způsobí) a nelze ho automatizovat. Uživatel musí sám zvážit vliv použitého opatření na tyto veličiny a provést změny v zadání vstupních dat ingesčního modelu pro konkrétní případ, který chce analyzovat.

Také prodloužení **doby zdržení do konzumace píce** ovlivní kontaminaci živočišných produktů.

Parametry ingesčního modelu

Soubor Nápověda

Spotřební koš | Krmné dávky skotu | Krmné dávky ostatní

Časové charakteristiky | Půdní transport | Dlouhodobá resuspenze | Listový/kořenový transport | Fenologie

TVEG1, TSKLstr, TSKL1 - počátek vegetace, sklizeň (stř.), začátek sklizeně  
TZD - zdržení k výkrmu, TKONZ2 - konec konzumace v roce (vše julian. dny)  
YM - měrná hmotnost listové části čerstvé rostliny v době sklizeně (kg/m<sup>2</sup>)  
SUS - frakce suché hmoty v rostlině, VYNOS - čistý výnos konzumované části (kg/m<sup>2</sup>)

Formát datumu  
 Juliánské dny  
 DD.MM.

Fenologie-nížiny | Implicitní hodnoty | Původní hodnoty

plodina	TVEG1	TSKLstr	TSKL1	TZD	TKONZ2	YM	SUS	VYNOS
Zel.list.jarní	121.00	166.00	166.00	1.00	242.00	1.46	0.08	1.46
Zel.list.podz.	152.00	273.00	273.00	1.00	365.00	3.20	0.12	3.20
Zelenina kořen.	121.00	273.00	273.00	1.00	365.00	0.40	0.16	3.40
Zelenina plod.	121.00	212.00	212.00	1.00	365.00	2.71	0.06	2.31
Obilí-pšen.ozim	110.00	212.00	212.00	105.00	365.00	1.15	0.86	0.51
Brambory podz.	130.00	267.00	263.00	1.00	365.00	0.30	0.21	1.83
Ovoce	121.00	273.00	273.00	0.00	365.00	0.90	0.06	0.90
Ječmen jarní	110.00	214.00	214.00	105.00	365.00	0.95	0.86	0.46
Kukuřice(siláž)	152.00	263.00	263.00	0.00	365.00	3.40	0.31	3.40
Cukrová řepa	131.00	293.00	293.00	0.00	365.00	2.00	0.22	3.49
Píce 1.seč	105.00	161.00	161.00	0.00	365.00	2.19	0.18	2.19
Píce 2.seč	162.00	214.00	214.00	0.00	365.00	1.09	0.18	1.09
Píce 3.seč	215.00	288.00	288.00	0.00	365.00	0.37	0.18	0.37
Slunečnice	182.00	283.00	158.00	1.00	242.00	1.46	0.08	1.46

Obrázek 8: Vstupní panel ingesčního modelu: Fenologie

## 4.6. Vstupní panel: Spotřební koš

Prostřednictvím tohoto panelu (viz Obrázek 9) volí uživatel základní **typ spotřebního koše**: lokální spotřební koš nazvaný – farmáři (vychází z bilance spotřeby potravin v České republice v roce 2002 a předpokládá, že potravina se zkonsumuje v místě, kde byla vyprodukována) nebo globální spotřební koš pro průměrného obyvatele České republiky respektující navíc současnou situaci na trhu potravin (obchodní řetězce a globální charakter jejich zásobování). Default hodnoty spotřeb jednotlivých potravin obyvateli ČR spadajících do jednotlivých věkových kategorií obyvatelstva jsou obsaženy v implicitních spotřebních koších obou typů.

Dále je zde zadávána **spotřeba potravin**, které významným způsobem přispívají k obdržené dávce z ingesce (houby, lesní plody, zvěřina, ovčí produkty), ale jejich spotřeba je hodně variabilní u různých skupin obyvatelstva tzv. **extra konzumace**.

Modifikací implicitních spotřebních košů může uživatel analyzovat případy skupin obyvatel s různými stravovacími zvyky (vegetariáni, vegáni atd.) nebo **kritických skupin** obyvatel, kteří konzumují zvýšené množství potravin patřících do extra konzumace (myšlivci, sběrači hub a lesních plodů atd.).

**Parametry ingesčního modelu** [?] [X]

Soubor Nápověda

Časové charakteristiky    Půdní transport    Dlouhodobá resuspenze    Listový/kořenový transport    Fenologie

Spotřební koš    Krmné dávky skotu    Krmné dávky ostatní

Průměrná roční spotřeba (kg[litr]/rok) pro 6 věkových kategorií  
DTkonz - zdržení od doby sklizně ke konzumaci (d)

Spotřební koš: farmáři    Implicitní hodnoty    Původní hodnoty

potravina	<1rok	1-2	2-8	8-12	12-18	dospělí	DTkonz
Zel. list. jarní	1.6	2.6	3.4	4.0	5.0	5.4	1.0
Zel. list. podz.	6.6	10.0	14.0	16.0	20.0	22.0	1.0
Zel. kořenová	6.4	10.0	13.0	15.0	19.0	21.0	1.0
Zel. plodová	10.0	16.0	21.0	25.0	31.0	34.0	1.0
Obilí-pšen. ozim	12.00	33.00	54.00	80.00	111.00	123.00	105.0
Brambory podz.	3.4	18.0	32.0	39.0	60.0	62.0	1.0

Extra konzumace pro kritické skupiny  
(myšlivci, rybáři, lesní dělníci, ...)

potravina	<1rok	1-2	2-8	8-12	12-18	dospělí	DTkonz
Lesní bobule	0.33	0.81	1.20	1.50	1.90	1.50	1.00
Houby	0.00	1.10	1.80	2.20	2.30	2.50	1.0
Ryby	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Divoká zvěřina	0.009	0.04	0.07	0.13	0.16	0.32	30.00
Mléko ovčí	0.007	0.071	0.086	0.087	0.076	0.056	1.00

**Obrázek 9: Vstupní panel ingesčního modelu: Spotřební koš**



Hodnoty spotřeby jednotlivých potravin významným způsobem ovlivňují dávku obdrženu z ingesce potravin. Zemědělské opatření **zákaz potravin** lze modelovat modifikací spotřeby potravin ve spotřebním koši. Vstupní panely modelu následných ochranných opatření tedy musí způsobem odpovídajícím danému opatření měnit hodnotu spotřeby potravin podléhající úplnému nebo částečnému zákazu, který je důsledkem překročení zásahové úrovně (efektivní dávka, ekvivalentní dávky, kontaminace potravin).

Další veličinou zadávanou v tomto vstupním panelu je **doba zdržení** od sklizně ke konzumaci pro jednotlivé druhy potravin a krmiv. Jejich default hodnoty jsou opět obsaženy v obou typech implicitních spotřebních košů (farmáři, globální).

Také doba, která uplyne mezi sklizní plodiny a její konzumací, ovlivňuje dávku z ingesce, zejména v případě kontaminace plodiny převážně radionuklidy s krátkým poločasem rozpadu. Zemědělské opatření **skladování potravin**, využívající odkladu spotřeby potravin k poklesu její objemové kontaminace krátkodobými radionuklidy pod zásahovou úroveň, může být modelováno přidáním dalšího zdržení konzumace k jeho obvyklé hodnotě.

Také zemědělské opatření **zpracování potravin** (uplatňované pouze na čerstvé mléko) může k modelování využít změnu spotřeby provedenou ve spotřebním koši prostřednictvím modelu následných ochranných opatření.

## 4.7. Vstupní panel: Krmné dávky skotu

Tento vstupní panel (viz Obrázek 10) je používán k zadávání veličin charakterizujících způsob výkrmu – **scénář výkrmu** skotu. Uživatel může volit ze dvou variant scénáře výkrmu: volné pastvy a stájového výkrmu.

V případě **volné pastvy** je zadáván navíc počátek a konec pastvy a předpokládá se, že mimo tuto dobu tj. v zimním období jsou zvířata ustájena.

Pro **stájový výkrm** je zde zadáván počátek vegetační doby pícnin a doba jejich sklizně, přičemž se předpokládá, že jsou sklizeny ve třech sečích, a také doba konce spotřeby jednotlivých sečí.

Spotřeby krmiv jsou uvážovány různé pro dojnice, jalovice a býky a také pro letní a zimní období roku.

**Parametry ingesčního modelu**

Soubor Nápověda

Časové charakteristiky Půdní transport Dlouhodobá resuspenze Listový/kořenový transport Fenologie

Spotřební koš **Krmné dávky skotu** Krmné dávky ostatní

Časové konstanty pro výkrm skotu  
TVEG, TSKL, TX1, TSKL2, TX2, TSKL3

Skot: stájový výkrm

Název	Hodnota
TVEG	11.0
TSKL	22.0
TX1	33.0
TSKL2	44.0
TX2	50.0
TSKL3	50.0

Formát datumu  
 Juliánské dny  
 kalendářní dny

Skot: stájový výkrm v létě i v zimě  
siláž=1/2 kukuřice na zeleno + 1/2 řepný chrást  
skot: stájový výkrm v létě a v zimě

výkrm	Dojnice		Jalovice		Býci	
	letní	zimní	letní	zimní	letní	zimní
Zelená píče	0.35	0.00	0.18	0.00	0.55	0.00
Siláž	0.05	0.25	0.05	0.15	0.00	0.25
Senáž	0.02	0.08	0.02	0.03	0.00	0.08
Seno	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00	0.02
Sláma	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02

**Obrázek 10: Vstupní panel ingesčního modelu: Krmné dávky skotu**

Kontaminace živočišných produktů je ovlivněna množstvím přijatých radionuklidů v krmivu, tj. objemovou aktivitou krmiva a jeho spotřebovaným množstvím, a dále frakcí aktivity přecházející v těle zvířete do živočišného produktu. Tento děj má svou dynamiku, tzn. že existují **přechodové jevy** – po začátku konzumace kontaminovaného krmiva zvířetem postupně narůstá kontaminace živočišného produktu a po skončení podávání kontaminovaného krmiva zvířeti kontaminace produktu opět postupně klesá (tento jev lze kvantifikovat pomocí tzv. **poločasu biologického odstraňování radionuklidu** z těla zvířete).

Zemědělská opatření určená k redukci kontaminace živočišných produktů jsou následující:

1. odsun zvířat z pastvin (tráva patří k nevíce kontaminovaným krmivům) a jejich ustájení včetně změny způsobu výkrmu,
2. krmení nekontaminovaným nebo méně kontaminovaným krmivem,
3. přidavek látek snižujících kontaminaci živočišných produktů do krmiva nebo jejich podávání zvířatům (stabilní I, Ca, vláknina, sorbenty atd.),
4. změna doby porážky (na dobu, kdy je kontaminace nejnižší),
5. krmení zvířat před porážkou nekontaminovanými krmivy,
6. změna druhu chovaných hospodářských zvířat (místo ovcí a koz skot, místo mččných plemen masná, zvířata chovaná pro vlnu apod.).

Ad 1. V modelu následných ochranných opatření se provede změna způsobu výkrmu z volné pastvy (pokud předtím existovala) na celoroční stájový výkrm.

Ad 2. Model následných ochranných opatření umožní modifikaci scénáře výkrmu. Pokud je část nebo celá složka krmiva nekontaminována dojde k příslušnému snížení hodnoty spotřeby této složky ve scénáři výkrmu. Použití n-násobně méně kontaminované složky krmiva lze modelovat jako snížení spotřeby této složky n-krát.

Ad 5. K určení nutné doby výkrmu nekontaminovaným krmivem lze použít hodnoty poločasu biologického odstraňování radionuklidů ze zvířat.

Ad 3, 4 a 6. Tyto případy nebudeme uvažovat. Uživatel musí provedení těchto opatření modelovat sám, změnou hodnot ve vstupních panelech ingesčního modelu.

Dále je možno uvažovat opatření odložení spotřeby krmiv, které lze uplatnit v případě kontaminace krmiva převážně krátkodobými radionuklidy a modelovat je lze změnou zdržení spotřeby krmiva (platí pro čerstvá krmiva).

## 4.8. Vstupní panel: Krmné dávky ostatní

K zadávání veličin charakterizujících scénáře výkrmu prasat, drůbeže, ovcí a králíků slouží tento vstupní panel (viz Obrázek 11).

Spotřeba jednotlivých složek krmiva prasaty je uvažována dynamickým způsobem a trvá po dobu 6 měsíců. U ostatních zvířat se zadává stejná spotřeba krmiv po celou dobu života.

Kontaminace živočišných produktů je stejně jako u skotu ovlivněna množstvím přijatých radionuklidů v krmivu, tj. objemovou aktivitou krmiva a jeho spotřebovaným množstvím, a dále frakcí aktivity přecházející v těle zvířete do živočišného produktu. Také v případě těchto zvířat má děj svou dynamiku a existují **přechodové jevy** kvantifikovatelné pomocí **poločasu biologického odstraňování radionuklidu** z těla zvířete.

Zemědělská opatření určená k redukcí kontaminace živočišných produktů jsou obdobná jako v případě skotu a lze je opět modelovat modifikací scénářů výkrmu zvířat, již umožňuje model následných ochranných opatření.

V případě prasat je zde třeba zdůraznit, že rizikovou složkou krmiva je zejména syrovátka, jejíž kontaminace může dosahovat vysokých hodnot a jejíž spotřeba podle implicitního scénáře je současně nejvyšší.

**Parametry ingesčního modelu**

Soubor Nápověda

Časové charakteristiky Půdní transport Dlouhodobá resuspenze Listový/kořenový transport Fenologie

Spotřební koš Krmné dávky skotu **Krmné dávky ostatní**

denní krmné dávky prasat (kg/den): šrot = pšenice + ječmen (1:1)  
asdfasdfa sdfa sdf asdf

Implicitní hodnoty Původní hodnoty

měsíc výkrmu	1	2	3	4	5	6
Pšenice	0.40	0.40	1.10	1.10	1.30	1.30
Ječmen	0.30	0.30	0.75	0.78	1.30	1.30
Sušené mléko	0.10	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00
Syrovátka	0.00	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50
krmivoP1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
krmivoP2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
krmivoP3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
krmivoP4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
krmivoP5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

denní krmné dávky koz (kg/den)

Název	Hodnota
Zelenina list. jarní	0.10
Zelenina kořenová	0.10
Tráva	1.10
krmivoKZ1	0.00
krmivoKZ2	0.00
krmivoKZ3	0.00

denní krmné dávky drůbeže (kg/den)

Název	Hodnota
Obilí - pšenice	0.06
Ječmen jarní	0.06
KrmivoD1	0.00
KrmivoD2	0.00

denní krmné dávky ovcí (kg/den)

Název	Hodnota
Tráva	3.10
krmivoOV1	0.00
krmivoOV2	0.00
krmivoOV3	0.00

denní krmné dávky králíků (kg/den)

Název	Hodnota
Zelenina list. jarní	0.05
Zelenina kořenová	0.05
Tráva	0.10
krmivoR1	0.00
krmivoR2	0.00

Obrázek 11: Vstupní panel ingesčního modelu: Krmné dávky ostatní

## 5. Následná ochranná opatření uvažovaná programem HAVAR

Vyhláška SÚJB 307/2002 ukládá zvažovat při překročení směrných hodnot zásahových úrovní provedení těchto **následných ochranných opatření** (v pořadí od nejzávažnější radiační mimořádné situace k nejméně závažné):

- trvalé přesídlení,
- přechodné přesídlení,
- regulace požívání radionuklidy znečištěných potravin, vody a krmiv.

Podrobný přehled směrných hodnot zásahových úrovní pro jednotlivá opatření je dán v kapitole 2. Je zde také uvedeno rozdělení zemědělských produktů (potravin) uvažovaných programem HAVAR do skupin podle zmíněné vyhlášky.

**Trvalé** nebo **přechodné přesídlení** je zvažováno na základě překročení **předpokládané efektivní dávky** ze všech cest ozáření během prvního roku po havárii (bez zavedení opatření). Dále k posuzování nutnosti provedení přechodného a trvalého přesídlení slouží další pomocná kritéria:

- pro zahájení přechodného přesídlení **odvrácená efektivní dávka** pro období 1 měsíc (ze všech cest ozáření kromě ingesce),
- pro trvalé přesídlení **očekávaná celoživotní efektivní dávka** (ze všech cest ozáření), (v obou případech bez zavedení opatření).

**Regulace požívání radionuklidy znečištěných potravin, vody a krmiv** je zvažována na základě směrných hodnot zásahových úrovní dvojího typu:

- **předpokládaná efektivní** nebo **ekvivalentní dávka** z ingesce během prvního roku po havárii,
- nejvyšší přípustné radioaktivní kontaminace potravin tj. **objemové aktivity** potravin.

Nejvyšší přípustné úrovně radioaktivní kontaminace krmiv stanovené předpisem EC EURATOM No 770/90 jsou pouze pomocným kritériem a i při jejich nepřekročení musí být stejně kontrolováno nepřekročení nejvyšších přípustných úrovní radioaktivní kontaminace potravin živočišného původu. Ani Vyhláška SÚJB 307/2002 konkrétně nestanoví žádná kritéria pro krmiva.

Na základě požadavků Vyhlášky SÚJB 307/2002 a dále provedené studie směrnic IAEA týkajících se zemědělských opatření a modelů zemědělských opatření kódů RODOS a COSYMA a také po ověření možnosti jejich zapracování do inovované verze programu HAVAR byla do jeho modelu zemědělských opatření zařazena tato opatření:

- **trvalé přesídlení,**
- **přechodné přesídlení,**
- **zemědělská opatření:**
  - *zákazy potravin,*
  - *skladování potravin,*
  - *zpracování potravin* (pouze pro čerstvé mléko),
  - *změna způsobu výkrmu skotu z pastvy na stájový výkrm,*

- *změna scénáře výkrmu* (pro dojnice, jalovice, býky, prasata, drůbež – kuřata, ovce a králíky).

Tato opatření se provádí pro každou potravinu uvažovanou programem HAVAR (tzn. že je součástí vstupní skupiny produktů a je uvedena ve spotřebním koši ingesčního modelu) zvlášť. (Existuje vzájemná závislost u některých potravin, např. změnou scénáře výkrmu dojníc je ovlivněna kontaminace mléka a mléčných výrobků a zároveň hovězího masa pocházejícího z těchto krav).

Opatření lze vzájemně **libovolně kombinovat** bez omezení.

(Další zemědělská opatření lze modelovat přímo změnou parametrů ingesčního modelu uživatelem (podrobný popis u každého vstupního panelu v kapitole 4). Pro tento postup je nutná znalost vlivu zadávaného opatření na tyto parametry a mnoha dalších faktorů většinou úzce spojených s místem, kde má být opatření prováděno. Tento postup má pak platnost omezenou na místa se stejnými místními poměry a nelze ho algoritmizovat pro jeho složitost.)

Doposud jsme nediskutovali na základě čeho se bude uživatel rozhodovat o výběru vhodného opatření. Tato volba nebude prováděna automaticky, ale uživateli budou předloženy údaje umožňující toto rozhodnutí. Které údaje to jsou a jakým způsobem jsou prezentovány uživateli je popsáno v následujících kapitolách 6 a 7.

## 6. Propojení modelu následných ochranných opatření a dalších modelů programu HAVAR

**Model následných ochranných opatření** navazuje na výpočty dávek a objemové aktivity potravin provedené jinými částmi programu HAVAR a zejména jeho **ingesčním modelem** a využívá jejich výstupy.

Schéma zapojení modelu následných ochranných opatření do struktury programu HAVAR včetně toků dat, hlavních činností jednotlivých subsystémů a výstupů z nich je uvedeno na Obrázek 12.

Model následných ochranných opatření nejprve prezentuje uživateli výsledky výpočtu následků úniku radionuklidů bez zavedení opatření. Pak provede porovnání vypočtených hodnot se směrnými hodnotami zásahových úrovní a určí nutnost zvážení opatření. Dále umožní uživateli jednoduchým způsobem zadat parametry charakterizující zvolené opatření. A nakonec provede odpovídající modifikaci dat vstupujících do ingesčního modelu programu HAVAR, ve kterém se zopakuje vlastní výpočet pro modifikovanou verzi vstupních dat. Porovnáním výsledků obou verzí výpočtu se určí dopad zadaných opatření.

### **Požadavky na výpočty pro model následných ochranných opatření:**

Dle Vyhlášky 307/2002 SÚJB je třeba pro porovnání se směrnými hodnotami zásahových úrovní vypočítat pro každý sektor polární sítě v okolí elektrárny:

#### **1. Pro zvážení přesídlení obyvatelstva:**

- předpokládanou efektivní dávku (při neuskutečnění opatření) ze všech způsobů zevního ozáření a příjmu radionuklidů vdechováním i požíváním během prvního roku po radiační havárii [50-500 mSv/rok]
  - pro všechny věkové kategorie
- (přechodné přesídlení) odvrácenou efektivní dávku za 1 měsíc (očekávanou dávku z inhalace a externího ozáření – mrak, oblak, inhalace, resuspenze) [30 mSv/měsíc]
  - pro všechny věkové kategorie
- (trvalé přesídlení) očekávanou celoživotní dávku [1 Sv/celoživotní]
  - pro všechny věkové kategorie

#### **2. Pro zvážení regulace požívání radionuklidu znečištěných potravin, vody a krmiv (zemědělská opatření):**

- předpokládanou efektivní dávku (při neuskutečnění opatření) ze všech způsobů zevního ozáření a příjmu radionuklidů vdechováním i požíváním během prvního roku po radiační havárii [5-50 mSv/rok]
  - pro všechny věkové kategorie
- předpokládané ekvivalentní dávky (při neuskutečnění opatření) ze všech způsobů zevního ozáření a příjmu radionuklidů vdechováním i požíváním během prvního roku po radiační havárii [50-500 mSv/rok]
  - pro všechny uvažované orgány
  - pro všechny věkové kategorie

- nejvyšší přípustné úrovně kontaminace potravin (v době sklizně a v předpokládané době spotřeby)
  - pro všechny potraviny ve spotřebním koši

Tyto údaje budou prezentovány uživateli grafickou formou v mapě okolí elektrárny, na které došlo k mimořádné události spojené s únikem aktivity, s vyznačením jednotlivých izopleť a oblastí (segmentů), kde došlo k překročení jednotlivých směrných hodnot zásahových úrovní.

Zároveň budou do modelu následných ochranných opatření vstupovat tyto údaje ve formě textového souboru spolu s následujícími údaji:

- počet obyvatel, kteří mají být přesídleni trvale [1]
- počet obyvatel, kteří mají být přesídleni přechodně [1]
- počet zasažených segmentů plochy [1] + zasažená plocha [km<sup>2</sup>] - s překročením ZÚ pro **trvalé přesídlení**
- počet zasažených segmentů plochy [1] + zasažená plocha [km<sup>2</sup>] - s překročením ZÚ pro **přechodné přesídlení**
- počet zasažených segmentů plochy [1] + zasažená plocha [km<sup>2</sup>] - s překročením ZÚ pro **regulaci požívání radionuklidů znečištěných potravin, vody a krmiv**
  - pro všechny potraviny ve spotřebním koši
- maximální hodnota **předpokládané efektivní dávky** .... [mSv/1rok] + segment + % překročení ZÚ + příspěvky cest ozáření + příspěvky I, Cs, Sr a aktinoidů + věková kategorie (pro kterou bylo maxima dosaženo)
- maximální hodnota **předpokládané ekvivalentní dávky** .... [mSv/1rok] + segment + % překročení ZÚ + příspěvky cest ozáření + příspěvky I, Cs, Sr a aktinoidů + věková kategorie (pro kterou bylo maxima dosaženo)
  - pro všechny uvažované orgány
- maximální **objemová aktivita potravin** [Bq/kg, Bq/l] + segment + % překročení ZÚ + objemové aktivity I, Cs, Sr a aktinoidů
  - pro všechny potraviny ve spotřebním koši

Tyto údaje budou modelem následných ochranných opatření zpracovány a prezentovány uživateli formou **přehledových panelů**, které jsou popsány v kapitole 0.

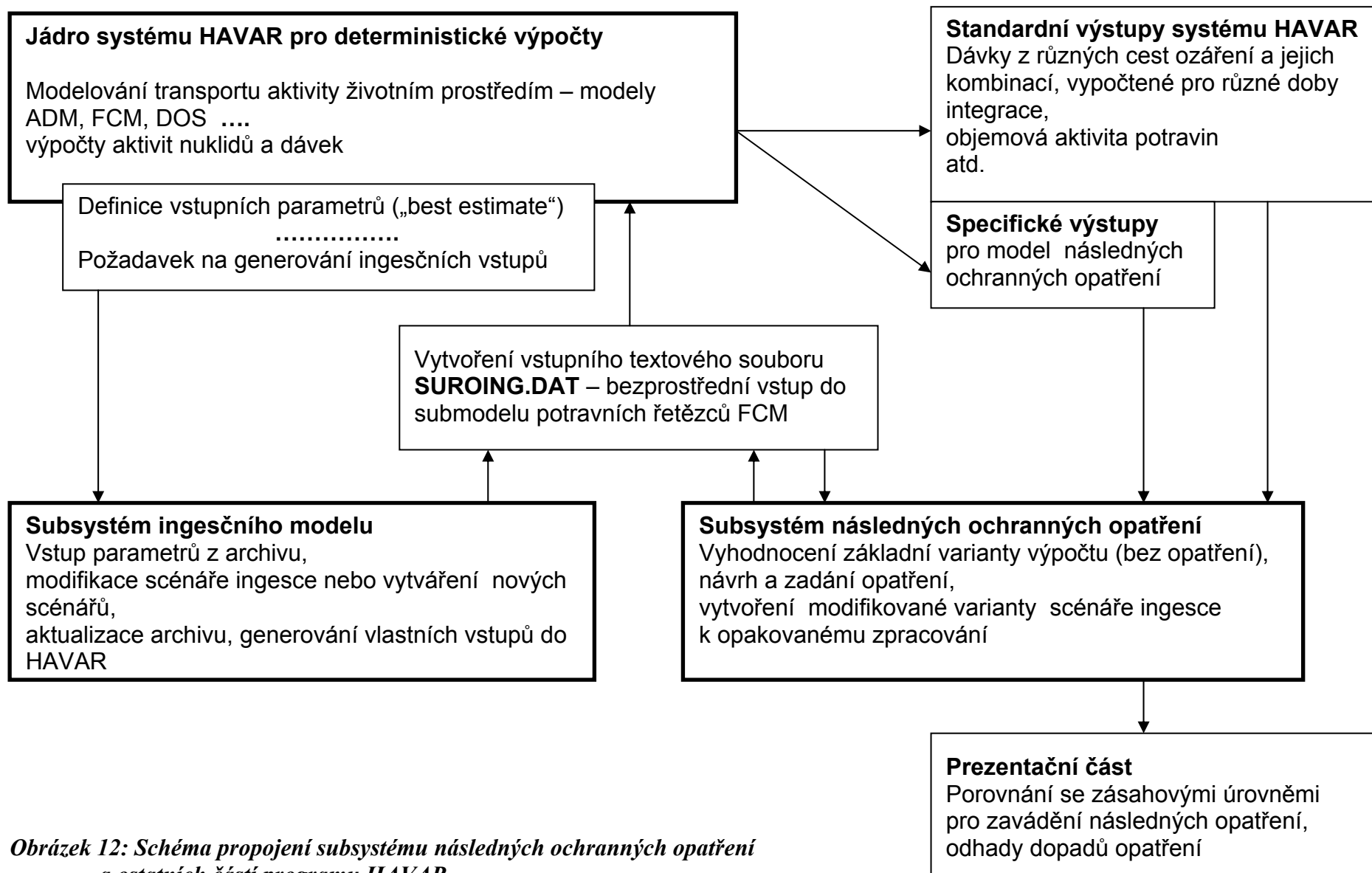
Na základě rozboru grafických výstupů ingesčního modelu (a dalších modelů počítajících dávku z inhalace, resuspenze a vnějšího ozáření) a těchto údajů je možno provést vyhodnocení **závažnosti** úniku aktivity při mimořádné události.

Dále jsou tyto údaje podkladem pro **volbu opatření** (provede uživatel), jehož dopad (účinek) má být analyzován.

K zadání zvoleného opatření slouží **vstupní panely** modelu následných ochranných opatření, které jsou podrobně popsány v kapitole 0.







*Obrázek 12: Schéma propojení subsystému následných ochranných opatření a ostatních částí programu HAVAR*

## 7. Přehledové a vstupní panely modelu následných ochranných opatření

Návrh následných ochranných opatření musí vycházet ze směrných hodnot zásahových úrovní stanovených Vyhláškou SÚJB 307/2002 pro jednotlivá uvažovaná opatření (trvalé přesídlení, přechodné přesídlení, regulace požívání radionuklidy znečištěných potravin, vody a krmiv). Prvním krokem při rozhodování o nutnosti zvažovat zavedení následných ochranných opatření je **porovnání** vypočtených (za podmínek stanovených vyhláškou: cesty ozáření, doba integrace atd.) hodnot očekávaných efektivních a ekvivalentních dávek na jednoho obyvatele pro všechny věkové kategorie a objemových aktivit potravin ve spotřebním koši ingesčního modelu (viz kapitoly 2 a 6) s těmito zásahovými úrovněmi.

**První přehledový panel** (dialogové okno) modelu následných ochranných opatření (viz ) je nazván „“ a uvádí přehled nejvýznamějších výsledků výpočtu provedeného programem HAVAR pro situaci bez zahrnutí opatření na ochranu obyvatelstva. Jsou zde uvedeny maximální vypočtené očekávané efektivní a ekvivalentní dávky

## 8. Zobrazení výstupů modelu opatření

Postižená plocha pro trvalé a přechodné přesídlení (počet segmentů, plocha?).  
Počet obyvatel, kteří mají být přesídlení trvale, přechodně.

Plocha zákazu potravin (pro každou potravinu).

## 9. Literatura

- [1] 307. Vyhláška Státního úřadu pro jadernou bezpečnost ze dne 13. června 2002 o radiační ochraně
- [2] Rozšíření vstupní grupy ingesčního modelu programu HAVAR
- [3] J. Brown, P.A. Mansfield and J.G. Smith: Modelling approach in the terrestrial late countermeasures module, LCMT within RODOS4.0, RODOS(WG3)-TN(99)-43, February 2000
- [4] IAEA (1994a) Guidelines for agricultural countermeasures following an accidental release of radionuclides, Technical report series No. 363, IAEA Vienna.
- [5] Materiály z konference WISDOM (**W**orkshop to extend the **I**nvolvement of **S**takeholders in **D**ecision **O**n **R**estoration **M**anagement), září 2003, Oxford, UK
- [6] Materiály z projektu STRATEGY (**S**ustainable **R**estoration and **L**ong-**T**erm **M**anagement of Contaminated Rural, Urban and Industrial Ecosystems), [www.strategy-ec.org.uk](http://www.strategy-ec.org.uk)
- [7] J. Brown, P. Mansfield: User Guide for the Long Term Countermeasure Model LCMT of RODOS PV4.0F, LCMT40.doc, February 2000
- [8] C. Steinhauer: COSYMA: Ingestion Pathways and Foodbans, KfK 4334, Karlsruhe
- [9] C. Steinhauer: UFOING: A Program for Assessing the Off-site Consequences from Ingestion of Accidentaly Released Radionuclides, KfK 4475, Karlsruhe
- [10] COMMISSION REGULATION (EURATOM) No 770/90 of 29 March 1990 (maximum permitted levels of radioactive contamination of feedingstuffs following a nuclear accident or any other case of radiological emergency]
- [11] A European Manual for „Off-site Emergency Planning and Response to Nuclear Accidents“, December 2002