

Dokumentace k projektu VG20102013018 bezpečnostního výzkumu MV ČR

Deterministické jádro HAVAR-DET systému HARP

**Uživatelský manuál spouštění běhů deterministického jádra
HAVAR-DET**

Autoři: **Ing. Petr Pecha, CSc.**
Ing. Emilie Pechová
Ing. Radek Hofman

Praha, 2011

Anotace

Programový produkt HAVAR-DET je autonomní deterministické jádro systému HARP (HAzardous Radioactivity Propagation) vyvíjeného v rámci bezpečnostního výzkumu MV ČR, projekt č. VG20102013018 (příjemce podpory Ústav teorie informace a automatizace AV ČR, v.v.i. Zde dokumentovaný uživatelský manuál systému HAVAR-DET shrnuje výsledky prací týkajících se konstrukce interaktivní podpory uživatele při zadávání scénářů úniku, běhů úloh produkujících předpovědi radiologické situace a vizualizaci výsledků na mapových pozadích lokalit jaderných elektráren. Předkládaný manuál je návodem na výpočet radiologických důsledků havárií v okolí jaderných zdrojů a je tvořen čtyřmi základními částmi:

1. Příprava vstupních dat pro danou lokalitu JE, volba způsobu výpočtu rozptylových koeficientů σ , suché a mokré depozice, zahrnutí vlivu blízkých budov, výběr zdrojového členu, volba meteorologických podmínek.
2. Příprava vstupních dat ingesčního modelu: základní časové charakteristiky, charakteristiky půdního transportu, dlouhodobé depozice a resuspenze, listového a kořenového transportu, fenologické charakteristiky, spotřební koše, výkrm skotu a ostatních hospodářských zvířat.
3. Popis běhu výpočtu a postupu výpočtu základních řídicích veličin: časového integrálu přízemní objemové aktivity, depozice a časového integrálu depozice a výpočty dávek resp. dávkových úvazků pro časnou i pozdní fázi po nehodě.
4. Užití grafického rozhraní při zobrazování výsledků výpočtu.

System byl vyvíjen se záměrem položit důraz jak na časnou fázi nehody tak na pozdější fáze se zahrnutím aktuálních znalostí v oblasti transportu aktivity potravními řetězci. Manuál vede uživatele jednotlivými kroky zadávání úlohy, inicializace a aktivace jejího běhu a prohlížením výsledků. Popis všech parametrů zde není uveden do detailů a uživatel je odkázán na příslušné asociované zprávy z archivu dokumentace programového systému HAVAR-DET.

OBSAH

1	DOKUMENTACE K PRODUKTU HAVAR-DET	5
2	STRUKTURA VSTUPNÍCH DAT	5
3	HLAVNÍ RYSY NÁVRHU INTERAKTIVNÍHO ZPRACOVÁNÍ	6
4	BLOKOVÉ SCHÉMA SYSTÉMU HAVAR-DET	8
5	VSTUPNÍ PANELE MODELU HAVAR	9
5.1	VSTUPNÍ PANEL: ZÁKLADNÍ PARAMETRY	9
5.2	VSTUPNÍ PANEL: OCHUZOVÁNÍ VLEČKY	11
5.3	VSTUPNÍ PANEL: BLÍZKÉ OBJEKTY	12
5.4	VSTUPNÍ PANEL: SEGMENTY ÚNIKU A GRUPY NUKLIDŮ	12
5.5	VSTUPNÍ PANEL: METEOROLOGICKÉ SEKVENCE	14
6	STRUKTURA INGESČNÍHO MODELU PROGRAMU HAVAR-DET	17
7	VSTUPNÍ PANELE INGESČNÍHO MODELU PROGRAMU HAVAR-DET	17
7.1	VSTUPNÍ PANEL: ČASOVÉ CHARAKTERISTIKY	18
7.2	VSTUPNÍ PANEL: PŮDNÍ TRANSPORT	19
7.3	VSTUPNÍ PANEL: DLOUHODOBÁ DEPOZICE / RESUSPENZE	20
7.4	VSTUPNÍ PANEL: LISTOVÝ/KOŘENOVÝ TRANSPORT	21
7.5	VSTUPNÍ PANEL: FENOLOGIE	22
7.6	VSTUPNÍ PANEL: SPOTŘEBNÍ KOŠ.....	23
7.7	VSTUPNÍ PANEL: KRMNÉ DÁVKY SKOTU	25
7.8	VSTUPNÍ PANEL: KRMNÉ DÁVKY OSTATNÍ.....	28
8	MÓDY PRÁCE SYSTÉMU HAVAR-DET	29
8.1	POUŽITÍ PROGRAMU PRIMO	30
8.1.1	<i>Jednorázový výpočet spuštěním PRIMOALL.EXE</i>	31
8.1.2	<i>Mnohovariantní výpočet spuštěním BalING51.EXE</i>	33
8.2	SGPM : VÝPOČTY POMOCÍ SEGMENTOVANÉHO GAUSSOVSKÉHO MODELU RESPEKTUJÍCÍ SKUTEČNÉ METEOPODMÍNKY A DYNAMIKU ÚNIKU	33
8.2.1	<i>Běh programu</i>	34
9	PODROBNÉ OVĚŘENÍ VÝSLEDKŮ VÝPOČTU PODLE VŠECH TŘÍ PROGRAMŮ	37
10	GRAFICKÉ VÝSTUPY VÝSLEDKŮ: 2-D ZOBRAZENÍ PRO PRIMOALL	38
11	GRAFICKÁ ZOBRAZENÍ VÝSLEDKŮ VÝPOČTU SGPM	41
12	KONTROLNÍ GRAFICKÝ SUBSYSTÉM GANMU PRO ANALÝZU SITUACE UVNITŘ ČASNÉ FÁZE	52
13	DALŠÍ USTANOVENÍ	53
14	GRAFICKÁ PODPORA PRO SIMULACI ZAVÁDĚNÍ NEODKLADNÝCH OPATŘENÍ V ČASNÉ FÁZI A PŘÍPADNÝCH NÁSLEDNÝCH OPATŘENÍ V OBLASTI POTRAVNÍCH ŘETĚZCŮ	54
15	REFERENCE	57
16	PŘÍLOHY	58
16.1	PŘÍLOHA 1: AUTOMATICKÁ PROCEDURA PRO MNOHONÁSOBNÉ VYVOLÁVÁNÍ SEKVENČÍ SIMULUJÍCÍCH DLOUHODOBÝ ÚNIKY AKTIVITY A NÁSLEDNÉ ZPRACOVÁVÁNÍ.....	58

16.2	PŘÍLOHA 2: GRAFICKÝ SUBSYSTEM PRO ANALÝZU VÝVOJE RADIOLOGICKÉ SITUACE UVNITŘ ČASNÉ FÁZE – PŮVODNÍ APLIKACE V DOS.....	64
16.3	PŘÍLOHA 3: KONTROLNÍ GRAFICKÝ SUBSYSTEM GANMU PRO ANALÝZU SITUACE UVNITŘ ČASNÉ FÁZE	68

1 Dokumentace k produktu HAVAR-DET

Pro deterministické výpočty byla vyvinuta verze systému HAVAR-DET, která je rozšířením deterministického jádra předchozího produktu HAVAR-RP (Reliability Prediction). Zde popisovaná aktuální verze HAVAR-DET je současně určena pro další rozvoj z hlediska potřeb ÚJV Řež, divize ENERGOPROJEKT (vývoj vlastních modulů – např. ekonomického a zdravotního) s podporou řešitelského týmu z Ústavu teorie informace a automatizace, AV ČR v rámci projektu Bezpečnostního výzkumu MV (2010 - 2013), č. projektu VG20102013018. Současně je tento produkt plně kompatibilní s deterministickým jádrem vyvíjeného kódu HARP, u nějž na deterministické jádro navazuje pravděpodobnostní rozhraní směrem k vyvíjenému asimilačnímu subsystému ASIM.

Produktu HAVAR-DET přísluší následující dokumentace:

1. Abstrakt systému HAVAR-DET předložený při hodnotícím řízení
2. Dokumentace k metodice, způsobu používání a validaci kódu, a to:
 - Základní metodika, uživatelský průvodce a validační dokumentace (rok 2000) původního mateřského produktu HAVAR [5]
 - Dokumentace aktuálního systému HAVAR-DET, a to hlavně tyto základní dokumenty:
 - i. Popis metodiky systému HAVAR-DET [1]
 - ii. Tento manuál: Uživatelský manuál k systému HAVAR-DET [2] - popis práce uvnitř interaktivního uživatelského rozhraní
 - iii. Aplikace systému HAVAR-DET v oblasti radiační ochrany [3]

2 Struktura vstupních dat

Původní uživatelský manuál prvního systému HAVAR z roku 2000 dělí vstupní údaje do tří úrovní, které v té době byly zadávány dávkovým způsobem. Další vývoj HAVAR-DET byl veden snahou zjednodušit zadávání úloh při respektování frekvence požadavků na změny aktuálních údajů. Vstupní údaje jsou potom logicky členěny do tří skupin představovaných čtyřmi vstupními soubory:

- HAVIN.DAT a SUROING.DAT
- HAVLOK.DAT
- HAVDB.DAT
- METEO.WEA

Soubor HAVIN.DAT obsahuje „horká“ data zadávání scénáře úniku včetně parametrů atmosférické disperze a depozice a meteorologických předpovědí, o kterých se předpokládá, že budou běžně měněna při variantních výpočtech či studiích senzitivity. Jedná se například o volbu povětrnostních poměrů a hodinové meteorologické předpovědi v krátkém časovém horizontu 48 hodin (viz popis v [1]), parametry zdroje exhalací, tepelně-hydraulické charakteristiky vypouštěných vzdušín, spektrum a úrovně vypouštěných aktivit, přepínače pro volbu alternativních výpočtových modelů a pod. Všechna tato data lze po odladění a předání uživateli zadávat interaktivně z obrazovky ze vstupních panelů. Ve spojení s následující možností spuštění běhů úloh a bezprostředním prohlížením základních výstupů v grafické

formě, řízeným výstupními obrazovkovými panely, je tak dán uživateli k dispozici efektivní interaktivní prostředek k rychlému srovnávání variantních výpočtů. Obdobný charakter frekventně měněných „horkých dat“ má soubor SUROING.DAT, který obsahuje vstupní data pro aplikaci dynamického modelu (do HAVAR-DET je implementována rozšířená verze původního modelu ENCONAN). Tato data byla původně převzata z práce [8], byla však na základě zkušeností s lokalizací evropského systému RODOS na podmínky ČR provedena jejich rozsáhlá aktualizace a samotný model byl rozšířen pro potřeby zahrnutí současných znalostí. Pro Českou republiku jsou shromážděny v [9] nové zpřesněné údaje týkající se transportu radionuklidů potravinovými řetězci, kde jsou též zdokumentována rozšíření samotného použitého dynamického modelu ingesce. Na tomto místě je třeba poznamenat, že pracovní verze [9] odráží pouze dílčí shromážděná fakta a lokalizace ingesčního schématu na konkrétní lokality jaderných zařízení kontinuálně pokračuje.

Soubor HAVLOK.DAT obsahuje lokální data charakteristická pro danou lokalitu, jako například pole nadmořských výšek, drsností zemského povrchu, hustotu osídlení kolem jaderného zařízení a pod. Jedná se o údaje, které se nebudou často měnit a poměrně zřídka budou zpřesňovány. Jedná se o demografické údaje po dalším sčítání lidu, ale důležitým se může ukázat i požadavek zahrnout měnící se praxi v oblasti zemědělské výroby. Velmi důležitým argumentem pro vypracování nástrojů pro generování aktuálních lokálních dat kolem jaderného zařízení je možný požadavek na rekonfiguraci polární výpočetní sítě (její případné zjemňování). Vývoji takového obecného nástroje zpracovávajícího nové aktuální podklady státní správy a nové požadavky na zjemnění výpočtové sítě jsou preprocesory geografických [10] a demografických [11] dat systémů HAVAR-RP / HAVAR-DET.

Databáze HAVDB.DAT obsahuje obecně platné či přijaté fyzikální či fyzikálně-chemické konstanty, případně dávkové faktory poloempirických formulí pro určení vlivu záření na lidský organismus. Soubor HAVDB obsahuje rovněž databanku nuklidů. Jsou to data společná pro všechny lokality. Přesto, že se jedná o permanentní data, vyskytla se za dobu vývoje potřeba rozšířit grupu nuklidů akceptovaných kódem HAVAR-DET a upřesnit konverzní faktory na základě nových údajů. Popis těchto rozšíření je uveden v dokumentaci systému HAVAR-DET v [7].

Databáze METEO.WEA meteorologických předpovědí resp. archivovaných historických časových řad je popsána v [1] v kapitole 6.1 (bodové předpovědi nebo 3-D předpovědi v HIRLAM formátu pro bližší okolí uvažované lokality).

3 Hlavní rysy návrhu interaktivního zpracování

Jmenujme tři hlavní rysy implementované při návrhu uživatelsky snadného a efektivního interaktivního rozhraní pro zadávání scénářů uniků radioaktivity, běhů úloh a grafického zpracování a vizualizace výsledků:

- 1) **Interaktivní přístup k zadávání „horkých“ vstupních dat scénáře** pro oblast atmosférického šíření a ingesčního modulu. Možnost uložení vstupní konfigurace scénáře do vnitřního archivu scénářů včetně možnosti vyvolání „bezprostředně předchozí“ varianty. Efektivita a snadnost opakování možných variantních běhů úloh je zřejmá.
- 2) **Možnost výpočtů s alternativní volbou poloempirických submodelů**, které vždy obsahují určitou nedokonalost a zjednodušení vzhledem k fyzikální podstatě, kterou mají modelovat. Do systému je vtělena řada alternativních voleb, které umožňují učinit si představu o systematických odchylkách při modelování a poskytují možnost

analyzovat situace s nestandardními parametry prostředí. Mohou být případy s odlišnými názory expertů na oprávněnost použití toho kterého vztahu. V tomto případě uživatel může rychle analyzovat obě varianty a učinit si podložený názor na možnou systematickou odchylku ve výsledcích. Široká škála nabízených vstupních údajů s možností jejich rychlé interaktivní editace předurčuje systém HAVAR-DET pro efektivní analýzu variability a neurčitostí vstupních dat a k provádění studií sensitivity.

- 3) Podrobná **zobrazovací grafika výsledků** s celou řadou dalších voleb (2-D zobrazení na mapových pozadích s možností měnit měřítko, 1-D grafy po paprscích, komparativní grafy, „koláčové“ grafy apod. – viz dále). Grafický subsystém GANMU umožňuje znázornění vývoje radiologické situace od samého počátku úniku s možností odhadovat oblasti s potenciálním ohrožením s nutností uvažovat o aplikaci protiopatření.

Důležitou vlastností podstatně urychlující proces obvykle těžkopádného zadávání scénáře a snižující na minimum výskyt uživatelských chyb jsou možnosti interní archivace v úrovních:

- Vstupní panely HAVAR:
 - 1) Záložka „Segmenty úniku a grupy nuklidů“: ***archiv zdrojových členů***
 - 2) Záložka „Meteorologické sekvence“: ***archiv retrospektivních meteosekvencí***
 - 3) Uložení celé editace: ***archiv scénářů*** (jako xml soubory)
- Vstupní panely INGMODEL:
 - 1) Uložení celé editace : ***archiv scénářů ingesce*** (jako xml soubory)

Poznámka k alternativním nabídkám možných submodelů: Odladěné volby jsou při rozbalení nabídky po kliknutí tučné, rozpracované nebo v budoucnu předpokládané jsou nevýrazně šedé a nelze je zvolit (aktivovat). Po odladění mohou být velmi jednoduše zpřístupněny.

4 Blokové schéma systému HAVAR-DET

Systém je tvořen čtyřmi navzájem spolupracujícími subsystemy pro:

- interaktivní generování vstupů do segmentovaného modelu („horká data“),
- interaktivní generování vstupních dat ingesčního modelu („horká data“),
- vlastní běh výpočtu zvoleného scénáře úniku,
- grafickou presentaci výsledků s možností konverzační volby prakticky všech možných typů výstupů (radiologických hodnot z časné i pozdějších fází nehody). Výstupy lze kategorizovat podle cest ozáření, věkových kategorií i z hlediska vývoje z dlouhodobého časového horizontu.

Dohodnutá struktura podadresářů je následující:

```
C:\harp\havin
  \ingmodel
  \baliky
  \ruzice
  \ganmu
```

Postup práce (výpočetní schéma):

Připraví se vstupní soubory v podadresářích \havin a \ingmodel po spuštění souborů **havar.exe** a **ingmodel.exe** .

Při rutinním spouštění: oba přípravné běhy se provedou pouhým kliknutím na příslušnou ikonu.

V podadresáři \baliky se spustí soubor *BALIKY.exe*. Provede se výpočet v časné fázi (vztažen k referenční době 24 resp. 48 hodin po začátku úniku – podle volby uživatele v panelu havar.exe) pro výstupy:

- CAP - přízemní objemové aktivity
- TIC - časové integrály přízemních objemových aktivit
- DEP - plošné depozice
- TID - časové integrály plošné depozice,

a to pro všechny nuklidy příslušného zdrojového členu.

Dále se vypočtou efektivní a ekvivalentní dávky resp. dávkové úvazky pro časnou fázi nehody i pro pozdější fáze. Přesný popis těchto implicitních výstupů obsažených ve výstupním souboru IMPLICIT.OUT a v seznamu vypočtených položek SEZNIMPL.OUT je uveden v kapitole o subsystemu pro zobrazování výsledků v kapitolách 7 a 8 metodického popisu systému HAVAR-DET [1].

Po provedení výpočtu programem *BALIKY.exe* se přejde do podadresáře \ruzice, kde se spustí zobrazovací program *Ruzice_projekt.exe*.

Při rutinním spouštění: Při dalším rozvoji jsou oba předchozí kroky plně automatizovány tak, že celý výpočet je iniciován pouhým kliknutím na ikonu BALIKY. Pak je zahájen předpokládaný další vývoj kódu, kdy lze v 2-D grafice prohlížet výsledky, interaktivně

generovat další požadované výstupy (které nejsou obsaženy v implicitní části) a případně provádět kontrolu obsahu aktivity v potravinových produktech a testovat vliv zaváděných protipatření v ingesční části (jde o vlastní řešení vzhledem k modelu následných ochranných opatření). Je navržen konverzační dialog mezi dvěma paralelně běžícími aplikacemi, a to:

1. vlastním výpočtem segmentovaného modelu, který provádí dopočet výsledků,
2. grafickou aplikací umožňující prohlížení výsledků a po dokončení prohlížení generovat další interaktivní požadavky do předchozí výpočetní části.

5 Vstupní panely modelu HAVAR

Subsystem **havar.exe** připravuje vstupní soubor **hin00.dat** do hlavního programu HAVAR-DET.

5.1 Vstupní panel: Základní parametry

První panel (**Obrázek 5-1**) popisuje základní parametry. První 2 řádky jsou titulní – stručně identifikují úlohu a datum zpracování. Dále se volí lokalita, pro kterou je prováděn výpočet (JE Dukovany, JE Temelín, jiné zařízení), kde jsou stanoveny parametry zdroje radioaktivních úniků:

1. nadmořská výška paty komína,
2. výška komína,
3. ekvivalentní průměr výstupního otvoru.

V dalším kroku se stanoví podmínky, za nichž je model zpracován. Výpočet rozptylových koeficientů σ lze variantně provádět podle následujících vztahů:

- Hoskerův vztah
- model KFK/Jülich
- **boxový model**
- model SCK/CEN Mol, Belgium pro hladký terén

Nejdůležitější jsou modely KFK/Jülich (drsný terén, zástavba) a model SCK/CEN Mol, Belgium pro hladký terén. Alternativně jsou pro hladký terén nabízeny Hoskerovy formule, nicméně tyto byly odvozeny pro hladký terén préríjního typu. Stínované možnosti jsou sice zabudované do modelu, ale z určitého důvodu nejsou zpřístupněny. Bližší popis těchto vztahů je uveden v základním manuálu metodiky programu HAVAR [5]. SCK/CEN parametrizace jsou popsány v [1].

Dále se rozhoduje, zda bude provedena modifikace na podmínky při nízkých rychlostech větru až bezvětří (calmy):

- 0 - bez modifikací na calm podmínky
- 1 - modifikace disperze a vnosu pro calm
(zatím se provede pouze kontrola meteosekvence, při vyhodnocení nízkých rychlostí se zavede určitá nejnižší rychlost, bližší diskuze v [13]).

Pro střední rychlosti proudění pod 1.0 m/s je nutné přijmout upravenou metodiku pro nízké rychlosti větru ve smyslu procedur zavedených v příslušném reportu týkajícím se aproximací

výpočtu pro nízké rychlosti větru až bezvětří podrobně řešené v [13]. Problém není dořešen, jedno z možných řešení je uvedeno v aplikačním manuálu [3].

Uvažovaná výpočtová výšeč ve stupních (od osy šíření na každou stranu) jakož i rozdělení výšeče na jemnější subintervaly je dostatečně popsána nabízenými implicitními hodnotami.

Další volenou položkou je atmosférická stratifikace. Lze charakterizovat dva případy:

- 0 - homogenní (bez inverze)
- 1 - zvrstvení s výskytem inverze.

Pro druhý případ je třeba zadat výšku inverzní vrstvy.

The screenshot shows the 'Základní parametry' (Basic parameters) tab of the HAVAR model interface. The window title is 'Analýza radiologické situace v okolí JE Temelín - suroing.xml'. The interface includes a menu bar with 'Soubor' and 'Nápověda', and a tabbed navigation system with 'Základní parametry', 'Ochuzování vlečky', 'Blízké objekty', 'Segmenty úniku a grupy nuklidů', and 'Meteorologické sekvence'. The 'Základní parametry' tab is active and contains several input fields and dropdown menus:

- Záhlaví (Header):**
 - Titulní řádka: NJZ_vyska_45_vydatnost_0_smer_6_pocasi_F
 - Druhá titulní řádka (text začíná datem): 21. unora 2011
- Podmínky zpracování (Processing conditions):**
 - Model rozptylu: A dropdown menu with 'KFK/JULICH' selected and a list of other models including 'HOSKER', 'BOkový model', and 'SKC/CEN Mol, Belgium- hladký terén'.
 - 45.0
 - Rozdělení 1/2 výšeče na nuhel subvýšeči: 8
- Parametry zdroje exhalací (Exhalation source parameters):**
 - Volba lokality jaderného zařízení: JE Temelín
 - nadmořská výška paty: 507
 - výška zdroje: 45
 - ekvivalentní průměr výstupu: 1.6
- Atmosférická stratifikace (Atmospheric stratification):**
 - Atmosférická stratifikace: výskyt inverze
 - Výška inverzní vrstvy: 200.0
- Časové konstanty (Time constants):**
 - ref. doba TB pro depo a kinet. (sec): 86400

Obrázek 5-1: Vstupní panel modelu HAVAR: Základní parametry

Jako poslední položka v tomto panelu se zadává časová konstanta (v sekundách), kterou je referenční doba TB pro výpočet krátkodobé depozice (zadává se 24 nebo 48 hodin). Je to časový údaj měřený od okamžiku počátku úniku, ke kterému se vztahují výsledné cílové veličiny časné fáze. Její význam je podrobně vysvětlen a graficky znázorněn v manuálu [1] o rozšíření metodiky HAVAR-DET v kapitole popisu algoritmu segmentovaného Gaussova modelu.

5.2 Vstupní panel: Ochuzování vlečky

Druhý panel (*Obrázek 5-2*) se zabývá parametry ochuzování vlečky. Zadává se typ aerosolových částic - pouze informace, zda jsou větší nebo menší než 1 μm :

0 - průměr $\leq 1 \mu\text{m}$

1 - průměr $> 1 \mu\text{m}$.

Dále jsou v tabulce rychlosti suché depozice (m/s) pro různé fyzikálně-chemické formy radionuklidů ve vlečce v závislosti na typu zemského povrchu (LandUse), případně na velikosti aerosolů. Možnost měnit interaktivně tyto hodnoty má vzhledem k široké neurčitosti jejich odhadů význam pro rychlé a efektivní studie sensitivity.

Poslední údaj na tomto panelu se týká vztahu pro vymývání radionuklidů z vlečky atmosférickými srážkami. Používá se:

0 - lineární závislost pravděpodobnosti odstranění radionuklidů z vlečky (z jednotky objemu za jednotku času) na intenzitě atmosférických srážek

1 - mocninná závislost

2 - podle vztahu xxx (zde je připravena možnost zabudování dalšího vztahu).

První dvě závislosti jsou popsány v [1] v příloze 1.

Analýza radiologické situace v okolí JE Temelin

Soubor Nápověda

Základní parametry Ochuzování vlečky Blízké objekty Segmenty úniku a grupy nuklidů Meteorologické sekvence

Typ aerosolových částic
< 1 mikrometr

Rychlosti suché depozice (m/s) pro různé fyzikálně-chemické formy v závislosti na typu zemského povrchu (případně na velikosti aerosolových částic)

	vodní plochy	tráva	agrokultury	lesy	zástavba
aerosoly < 1 mikrometr	0.00070	0.00150	0.00200	0.00750	0.00050
aerosoly > 1 mikrometr	0.00080	0.00250	0.00300	0.00850	0.00080
elementární jód	0.00100	0.01500	0.02000	0.07300	0.00500
organicky vázané jód	0.00050	0.00015	0.00020	0.00075	0.00050

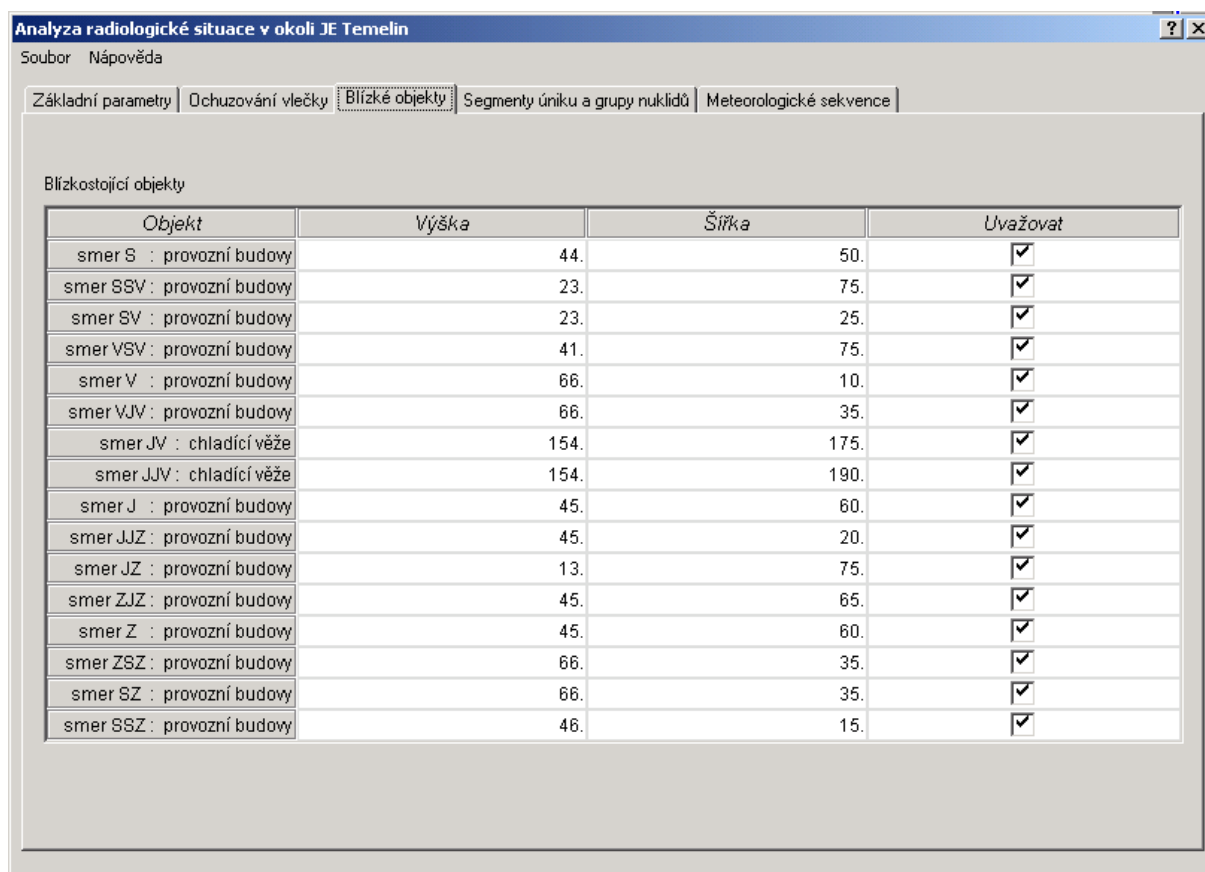
Vymývání radionuklidů z vlečky atmosférickými srážkami -
Použité vztahy pro výpočet koeficientu vymývání v závislosti na intenzitě srážek :

Lineární závislost
Lineární závislost
Mocninná závislost
Podle vztahu xxxxx

Obrázek 5-2: Vstupní panel modelu HAVAR: Ochuzování vlečky

5.3 Vstupní panel: Blízké objekty

Třetí panel (**Obrázek 5-3**) dává možnost výběru, zda uvažovat či neuvažovat vliv implicitně zadané výšky a šířky budov stojících blízko zdroje úniků na počáteční atmosférickou disperzi a převýšení vlečky. Případně lze zadat výšky a šířky budov i podle zjištění uživatele. Tato volba je relevantní pro první meteofázi každého segmentu. Výšky i šířky budov se zadávají v metrech.



Objekt	Výška	Šířka	Uvažovat
smer S : provozní budovy	44.	50.	<input checked="" type="checkbox"/>
smer SSV : provozní budovy	23.	75.	<input checked="" type="checkbox"/>
smer SV : provozní budovy	23.	25.	<input checked="" type="checkbox"/>
smer VSV : provozní budovy	41.	75.	<input checked="" type="checkbox"/>
smer V : provozní budovy	66.	10.	<input checked="" type="checkbox"/>
smer VJV : provozní budovy	66.	35.	<input checked="" type="checkbox"/>
smer JV : chladicí věže	154.	175.	<input checked="" type="checkbox"/>
smer JJV : chladicí věže	154.	190.	<input checked="" type="checkbox"/>
smer J : provozní budovy	45.	60.	<input checked="" type="checkbox"/>
smer JJZ : provozní budovy	45.	20.	<input checked="" type="checkbox"/>
smer JZ : provozní budovy	13.	75.	<input checked="" type="checkbox"/>
smer ZJZ : provozní budovy	45.	65.	<input checked="" type="checkbox"/>
smer Z : provozní budovy	45.	60.	<input checked="" type="checkbox"/>
smer ZSZ : provozní budovy	66.	35.	<input checked="" type="checkbox"/>
smer SZ : provozní budovy	66.	35.	<input checked="" type="checkbox"/>
smer SSZ : provozní budovy	46.	15.	<input checked="" type="checkbox"/>

Obrázek 5-3: Vstupní panel modelu HAVAR: Blízké objekty

5.4 Vstupní panel: Segmenty úniku a grupy nuklidů

Ve čtvrtém subpanelu (**Obrázek 5-4**) se zadává zdrojový člen – segmentovaná dynamika úniku a absolutní unikající aktivity v Bq pro zvolené radionuklidy v každém časovém segmentu úniku, přičemž počet segmentů se v tomto panelu volí. Maximální možný počet těchto základních segmentů je 7. Program si ve vnitřní struktuře rozdělí původně zadané libovolné reálné časové segmenty na fiktivní hodinové segmenty s ekvivalentní aktivitou (v souladu s hodinovými vstupy meteorologických dat). Toto schéma je podrobně popsáno a komentováno v metodickém manuálu HAVAR-DET [1] v kapitole 6 při popisu algoritmu segmentovaného Gaussova modelu. Maximální počet hodinových segmentů je omezen na 16, přičemž pro jednotlivý hodinový segment lze modelovat až do jeho 43 meteorologických fází (resp. počet hodin, kdy radioaktivní mrak opustí sledovanou oblast (okolí 100 km kolem zdroje)). Při dalším předpokládaném rozvoji produktu bude toto omezení na 10 hodinových segmentů úniku rozšířeno tak, aby bylo možno modelovat úniky s trváním do několika málo dnů.

Dále se zadává stručná informace o zdrojovém členu - jeho název a popis - každé do 1 řádku.

Nuklidy

Nuklid	
H3	<input checked="" type="checkbox"/>
BE7	<input type="checkbox"/>
C14	<input type="checkbox"/>
F18	<input type="checkbox"/>
NA22	<input type="checkbox"/>
NA24	<input type="checkbox"/>
CL38	<input type="checkbox"/>
AR41	<input type="checkbox"/>
K42	<input type="checkbox"/>
CR51	<input type="checkbox"/>
MN54	<input type="checkbox"/>
MN56	<input type="checkbox"/>
FE55	<input type="checkbox"/>
FE59	<input type="checkbox"/>
CO58	<input type="checkbox"/>
CO60	<input type="checkbox"/>
NI63	<input type="checkbox"/>
CU64	<input type="checkbox"/>

Zdrojový člen

Název zdrojového členu
R0005. F6:VVER1000-ST2. loss of coolant

Popis zdrojového členu
fuel melting, steam explosion, destruction of containment

Počet zvolených segmentů úniku: 3

Načíst zdrojový člen z archívu Uložit zdrojový člen do archívu

Segmenty úniku

	1	2	3
doba úniku (hod)	1.0000	1.0000	4.0000
tepelná vydatnost (kW)	0.0	0.0	0.0
vertikální rychlost (m/sek)	0.0	0.0	0.0
výška zdroje úniku (m)	100.0	100.0	100.0

Nuklid

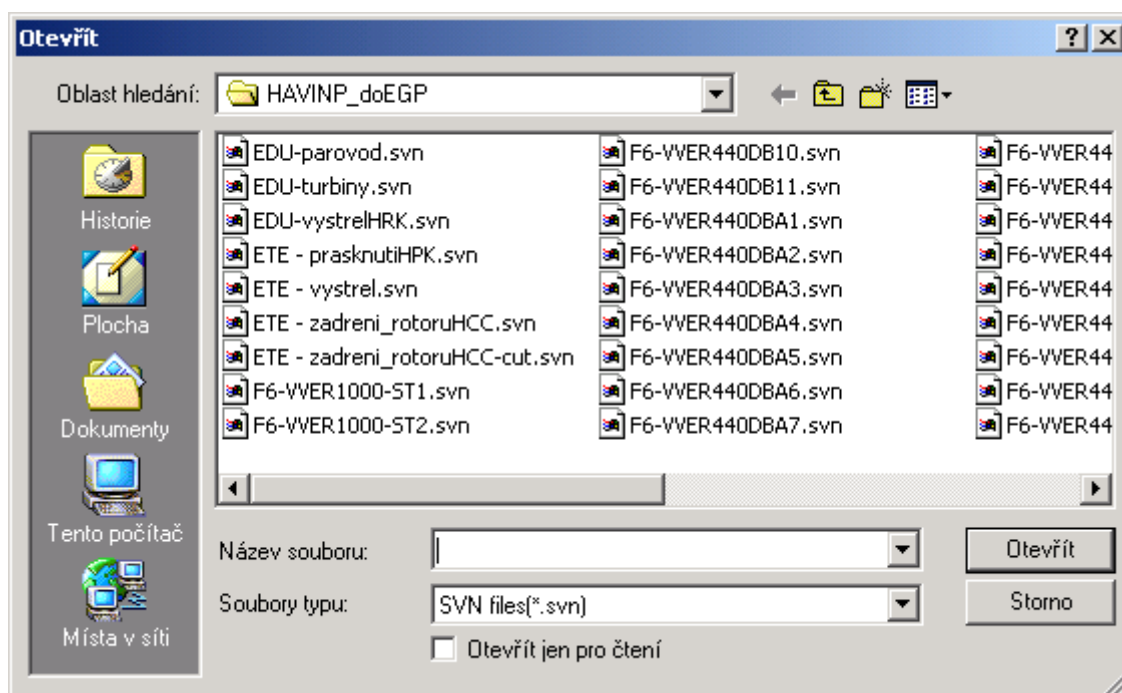
Nuklid	1	2	3
KR85M	4.66E+17	9.69E+15	9.69E+16
KR87	9.84E+17	2.04E+16	2.04E+17
KR88	1.45E+18	3.02E+00	3.02E+01
SR89	1.37E+17	0.00E+00	0.00E+00
SR90	1.47E+16	0.00E+00	0.00E+00
Y91	7.48E+16	0.00E+00	0.00E+00
ZR95	5.11E+15	0.00E+00	0.00E+00

Obrázek 5-4: Vstupní panel modelu HAVAR: Segmenty úniku a grupy nuklidů

Do popisu jednotlivých základních časových segmentů se zadává:

- doba úniku (v hodinách) v každém zvoleném segmentu
- tepelná vydatnost zdroje v kW
- vertikální rychlost úniku v m/s
- výška zdroje úniku

Tento panel současně slouží jako obslužné prostředí pro vytváření a údržbu vnitřního archivu zdrojových členů. Lze načíst (otevřít) zdrojový člen z archívu (viz **Obrázek 5-5**), upravovat jej a upravený zdrojový člen znovu archivovat pod libovolným názvem *soubor.svn* (přípona *svn* se automaticky přidává).



Obrázek 5-5: Vstupní panel modelu HAVAR: Otevření konkrétního zdrojového členu (souboru) z vnitřního archivu zdrojových členů

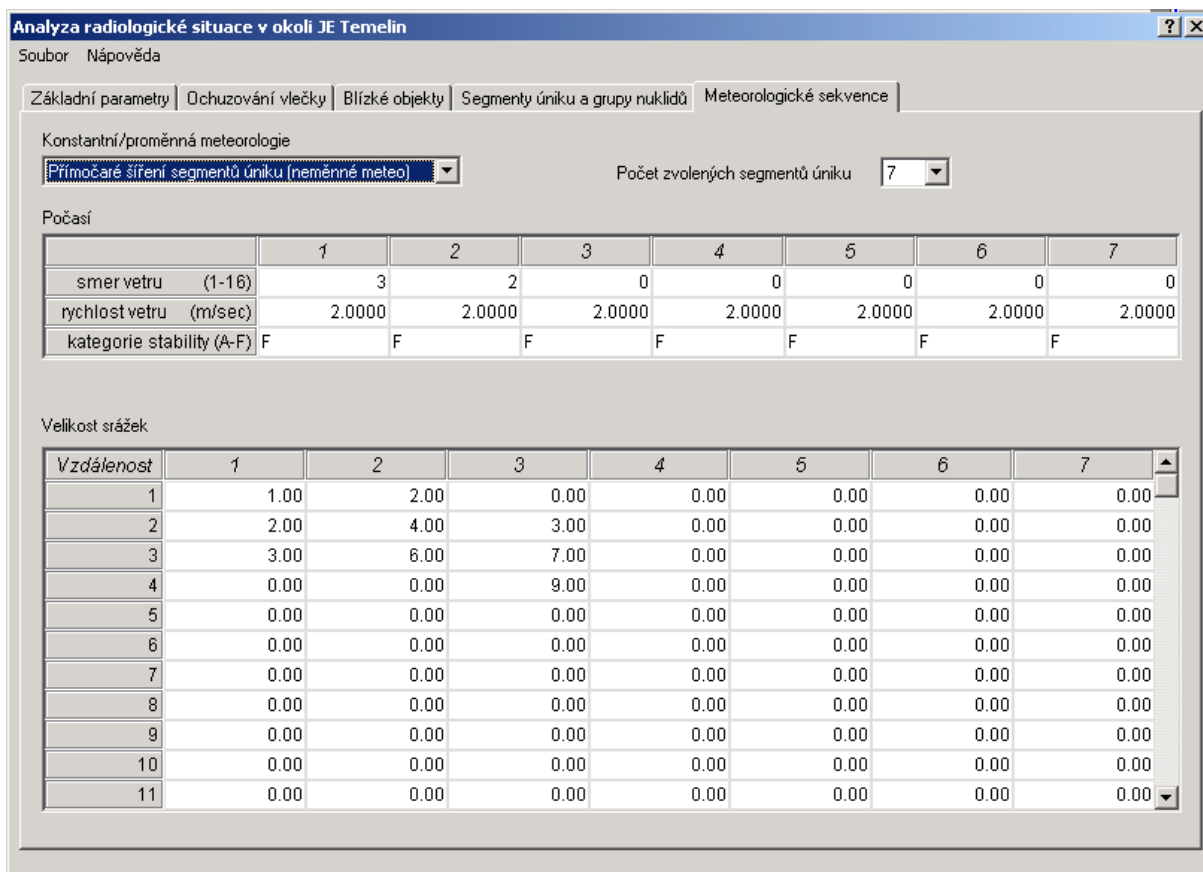
Druhou základní funkcí je interaktivní možnost zadávání a modifikace grupy nuklidů, kde se při vyvolání objeví původně archivovaná množina nuklidů a jejich příslušné aktivity unikající v jednotlivých základních segmentech.

5.5 Vstupní panel: Meteorologické sekvence

V pátém vstupním panelu lze volit model šíření gaussovské vlečky v jednotlivých meteorologických segmentech, které musejí odpovídat schématu segmentace úniku v jeho základních segmentech. Lze zvolit:

1. Přímocharé šíření jednotlivých časových segmentů úniku, kdy každý segment zachovává původní směr, rychlost i kategorii stability počasí po celou dobu šíření tohoto základního segmentu nad terénem. Počet základních časových meteorologických segmentů je 7. Na tomto místě poznamenejme, že se jedná o původní algoritmus výpočtu popsany v základní metodice [1], přičemž tomuto výpočtu (má význam při konzervativních výpočtech s kumulací nepříznivých podmínek) přísluší celý původní aparát grafické presentace popsany tamtéž.
2. Stáčení segmentu podle hodinových meteosekvencí přebíraných na základě předpovědí resp. historických časových řad meteoměření z ČHMÚ. Právě tato možnost zohledňuje reálnou meteorologii v místě úniku a přísluší jí algoritmus segmentovaného Gaussova modelu [1].

V případě přímocharého šíření vlečky (**Obrázek 5-6**) se v každém časovém segmentu zadává směr šíření vlečky (směr větru), rychlost větru v m/s a kategorie stability počasí podle Pasquilla (6 kategorií, označených A - F).

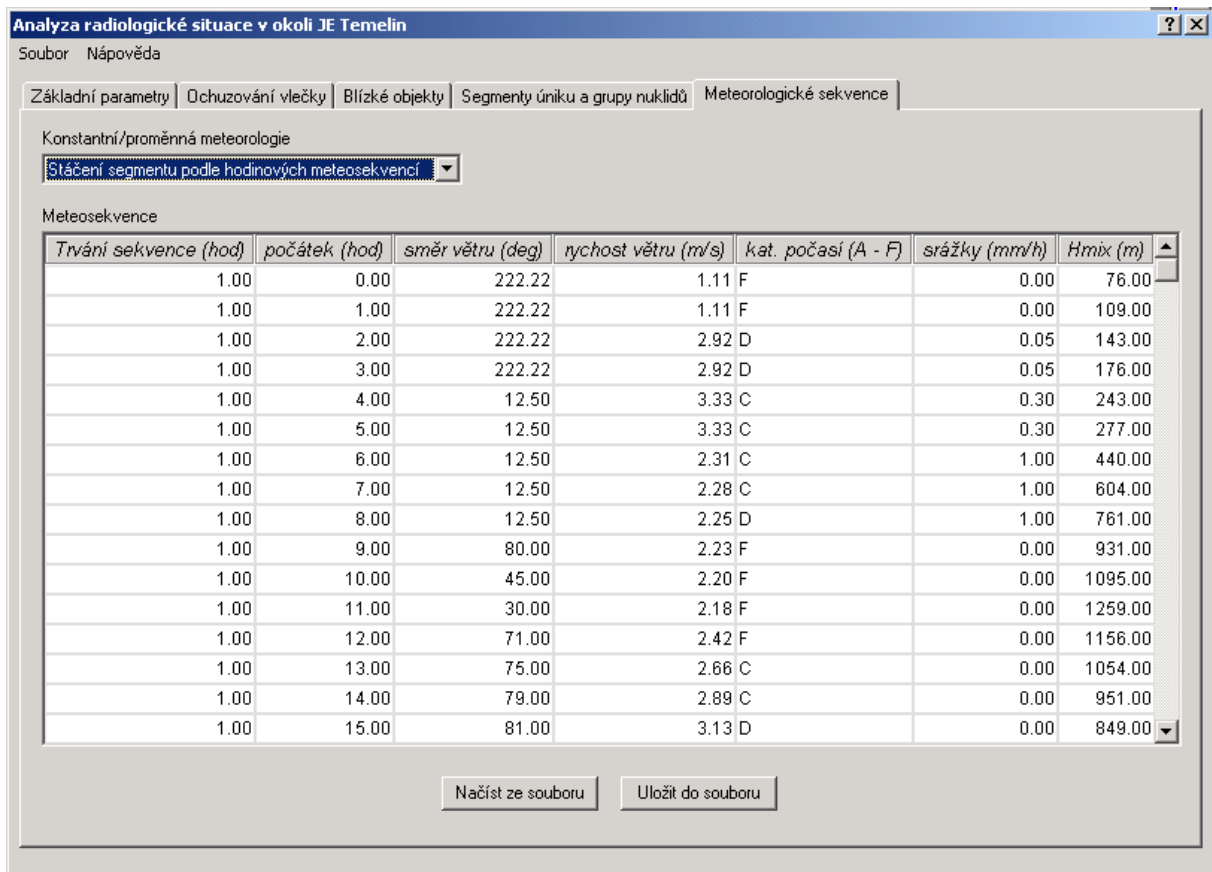


Obrázek 5-6: Vstupní panel modelu HAVAR: Meteorologické sekvence při přímočarém šíření jednotlivých segmentů úniku

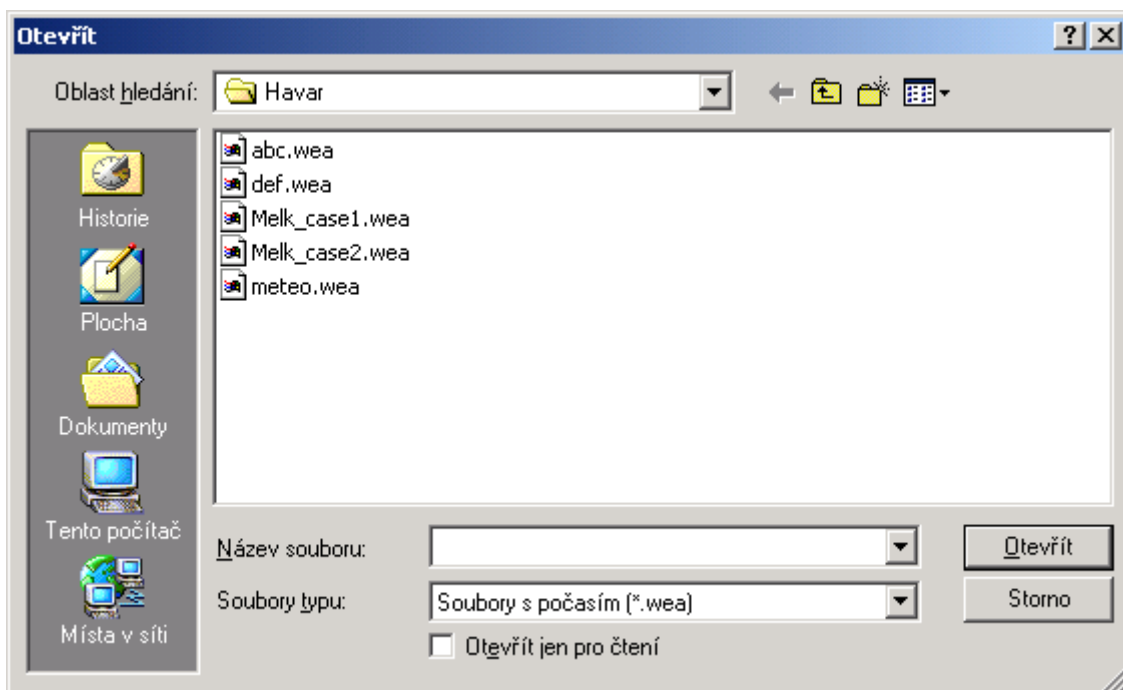
Zadávaní dat při stáčení segmentu je znázorněno na obr. **Obrázek 5-7**. V tomto případě lze soubor rovněž archivovat pod libovolným jménem *soubor.wea*, případně načítat soubory z archivu, jak ukazuje **Obrázek 5-8**. Tento panel současně slouží jako obslužné prostředí pro vytváření a údržbu vnitřního archivu meteosouborů. Aktuální resp. historické meteosoubory lze načítat pomocí ORACLE klienta přímo do aktuálního adresáře systému HAVAR-DET. Podrobný popis je v lokalizačním reportu [4], 3-D HIRLAM data jsou popsána v [1], kap. 6.1.

Při stáčení segmentu podle hodinových meteosekvencí (maximálně 48 sekvencí) se zadává:

- trvání sekvence
- počátek sekvence (SEČ)
- směr větru ve stupních (sever = 0°), měřeno od severu po směru hodin (odkud fouká !)
- rychlost větru
- kategorie stability počasí
- srážky v mm/h



Obrázek 5-7: Vstupní panel modelu HAVAR: Meteorologické sekvence při stáčení segmentu podle hodinových meteosekvencí



Obrázek 5-8: Vstupní panel modelu HAVAR: Otevření archivního souboru pro hodinové meteorologické sekvence

6 Struktura ingesčního modelu programu HAVAR-DET

Ingesční model programu HAVAR-DET počítá dávky obdržené v důsledku příjmu potravin kontaminovaných radionuklidy pocházejícími 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 potravními řetězci.

Ingesční model obsahuje také implicitní 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 stejně jako marginální odhady vlivu neurčitostí vstupních parametrů. Opět zde platí konvence, že přípustné volby jsou v rolovaných oknech zvýrazněné, zatímco dosud neodladěné nebo neuvažované k implementaci jsou nevýrazně šedé a nelze je volit.

Údaje vstupující do ingesčního modelu programu může uživatel prohlížet a modifikovat prostřednictvím vstupních panelů nazvaných „Parametry ingesčního modelu“. Tak uživatel vytvoří variantu neboli „scénář“ ingesčního modelu, pro který se pak provede výpočet ingesčních dávek.

Kromě této dynamické části tvořené vstupními panely, na jejichž základě vzniká vstupní soubor **Suroing.dat** do programu **HAVAR-DET**, je zde ještě statická část vstupního souboru nazvaná **Suro2.dat**, obsahující přenosové koeficienty, které se nebudou interaktivně měnit. Jsou to přenosové koeficienty půda-rostlina pro jednotlivé radionuklidy a hlavní plodiny. Dále soubor obsahuje přenosové koeficienty z krmiva do živočišných produktů pro jednotlivé radionuklidy a živočišné produkty. Konkrétní a podrobné údaje jsou uvedeny v kapitole 8 „Výstupy normalizovaných měrných aktivit rostlinných a živočišných produktů“ v metodickém manuálu HAVAR-DET [1].

7 Vstupní panely ingesčního modelu programu HAVAR-DET

Údaje vstupující do ingesčního modelu programu může uživatel prohlížet a modifikovat prostřednictvím vstupních panelů – viz **Obrázek 7-1** až **7-8**. Po spuštění programu Ingmodel.exe může uživatel na horní liště v položce *Soubor* otevřít implicitní scénář, předchozí scénář nebo některý z archivovaných scénářů. Po provedení požadovaných úprav pak lze nově vytvořený scénář uložit pod zvoleným jménem do archívu.

Pro ulehčení uživatelské práce se zadáváním scénářů bylo do systému INGMODEL zapracováno schéma **implicitního scénáře**. Je uložen v základním souboru **total.xml**, který by uživatel neměl měnit, a jsou v něm obsaženy alternativní volby modelu (alternativní spotřební koše, výkrmové scénáře apod.). Na samém začátku uživatel vychází z implicitního scénáře. Pak si však již může ukládat a vyvolávat vlastní scénáře a současně si provádět údržbu archívu svých vstupních zadání.

Archiv tedy nabízí již předpřipravené volby a současně i **total.xml** (implicitní scénář) a **suroing.xml** (předchozí scénář). Předchozí scénář je uložen v předchozím souboru **suroing.xml**, který je menší než **total.xml**, protože neobsahuje alternativní volby. Uživatel takto může okamžitě vyvolat svoje předchozí zadání, provést modifikaci a zadat k výpočtu. To představuje efektivní nástroj například pro studie dílčí citlivosti výsledných dávek záření na hodnotách jednotlivých vstupních parametrů.

Následně uvádíme přehled subpanelů ingesčního modelu systému HAVAR-DET, které pokrývají základní rozsah voleb vstupních parametrů. Při podrobnějším studiu jejich obsahu uživatel snadno nahlédne možnosti (a současně i omezení) pro testování vlivu zavádění určitých typů následných protiopatření v zemědělské oblasti.

7.1 Vstupní panel: Časové charakteristiky

Prostřednictvím tohoto panelu (**Obrázek 7-1**) se zadává jméno vytvářeného scénáře mimořádné události a případný komentář vysvětlující podrobnosti. Dále se zde zadává den spadu radioaktivity, doba výpočtu (doba integrace) dávky z ingesce kontaminovaných potravin.

Výběr doby pro ukončení příjmu kontaminované potravy:

- konec běžného roku
- 365 dní po spadu
- 5 let po spadu
- 50 let po spadu

Generování výsledků pro externí modul protiopatření:

- ano
- ne

Obrázek 7-1: Vstupní panel ingesčního modelu: Časové charakteristiky

7.2 Vstupní panel: Půdní transport

Na tomto panelu (**Obrázek 7-2**) jsou zadávány veličiny charakterizující transport aktivity půdou. Na základě okénka v levém dolním rohu uživatel volí vztah, který bude použit pro modelování chování radionuklidů v půdě. Pokud volí „*neuvažovat*“, je v dalším brán v úvahu pouze radioaktivní rozpad. Druhá volba „*poločas odstranění - roky*“ umožňuje zadávat číselné hodnoty poločasů migrace a fixace pro Cs a Sr takovým způsobem, že se vyplní příslušné okénko v horním levém rohu. Kromě těchto hrubých voleb lze případně alternativně volit některý z empirických vztahů (*vztah1*, *vztah2*, ...). Příslušné vztahy a vyjádření pro alternativní formule jsou uvedeny v [1].

Hodnoty poločasů migrace a fixace jsou stanovovány na základě empirických výzkumů a i ve stejných lokalitách se liší. Mohou být zatíženy neurčitostmi v důsledku takové parametrizace neschopné postihnout veškerou fyzikální složitost nebo jiným typem vnějších neurčitostí, jako jsou lokální fluktuace půdních vlastností či typu zemského povrchu. Kromě toho mohou být ovlivněny provedením některé z variant procesů dekontaminace zemědělské půdy. Tato závislost však je velmi složitá a ne zcela jednoznačná, proto ji zatím nelze jednoduše popsát.

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. Je nutná znalost 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.

Parametry ingesčního modelu - NEWtxt_Var_farmari.xml

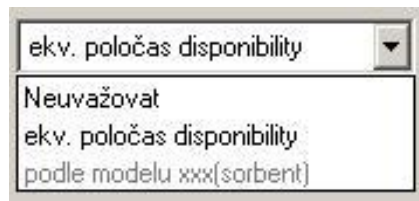
Soubor Nápověda

Spotřební koš		Křmné dávky skotu	Křmné dávky ostatní		
Základní charakteristiky		Půdní transport	Dlouhodobá depozice / resuspenze	Listový/kořenový transport	Fenologie
nastavení hrubých poločasů odstranění T 1/2 (roky) z kořenové zóny migrace = smývání (run-off), vyluhování, přenos do hloubky fixace jen pro ozáření z depa (ne pro kořenový transport)			Fixace Cs a Sr v půdě: Vše v proměnné MFIX (0,1,2)		
			ekv. poločas dostupnosti		
<i>Prvek</i>	<i>T1/2 migrace</i>	<i>fixace</i>			
Cs	40.60	8.60			
Sr	19.80	20.10			
Migrace Cs: Vztah 1: $D(t)=a \cdot \text{EXP}(-t/b)$; $7 < t < 100$ let (Oblast Černobyl) Vztah 2: $D(t)=a \cdot \text{EXP}(-t/b)+c \cdot \text{exp}(-t/d)$; (Německo) Vztah 3: $D(t)=a \cdot \text{EXP}(-t/b)+c \cdot \text{exp}(-t/d)$; (Německo) Vícevrstvý model půdy: model přechodu aktivity do hlubších			Migrace Sr: Vztah 1: Vztah 2: Vztah 3: Vícevrstvý model půdy: model přechodu aktivity do hlubších vrstev		
Poločas odstranění - roky			Poločas odstranění - roky		

Obrázek 7-2: Vstupní panel ingesčního modelu: Půdní transport

Výběr pro fixaci Cs a Sr v půdě:

- Neuvažovat
- Ekvivalentní poločas disponibility
- Podle modelu xxx



Výběr pro migraci Cs i Sr:

- Neuvažovat
- Poločas odstranění – roky
- Vztah 1 – podle Bunzl (1 exponent)
- Vztah 2 – podle Bunzl (2 exponenty)
- Vztah 3 – podle bbb
- Vícevrstvý model migrace



Více o jednotlivých submodelech a jejich poloempirických formulích je v [1].

7.3 Vstupní panel: Dlouhodobá depozice / resuspenze

Tento vstupní panel (**Obrázek 7-3**) slouží k zadání dat a volbě vztahu pro výpočet dlouhodobé resuspenze. Zadávají se zde rovněž lokační faktory a zeslabení stíněním nebo filtrací a dále vztahy pro stínění půdou při výpočtu ozáření z depozice.

Spotřební koš		Krmné dávky skotu		Krmné dávky ostatní																																				
Základní charakteristiky	Půdní transport	Dlouhodobá depozice / resuspenze		Listový/kořenový transport	Fenologie																																			
<p>Velikost aerosolových částic (mikrometry)</p> <p>1.0</p> <p>Výpočet koeficientu resuspenze</p> <p>Vztah OSCAAR: $Kres(t) = k_0 \cdot EXP(-R_1 \cdot t) + ke \cdot EXP(-R_2 \cdot t)$</p> <p>Vztah 2: _____</p> <p>Vztah 3: _____</p> <p>dvousložkový OSC</p> <p>neuvažovat resuspenzi</p> <p>jednoduchý GARLAND</p> <p>dvousložkový OSCAAR podle věkových kategorií</p> <p>podle RODSOS/COSYI</p> <table border="1"> <tr> <td>KFKI Hungary</td> <td>3.1700E-05</td> </tr> <tr> <td>vztah ????</td> <td>6.3400E-05</td> </tr> <tr> <td><2;8)</td> <td>1.2700E-04</td> </tr> <tr> <td><8;12)</td> <td>1.9000E-04</td> </tr> <tr> <td><12;18)</td> <td>2.5400E-04</td> </tr> <tr> <td>dospělí</td> <td>2.7000E-04</td> </tr> </table>		KFKI Hungary	3.1700E-05	vztah ????	6.3400E-05	<2;8)	1.2700E-04	<8;12)	1.9000E-04	<12;18)	2.5400E-04	dospělí	2.7000E-04	<p>Faktory pro dlouhodobé dávky</p> <p>Pro normální životní rytmus - průměry pro dávky na otevřeném prostranství a uvnitř budov (zahrnuje frakci času setrvání v místě)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Cesta</th> <th>lokační faktor</th> <th>zeslabení stíněním / filtrací</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>z depozice</td> <td>0.14</td> <td>0.30</td> </tr> <tr> <td>z resuspenze</td> <td>0.55</td> <td>0.45</td> </tr> </tbody> </table> <p>Frakce setrvání na místě</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Kategorie</th> <th>Frakce času(-)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><1 rok</td> <td>0.92</td> </tr> <tr> <td><1;2)</td> <td>0.88</td> </tr> <tr> <td><2;8)</td> <td>0.82</td> </tr> <tr> <td><8;12)</td> <td>0.75</td> </tr> <tr> <td><12;18)</td> <td>0.75</td> </tr> <tr> <td>dospělí</td> <td>0.75</td> </tr> </tbody> </table>				Cesta	lokační faktor	zeslabení stíněním / filtrací	z depozice	0.14	0.30	z resuspenze	0.55	0.45	Kategorie	Frakce času(-)	<1 rok	0.92	<1;2)	0.88	<2;8)	0.82	<8;12)	0.75	<12;18)	0.75	dospělí	0.75
KFKI Hungary	3.1700E-05																																							
vztah ????	6.3400E-05																																							
<2;8)	1.2700E-04																																							
<8;12)	1.9000E-04																																							
<12;18)	2.5400E-04																																							
dospělí	2.7000E-04																																							
Cesta	lokační faktor	zeslabení stíněním / filtrací																																						
z depozice	0.14	0.30																																						
z resuspenze	0.55	0.45																																						
Kategorie	Frakce času(-)																																							
<1 rok	0.92																																							
<1;2)	0.88																																							
<2;8)	0.82																																							
<8;12)	0.75																																							
<12;18)	0.75																																							
dospělí	0.75																																							
<p>Stínění půdou při výpočtu ozáření z depozice (důsledek migrace aktivity do spodních vrstev půdy)</p> <p>B: podle Meckbach-Jacob</p>																																								

Obrázek 7-3: Vstupní panel ingesčního modelu: Dlouhodobá depozice / resuspenze

Velikost aerosolových částic (μm):

0.1
1.0
10

Výpočet koeficientu resuspenze:

- Neuvažuj resuspenzi
- GARLAND - vztah (6.33) z [1]
- Formule OSCAAR: $K_{\text{res}}(t)$ se počítá podle vztahu (6.34a) - viz [1]
- Formule RODOS / COSYMA - vztah (6.34b) [1]
- Formule KFKI - vztah (6.34c) [1]
- Vztah ???

Vztah ??? lze v budoucnu doplnit – zatím volba nedostupná.

Okénka na pravé straně panelu umožňují zadávat lokační a stínící faktory pro ocenění očekávaných dávek při dlouhodobém pobytu v místě. Podrobné vysvětlení k těmto faktorům je v [1] v kapitole o algoritmu segmentovaného modelu, vztahy (6.28) a (6.36).

7.4 Vstupní panel: Listový/kořenový transport

Na tomto vstupním panelu (*Obrázek 7-4*) jsou zadávána data charakterizující listový a kořenový transport radionuklidů do plodin jako například: poločasy setrvání elementárního jódu a aerosolového jódu 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. Je zde rovněž možnost volby vztahu pro suché usazování a pro intercepci při dešti.

Hloubka kořenové zóny může určitým způsobem simulovat 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.

Poločasy setrvání obou forem jódu na listech jsou ovlivněny kromě počasí také případným zaléváním rostlin. Jeho vliv však neuvažuje ani materiál IAEA ani žádný z kódů, a tedy ho nebudeme zatím uvažovat ani pro program HAVAR-DET.

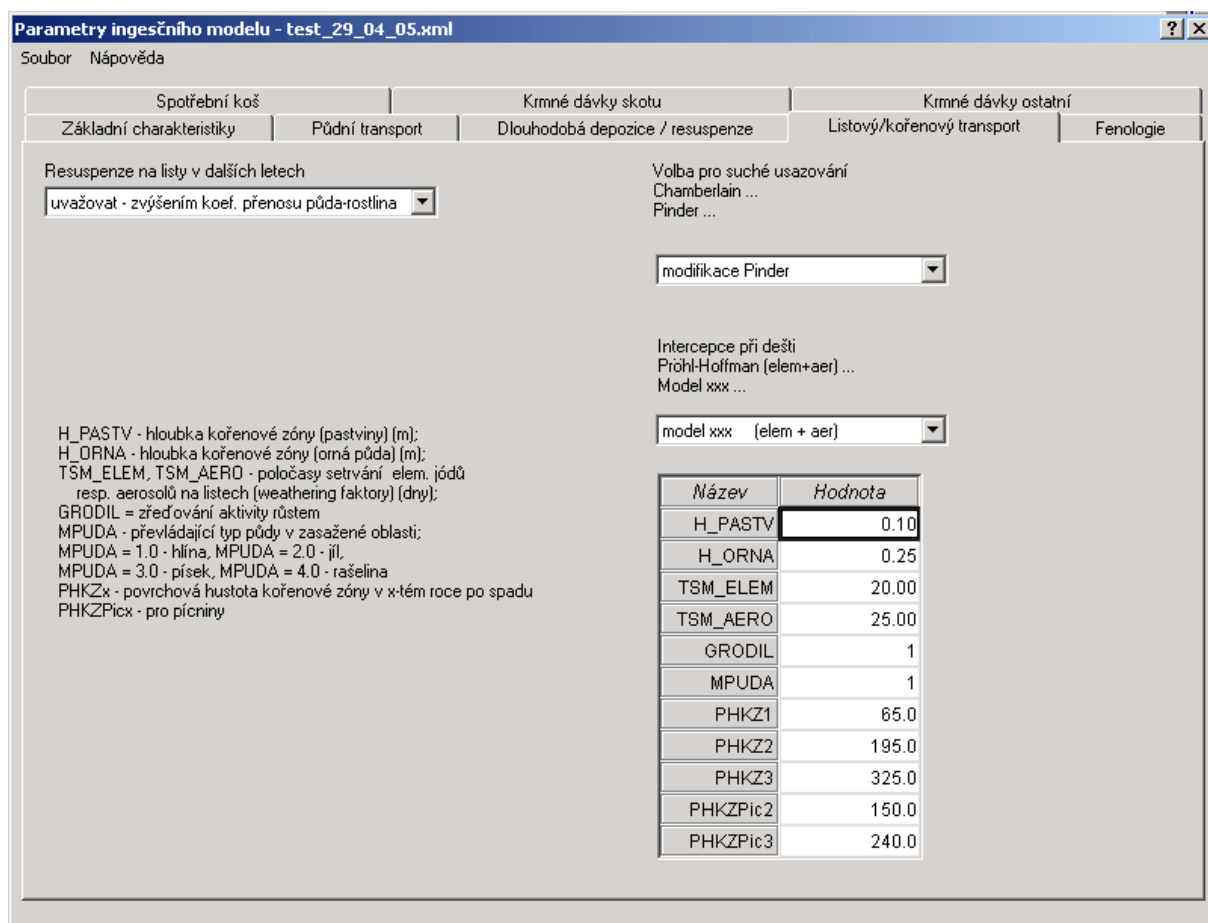
Volba pro suché usazování na listové části rostlin nabízí volby:

- klasický Chamberlainův vztah
- modifikace podle Pinder
- vztah xxx (pro budoucí doplnění)

Intercepcie při dešti:

- Pröhl - Hoffman (elem. + aer.)
- Model xxx (elem. + aer.) – pro budoucí doplnění

I zde jsou možnosti dalšího doplňování (rozšiřování) uvedených vztahů.



Obrázek 7-4: Vstupní panel ingesčního modelu: Listový/kořenový transport

7.5 Vstupní panel: Fenologie

Na tomto panelu (**Obrázek 7-5**) se zadávají data týkající se vegetační periody, počátku a konce sklizně, doby zdržení ke konzumaci (pokud plodinu přímo konzumuje člověk) nebo zdržení výkrmu zvířat, doba konce konzumace (zkrmování) plodiny a data týkající se výnosu plodiny (výnos nadzemní listové části rostliny YM, frakce suché části SUS a čistý výnos produktu VYNOS určený ke konzumaci či zkrmování).

Variací těchto hodnot mohou být testovány vlivy některých opatření. Doba sklizně (a tím i výnos) a zdržení ke konzumaci nebo výkrmu zvířat mohou ovlivnit výslednou kontaminaci potravin. Sklizeň plodiny může být buď urychlena 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 pícnin ovlivní kontaminaci živočišných produktů.

Parametry ingesčního modelu - test_29_04_05.xml

Soubor Nápověda

Spotřební koš		Krmné dávky skotu		Krmné dávky ostatní	
Základní charakteristiky	Půdní transport	Dlouhodobá depozice / resuspenze		Listový/kořenový transport	Fenologie

TVEG1, TSKLstr, TSKL1 - počátek vegetace, sklizeň (stř.), začátek sklizně
TZD - zdržení k výkrmu, TKONZ2 - konec kozumace v roce (vše julian. dny)
YM - měrná hmotnost listové části čerstvé rostliny v době sklizně (kg/m²)
SUS - frakce suché hmoty v rostlině, VYNOS - čistý výnos konzumované části (kg/m²)

Formát datumu
 Juliánské dny
 DD.MM.

Fenologie-nížiny Implicitní hodnoty

plodina	TVEG1	TSKLstr	TSKL1	TZD	TKONZ2	YM	SUS	VYNOS
Zel.list.jarní	121.00	175.00	159.00	1.00	242.00	1.46	0.08	1.46
Zel.list.podz.	152.00	273.00	251.00	1.00	365.00	3.20	0.12	3.20
Zelenina kořen.	121.00	280.00	218.00	1.00	365.00	0.40	0.16	3.40
Zelenina plod.	121.00	273.00	212.00	1.00	365.00	2.71	0.06	2.31
Obilí-pšen.ozim	110.00	230.00	212.00	30.00	365.00	1.15	0.86	0.46
Brambory pozd.	121.00	273.00	253.00	1.00	365.00	0.30	0.21	2.43
Ovoce	121.00	288.00	182.00	0.00	365.00	0.90	0.06	0.90
Ječmen jarní	121.00	224.00	206.00	45.00	365.00	0.95	0.86	0.39
Kukuřice(siláž)	152.00	288.00	227.00	1.00	365.00	3.40	0.31	3.40
Cukrová řepa	131.00	311.00	263.00	7.00	365.00	2.00	0.22	3.49
Píceiny 1.seč	110.00	161.00	161.00	0.00	365.00	2.19	0.18	2.19
Píceiny 2.seč	162.00	214.00	214.00	0.00	365.00	1.09	0.18	1.09
Píceiny 3.seč	215.00	288.00	270.00	0.00	365.00	0.37	0.18	0.37
Slunečnice	121.00	273.00	260.00	30.00	365.00	1.46	0.08	0.23

Obrázek 7-5: Vstupní panel ingesčního modelu: Fenologie

Fenologie je uvedena pro průměrné hodnoty pro:

- nížiny
- vysočinu

Zde je třeba podotknout, že autorům dosud nejsou známy relevantní podklady, ze kterých by mohly být hodnoty spolehlivě použity. První pokus o definici tak zvaných radioekologických zón pro ČR jsme prováděli v [12] v rámci lokalizace evropského systému RODOS. Proto bylo použito některých dílčích doporučení nebo dokonce zaveden subjektivní průměrný „posun“ vegetačních period o určitý počet dnů.

V panelu se objeví původní hodnoty a ty pak lze případně dále upravovat. (Původní hodnoty jsou pro výpočet uloženy v interních tabulkách: v tabulce S2 pro nížiny, implicitní hodnoty jsou uvedeny v tabulce S2A pro nížiny a v tabulce S2B pro vysočinu).

7.6 Vstupní panel: Spotřební koš

Rozšíření vstupů ingesčního modelu včetně alternativní volby spotřebních košů je uveden v [9]. Prostřednictvím panelu spotřebního koše (**Obrázek 7-6**) volí uživatel základní typ spotřebního koše: **lokální** spotřební koš (vychází z bilance spotřeby potravin v České republice v roce 2002 a předpokládá, že potravina se zkonsumuje v místě, kde byla vyprodukována – schéma „lokální produkce x lokální spotřeba“), spotřební koš nazvaný

farmáři a globální spotřební koš pro průměrného obyvatele České republiky respektující navíc současnou situaci na trhu potravin (obchodní řetězce a globální charakter jejich zásobování). Implicitní hodnoty spotřeb jednotlivých potravin obyvateli ČR spadajících do jednotlivých věkových kategorií obyvatelstva jsou obsaženy v implicitních spotřebních koších všech 3 typů. Při výpočtech pro nový jaderný zdroj v roce 2010 byl zabudován i čtvrtý spotřební koš: **rakouský**.

Parametry ingesčního modelu

Soubor Nápověda

Základní charakteristiky	Půdní transport	Dlouhodobá depozice / 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: globální Implicitní 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	12.0	33.0	54.0	80.0	111.0	123.0	105.0
Brambory pozd.	3.4	18.0	32.0	39.0	60.0	62.0	1.0

Extra konzumace pro kritické skupiny
(myslivci, 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	11.11
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 7-6: Vstupní panel ingesčního modelu: Spotřební koš

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

Poznámka: Původní hodnoty (lokální spotřební koš) jsou uloženy v interní tabulce S3 a v tabulce S32 (extra konzumace). Implicitní hodnoty jsou uloženy v tabulkách S3A (lokální spotřební koš) a S3A2 (extra konzumace), S3B (farmáři) a S3B2 (extra konzumace), S3C (globální) a S3C2 (extra konzumace).

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

Spotřební koš pro farmáře ani globální spotřební koš nepředpokládá, že se potravina zkonsumuje v místě, kde byla vyprodukovaná, ale vychází se ze zadání pro výpočty v rámci melkských dohod, a tudíž farmáři i průměrná populace mají omezenou spotřebu potravin vyprodukovaných v místě podle následující tabulky:

Frakce spotřeby z individuální produkce (%)

	maso	kravské mléko	ostatní mléčné produkty	zelenina	ovoce
Farmáři	59	13,6	0,28	51	42
Globální - průměr. populace	23	1,5	0,02	29	32

Poznámka: Scénář česko-rakouského cvičení STEP IIB podle dohod v Melku je podrobně popsán v Aplikacích [3], kap.3. Novým algoritmem SGPM programu HAVAR-DET byla provedena dodatečná podrobná analýza.

Hodnoty spotřeby jednotlivých potravin významným způsobem ovlivňují dávku obdrženu z ingesce potravin. Zemědělské opatření spočívající v zákazu či omezení spotřeby 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 implicitní hodnoty jsou opět obsaženy ve všech typech implicitních spotřebních košů (lokální, farmáři, globální, rakouský).

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, obecně vede k poklesu její objemové kontaminace krátkodobými radionuklidy a může být modelováno přidáním dalšího zdržení konzumace k jeho obvyklé hodnotě.

Zpracování potravin uplatňované v algoritmu výpočtu pomocí faktorů zpracování (viz odstavec „Skladování a zpracování potravin“ v manuálu o rozvoji ingesčního modelu [9]) může k modelování využít změnu spotřeby provedenou ve spotřebním koši prostřednictvím příslušných možností výstupního modulu pro grafickou prezentaci výsledků (viz dále).

7.7 Vstupní panel: Krmné dávky skotu

Tento vstupní panel 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 (Obrázek 7-7a)** je zadáván navíc počátek a konec pastvy a předpokládá se, že mimo tuto dobu tj. v zimním období jsou zvířata ustájena.

Pro **stájový výkrm (Obrázek 7-7b)** 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.

Oba algoritmy pro volnou pastvu i stájový výkrm jsou popsány v manuálu [9] o dalším rozvoji ingesčního modelu systému HAVAR-DET.

Spotřeby krmiv jsou v panelu rozlišeny pro dojnice, jalovice a býky a také pro letní a zimní období roku.

Parametry ingesčního modelu

Soubor Nápověda

Základní charakteristiky Půdní transport Dlouhodobá depozice / resuspenze Listový/kořenový transport Fenologie

Spotřební koš Krmné dávky skotu Krmné dávky ostatní

Časové konstanty pro výkrm skotu
 TVEG=začátek vegetace, TSKL=ukončení 1.seče, TX1-konec dokrmování senáží z 1.seče,
 TSKL2=ukončení 2.seče, TX2-konec dokrmování senáží z 2.seče, TSKL3=ukončení 3.seče

Skot: volná pastva

Název	Hodnota
Začátek pastvy	131.00
Konec pastvy	304.00

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 (kg/den)

výkrm	Dojnice		Jalovice		Býci	
	letní	zimní	letní	zimní	letní	zimní
Zelená píče	0	0	0	0	0	0
Siláž	0	25	0	15	0	25
Senáž	0	8	0	3	0	8
Seno	0	2	0	2	0	2
Sláma	2	2	2	2	2	2

Obrázek 7-7a: Vstupní panel ingesčního modelu: Krmné dávky skotu - volná pastva

Poznámka:

Předkládaný ingesční model je založen na zjednodušení pomocí rovnovážných přenosových faktorů mezi denním příjmem aktivity zvířetem a měrnou aktivitou objevivší se v jednom kilogramu (litru) příslušného živočišného produktu. Kontaminace živočišných produktů je tedy 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. Ve skutečnosti 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).

Tyto procesy mohou být popsány složitými kompartmentovými modely, které jsou náročné na získávání speciálních dat modelu. Vzhledem ke značné výpočetní náročnosti těžko mohou být tyto postupy zahrnuty do rutinních běhů modelu transportu aktivity v potravních řetězcích. Modeláři by však měli projevit tlak v tom smyslu, aby výsledky kompartmentových modelů byly zobecněny a parametrizovány do formy poloempirických formulí, které pak mohou být jednodušeji použity při rutinním modelování. Tato myšlenka je dále upřesněna a rozvíjena v manuálu [9] o výhledech dalšího rozvoje ingesčního modelu systému HAVAR-RP / HAVAR-DET v kapitole o zahrnutí dalších potravin včetně extra konzumace.

Parametry ingesčního modelu

Soubor Nápověda

Základní charakteristiky Půdní transport Dlouhodobá depozice / resuspence Listový/kořenový transport Fenologie

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

Časové konstanty pro výkrm skotu
TVEG=začátek vegetace, TSKL=ukončení 1.seče, TX1-konec dokrmování senáží z 1.seče,
TSKL2=ukončení 2.seče, TX2-konec dokrmování senáží z 2.seče, TSKL3=ukončení 3.seče

Skot: stájový výkrm Implicitní hodnoty

Název	Hodnota
TVEG	105.00
TSKL	161.00
TX1	182.00
TSKL2	211.00
TX2	242.00
TSKL3	288.00

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 (kg/den)

výkrm	Dojnice		Jalovice		Býci	
	letní	zimní	letní	zimní	letní	zimní
Zelená píče	35.00	0.00	18.00	0.00	55.00	0.00
Siláž	5.00	25.00	5.00	15.00	0.00	25.00
Senáž	2.00	8.00	2.00	3.00	0.00	8.00
Seno	0.00	2.00	0.00	2.00	0.00	2.00
Sláma	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00

Obrázek 7-7b: Vstupní panel ingesčního modelu: Krmné dávky skotu- stájový výkrm

Je zřejmé, že na základě předchozího panelu lze testovat vliv případných zemědělských opatření určených k redukci kontaminace živočišných produktů, jako jsou například následující:

1. odsun zvířat z pastvin (tráva patří k nejvíce 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., minimálně bylo by třeba modifikovat příslušné přenosové koeficienty),
4. změna druhu chovaných hospodářských zvířat (místo ovcí a koz skot, místo mléčných plemen masná, zvířata chovaná pro vlnu apod.).

Přesnější dynamické modely ve smyslu předchozí poznámky by pak umožnily i odhady ušetřených dávek i pro případy jako:

- změny doby porážky (na dobu, kdy se kontaminace sníží na přípustné hodnoty),
- krmení zvířat před porážkou nekontaminovanými krmivy

Poznamenejme, že je možno uvažovat opatření odložení spotřeby krmiv v souvislosti s panelem fenologie z obr. 7-5. Modifikaci parametru TZD pro krmiva lze uplatnit v případě kontaminace krmiva převážně krátkodobými radionuklidy.

7.8 Vstupní panel: Krmné dávky ostatní

K zadávání veličin charakterizujících scénáře výkrmu prasat, drůbeže, ovcí a králíků slouží tento vstupní panel (viz **Obrázek 7-8**).

Spotřeba jednotlivých složek krmiva prasaty je uvažována časově závislá a je udávána pro periodu výkrmu 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. Platí pro ně stejná poznámka jako v předchozím odstavci.

Zemědělská opatření určená k redukci kontaminace živočišných produktů jsou obdobná jako v případě skotu a lze je opět modelovat modifikací scénářů výkrmu zvířat, již umožňují 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 - test_29_04_05.xml

Soubor Nápověda

Základní charakteristiky	Půdní transport	Dlouhodobá depozice / resuspenze	Listový/kořenový transport	Fenologie
Spotřební koš		Krmné dávky skotu		Krmné dávky ostatní

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

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 7-8: Vstupní panel ingesčního modelu: Krmné dávky ostatní

8 Módy práce systému HAVAR-DET

Jsou vypracovány a odladěny dvě verze algoritmů pro výpočty dopadu mimořádných úniků radioaktivity na radiologické zatížení populace žijící mimo areál jaderného zařízení až do vzdálenosti 100 km. V každém případě se doporučuje vytvářet vstupy pomocí interaktivních subsystémů HAVIN (disperzní a depoziční charakteristiky) a INGMODEL (ingesční data). Kromě jiného se automaticky provádí archivace vytvořených variant, automatická kontrola vstupů a lze rychle provádět mnohonásobné alternativní výpočty.

Jsou k dispozici dva algoritmy výpočtu (podle volby „meteorologie“ v HAVIN subsystému). V prvním případě jde o modul PRIMO pro přímočaré šíření segmentu úniku popsaném Gaussovou rovnicí šíření, kdy každý segment úniku se šíří celou dobu ve svém původním směru. Počet segmentů úniku zadává uživatel podle předpovědi meteorologických podmínek a odhadované dynamiky úniku. Lze zadat maximálně 5 segmentů úniku o různé délce trvání (jednotky až desítky hodin). Ve druhém případě segmentovaného modulu SGPM je umožněn přesnější popis šíření se stáčením postupující vlečky škodlivin s respektováním skutečných meteorologických podmínek, synchronizovaných s časovou dynamikou úniku. Následuje stručná charakteristika obou algoritmů.

- A. Model přímočaré šíření vlečky škodlivin PRIMO. Vyjádřen analytickým řešením difúzní rovnice za zjednodušených předpokladů řešení (viz metodika HAVAR-DET, rovnice (2.1) a další). Nicméně pro zjednodušený problém přímočaré šíření (a rovinný homogenní terén) jde o „nejlepší“ řešení. Z tohoto hlediska slouží jako ideální prostředek pro srovnání s dále popisovaným algoritmem „stáčení“ podle dalšího modelu SGPM. Model má dlouhodobou tradici při používání pro výpočty pro bezpečnostní zprávy, kdy je třeba provádět analýzy při kumulaci nejhorších podmínek („worst case“ analýzy). Přitom je obvykle nutné provádět velké množství variant (ve všech směrech, při všech kategoriích stability atmosféry a atmosférických srážek, pro různé radiologické veličiny). Tento algoritmus šíření byl a je podrobně srovnán s výpočetními kódy RODOS a COSYMA (viz „Aplikace systému HAVAR-DET v oblasti radiační ochrany“ [3]).
- B. Pro HAVAR-DET byl vyvinut originální algoritmus segmentovaného modelování šíření vlečky škodlivin (dále pracovní název SGPM – Segmented Gaussian Plume Model), který umožňuje respektovat hodinové změny dynamiky úniku aktivity a změny meteorologických podmínek. Podrobný popis uvádíme v [1] v kapitole 6. Algoritmus umožňuje provádět v mantinelech gaussovského modelování analýzu konkrétní meteorologické situace, a to jak retrospektivně, tak s předpovědními daty dodávanými ČHMÚ (buď jednodušší krátkodobé předpovědi pro bod jaderného zařízení nebo gridové 3-D předpovědi pro širší okolí 160 x 160 km kolem jaderného zdroje ve formátu HIRLAM ([1], kap. 6.1). Bylo provedeno podrobné srovnání obou algoritmů pro případ přímočaré šíření, kdy algoritmus stáčení simuluje přímočaré šíření postupným vypouštěním hodinových „gaussovských kapek“ s jejich následným šířením v jednom směru a výslednou superpozicí modelovaných veličin. Byla prokázána velmi dobrá shoda obou přístupů v rozsáhlém srovnání pro homogenní terén („Aplikace systému HAVAR-DET v oblasti radiační ochrany“ [3]). Pro reálný terén (se skutečným pokrytím) a nové scénáře NJZ (nový jaderný zdroj) z roku 2009 (s deštěm a bez deště) dokumentujeme velmi dobrou shodu výsledků podle obou modelů též v následujících kapitolách. Segmentovaný algoritmus byl vyvinut hlavně pro účely rychlých mnohonásobných výpočtů založených na užití sekvenčních Monte-Carlo metod bayesovské filtrace pro asimilaci modelových predikcí s měřeními v terénu (to byl hlavní cíl GAČR projektu řešeného v UTIA). Nicméně lze provádět i

jednotlivé dílčí deterministické predikce s tou výhodou, že pro zobrazení výsledků je možno užít bohatou interaktivní grafiku spojenou s modelem SGPM včetně zobrazování na různá mapová pozadí.

8.1 Použití programu PRIMO

V adresáři C:\PRIMO\ jsou veškerá data potřebná pro výpočet, přičemž dva soubory jsou tak zvaná „horká data“. Jedná se o soubor HIN00.DAT (disperzní a depoziční charakteristiky) a SUROING.DAT (obsáhlý soubor vstupních charakteristik ingesčního modelu). Jsou zcela kompatibilní s popisem v předchozích kapitolách 5 a 7. Jak již bylo řečeno, pro interaktivní tvorbu těchto souborů jsou k dispozici dva vstupní subsystémy:

C:\PRIMO\HAVIN\ s výkonným modulem *havar.exe*

C:\PRIMO\INGMODEL\ s výkonným modulem *ingmodel.exe*

V obou adresářích se po vyeditování vytvořený datový soubor automaticky uloží do archivu. Při požadavku na novou modifikaci se po kliknutí na položku „soubor“ (vlevo nahoře) lze otevřít „soubor z archivu“. Bližší popis je uveden zde v kapitolách 5 a 7.

V hlavním adresáři C:\PRIMO\ jsou dva podadresáře obsahující specifické výkonné .EXE moduly, sice PRIMOALL.EXE v subdir PRIMOEEXE resp. BalING51.EXE v subdir BalING51. Oba popisujeme dále.

8.1.1 JEDNORÁZOVÝ VÝPOČET SPUŠTĚNÍM PRIMOALL.EXE

PRIMOALL.EXE : jednorázový výpočet zadání podle vytvořených souborů HIN00.DAT a SUROING.DAT. Po startu úlohy lze ještě z obrazovky interaktivně změnit tyto parametry vstupu:

```
Uypocet s ingesci: ano <ENTER> ! ne <n>

Uypocet s ingesci: Julian den spadu v roce TSPD= 182.
Zmenit TSPD? : ne <ENTER> ! ano <a>

a
Zadej nový julian. den spadu v roce: TSPD  napr.  202.0
182.0
Pokracuji pro den spadu v roce TSPD=182.0
Kolik roku trva ingesce? <Zadej 1.0, 5.0 nebo 50.0>
50.0
Ingesce trva  50.0 <roky>
!!! Stejna hodnota uzita i pro davku z dlouhodobé depozice
    a resuspenze: tedy TBLONG=50.0 <roky>
Pokracuj : ENTER

Uypocet pro vekovou kategorii MAGE=2 <Deti 1-2 roky>
Zmenit vekovou kategorii? : ne <ENTER> ! ano <a>

a
Zadej novou vekovou kategorii
MAGE=1 kojenci; MAGE=2 deti 1-2; MAGE=3 deti 2-7
MAGE=4 deti 7-12; MAGE=5 deti 12-17; MAGE=6 dospeli

b
Pokracuji pro vekovou kategorii MAGE=6 - Dospeli
Pokracuj : ENTER
```

! ANALYZA UNIKU RADIONUKLIDU DO OKOLI !

Zahajen vypočet varianty:

3SEGM_PARANO_PRIMO__CEZ_NJZrev2,3seg*1/3

May24_2010,3seg,6smer,DCF,,prsi2MMprod

!!! Zkontroluj variantu !!!

=====

Pokracovani vypoctu: ano (ENTER) i ne (n)

**** Segmenty uniku ve smeru KPS= 6 total segm= 3

---- Primocary GPM: Segment uniku c: 1
Unik: THAU(hod)= 2.00 QH(kW)= .0000E+00 US(m/s)= .0 H(m)= 45.0
Meteo: KPS= 6 U10(m/s)= 5.00 Kat.pocasi: D
Zahajen vypocet rozptylu v atmosfere
Zahajen vypocet davkovych ekvivalentu

**** Segmenty uniku ve smeru KPS= 6 total segm= 3

---- Primocary GPM: Segment uniku c: 2
Unik: THAU(hod)= 2.00 QH(kW)= .0000E+00 US(m/s)= .0 H(m)= 45.0
Meteo: KPS= 6 U10(m/s)= 4.00 Kat.pocasi: C
Zahajen vypocet rozptylu v atmosfere
Zahajen vypocet davkovych ekvivalentu

**** Segmenty uniku ve smeru KPS= 6 total segm= 3

---- Primocary GPM: Segment uniku c: 3
Unik: THAU(hod)= 2.00 QH(kW)= .0000E+00 US(m/s)= .0 H(m)= 45.0
Meteo: KPS= 6 U10(m/s)= 1.00 Kat.pocasi: F
Zahajen vypocet rozptylu v atmosfere
Zahajen vypocet davkovych ekvivalentu

UYPOCET SKONCIL NORMALNE

Stop - Program terminated.

Press any key to continue_

Obecně lze zadat až 5 segmentů úniku radioaktivity s celkovou délkou trvání desítky hodin a dalšími charakteristikami (směry šíření segmentů, zdrojový člen, tepelná vydatnost, výška úniku, vertikální rychlost, meteopodmínky). Provede se výpočet postupně pro všechny segmenty. Výsledky jsou ve SPAD.OUT, kde sice byly zachovány tisky pro jednotlivé nuklidy každého segmentu, ale na konci jsou sumy přes **všechny segmenty** v pořadí: 1) eff dospělí podle cest, 2) DETI (jen kojenci) + DOSP pro EFF a THYRO, 3) Suma INGESCE: DETI (kojenci) + DOSP pro EFF a THYRO. V Havin panelu lze zadat více segmentů, s různými směry. Suma přes segmenty se provede, pokud všechny segmenty mají stejný směr. Toto je třeba si uvědomit při 2-D zobrazování ukázaném níže.

Tento modul PRIMOALL.EXE se používá též pro výpočet krátkodobých i dlouhodobých dávek. Výsledky jsou v příslušných výstupních souborech HS0020.OUT a pod. (viz Uživatelský manuál), nicméně hlavní výstupy jsou shrnuty v souboru SPAD.OUT. Uživatel může čerpat z těchto numerických dat. Může však také použít speciálně k tomuto účelu zkonstruovaný zobrazovací systém PRIMO_2D (popis zde v kap. 10).

8.1.2 MNOHOVARIANTNÍ VÝPOČET SPUŠTĚNÍM BALING51.EXE

Ve druhém adresáři je druhý alternativní modul C:\PRIMO\BalING51\BalING51.EXE, který využívá stejné datové soubory jako předchozí PRIMOALL.EXE. Je však určen pro jiné účely, a sice pro účely analýzy „nejhorších případů“ pro bezpečnostní zprávy. Program je určen pro výpočty dlouhodobých dávek (≥ 1 rok). Lze opět zadat až 5 segmentů, nyní ale jen pro stejný jeden směr úniku. V jednom běhu se počítá radiologická situace vždy postupně se směry úniku v každém ze 16 ti směrů. Vynechán tisk hodnot pro dílčí nuklidy a pro každý směr se tisknou jen sumy přes segmenty vždy jednoho daného konkrétního směru: 1) eff dospělí podle cest, 2) DETI + DOSP pro EFF a THYRO, 3) INGESCE: DETI + DOSP pro EFF a THYRO.

Po kliknutí na BalING51.exe tedy probíhá výpočet pro všech 16 směrů větrné růžice. Pro každý směr postupuje následujícím způsobem: Pro každý segment vypočte naráz výsledky pro 1 rok, 5 let, 50 let. Až udělá všechny segmenty, skočí na další směr.

Seřazené hodnoty lze opět najít v textovém souboru SPAD.OUT nebo v základních výstupních souborech. Zobrazovací funkci PRIMO_2D zatím nelze použít.

8.2 SGPM : Výpočty pomocí segmentovaného gaussovského modelu respektující skutečné meteopodmínky a dynamiku úniku

Algoritmus spočívá v diskretizaci úniku do ekvivalentních homogenních segmentů úniku a jejich synchronizaci s hodinovými předpověďmi meteorologické situace. Vyvinutý algoritmus vychází z numerického výpočtu všech gaussovských segmentů ve všech jejich dalších fázích pohybu řízeného hodinovými meteorologickými předpověďmi. Výsledná superpozice umožnila v časné fázi podrobně popsat 4 základní řídicí veličiny (objemové aktivity v přízemní vrstvě vzduchu, jejich časové integrály, měrné depozice radioaktivity na terénu a jejich časové integrály depozice), které umožní odhadovat radiologické důsledky v časné fázi nehody. Program HAVAR-DET do důsledků rozvinul fakt, že pokud již je jednou proveden zdlouhavější výpočet časné fáze a určeny čtyři základní řídicí veličiny v časné fázi, pak jakékoliv odhady v pozdějších fázích lze rychle odvozovat z těchto veličin pomocí rychlých a jednoduchých integrací v čase. Proto systém nabízí progresivní a efektivní princip interaktivní konverzace při požadavcích na nejrůznější typy výsledků, přičemž dává uživateli možnost výběru jakýchkoliv výstupů. Více je uváděno ve shora zmíněném reportu [1] v kapitolách 7 a 8. V dalším uvedeme popis umístění a spouštění nejnovější verze označené pracovním názvem HAVAR-DET.

Software je umístěn v adresáři: C:\SGPM\ v podadresářích:

C:\SGPM\baliky\BALIKY.exe a další vstupní data

C:\SGPM\ruzice\.....

C:\SGPM\ganmu\.....

a případně C:\SGPM\HAVIN\

a případně C:\SGPM\INGMODEL\

Pozn.: HAVIN a INGMODEL může být případně společné pro PRIMO i SGPM.

Dosavadní omezení na počet segmentů a jejich délce:

- Maximální počet segmentů lze zadat 5 (homogenizace skutečného úniku)
- Součet trvání zadávaných segmentů nesmí překročit 16 hodin

Pro delší a složitější úniky byl autory vyvinut projekt FURT, který byl otestován na trvání 3000 hodin a posléze na dvouleté období 2008-2009 (segmentace po hodinách).

Podstatnou výhodou výpočtů SGPM je bezprostřední použití bohaté interaktivní presentace výsledků, které popisujeme dále.

8.2.1 BĚH PROGRAMU

Do podadresáře \baliky jsou nakopírovány vstupní soubory HIN00.DAT (případně aktualizovaný v panelech HAVAR.EXE) a SUROING.DAT (z panelu INGMODEL) a spustí se soubor **BALIKY.EXE**. Tím se rozběhne vlastní program, jehož výpočet probíhá ve třech fázích:

1. V první fázi je provedena **podrobná analýza časné fáze** (do referenční doby TB, která se volí 1 nebo 2 dny), která je podrobně popsána v oddílu o segmentovaném modelu v manuálu [1] metodiky HAVAR-DET. Únik je rozdělen na NSEQ hodinových segmentů $ISEQ = 1$ až $NSEQ$, Každý hodinový segment $ISEQ$ je dále modelován ve všech jeho následných hodinových fázích $KFAZ = 1$ až $NFAZ(ISEQ)$, v nichž jsou zohledňovány krátkodobé meteorologické předpovědi (podrobně v [1], kap. 6.3). Pro každý nuklid je ukládána matice 2800 hodnot (ve všech uzlech polární sítě: 80 úhlových sektorů \times 35 radiálních pásem). Jsou ukládány matice:
 - $CAPFAZ(n,i,k; ISEQ, KFAZ)$ Přizemní objemová aktivita nuklidu n nad místem polární sítě (i,k) příslušná k hodinovému segmentu $ISEQ$ na konci jeho fáze $KFAZ$ (to znamená v čase $KFAZ$ hodin po počátku úniku segmentu $ISEQ$ – ten současně začíná unikat v čase $ISEQ$ hodin od samotného počátku úniku); v $Bq.m^{-3}$;
 - $TICFAZ(n,i,k; ISEQ, KFAZ)$ Časový integrál přizemní objemové aktivity nuklidu n příslušné k hodinovému segmentu $ISEQ$ na konci jeho fáze $KFAZ$ (to znamená v čase $KFAZ$ hodin po počátku úniku segmentu $ISEQ$ – ten současně začíná unikat v čase $ISEQ$ hodin od samotného počátku úniku); v $Bq.s.m^{-3}$;
 - $DEPFAZ(n,i,k; ISEQ, KFAZ)$ Měrná aktivita nuklidu n deponovaná na zemském povrchu příslušná k hodinovému segmentu $ISEQ$ na konci jeho fáze $KFAZ$ (to znamená v čase $KFAZ$ hodin po počátku úniku segmentu $ISEQ$ – ten současně začíná unikat v čase $ISEQ$ od samotného počátku úniku); v $Bq.m^{-2}$;
 - $TIDFAZ(n,i,k; ISEQ, KFAZ)$ Časový integrál měrné aktivity nuklidu n deponované na zemském povrchu v místě uzlu polární výpočtové sítě (i,k) příslušný k hodinovému segmentu $ISEQ$ na konci jeho fáze $KFAZ$ (to znamená v čase $KFAZ$ hodin po počátku úniku segmentu $ISEQ$ – ten současně začíná unikat v čase $ISEQ$ hodin od samotného počátku úniku); v $Bq.s.m^{-2}$;

Jedná se o základní řídicí veličiny, na jejichž základě se počítají jakékoliv další výstupy (dávky v časné a pozdějších fázích, časový vývoj depozice, ...).

Výpočet začíná tak, že se na obrazovce objeví text, v němž se zopakují první 2 řádky ze vstupního souboru s názvem počítané varianty a dále je na něm dotaz, zda pokračovat ve

výpočtu. Po potvrzení klávesou ENTER se objeví dotaz na volbu počtu hodinových fází pro pohyb prvního hodinového segmentu. Pokud nechce uživatel měnit počet fází (implicitní hodnota je 8), stiskne opět klávesu ENTER a rozjíždí se výpočet pro první segment. Při nízkých rychlostech větru však musí být počet fází volen co největší (horní limit 43).

```

C:\HARP\baliky\BALIKY.exe
-----
! ANALYZA UNIKU RADIONUKLIDU DO OKOLI !
-----
Zahajen vypocet varianty:
PROTI:globalni kos; Houby + lesni bobule + rane brambory - testy
22.9.05, KFK; + KR88

!!! Zkontroluj variantu !!!
=====

Pokracovani vypoctu: ano <ENTER> ; ne <n>

----- dalsi segment -----
Hodinovy segment uniku ISEQ= 1
Volba poctu hodinovych fazi NFAZ pro pohyb segmentu ISEQ:
NFAZ=8; Zmena NFAZ?: ne <ENTER> ; ANO <a>

```

Po stisknutí klávesy ENTER se pro každý segment počítají všechny další meteorologické fáze úniku, a to postupně pro všechny zvolené nuklidy:

```

C:\HARP\baliky\BALIKY.exe
----- dalsi segment -----
Hodinovy segment uniku ISEQ= 1
Volba poctu hodinovych fazi NFAZ pro pohyb segmentu ISEQ:
NFAZ=8; Zmena NFAZ?: ne <ENTER> ; ANO <a>

----- dalsi nuklid -----
Konec vyhlazeni zakladni faze MRA=1 segmentu c. 1
Nuklid:KR88 segment ISEQ= 1 dalsi faze MRA= 2
Nuklid:KR88 segment ISEQ= 1 dalsi faze MRA= 3
Nuklid:KR88 segment ISEQ= 1 dalsi faze MRA= 4
Nuklid:KR88 segment ISEQ= 1 dalsi faze MRA= 5
Nuklid:KR88 segment ISEQ= 1 dalsi faze MRA= 6
Nuklid:KR88 segment ISEQ= 1 dalsi faze MRA= 7
Nuklid:KR88 segment ISEQ= 1 dalsi faze MRA= 8
Posledni faze pro dany segment OK, zapis do totalnich poli
----- dalsi nuklid -----
Konec vyhlazeni zakladni faze MRA=1 segmentu c. 1
Nuklid:RB88 segment ISEQ= 1 dalsi faze MRA= 2
Nuklid:RB88 segment ISEQ= 1 dalsi faze MRA= 3
Nuklid:RB88 segment ISEQ= 1 dalsi faze MRA= 4
Nuklid:RB88 segment ISEQ= 1 dalsi faze MRA= 5
Nuklid:RB88 segment ISEQ= 1 dalsi faze MRA= 6

```

atd. atd. atd. atd.

.....


```

C:\HARP\baliky\BALIKY.exe
Nuklid:I134A segment ISEQ= 1 dalsi faze MRA= 3
Nuklid:I134A segment ISEQ= 1 dalsi faze MRA= 4
Nuklid:I134A segment ISEQ= 1 dalsi faze MRA= 5
Nuklid:I134A segment ISEQ= 1 dalsi faze MRA= 6
Nuklid:I134A segment ISEQ= 1 dalsi faze MRA= 7
Nuklid:I134A segment ISEQ= 1 dalsi faze MRA= 8
Posledni faze pro dany segment OK, zapis do totalnich poli
----- dalsi nuklid -----
Konec vyhlazeni zakladni faze MRA=1 segmentu c. 1
Nuklid:CS137 segment ISEQ= 1 dalsi faze MRA= 2
Nuklid:CS137 segment ISEQ= 1 dalsi faze MRA= 3
Nuklid:CS137 segment ISEQ= 1 dalsi faze MRA= 4
Nuklid:CS137 segment ISEQ= 1 dalsi faze MRA= 5
Nuklid:CS137 segment ISEQ= 1 dalsi faze MRA= 6
Nuklid:CS137 segment ISEQ= 1 dalsi faze MRA= 7
Nuklid:CS137 segment ISEQ= 1 dalsi faze MRA= 8
Posledni faze pro dany segment OK, zapis do totalnich poli
----- dalsi segment -----
Hodinovy segment uniku ISEQ= 2
Volba poctu hodinovych fazi NFAZ pro pohyb segmentu ISEQ:
NFAZ=8; Zmena NFAZ?: ne <ENTER> ; ANO <a>

```

Po skončení výpočtu pro první segment se objeví dotaz na volbu počtu hodinových fází pro pohyb druhého hodinového segmentu. Nemění-li uživatel počet fází, stiskne opět ENTER a výpočet pokračuje. Obdobně se postupuje až do posledního hodinového segmentu.

Poznámka:

Při zadávání segmentů úniku v panelech podprogramu Havar.exe se zadávají reálné doby trvání jednotlivých segmentů úniku (v hodinách) a množství uniklé aktivity (v Bq) za tuto dobu. V programu se doba celého úniku rozdělí na "fiktivní ekvivalentní" hodinové segmenty úniku – podrobně v [1], kap. 6.3.1.

2. **Po skončení výpočtu** pro poslední segment úniku časné fáze probíhá 2. krok výpočtu, v němž jsou ze základních řídicích veličin časné fáze napočítávány výstupy jak pro časnou fázi nehody tak v pozdější časové periodě. Vše je opět podrobně krok za krokem popsáno v kapitole o segmentovaném modelu v novém metodickém manuálu [1], kap. 7.2.1.

Na obrazovce se objeví popis toho, co proběhlo a co se bude dít dále. Po kladné odpovědi na pokračování výpočtu jsou generovány implicitní výstupy ukládané do textového souboru IMPLICIT.OUT a jejich seznam položek do souboru SEZNIMPL.OUT.

```

C:\HARP\baliky\BALIKY.exe
Nuklid:CS137 segment ISEQ= 2 dalsi faze MRA= 5
Nuklid:CS137 segment ISEQ= 2 dalsi faze MRA= 6
Nuklid:CS137 segment ISEQ= 2 dalsi faze MRA= 7
Nuklid:CS137 segment ISEQ= 2 dalsi faze MRA= 8
Posledni faze pro dany segment OK, zapis do totalnich poli

----- posledni segment hotov -----
Pokracuj na totalni vysledky ---> ENTER

Zobrazeni vysledku?: ano <ENTER> ; ne <n>

Inicializace vysledkoveho subsystemu <US>:
1. Nastartuj vysledkovy subsystem
2. Tam prohlizej implicitni vystupy
3. Pokud ti to nestaci, vygeneruj ve US
   interaktivne pozadavek na dalsi vysledky
-----

Cekam na dokonceni tvoji akce ve US
Az tam skoncis, stiskni zde ENTER

```

3. Zobrazování výsledků na základě dialogu mezi dvěma subsystemy.

Je nastartován výsledkový subsystem umístěný v podadresáři `\ruzice`. Aktuální výpočet jako samostatná úloha čeká na akce prováděné při zobrazování výsledků, kde se současně formulují nové žádosti na výpočet z oblastí:

- dopočtu a zobrazení dalších dílčích výsledků - další dodatečné interaktivní výstupy „*na žádost*“,
- požadavků na kontrolu limitů měrných aktivit produktů (2-D znázornění na terénu),
- analýzy vlivu zavádění různých protiopatření v modelu potravních řetězců na velikosti odvrácených dávek.

Celý dialog probíhá automaticky na základě jednoduchých akcí (voleb) řízených uživatelem.

9 Podrobné ověření výsledků výpočtu podle všech tří programů

Jsou srovnávány výsledky podle *PRIMOALL.EXE*, *BalING51.EXE* a *BALIKY.EXE*. Podrobné srovnání spolu s alternativními variantními výpočty demonstrujícími vnášený stupeň konzervatismu jsou přiloženy k tomuto popisu jako soubor:

Compare_PRIMOALL_BalING51_SGPM.doc

Zde je dokumentována velmi dobrá vzájemná shoda výsledků. Soubor je archivován v archivu systému HAVAR-DET. Srovnávání proběhlo na scénáři NJZ - Nový Jaderný Zdroj – rámcové zadání podle jednání ze dne 17.6.2009 (viz vstupní soubor HAV00.DAT uvedený ve COMPARE_.... .DOC). Uvádíme jeho zdrojový člen:

Zdrojový člen z dokumentu EUR:

	[Bq]
SR90	1.80E+12
RU103	1.00E+12
TE131M	7.00E+12
I131O	1.80E+13
I131	3.00E+14
I131A	1.80E+13
XE133	2.60E+17
CS137	1.00E+13
BA140	3.30E+13
LA140	1.80E+12
CE141	1.33E+12

Ingesce: globální koš rakouský

10 Grafické výstupy výsledků: 2-D zobrazení pro PRIMOALL

Zobrazovací software je umístěn v podadresáři:

c:\PRIMO\PRIMO_2D_GUI

Zobrazovací funkce se vyvolají postupem:

- nakopíruj c:\PRIMO\PRIMOEXE\SPAD.OUT a GRAFH00.OUT do c:\PRIMO\PRIMO_2D_GUI\data*.*
- spuštění c:\PRIMO\PRIMO_2D_GUI\dist\PRIMO_2D_GUI.exe

Na následujících obrázcích jsou znázorněny výsledky 3-segmentového výpočtu pro variantu CEZ_Rev2. Podrobný popis a srovnání výsledků – viz samostatně předávaný textový soubor:

Compare_PRIMOALL_BalING51_SGPM.doc

PRIMO 2-D

File

2-D zobrazení | 1-D prubehy po paprskach | Kolicove grafy

Vyberte velicinu pro 2-D zobrazeni:

- Efektivni
- Mrak
- Depo
- Inhalace
- Inhalace z resuspenze
- Ingesce

Radius:

Maximum: 6.66E-001

Pocet rozsahu: 8 < >

1:

2:

3:

4:

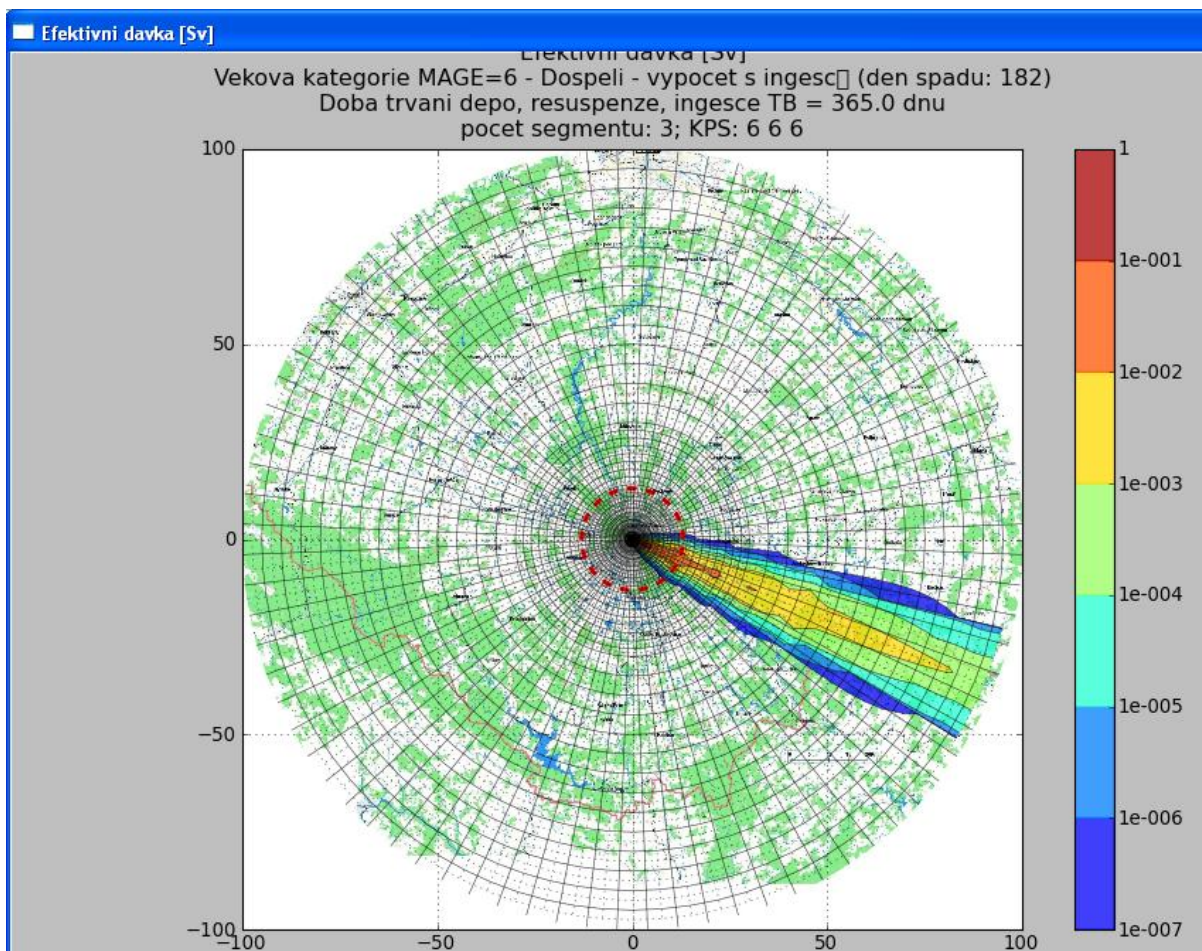
5:

6:

7:

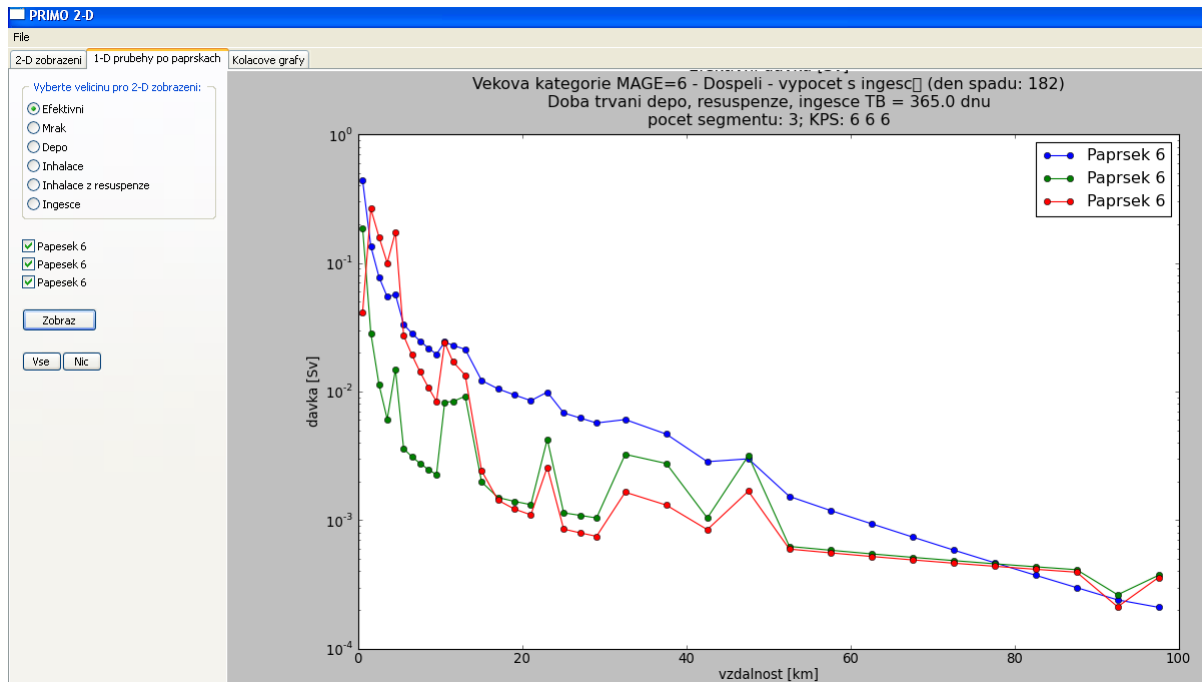
8:

	1	2
1	0.00E+000	0.00E+000
2	0.00E+000	0.00E+000
3	0.00E+000	0.00E+000
4	0.00E+000	0.00E+000
5	0.00E+000	0.00E+000
6	0.00E+000	0.00E+000
7	0.00E+000	0.00E+000
8	0.00E+000	0.00E+000
9	0.00E+000	0.00E+000
10	0.00E+000	0.00E+000
11	0.00E+000	2.01E-008
12	0.00E+000	6.91E-008
13	0.00E+000	2.67E-007
14	0.00E+000	1.12E-006
15	0.00E+000	4.99E-006
16	0.00E+000	0.00E+000

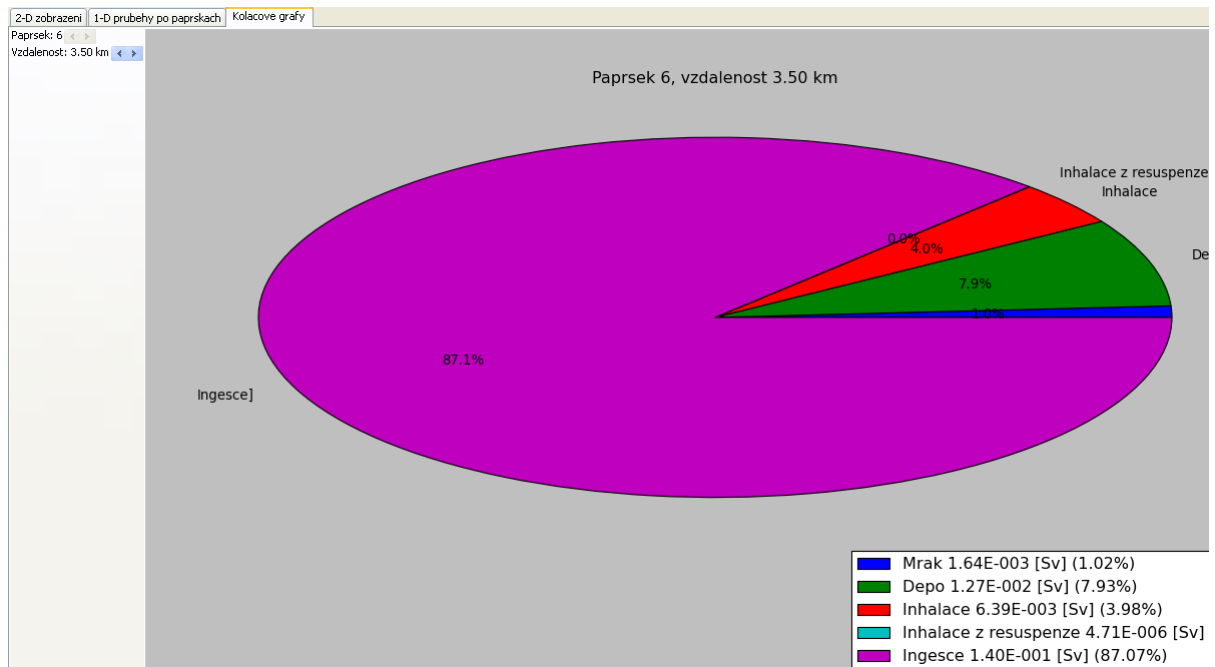


Na posledním obrázku jsou zobrazovány součty ve všech třech segmentech. Každý ve směru 6, kategorie D (s deštěm), C (bez deště) a F.

Na následujících obrázcích jsou ukázky 1-D znázornění úvazku roční efektivní dávky pro 3 segmenty úniku.



Následuje podílový graf podle jednotlivých cest ozáření :



11 Grafická zobrazení výsledků výpočtu SGPM

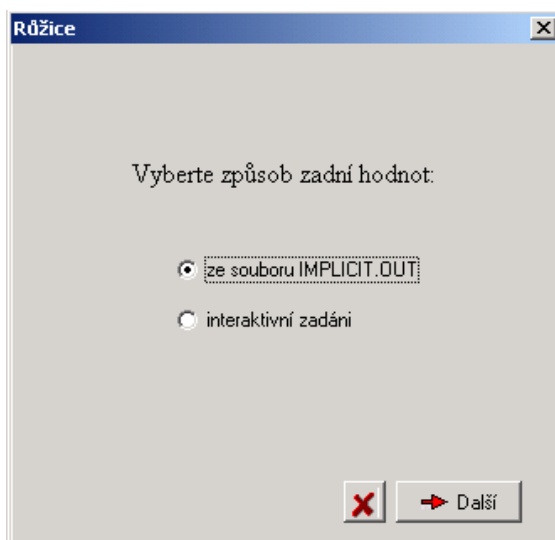
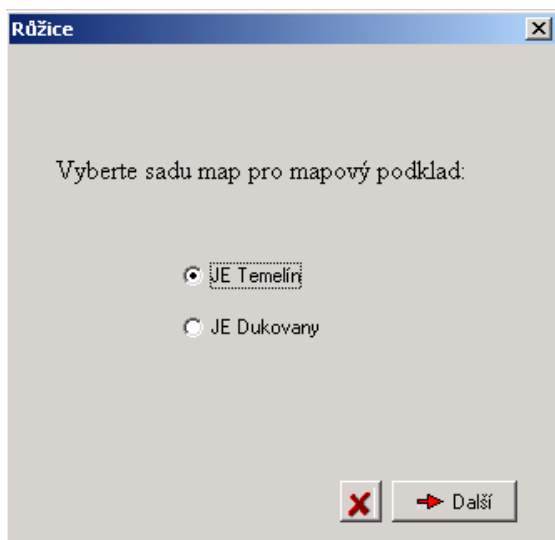
Hlavním účelem je představit případnému uživateli pohled na poměrně nový přístup při vytváření postprocessorového subsystému presentace výsledků založeného na 2-D maticovém zobrazování. Odtud by mohly vzejít expertní návrhy na případná další rozšíření. Navazujeme na kapitolu 7 „*Subsystém pro zobrazování výsledků*“ z metodického manuálu systému HAVAR-DET [1], kde je do podrobností popsán návrh a základní funkce výsledkového zobrazovacího subsystému.

Po provedení výpočtu programem BALIKY.exe se přejde do podadresáře \ruzice, kde se spustí zobrazovací program **Ruzice_projekt.exe**.

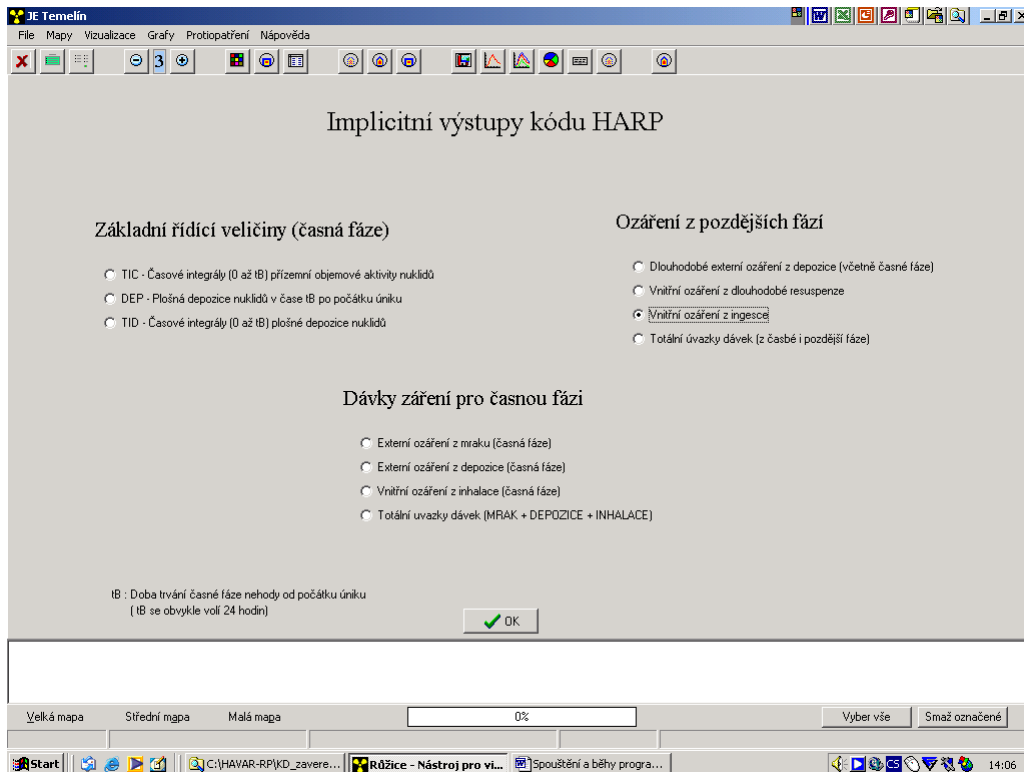
Pokračujeme v podadresáři \ruzice spuštěním:

Ruzice_projekt.exe

Objeví se panel výběru lokality a po něm panel způsobu zadání hodnot:



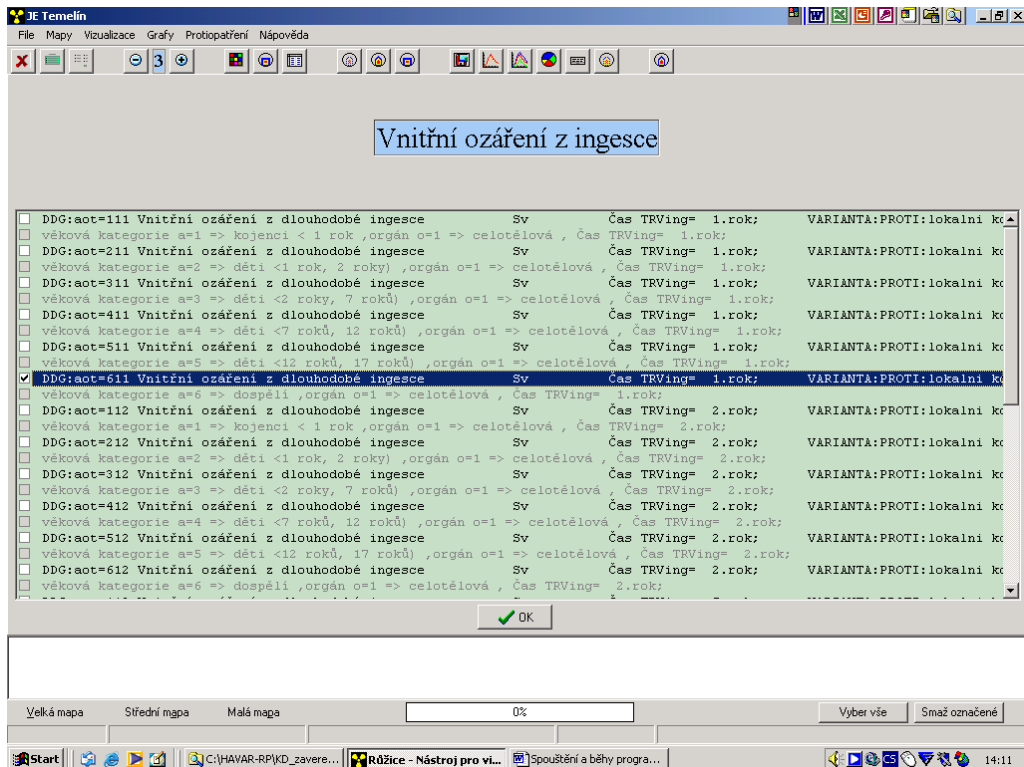
Po volbě souboru *implicit.out* se objeví následující panel:



V tomto panelu se vybírá veličina, kterou chceme znázornit na mapě.

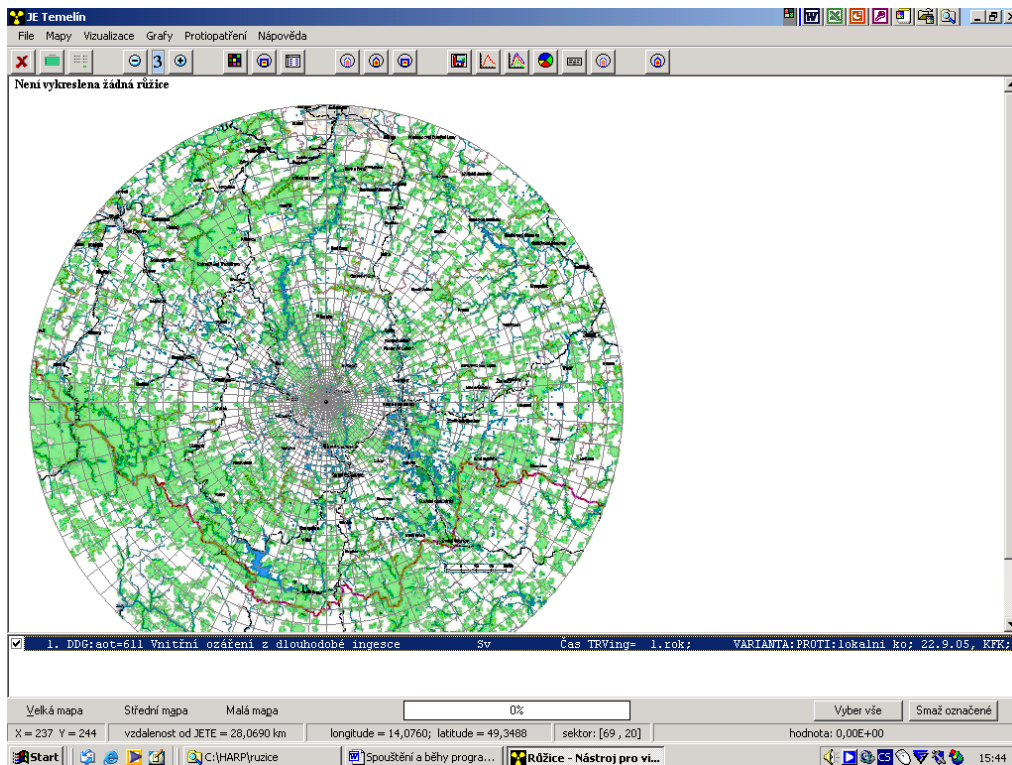
Příklad stanovení dávky z ingesce

Po označení *Vnitřní ozáření z ingesce* v předchozím panelu se zobrazí následující panel:

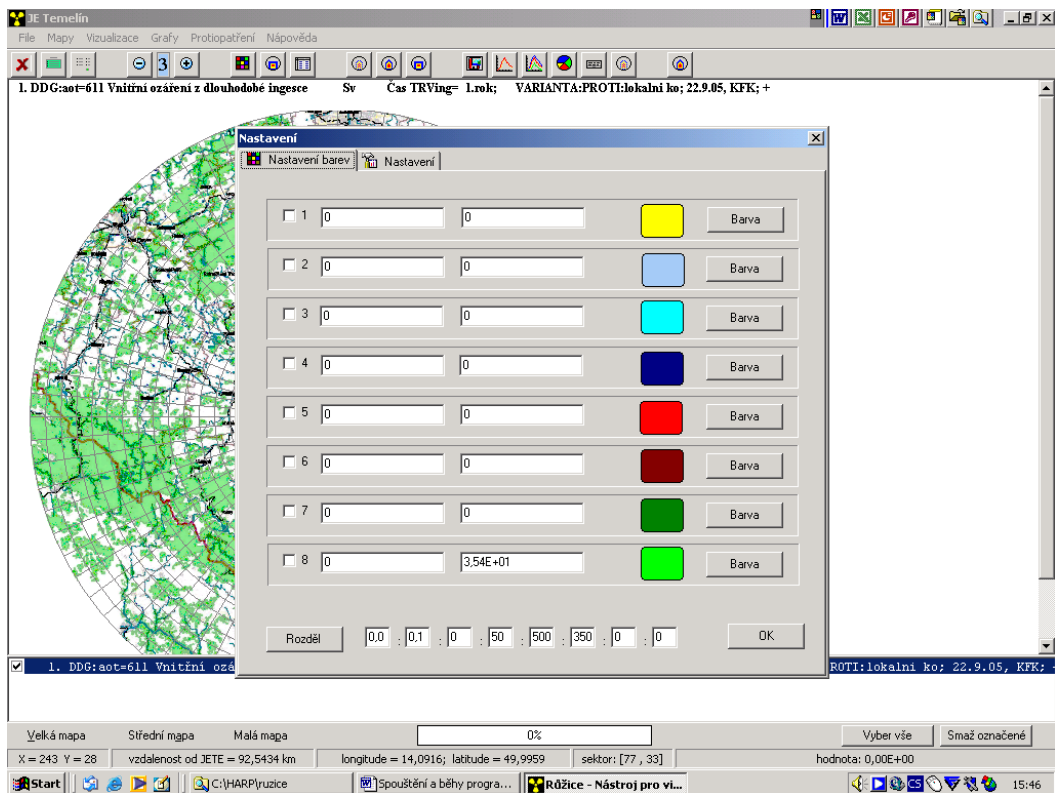


Označili jsme, že chceme počítat efektivní dávku z ingesce z ročního příjmu a klikneme na OK. Objeví se panel s mapou okolí zvolené JE, přičemž je možnost zobrazení 3 různě velkých map:

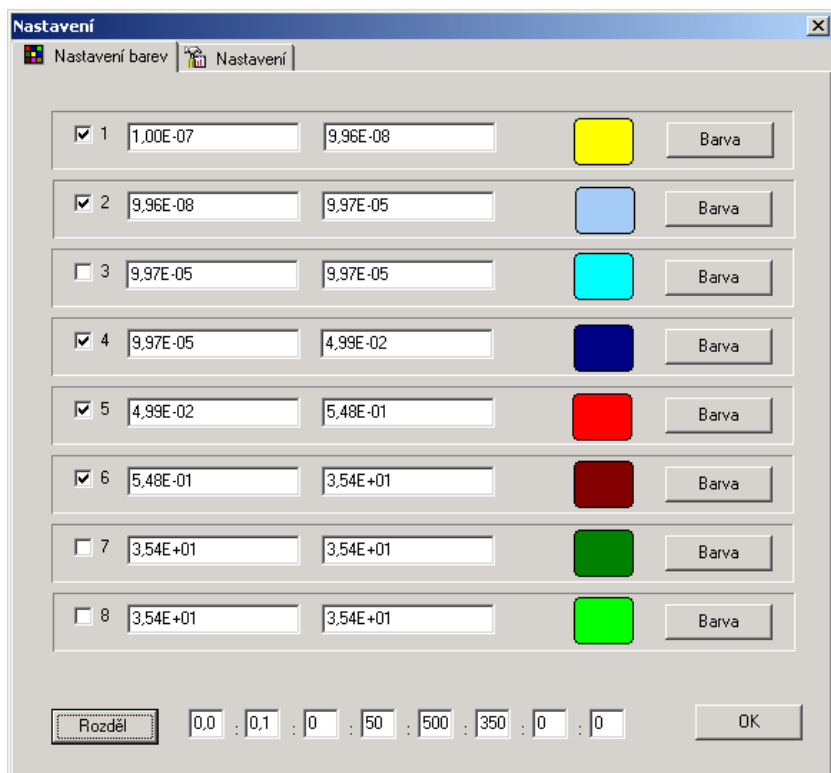
- velká mapa do 100 km od JE (viz následující panel)
- střední mapa do cca 50 km od JE
- malá mapa do cca 15 km od JE



V zásobníku pod mapou se objeví název veličiny, kterou chceme zobrazit. Označíme ji a ve čtvrté sadě ikoněk na horní liště klikneme na první nebo druhou ikonku. Na obrazovce se objeví panel pro zobrazení barev. Po kliknutí na ikonku **Rozděl** a **OK** se na mapě zobrazí izodózy dávků z ingesce.

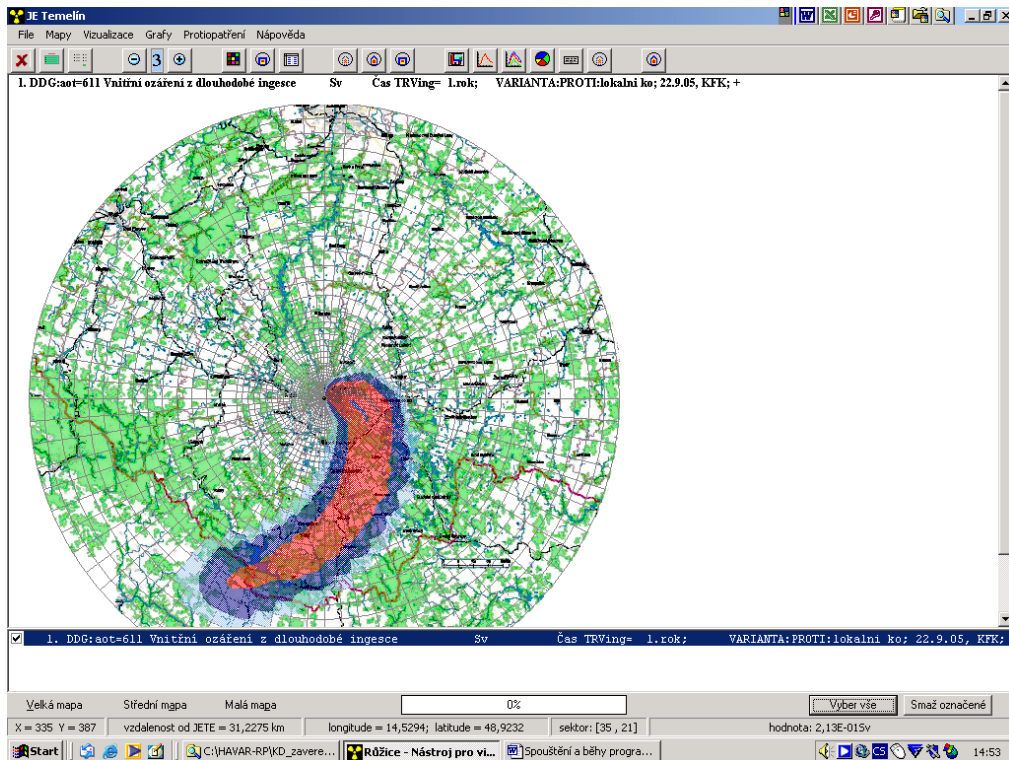


Panel pro zobrazení barev po kliknutí na ikonu **Rozděl**:

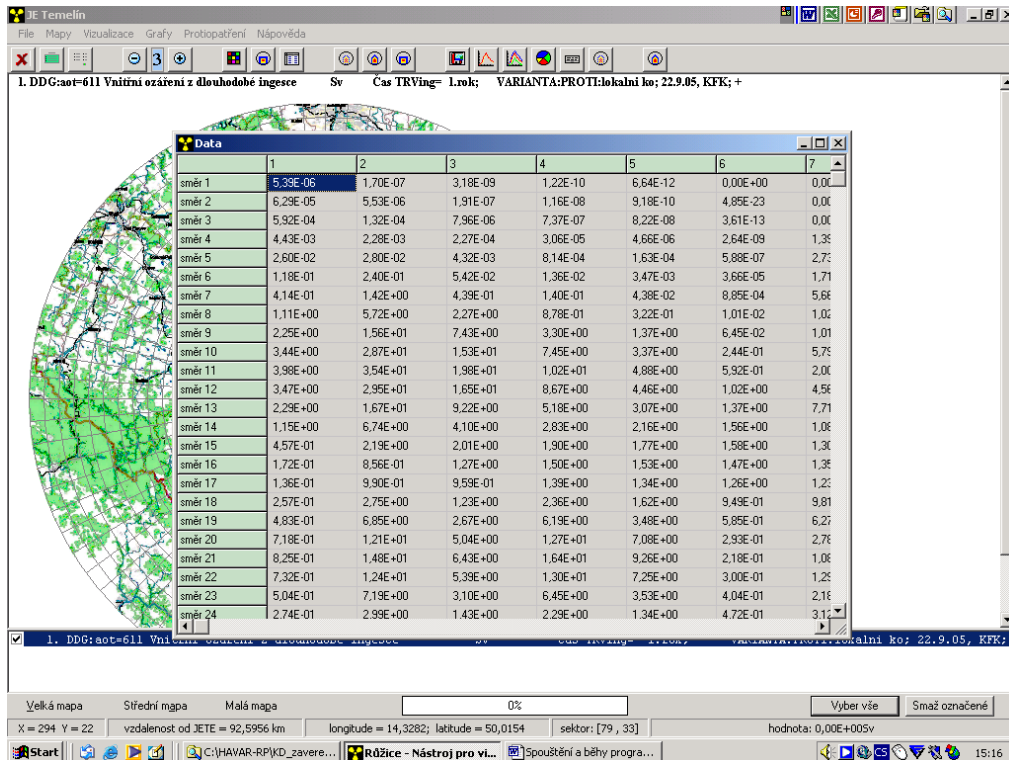


V panelu se dají zvolit jak barvy, tak rozsah zobrazovaných hodnot, který pokrývá zvolená barva.

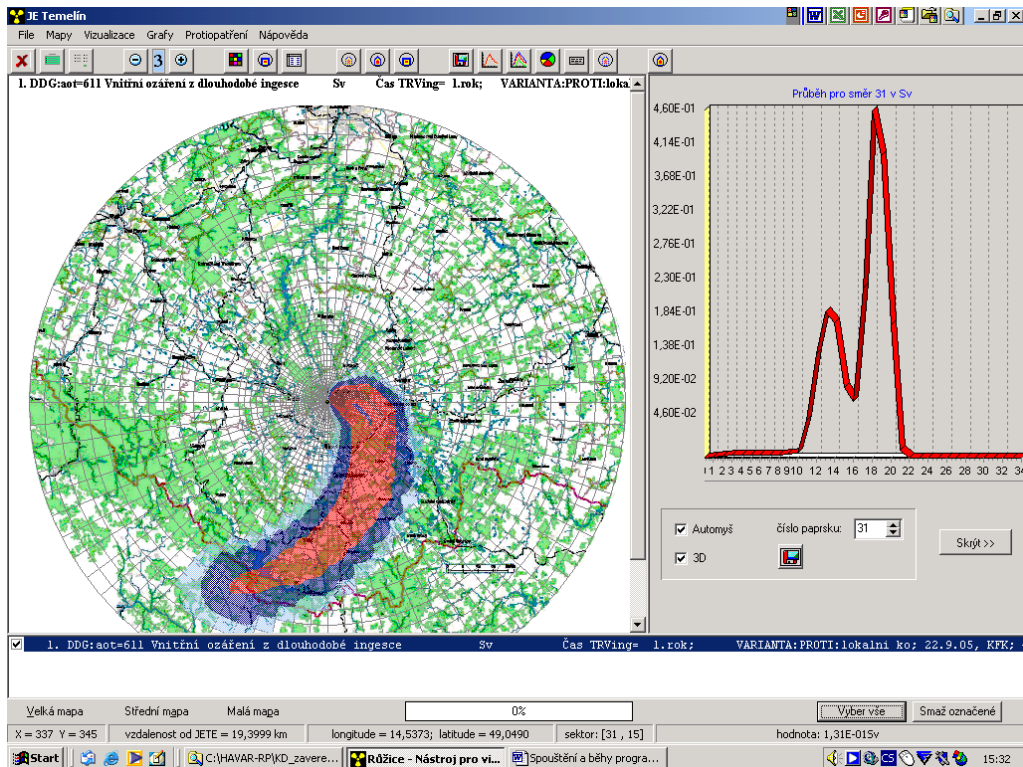
Z polohy kurzoru na mapě se dá na dolní liště odečíst příslušná hodnota efektivní dávky z ingesce i souřadnice zvoleného místa a jeho vzdálenost od JE:



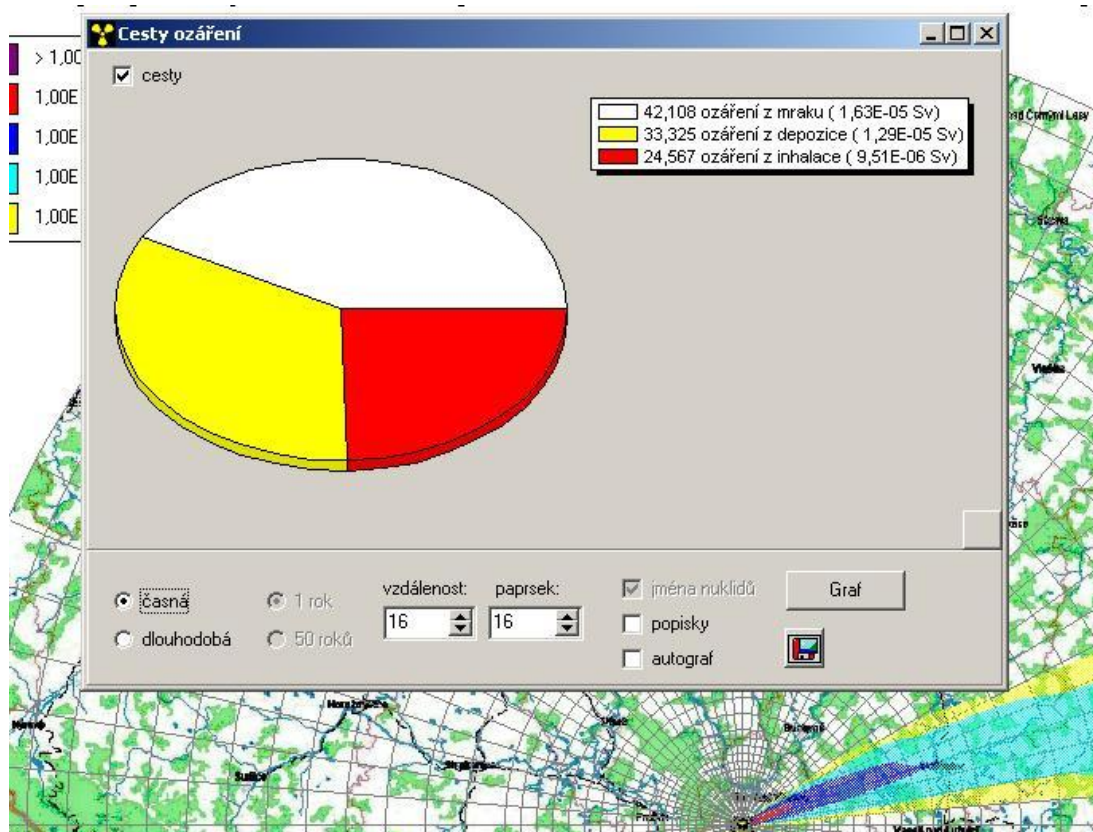
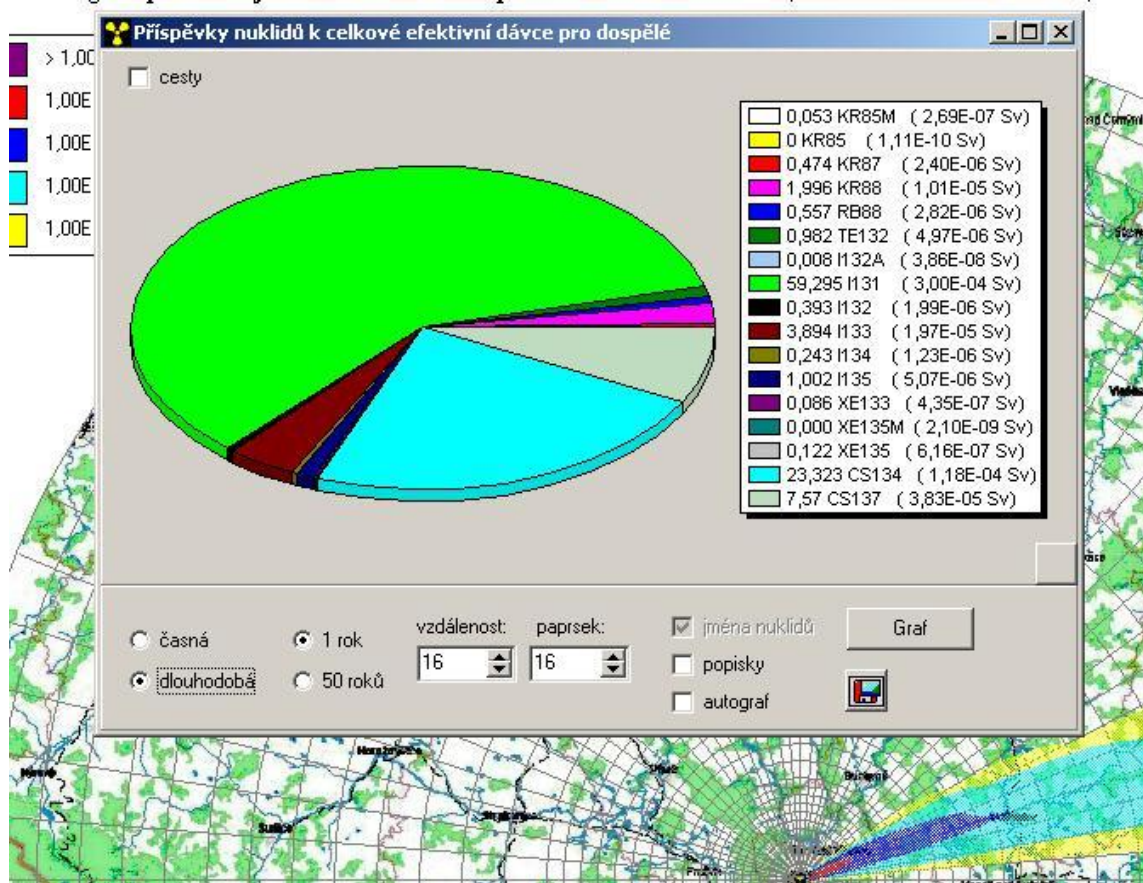
Hodnoty v uzlových bodech (tj. v 80 směrech a 35 vzdálenostech) se dají odečíst z tabulky, na kterou se dostaneme kliknutím na třetí ikonku v třetí sadě ikonek na horní liště:



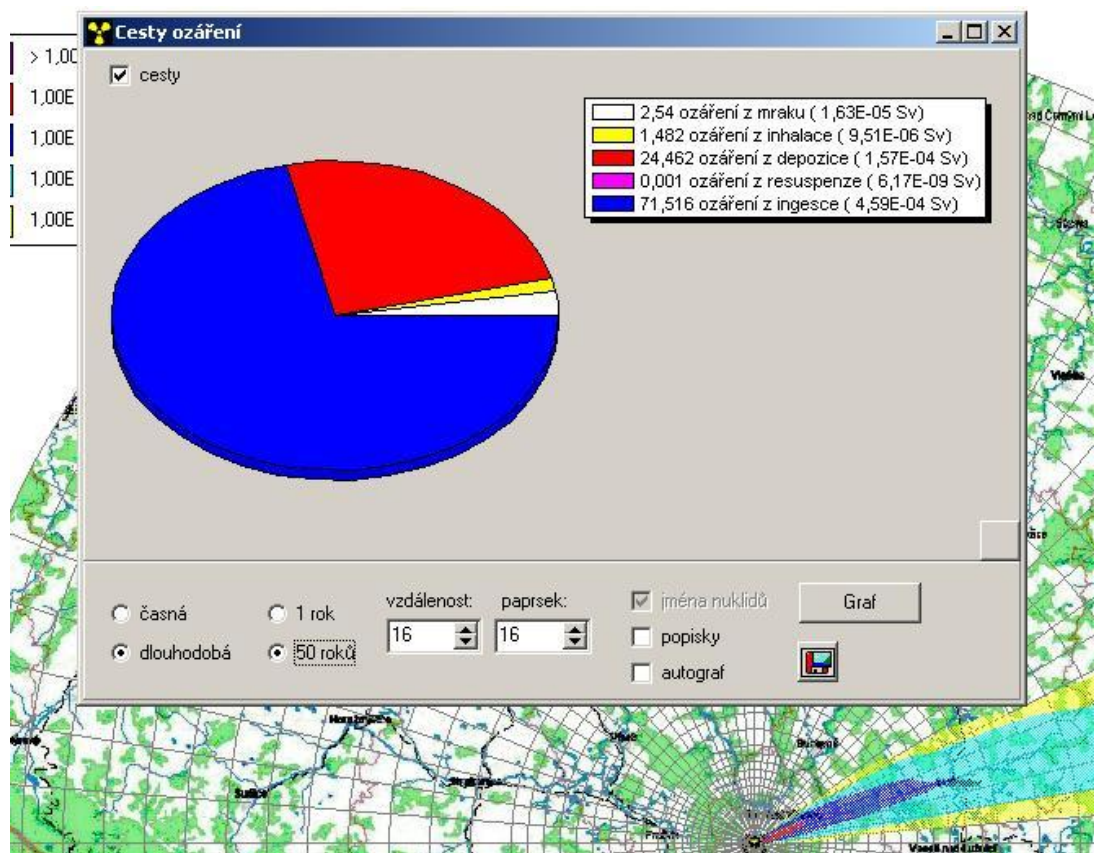
Kliknutím na druhou ikonku **1-D graf hodnot podle vybraného paprsku** v 5. sadě na horní liště se v panelu zobrazí pro jednotlivé směry průběh příslušné veličiny (zde efektivní dávka z ingesce) v závislosti na vzdálenosti od zdroje.



Kliknutím na 4. ikonku zprava na liště je možno zobrazovat „koláčové“ grafy. V dalším uvádíme 2 obrázky pro zastoupení nuklidů a koláče podle cest pro efektivní dávku v časné fázi.



Následuje znázornění příspěvku (relativního i absolutního) jednotlivých cest ozáření k úvazku efektivní dávky dospělé osoby, která trvale žije v kontaminovaném prostředí v dalších 50ti letech po spadu.



Komparativní mód

Třetí ikonka v 5. sadě na horní liště je označena jako **komparativní mód**.

V zásobníku pod mapou je načtena 1 růžice ze souboru *implicit.out*.

Program poskytuje možnost srovnání 2 a více položek (max. 7) z existujícího *implicit.out*, případně lze přidávat i nové výsledky pomocí interaktivního dopočtu na online žádost (toto je podrobně popsáno v kapitole 7.2.3 „Subsystem pro zobrazování výsledků – Výstupy výsledků na základě interaktivní volby“ v manuálu metodiky systému HAVAR-DET [1]).

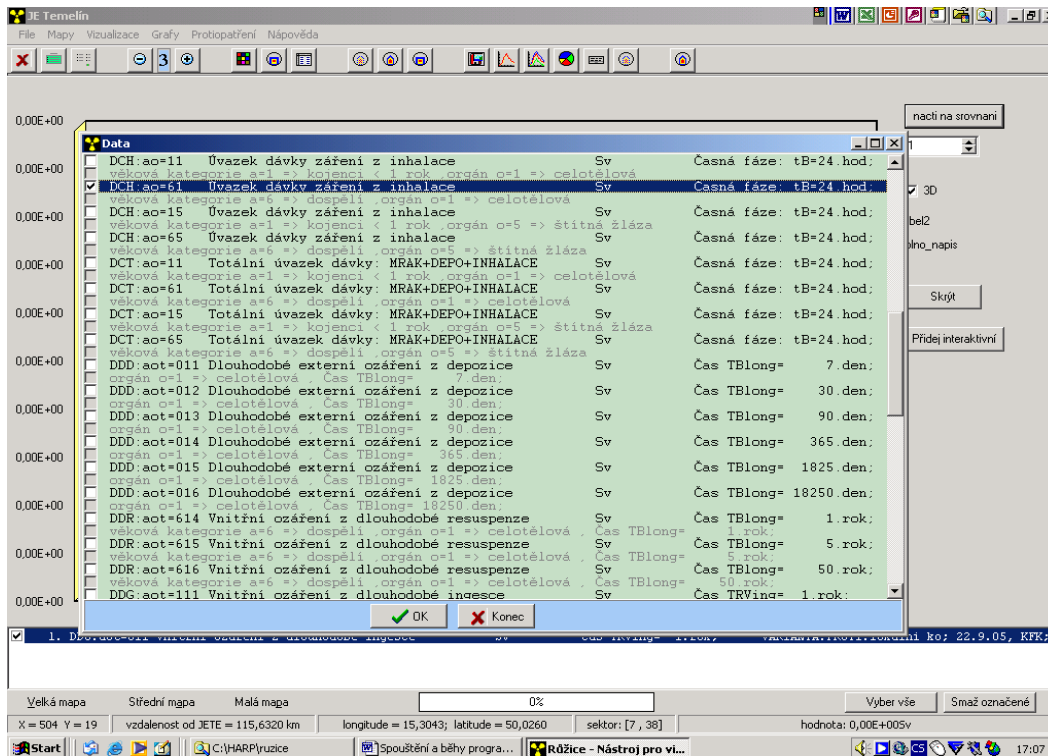
Pro srovnání je ale záhodno volit rozumné položky z následujících grup:

- TIC (časový integrál přízemní objemové aktivity ve vzduchu)
- depozice
- dávky

a nesrovnávat např. hodnoty TIC a dávky (kvůli různým veličinám na ose y)

Načítání dalších růžic na srovnání:

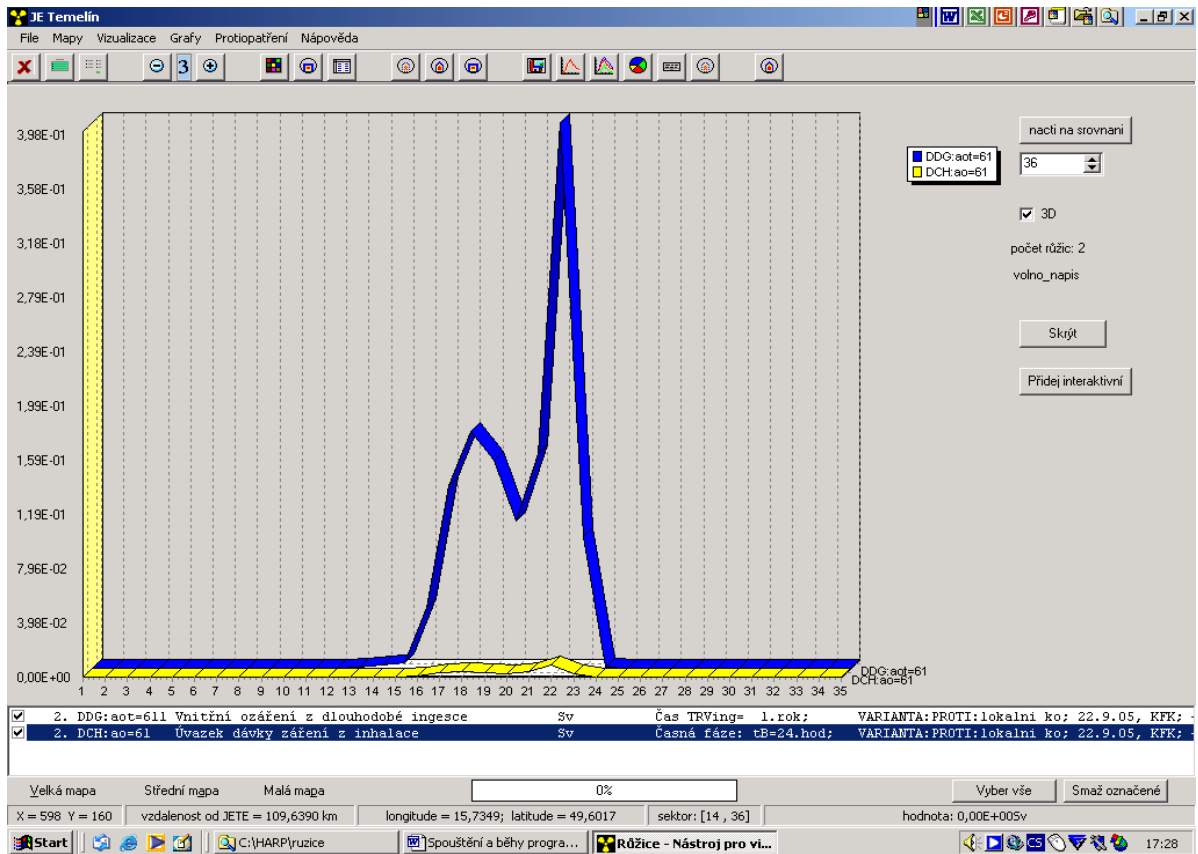
Klikneme na ikonku komparativní mód. Objeví se následující panel:



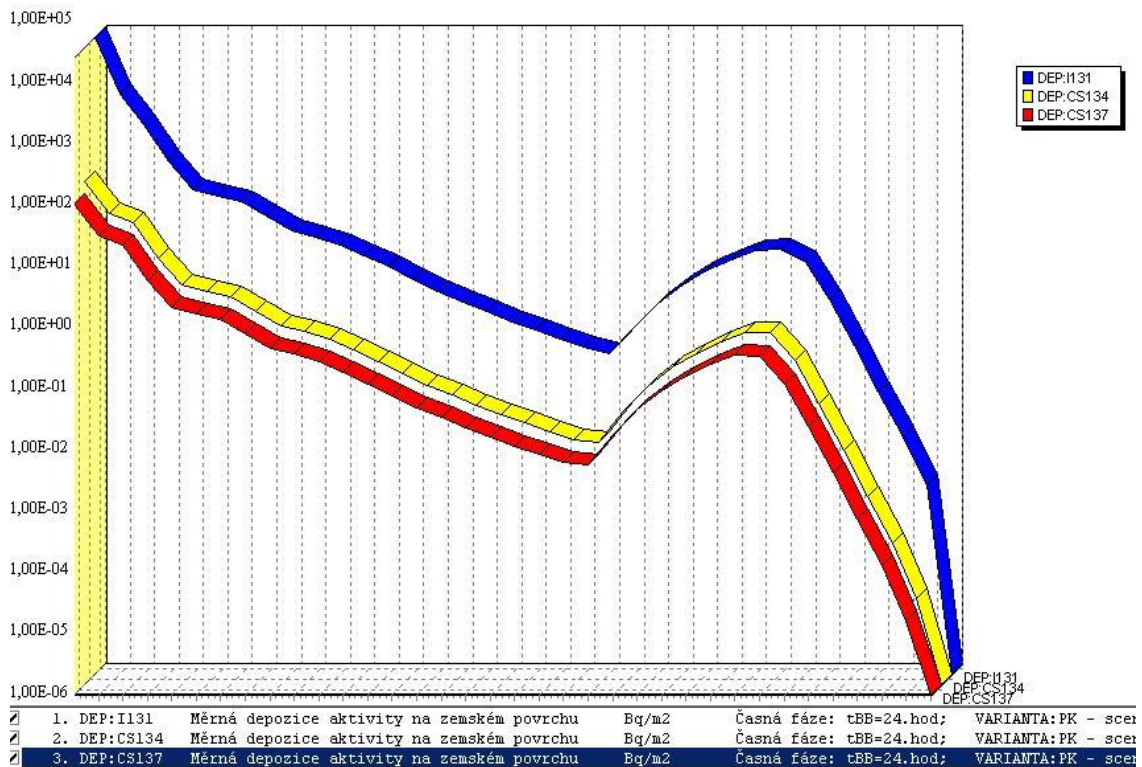
V panelu označíme, co chceme porovnávat s již zobrazenou růžicí -

např. DCH:ao = 61 (tj. DCH=(Dávky;Casná;inhalace); úvazek dávky záření z inhalace pro dospělé (a=6), celotělová (o=1)).

Klikneme na ikonu *načti na srovnání* a získáváme porovnání dávky z ingesce a z inhalace. Grafy se zobrazují při pohybu čísel v okénku směru pod ikonou.



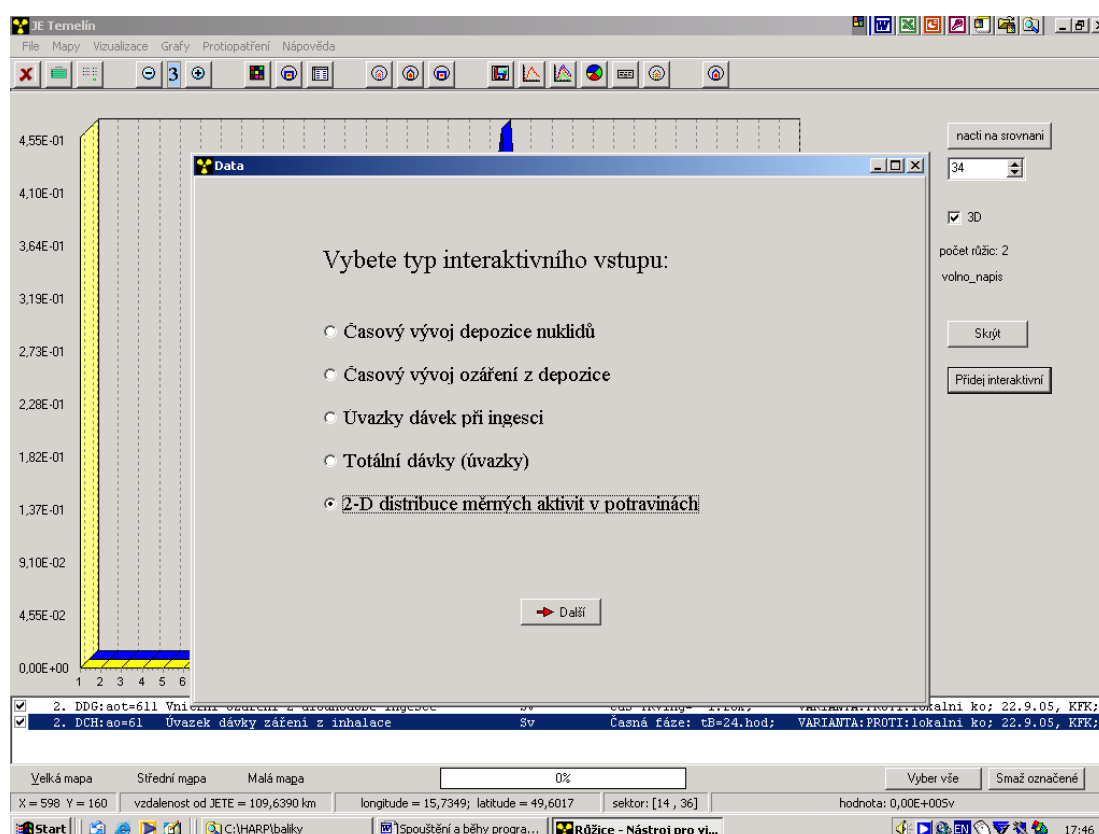
Další příklad komparativních grafů ukazuje srovnání depozice I-131, Cs-134 a Cs-137:



Interaktivní zobrazování 2D polí měrných aktivit v produktech

Metodika výpočtu je podrobně popsána v kap. 8 v [1] „*Výstupy normalizovaných měrných aktivit rostlinných a živočišných produktů*“. Důležitou volbou v panelu interaktivního výstupu je poslední volba v panelu, která umožňuje kromě jiného (2-D zobrazení na zvoleném mapovém pozadí) i testování překročení limitů měrné aktivity v potravinách a případně i vykreslení kritických izoplet. Při této volbě se objeví se další subpanel: Postup pro 2-D zobrazení kritických aktivit jednotlivých radionuklidů v potravních produktech je následující:

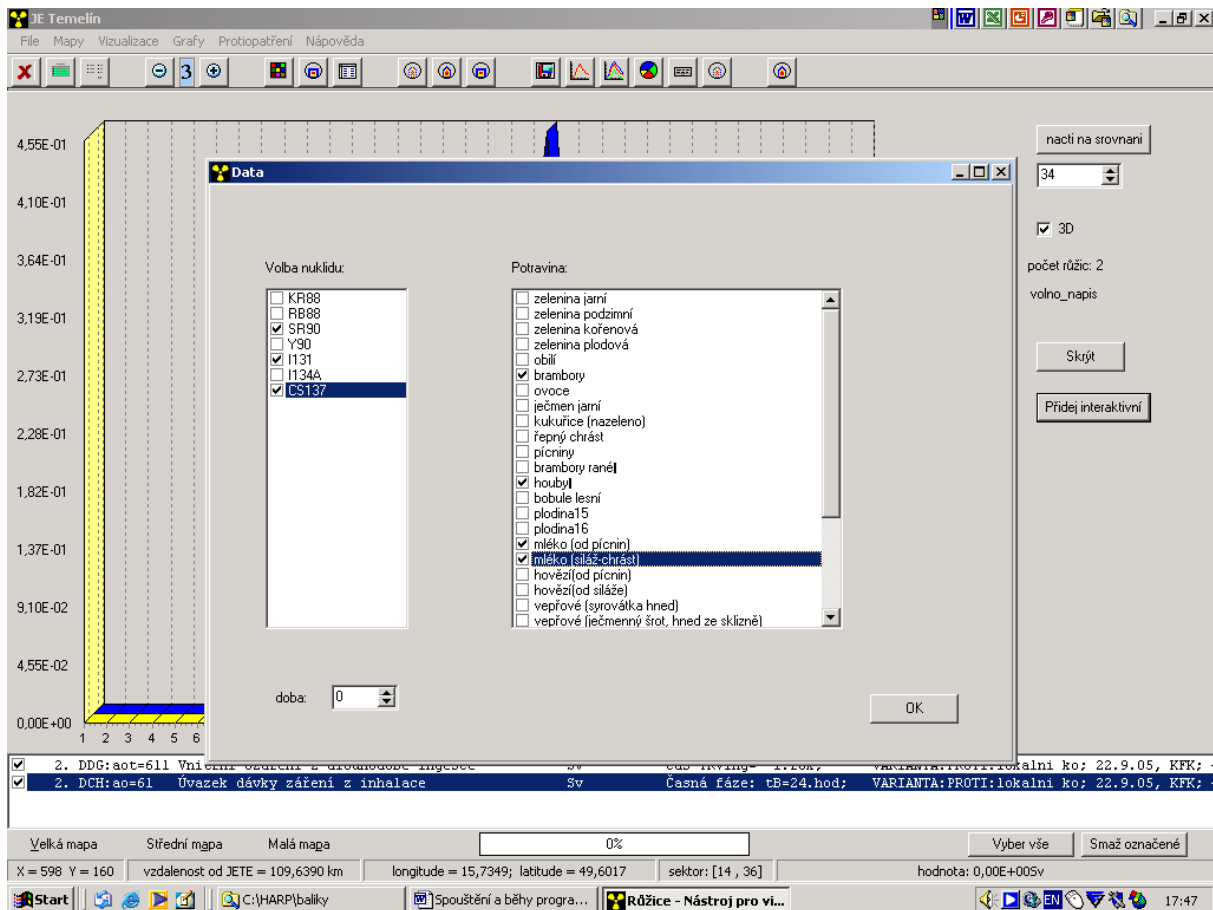
Interaktivní vstup – v předchozím panelu klikneme na ikonu **Přidej interaktivní**. Zobrazí se následující panel:



Zvolíme 2-D distribuce měrných aktivit v potravinách. Objeví se následující panel, v němž lze vybrat aktivity v potravinách, zadat rozsah od určité hodnoty po maximální hodnotu a tuto oblast vykreslit na mapě.

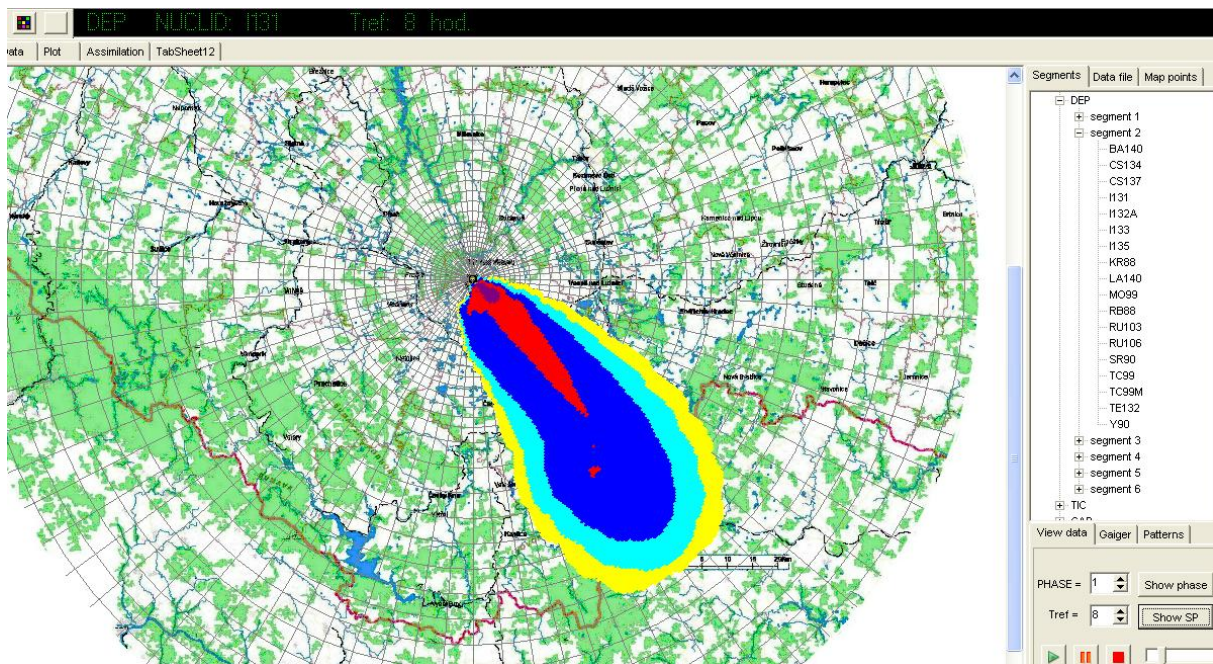
Pozn.: předposlední ikonka zprava nahoře skryje zobrazené, třetí ikonka zprava je legenda.

Interaktivní požadavek vytvořený v subsystému zobrazovacího modulu je automaticky předán do čekajícího subsystému výpočtu (adresář *baliky*), který generuje požadované výsledky (matice měrných aktivit zvoleného nuklidu ve zvoleném produktu ve všech bodech výpočtové polární sítě) a opět automaticky je předává čekajícímu zobrazovacímu modulu k zobrazení. Poznamenejme, že lze v předchozím panelu volit i číslo roku (po roku spadu, rok spadu = 0), ve kterém chceme měrné aktivity kontrolovat.



12 Kontrolní grafický subsystém GANMU pro analýzu situace uvnitř časné fáze

V metodickém manuálu HAVAR-DET [1] je ukázáno, že jednotlivé fáze jednotlivých segmentů obecně probíhají v hodinových časových úsecích různě časově vzdálených od skutečného počátku úniku. Z tohoto hlediska bylo nutné synchronizovat dílčí výsledky z jednotlivých fází (*ISEQ, KFAZ*) tak, že se tyto jednotlivé dílčí hodnoty přepočítají k určitému **referenčnímu času TB** od počátku úniku, který bude zvolen těsně za časem poslední fáze posledního segmentu. Ten lze zadat ze vstupních panelů podle předchozího obrázku 5-1, v záložce „základní parametry“. Je volen například 24 hodin (případně 48 hodin pro více segmentů a fází). Pole CAPFAZ, TICFAZ, DEPFAS a TIDFAZ definované v metodickém manuálu v kapitole 6.2 jsou tedy vztaženy k času TB , nicméně jsou v nich implicitně obsažené hodnoty těchto veličin pro každou fázi každého segmentu od jejího počátku až do TB . Z hlediska jak ladění a testování úloh tak hlavně z hlediska určování postupu znečištění na terénu (jak vypadá radiologická situace na terénu například v jednotlivých hodinách po samém začátku úniku až po referenční čas TB) je nutné, aby bylo možné identifikovat stav šíření v tomto intervalu $< 0; TB >$. Právě k tomuto účelu slouží subsystém GANMU. Jeho základní panel je na následujícím obrázku:



Obrázek 12-1: Základní panel subsystému GANMU po vyvolání ganmu.exe ze základního adresáře ... \ GANMU\ ganmu.exe

Zde se analyzuje poměrně složitý scénář (zdrojový člen ST2 – proces z Melku) tvořený 6 hodinovými segmenty. Podle obrázku je vybrán 2. hodinový segment a pomocí tlačítka „*Show phase*“ lze zobrazit segment2 v jeho jednotlivých meteofázích. Tato funkce je velmi vhodná pro ladění. Jestliže ale chceme znázornit vývoj celkové radiologické situace, použijeme funkce spojené s tlačítkem „*Show SP*“. Chceme-li znázornit například depozici I-131 přesně po 8 hodinách od počátku úniku, zvolíme hodnotu *Show SP*=8. Dostaneme 2-D rozložení měrné depozice I-131 znázorněné izodózami na obrázku 12-1. Jedná se o **celkovou situaci** po 8 hodinách, tedy o **superpozici všech 5 hodinových segmentů** v jejich příslušných meteofázích.

Funkce GANMU se ukázala jako nepostradatelný pomocník při analýze složitých vícesegmentových scénářů s velkým počtem meteofází. V příloze 3 uvádíme příklad dalšího scénáře s masivním hodinovým únikem I-131 (scénář „SURO-cvicení“). Je zde demonstrován postup radioaktivního mraku nad terénem s disperzí a ochuzováním měrné aktivity I-131 v přízemní vrstvě vzduchu a dále postup stopy měrné aktivity deponované na terénu. Důležitou aplikací subsystému GANMU je zobrazování časového a prostorového vývoje znečištění Rb-88 zanášeného do větších vzdáleností kryptonovým mrakem rodičovského nuklidu Kr-88. Animace vývoje je uvedena v [3] v kapitole 8. Výsledky ukazují použití numerického výpočtu modelem SGPM na případ, kdy rodič (Kr-88) má jinou fyzikálně-chemickou formu než dceřiný nuklid (Rb-88).

13 Další ustanovení

Užití mapových podkladů zakoupených od firmy PJSOFT je podmíněno zakoupením licence na mapové dílo InfoMAPA, minimálně verze 16. Tyto mapy nesmějí být profesionálně reprodukovány (ofset, sítotisk) a dále poskytovány dalším uživatelům. Lze je však používat jako mapové podklady pro zobrazování 2-D průběhů radiologických veličin. Pokud tyto

obrázky budou uváděny v tištěné formě ve firemních publikacích, je třeba tyto obrázky doplnit o logo PJSOFT.

14 Grafická podpora pro simulaci zavádění neodkladných opatření v časné fázi a případných následných opatření v oblasti potravních řetězců

Jak bylo řečeno výše, při výpočtu jsou generovány implicitní výstupy ukládané do textového souboru IMPLICIT.OUT a jejich seznam položek do souboru SEZNIMPL.OUT (podrobný popis je v kapitole „Subsystem pro zobrazování výsledků“ v manuálu [1]). Zde navrhujeme vlastní řešení pro následná opatření, které bylo plně integrováno do již vyvinuté grafické podpory založené na maticovém zobrazení na mapových podkladech.

Postupně jsou do zobrazovacího výstupního subsystému integrovány funkce testování vlivu protiopatření zaváděných na dlouhodobé dávky, zvláště pak na dávky z ingesce. V současné době lze z hlediska protiopatření provádět:

- i. Kontrolu měrných aktivit v produktech - nejkritičtější hodnoty - obvykle v okamžiku sklizně (jinak podrobněji viz kapitoly 8.2 a 8.3 manuálu [1]). Obecně je zahrnuto 30 potravních produktů, pro každý z N počítaných nuklidů. Jak bylo uvedeno výše, uživatel může interaktivně zvolit, zda chce hodnoty vztažené k době spadu nebo v některém z dalších roků n po spadu ($n=1$ až 49).
- ii. Omezit distribuci kontaminovaných potravin na základě interaktivně zadávaných frakcí spotřeby (bezrozměrné hodnoty z intervalu $\langle 0,1 \rangle$) nebo případně posouvat doby zdržení ke konzumaci jednotlivých potravin. Aktivace se děje pomocí poslední ikonky protiopatření na pravé straně lišty – viz základní zobrazení v panelu „ruzice“ – kapitola 11 výše.
- iii. Nejširší možností je modifikace hodnot ingesčního modelu, která se provádí na základě interaktivního vyvolání panelů INGMODEL. Je zřejmé, že takto lze modifikovat nejen velký rozsah ingesčních parametrů (potravin, fenologii, scénáře výkrmu apod. – viz popis ingesčního panelu INGMODEL), ale i další parametry, například pro půdní transport, dlouhodobou depozici, resuspenzi, apod. Aktivace se opět děje pomocí poslední ikonky protiopatření na pravé straně lišty.

Poznámky k proceduře vyvolání:

- 1) Určení 2-D oblastí aktivity v produktech (viz předchozí), kdy např. nastavíme jedinou červenou barvu, ostatní barvy kliknutím odstraníme

horní hranice je maximální hodnota vypočtené aktivity
kontrola limitů: dolní hranice je kritická hodnota (zatím se zadává ručně)

- 2) Určení kritické 2-D oblasti, kde jsou překročeny limity dané hodnoty dávek

časná fáze (neodkladná opatření) - §99 vyhl. SÚJB č.307/2002 Sb. [6],
následná opatření - §100 vyhl. SÚJB č.307/2002 Sb. [6].

Lze tedy provést kontrolu (a tedy i zobrazení kritických oblastí) na mapových podkladech:

→ 2-denní efektivní dávka:
získá se z implicit.out:
totální úvazky dávek za 2 dny;
efektivní dávka i dávka na štítnou žlázu;
zadáme rozsahy dávek, případně se zavedením limitů.

→ Kontrola dávek (daných vyhláškou) v pozdější fázi

3) Srovnání efektu protiopatření (shora citované body ii) a iii))

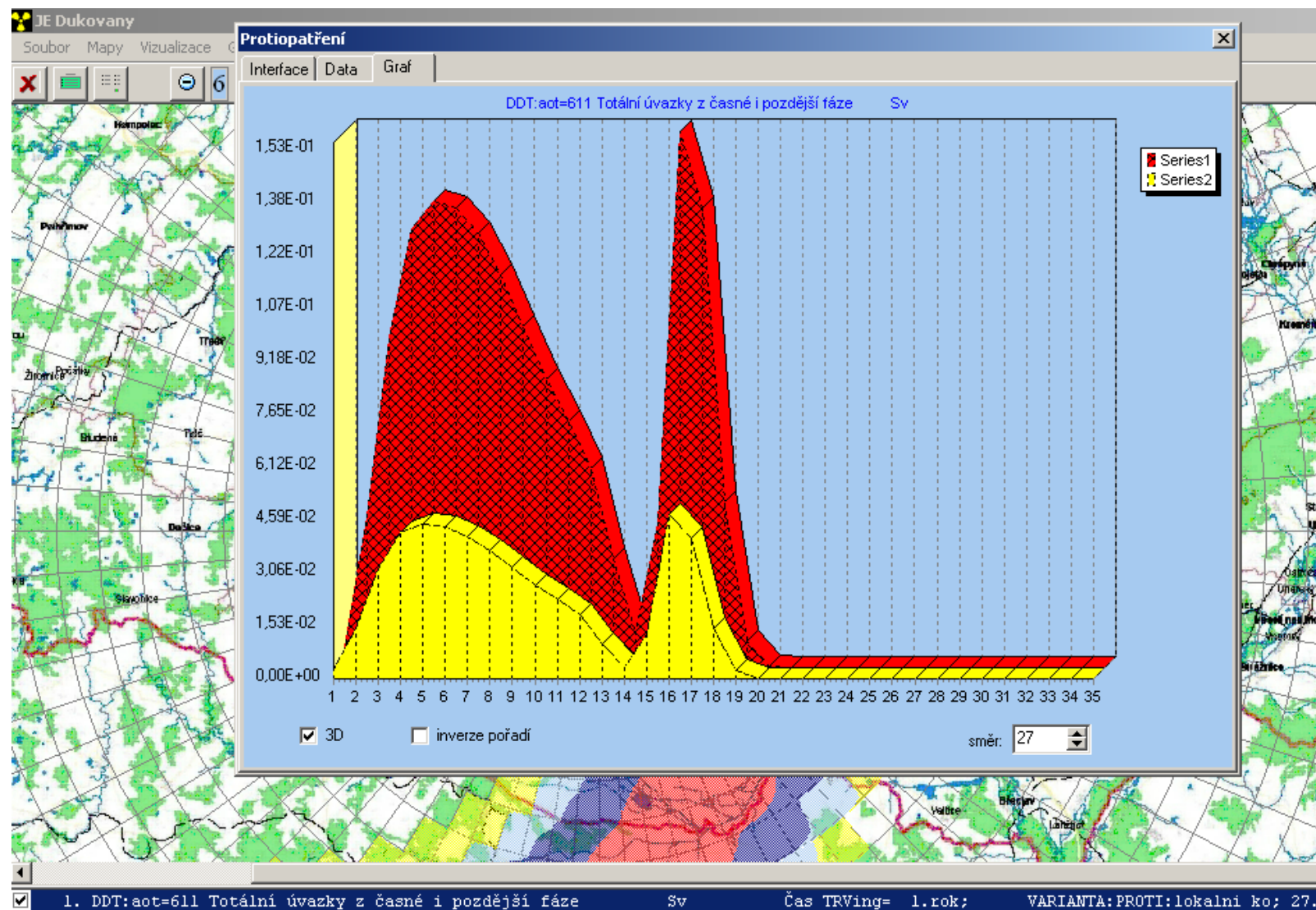
Specifikace opatření - poslední ikonka vpravo nahoře.

Jsou 2 možnosti:

- **rychlá metoda** – omezení nebo zákaz potravin;
zadání pomocí frakce potravin $z < 0;1 >$, kdy se spotřební koš
přenásobí příslušnou frakcí pro jednotlivé potraviny
- **výběr z možností nabízející ingesční panel INGMODEL** – zde je možno zadávat
různé (i vícenásobné) kombinace změny voleb vstupních parametrů ingesce

Poznamenejme zatím, že v principu se srovnává stejná výstupní veličina ze základního souboru (původní výpočet) a modifikovaného výpočtu (opakovaný výpočet na základě konverzačního zadání).

Závěrem demonstrujeme poslední složitější možnost na příkladu, kdy základní výpočet je prováděn s lokálním spotřebním košem. Po stisknutí ikonky protiopatření zvolme poslední možnost – dynamické vyvolání panelu INGMODEL, kde jako alternativa je zvolen spotřební koš pro farmáře (obdobu předchozího obrázku 7-6, na němž je zvolen globální spotřební koš). Grafika výstupního systému umožňuje vykreslit průběhy požadované výstupní veličiny (například úvazky roční efektivní dávky pro dospělé) v jakémkoliv zvoleném směru. Příslušná odvrácená dávka je určena vyšrafovanou plochou.



Obrázek 14-1 : Roční totální úvazek dávky: ušetřená dávka při náhradě lokálního spotřebního koše (červeně) farmářským (žlutě).

15 Reference

- [1] Pecha P., Pechová E.: Popis metodiky programu HAVAR-DET, zpráva EGP, arch.č.EGP 5014-F-110079, Praha, březen 2011
- [2] *Tento manuál*: Pecha P., Pechová E.: Uživatelský manuál programu HAVAR-DET, zpráva EGP, arch.č. EGP 5014-F-110080, Praha, březen 2011
- [3] Pecha P., Pechová E.: Aplikace programu HAVAR-DET v oblasti radiační ochrany - Srovnávací úlohy a analýzy některých scénářů úniku, zpráva EGP, arch.č.EGP 5014-F-110081, Praha, březen 2011
- [4] Lokalizace programového systému HAVAR-RP pro JE Dukovany a JE Temelín. Zpráva k projektu VaV6/2003 SÚJB, Praha, říjen 2005, úkol E01 h. Archiv dokumentace programového systému HAVAR-RP, arch.č. EGP 5014-F-050514, revize březen 2008.
- [5] HAVAR: Interaktivní programový systém pro hodnocení radiační zátěže obyvatelstva při havarijních únicích z jaderného zařízení do atmosféry.
Část I : Metodika, Část II : Uživatelský manuál, Část III : Aplikace
arch.č. EGP 4104-6-990057, Praha, září 2000.
- [6] Vyhláška Státního úřadu pro jadernou bezpečnost č. 307/ 2002 Sb.zák. o radiační ochraně ve znění pozdějších předpisů
- [7] E. Pechová: Rozšíření databáze HAVDB programu HAVAR, arch.č.EGP 5014-F-110096, Praha, březen 2011.
- [8] Chorvát D., Kliment V., Kusovská Z. : Model prenosu rádioaktivných látok potravinovými reťazcami pre JE Temelín. MFF UK Bratislava, zpráva VHČ č. 013/94 MFF UK; č. 20/2174/2/94 VUJE.
- [9] P. Pecha, E. Pechová, H. Husťáková: Rozvoj ingesčního modelu systému HAVAR-RP. Pracovní verze. Dokumentace k závěrečné zprávě projektu 6/2003, 2005.
- [10] P. Pecha: Preprocesor geografických dat systému HAVAR-RP, Dokumentace k etapám E 01 h) a E 01 k) projektu 6/2003, Praha, leden 2004.
- [11] P. Pecha: Preprocesor demografických dat systému HAVAR-RP, Dokumentace k etapě E 01 l) projektu 6/2003, Praha, duben 2004.
- [12] W. Raskob ed., A. Kerekes, A. Dvorzak, O. Slavik, , P. Pecha. Documentation on the Two INCO Working Programs: Review of the Adequacy of the Present Foodchain and Dose Calculations and Collection of the Data Required for Each Radioecological Region and their Integration into RODOS. RODOS (WG3) – TN(99)-40, 2000, 180 pages.
- [13] Pecha P., Pechová E.: Risk Assessment of Radionuclide Releases during Extreme Low-Wind Atmospheric Conditions. In: Proceedings of the 9th International Conference on Harmonisation within Atmospheric Dispersion Modelling for Regulatory Purposes. (Suppan P. ed.). Forschungszentrum Karlsruhe GmbH, Karlsruhe 2004, pp. 320-324.

16 Přílohy

16.1 Příloha 1: Automatická procedura pro mnohonásobné vyvolávání sekvencí simulujících dlouhodobý úniky aktivity a následné zpracování

Tento systém slouží pro automatické opakování simulace šíření radioaktivního znečištění v atmosféře s různými meteorologickými vstupy a/nebo s různými zdrojovými členy. Nabízí tak uživateli efektivní nástroj pro vyhodnocování variability důležitých vstupních parametrů, čehož lze využít zejména v následujících aplikacích:

- Probability Safety Assessment (PSA) Level 3
- Hodnocení následků dlouhodobých úniků do atmosféry – tento modul použit v aplikačním manuálu [3] pro dílčí simulaci ročních dlouhodobých difúzních odhadů segmentací ročních výpustí radionuklidů při normálním provozu ETE za rok 2008 do ekvivalentních hodinových úniků při počasí aktuálním vždy pro tuto konkrétní hodinu (bráno z archivu za rok 2008)
- Aplikace v oblasti asimilace v časně fázi radiační nehody

Každý výpočet se vztahuje k hodinovému úniku. Scénáře úniků lze pro jednotlivé výpočty měnit, například pro výpočty spojené s běžným provozem elektrárny lze zdrojový člen dynamicky sestavovat z dostupných měření výpustí do atmosféry.

Adresářová struktura systému:

Pro správné fungování celého systému je nutno zachovávat následující adresářovou strukturu:

[FURTV2]

- [baliky] – verze systému HAVAR-DET pro automatické opakování výpočtů
- [config] – konfigurace systému (cesty atd.)
- [data] – data nutná pro transformaci meteorologických dat
- [FECZ] – data s bodovými meteorologickými předpověďmi pro souřadnice elektráren
- [meteo] – data s 3D meteorologickými předpověďmi na síti kolem elektráren
- [output] – pomocný adresář
- [sequence] – pracovní adresáře pro jednotlivé výpočetní scénáře, viz dále
- [src] – adresář s výpočetním kódem systému

V adresáři [meteo] jsou dílčí archivy s meteorologickými předpověďmi pro elektrárny Temelín a Dukovany. Tento adresář slouží pouze pro čtení. Pro každý den je k dispozici adresář ve tvaru [YYYYMMDDFFHH], kde jsou uloženy *.tar archivy obsahující předpovědi generované v 00:00 a ve 12:00 příslušného dne. Délka předpovědi je vždy 48 hodin od času generování.

Jednotlivé výkonné součásti systému volané uživatelem jsou v adresáři [src]. Jejich popis je uveden dále. Uživatelem generovaná data se shromažďují v adresáři [sequence].

[FURTV2]

- [sequence]
 - [SEQ_YYYYMMDD₁_HH₁-YYYYMMDD₂_HH₂_NPP]

```

|- [ImplicitOutputs] – implicitní výstupy pro jednotlivé hodiny
|
|           implicit_YYYYMMDDFFHH_NPP.out
|- [meteo]
|
|   |- [FECZ] – hodinové bodové meteopředpovědi
|   |
|   |           METEO_YYYYMMDDFFHH.WEA
|   |- [HIRLAM] – zpracované hodinové gridové meteopředpovědi na
|   |           výpočtové síti
|   |           ZASEBOU_YYYYMMDDFFHH.txt
|- [Statistics] – soubory s napočtenými dlouhodobými statistikami
|
|           IMPL_#IDENT_YYYYMMDD1_HH1_-YYYYMMDD2_HH2_NPP
|           IMPL_#IDENT_YYYYMMDD1_HH1_-YYYYMMDD2_HH2_NPP_STATS

```

Popis použitých identifikátorů:

YYYY – čtyřmístný identifikátor roku

MM – dvoumístný identifikátor měsíce

DD – dvoumístný identifikátor dne

HH – dvoumístný identifikátor hodiny (0-11)

FF – dvoumístný identifikátor času vytvoření předpovědi (00 pro 00:00 nebo 12 pro 12:00)

Pozn: Hodina, ke které se zpracovává soubor vztahuje, se tedy získá jako součet **FF + HH**, např. 200901011207 odpovídá časové známce 1.1.2009 19:00.

YYYYMMDD₁HH₁ – začátek zpracovávané sekvence

YYYYMMDD₂HH₂ – konec zpracovávané sekvence

NPP – identifikátor jaderné elektrárny (EDU nebo ETE)

IDENT – identifikátor zpracovávané veličiny, např. #DEP-I131 je depozice nuklidu I-131 po odeznění vlečky

Základní součásti systému:

Funkcionalita systému je implementována pomocí pythonovských skriptů (soubory *.py, *.pyc) uložených v adresáři [src], které vykonávají potřebné operace nad daty. Celý proces je rozdělen do několika logických částí, pro celý výpočet je třeba postupně volat jednotlivé skripty. Tento přístup má tu výhodu, že výpočet lze provádět na fáze, případně lze používat předpočítaná data atd.

Implementace v jazyce Python má výhodu nezávislosti na cílové platformě, interpreter Pythonu existuje pro všechny nejpoužívanější operační systémy. Jediná podmínka nutná pro běh systému je dostupnost interpreteru. Lze jej zdarma stáhnout na stránkách <http://www.python.org/>.

Základní funkcionalitu tvoří následující skripty:

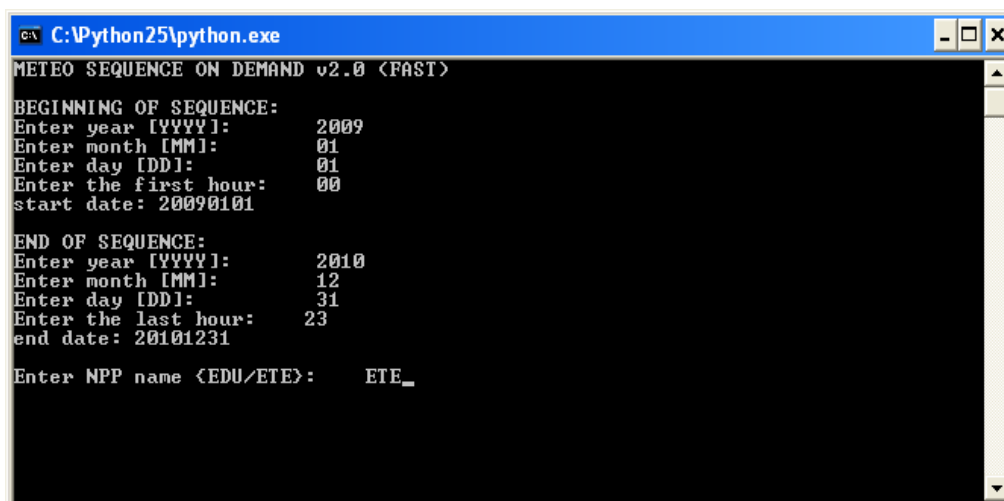
```

[FURT_v2]
|- [src]
|
|   |- sequenceOnDemand_v2
|   |- implicitCreator_v2
|   |- implicitExtractor_v2
|- implicitProcessor_v2

```

Funkce jednotlivých skriptů:

1. **sequenceOnDemand_v2:** Vytvoří v adresáři **[sequence]** pracovní adresář ve formátu **[SEQ_YYYYMMDD1_HH1-YYYYMMDD2_HH2_NPP]** (viz popis adresářové struktury). Zde v adresáři **[meteo]** připraví bodové a gridové meteoropředpovědi pro jednotlivé hodiny. Gridové meteorologické vstupy jsou sestavovány z několika překrývajících se archivů s předpovědními daty, kdy se vždy bere pouze prvních 12 hodin z každého archivu. Tím je zaručeno, že výsledné vstupy obsahují tzv. *analýzy*, tj. předpovědní data korigovaná asimilací s měřeními, která jsou blíže realitě než pouhé předpovědi. Jsou zde předpovědi pro všechny hodiny v časovém intervalu **YYYYMMDD1_HH1-YYYYMMDD2_HH2** pro elektrárnu **NPP**. V adresáři **[FECZ]** jsou bodové předpovědi v souborech pojmenovaných podle konvence **METEO_YYYYMMDDFFHH.WEA** a v adresáři **[HIRLAM]** jsou předpovědi z gridových dat HIRLAM přetransformované pro potřeby systému HAVAR-DET v souborech pojmenovaných dle konvence **ZASEBOU_YYYYMMDDFFHH.txt**. Pro transformaci gridových dat ve formátu HIRLAM do formátu podporovaného systémem HAVAR-DET se používají metody z třídy **MeteoParser** vyvinuté pro tyto účely.



```
C:\Python25\python.exe
METEO SEQUENCE ON DEMAND v2.0 <FAST>
BEGINNING OF SEQUENCE:
Enter year [YYYY]:      2009
Enter month [MM]:      01
Enter day [DD]:        01
Enter the first hour:   00
start date: 20090101

END OF SEQUENCE:
Enter year [YYYY]:      2010
Enter month [MM]:      12
Enter day [DD]:        31
Enter the last hour:   23
end date: 20101231

Enter NPP name <EDU/ETE>:  ETE_
```

Úvodní obrazovka skriptu **sequenceOnDemand_v2**. Uživatel zadává první a poslední hodinu výpočtu a volí mezi elektrárnami. Pro všechny hodiny ze zadaného intervalu se v příslušném pracovním adresáři připraví bodová a gridová meteorologická data.

2. **implicitCreator_v2:** Tento skript opakovaně vyvolává atmosférický disperzní model HAVAR-DET a simuluje šíření škodlivin s danou meteorologickou předpovědí a zdrojovým členem příslušným k úniku v dané hodině (např. normovanými výpusťmi z JE v případě hodnocení následků běžného provozu). Meteorologické podmínky platné během jednotlivých běhů atmosférického disperzního modelu jsou měněny podle hodinových meteoropředpovědí připravených v předchozím kroku. Časový horizont pro výpočet započatý v určité hodině je nastaven na 24 hodin. Pak je výpočet šíření ukončen. Oblast zájmu tvoří kruh o poloměru 100km, kde zdroj znečištění je umístěn v jeho středu. Pokud vlečka opustí oblast zájmu dříve než za 24 hodin, výpočet je opět ukončen. Po skončení dílčího výpočtu vztahujícího se k dané hodině se výsledná pole radiologických veličin (tzv. *implicitní výstupy*) ukládají do

souborů pojmenovaných dle konvence `implicit_YYYYMMDDFFHH_NPP.out` do adresáře `[ImplicitOutputs]` v adresáři `[sequence]`. Pro ukládání dat je použit standardní formát používaný pro implicitní výstupy v systému HAVAR-DET. Výpočet probíhá pro všechny hodiny v časovém intervalu `YYYYMMDD1_HH1-YYYYMMDD2_HH2`

```

C:\Python25\python.exe
IMPLICIT RESULTS CREATOR v2.0 <FAST>

BEGINNING OF SEQUENCE:
Enter year [YYYY]:      2009
Enter month [MM]:      01
Enter day [DD]:        01
Enter the first hour:   00
start date: 20090101

END OF SEQUENCE:
Enter year [YYYY]:      2010
Enter month [MM]:      12
Enter day [DD]:        31
Enter the last hour:    23
end date: 20101231

Enter NPP name <EDU/ETE>:   ETE
  
```

Úvodní obrazovka skriptu `implicitCreator_v2`. Uživatel zadává první a poslední hodinu výpočtu a volí mezi elektrárnami. Pro všechny hodiny ze zadaného intervalu se v příslušném pracovním adresáři vypočtou předpovědi následků šíření znečištění s využitím hodinových meteorologických předpovědí připravených v předchozím kroku.

3. `implicitExtractor_v2`: Tento skript je implementace parseru, který projde všechny implicitní výstupy pro všechny hodiny v časovém intervalu `YYYYMMDD1_HH1-YYYYMMDD2_HH2` a extrahuje z nich požadovanou *řůžici* (hodnoty požadované radiologické veličiny na polární síti kolem zdroje). Jednotlivé řůžice jsou sekvenčně ukládány do souboru pojmenovaného podle konvence `IMPL_#IDENT_YYYYMMDD1_HH1-YYYYMMDD2_HH2_NPP` v adresáři `[Statistics]`, kde `#IDENT` je identifikátor požadované řůžice

```

C:\Python25\python.exe
IMPLICIT PARSER v2.0 <FAST>

BEGINNING OF SEQUENCE:
Enter year [YYYY]:      2009
Enter month [MM]:      01
Enter day [DD]:        01
Enter the first hour:   00
start date: 20090101

END OF SEQUENCE:
Enter year [YYYY]:      2010
Enter month [MM]:      12
Enter day [DD]:        31
Enter the last hour:    23
end date: 20101231

Enter NPP name <EDU/ETE>:   ETE
Identifier <DEP, TIC, DDT...>:   DEP
Identifier <nuc1, aot=611...>:   I131
  
```

Úvodní obrazovka skriptu **implicitExtractor_v2**. Uživatel zadává první a poslední hodinu výpočtu a volí mezi elektrárnami. Pro všechny hodiny ze zadaného intervalu se v příslušném pracovním adresáři z implicitních výstupů vyberou pole vztahující se ke zvolené radiologické veličině a nuklidu, zde depozice jódu #DEP:I131.

4. **implicitProcessor_v2**: Jedná se opět o parser, který projde všechny různé vyexportované v souboru `IMPL_#IDENT_YYYYMMDD1_HH1_YYYYMMDD2_HH2_NPP` a nad různicemi pro jednotlivé hodiny provede nějakou operaci, typicky vypočte nějakou statistiku pro stejnohlé body jednotlivých různic, např.: sumární nebo průměrnou hodnotu, rozptyl, směrodatnou odchylku. Výsledné statistiky se ukádají do souboru `IMPL_#IDENT_YYYYMMDD1_HH1_YYYYMMDD2_HH2_NPP_STATS` a lze je (stejně jako dílčí hodinové různice) analyzovat pomocí interaktivních vizualizačních nástrojů.

```

C:\Python25\python.exe
IMPLICIT STATISTICAL PROCESSOR v2.0 <FAST>

BEGINNING OF SEQUENCE:
Enter year [YYYY]:      2009
Enter month [MM]:      01
Enter day [DD]:        01
Enter the first hour:   00
start date: 20090101

END OF SEQUENCE:
Enter year [YYYY]:      2010
Enter month [MM]:      12
Enter day [DD]:        31
Enter the last hour:   23
end date: 20101231

Enter NPP name <EDU/ETE>:   ETE
Identifier <DEP, TIC, DDT...>:  DEP
Identifier <nuc1, aot=611...>:  I131
  
```

Úvodní obrazovka skriptu **implicitProcessor_v2**. Uživatel zadává první a poslední hodinu výpočtu a volí mezi elektrárnami. Zde slouží volba časového intervalu pouze pro indentifikaci pracovního adresáře. Pro zvolenou radiologickou veličinu (a nuklid v případě vybraných veličin) se napočtou statistické ukazatele.

V případě, že chceme znát dlouhodobé statistiky pro více radiologických veličin z jednoho časového intervalu, voláme opakovaně skripty **implicitExtractor_v2** a **implicitProcessor_v2** pro různé idnetifikátory #**IDENT**. Výsledky pro jednotlivé velčiny se nám budou ukládat v adresáři **[Statistics]** v příslušném pracovním adresáři.

Urychlení výpočtu v případě dostupnosti více procesorů:

Architektura systému je velmi verzatilní. V případě, že začínáme zcela nový výpočet pro nějakou hodinovou sekvenci, všechny čtyři skripty se postupně volají v pořadí uvedeném v předchozím přehledu. V případě, že provádíme výpočty na nějaké meteorologické sekvenci, kterou jsme už počítali, je možno první krok–vytváření hodinových meteodat–přeskočit a použít předpočítaná meteodata. Pro jejich použití stačí, abychom je zkopírovali do příslušného adresáře **[meteo]** v pracovním adresáři **[SEQ_YYYYMMDD1_HH1-YYYYMMDD2_HH2_NPP]**.

Pro urychlení je vhodné rozdělit časový interval na části a první dva kroky výpočtu provádět paralelně. Tyto dva kroky jsou výpočetně nejnáročnější a v případě paralelního přístupu

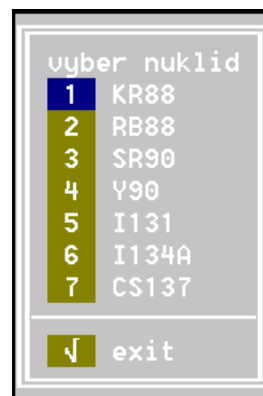
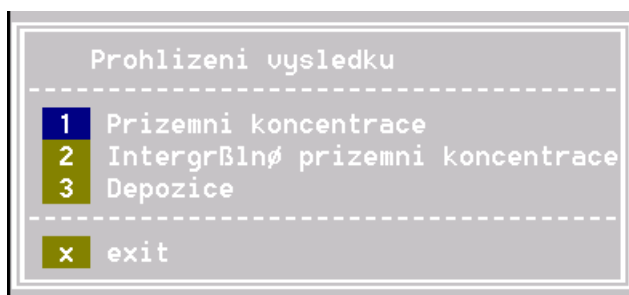
dosáhneme zrychlení lineárně úměrnému počtu dostupných procesorů. Při využití osmijádrového PC lze roční výpočet, tj. 8760 hodinových úniků, spočítat pro středně velkou grupu nuklidů za necelé dva dny.

16.2 Příloha 2: Grafický subsystém pro analýzu vývoje radiologické situace uvnitř časné fáze – původní aplikace v DOS

V této příloze zmíníme původní grafiku založenou na DOS systému, která je nyní již zcela nahrazena zobrazováním podle předchozích kapitol 10, 11, 12. Důvodem je poukázat na původní koncepci, která byla rozvíjena v novém přístupu. Bylo umožněno s určitými omezeními vizuálně provádět detailní analýzu až na úrovni konkrétní meteorologické fáze pro konkrétní segment úniku, případně jejich různé kombinace. Zopakujme, že v 1. kroku běhu programu jsou počítány základní řídicí veličiny časné fáze. I když základní požadavek na vývoj produktu HAVAR-DET kladl důraz na pozdější fáze nehody, nebylo možno se vyhnout důkladné analýze časné fáze, která je základem výpočtů v pozdějších obdobích po nehodě. Tento krok časné fáze popsané segmentovaným modelem má zásadní význam pro všechny další výsledky v pozdějších fázích. Případné nekonzistence v této části by mohly znehodnotit další výsledky. Nicméně je nutné zdůraznit, že segmentovaný Gaussův model produkuje výsledky dané superpozicí velkého množství dílčích meteorologických fází a dílčích segmentů úniku. Modelování pohybu gaussovských „hodinových kapek“ pro všechny segmenty ve všech jejich hodinových fázích je složitá geometricko-fyzikální procedura, kterou je nutné odladit ve všech jejích možných konfiguracích scénáře úniku (včetně extrémních hodnot vznosu vlečky, transportu při nízkých rychlostech větru, prudkých změnách zvrstvení atmosféry apod.). Na základě prohlížení textových výsledků by nebylo možné odhalit a lokalizovat případné chyby nebo anomální chování.

Dalším významným výsledkem je možnost analyzovat radiologickou situaci nad terénem ve 2-D grafice na mapových pozadích pro různé časové intervaly od počátku úniku. To může být využito jako další doplňující informace (predikce) například o tom, kde je nutno se s největší pravděpodobností připravit k rozdávání jódových tablet a případně kolik času na tuto akci v konkrétním místě zhruba zbývá.

Prohlížení detailů výsledků modelování základních řídicích veličin v časné fázi probíhá v adresáři ...*staceni*, do kterého jsou nakopírována vypočtená pole *CAPFAZ*(*n,i,k; ISEQ, KFAZ*), *TICFAZ*(*n,i,k; ISEQ, KFAZ*), *DEPFAZ*(*n,i,k; ISEQ, KFAZ*). Spuštěním souboru *jet.bat* se spustí a automaticky pokračuje celá procedura prohlížení, přičemž je na uživateli volit další pokračování z příslušných nabídek. V základním panelu se volí typ veličiny požadované k zobrazování. Z dalšího následného panelu je třeba zvolit nuklid (jeden z grupy nuklidů, pro kterou byl proveden výpočet).



Nechť byla předešle zvolena depozice a nuklid I-131. Nyní se volí typ analýzy.

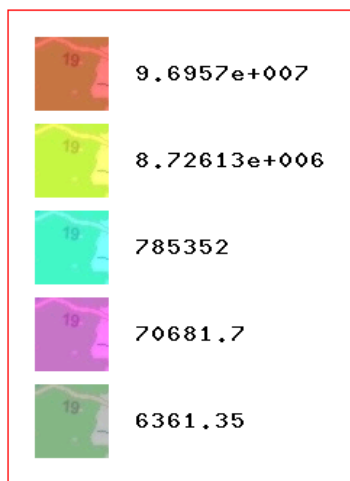
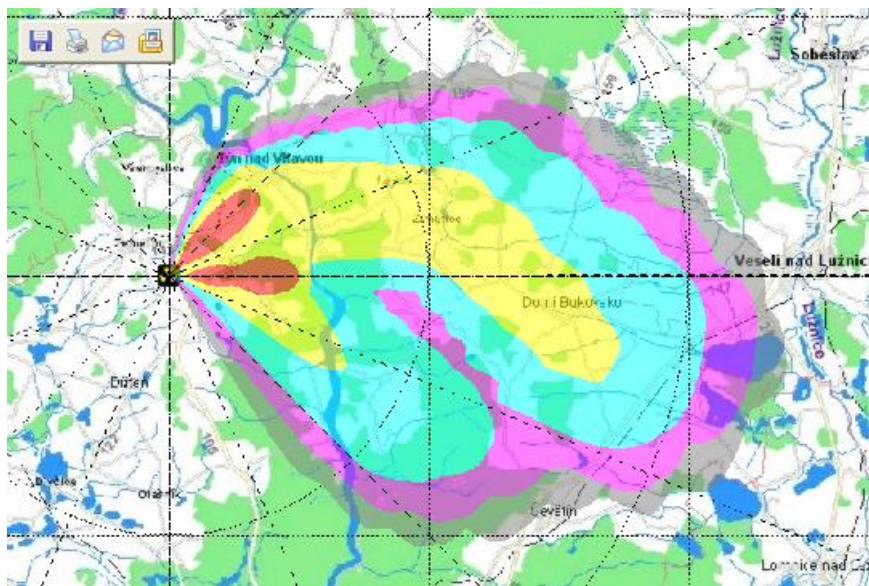
DEPOZICE NUKLIDU I131 [Bq/m2] (v okamžiku odezneni)	
1	radiologicka situace v case
2	zobrazeni dilcich fazi uniku
x	exit

Pokud se zaškrtně 1. volba „*radiologická situace v čase*“, uživatel zvolí dále konkrétní hodinu po počátku úniku, ve které požaduje vykreslení situace.

Pokud zvolí na následujícím panelu například hodinu 3, automaticky se mu vykreslí depozice nuklidu I-131 na mapovém pozadí (rastrová mapa – malé okolí JETE – což uživatel též může konverzačně zvolit).

vyber hodinu
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20

*Depozice I-131 na terénu přesně 3 hodiny
po počátku úniku:*



Pokud se v panelu volby typu analýzy zaškrtně 2. volba „zobrazení dílčích fází úniku“ lze v bezprostředně následujících dvou panelech zvolit číslo segmentu úniku jmenované zde jako sekvence (jedná se virtuální hodinový segment úniku ve smyslu „Časového diagramu vícesegmentového Gaussova modelu“. Poznamenejme, že ve zde demonstrovaném případě byl zadán jeden skutečný segment úniku s celkovým trváním 90 minut. To znamená, že ve schématu dělení na virtuální hodinové segmenty úniku se jedná o 2 hodinové segmenty, do kterých byla rozdělena odpovídajícím způsobem celková uniklá aktivita.

Po volbě čísla segmentu se na následném panelu volí číslo meteorologické hodinové fáze toho konkrétně zvoleného segmentu. Číslice 77 znamená volbu všech segmentů resp. všech fází, kdy se zobrazí požadovaná odpovídající superpozice výsledků.

```
vyber sekvenci
1  1
2  2
3  77
√ exit
```

```
vyber mrak
1  1
2  2
3  3
4  4
5  5
6  6
7  7
8  8
9  77
√ exit
```

16.3 Příloha 3: Kontrolní grafický subsystém GANMU pro analýzu situace uvnitř časné fáze

Ukázka použití zobrazovacích schopností subsystému GANMU popsaném v kapitole 12.

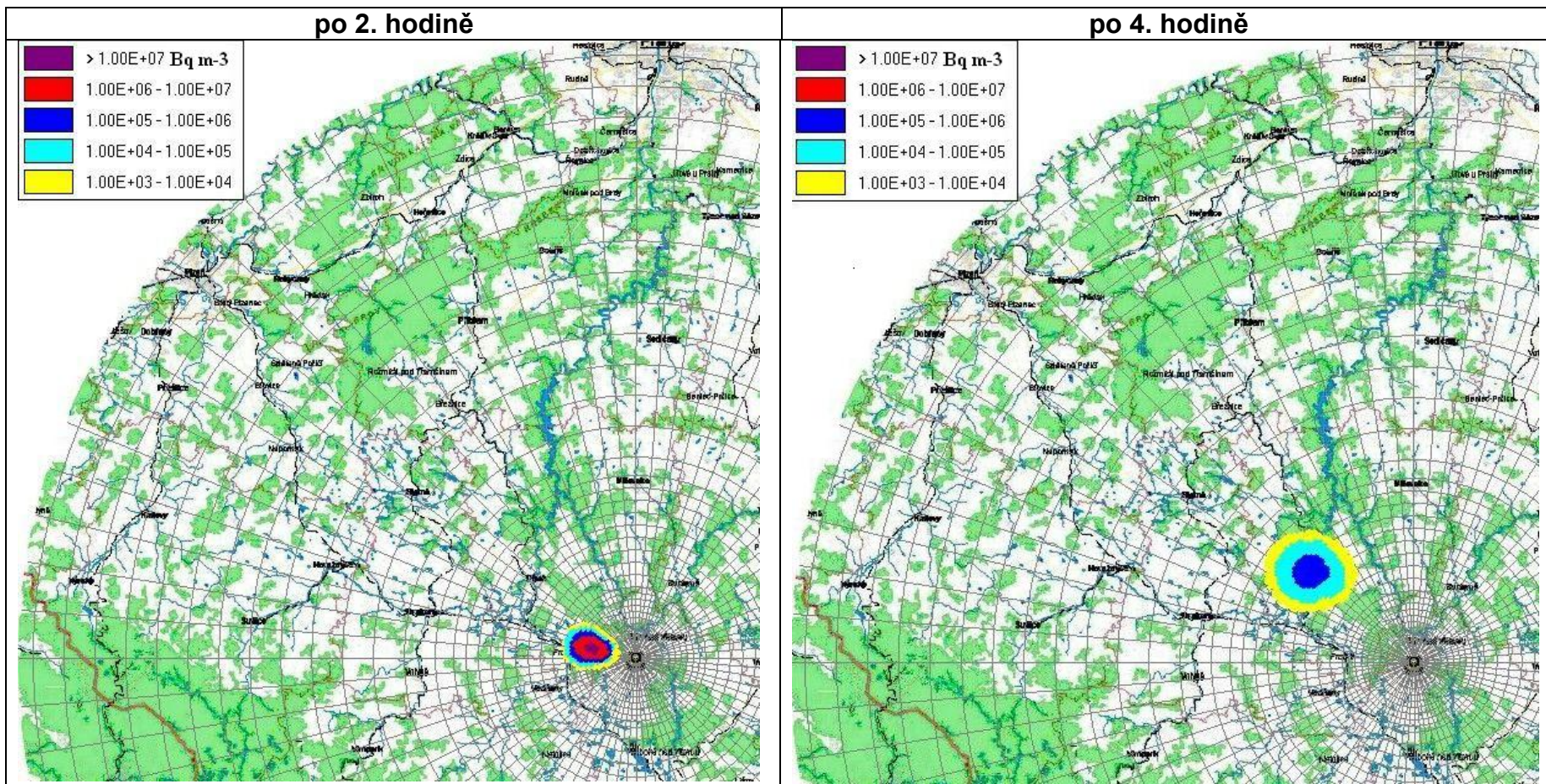
Scénář: Masivní jednohodinový únik ^{131}I $1.0\text{E}+18$ Bq v elementární formě, zobrazování na mapovém pozadí JE Temelín;

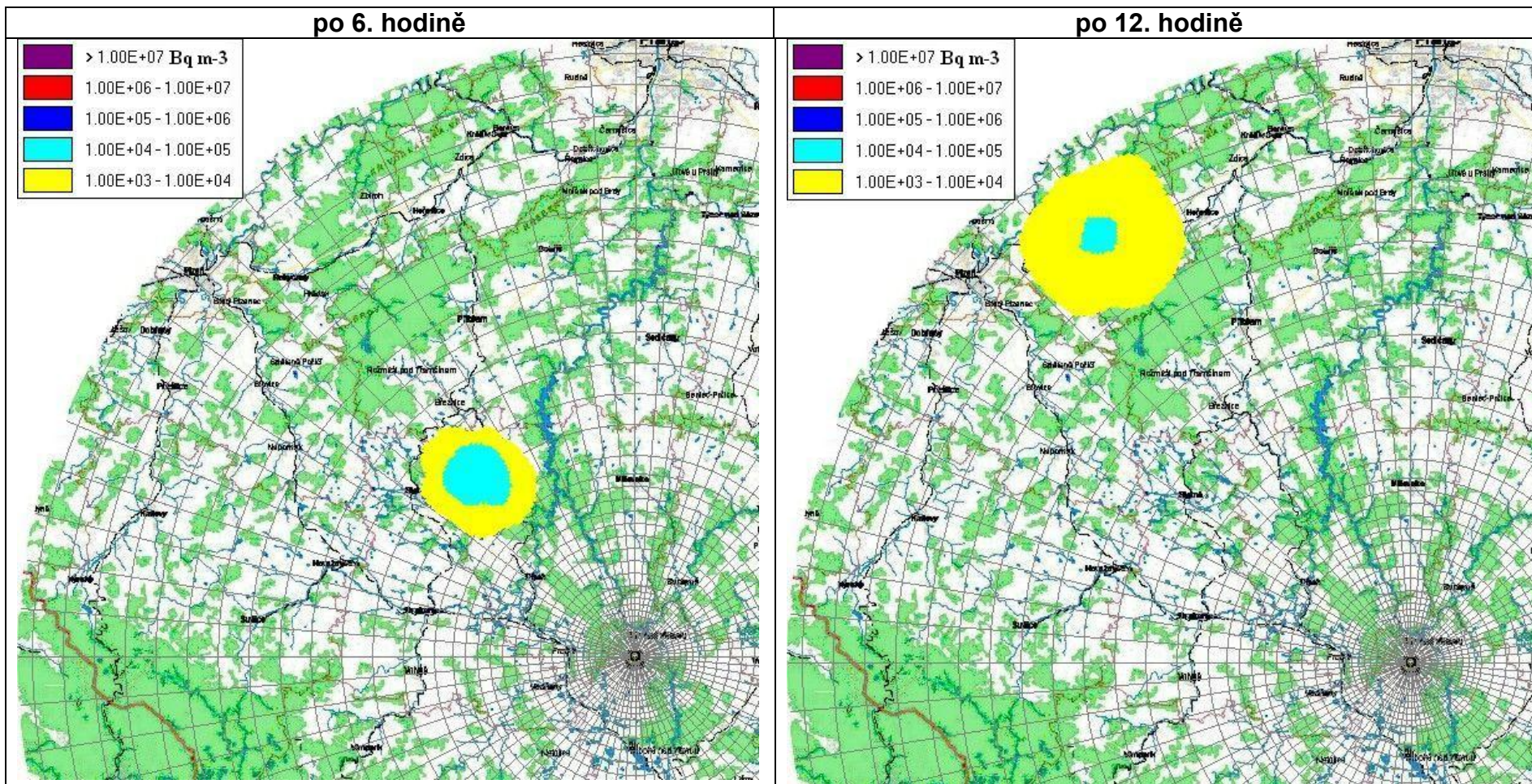
Zadané meteorologické podmínky: Krátkodobá bodová předpověď na příštích 48 hodin podle kap. 6.1 v [1]

<i>hodina</i>	<i>směr větru (deg)</i>	<i>rychlost větru (m/s)</i>	<i>kat Pasq.</i>	<i>srážky (mm/hod)</i>	<i>H_{mix} (m)</i>
0.00	103.00	1.00	C	0.00	76.00
1.00	103.00	1.00	C	20.00	109.00
2.00	145.00	1.50	C	10.00	143.00
3.00	145.00	1.50	C	10.00	176.00
4.00	150.00	1.50	C	0.00	210.00
5.00	150.00	1.50	C	0.00	243.00
6.00	150.00	1.50	C	0.00	277.00
7.00	150.00	1.50	C	0.00	440.00
8.00	150.00	1.50	C	0.00	604.00
9.00	150.00	1.50	C	0.00	768.00
10.00	150.00	1.50	C	0.00	931.00
11.00	150.00	1.50	C	0.00	1095.00
...
...

Při výpočtu scénáře byl zvolen referenční čas časné fáze $TB=24$ hodin (viz [1], kap. 6.3). K tomuto času jsou vztaženy řídicí veličiny reprezentované poli $CAPFAZ(n,i,k;ISEQ,KFAZ)$, $TICFAZ(n,i,k;ISEQ,KFAZ)$, $DEPFAZ(n,i,k;ISEQ,KFAZ)$, $TIDFAZ(n,i,k;ISEQ,KFAZ)$ (popsány v [1], kap. 6.2). Přesto subsystém GANMU umožňuje zobrazit situaci „uvnitř“ časné fáze $\langle 0;TB \rangle$. Na následujících obrázcích je znázorněn vývoj distribuce přízemní objemové aktivity ^{131}I nad terénem po 2, 4, 6 a 12ti hodinách. Na dalších 4 obrázcích pak propagace stopy usazeného ^{131}I na terénu, opět po 2, 4, 6 a 12ti hodinách.

Vývoj přízemní objemové aktivity ^{131}I při postupu radioaktivního mraku nad terénem





Vývoj stopy aktivity ^{131}I usazené na zemském povrchu při postupu radioaktivního mraku nad terénem

