

Ing. F: Mantlík, CSc.
Konzultační a expertní činnost
Přemyslova 1051
278 01 Kralupy n. Vlt.

IČ 66406218
DIČ CZ380918028

Dokumentace k provedené externí spolupráci na projektu MV VG20102013018, Objednávky č. ASIM7002/2012-02 a ASIM7002/2012-03

V práci jsou shromážděny doposud zpracovávané a analyzované zdrojové členy a dále je podán přehled pramenů, ze kterých by bylo možno v současnosti vycházet při dalším rozšiřování vnitřní databáze zdrojových členů systému HARP vztahujících se k únikům radionuklidů z jaderných zařízení do životního prostředí. Práce jsem prováděl v rámci externí spolupráce v roce 2012 na projektu MV VG20102013018, Objednávka č. ASIM7002/2012-03, bod 2. Podle zadání objednatele byly zvoleny některé scénáře a pro ně provedeny výpočty přes webové rozhraní:

<http://DSS.utia.cas.cz>

Výpočty demonstračních úloh (viz bod 2 Objednávky č. ASIM7002/2012-02) ověřující správnost nově vytvořených lokálních dat byly realizovány v rámci beta-testů (testů srozumitelnosti nové webové aplikace kvalifikovanou, ale na vývoji nezajímavou osobou, v dosud uzavřeném prostředí). Tyto práce byly provedeny v rámci bodu 1 Objednávky č. ASIM7002/2012-03.

Klasifikace typů zdrojových členů a jejich dostupnost

Jedním z úkolů lokalizace systému HARP na podmínky jaderných zařízení v České republice je aktualizace databáze různých typů inventáře radionuklidů v aktivní zóně v závislosti na vyhoření paliva a výkonu reaktoru a následně pak určení zdrojových členů úniku radionuklidů do životního prostředí na základě konkrétních iniciačních událostí a scénářů dalšího rozvoje poruchy.

K nejdůležitějším úkolům lokalizace patří:

1. Naplnění databáze vstupních údajů lokálními daty (situační data jednotlivých jaderných zařízení, vektorové mapové vrstvy s různou podrobností od místní po regionální resp. celorepublikové modelování, mřížová data geografická, demografická, pedologická, zemědělská apod. a dále pak grupy parametrů modelů atmosférických a hydrologických, modelu transportu radionuklidů potravními řetězci, data pro znalostní databázi určenou pro rozhodování o přijetí protiopatření v časně i pozdějších fázích nehody , ...)
2. Postupné rozšiřování databáze existujících zdrojových členů o další významné scénáře důležité pro ČR z různých hledisek, od záměrů s výcvikem operátorů systému HARP až po konkrétní reálné scénáře důležité pro státní dozor
3. Podrobení systému HARP hodnotící proceduře povinné v ČR pro všechny kódy používané v oblasti jaderné bezpečnosti

Tato práce je příspěvkem k řešení předchozího 2. bodu ohledně rozšiřování a aktualizace databáze zdrojových členů úniku radionuklidů z jaderného zařízení do okolí. Pod pojmem „zdrojový člen úniku radionuklidů do okolí“ je třeba chápat znalost časové závislosti úniku aktivity a dalších komplementárních charakteristik (výška úniku, tepelný obsah unikajících vzdušín, frakce skupin izotopů vzhledem k inventáři v aktivní zóně, absolutní časové úniky aktivity pro individuální nuklidy – podrobněji popsáno dále). Tato dynamika úniku je výsledkem rozsáhlé analýzy scénáře nehody počínaje iniciační událostí a dalším rozvojem podle definovaného stromu poruch. Musí zahrnovat neutronové výpočty modelující změny reaktivity a analýzu přechodových tepelně-hydraulických procesů v celém systému s cílem popsat postup aktivity z porušené oblasti všemi možnými transportními cestami až do případného koncového úniku do okolí. Lze tedy říci, že tyto analýzy typu PSA Level 1 a 2 musí jako jeden z hlavních výsledků poskytnout kvalifikovanou informaci o charakteristikách výsledného úniku aktivity do životního prostředí.

V této oblasti pro uvedené potřeby však bohužel nejsou dosud k dispozici adekvátní výpočetní prostředky, které by umožnily systematicky zmapovat celou šíři možných havarijních scénářů a odpovídajících úniků. Podíváme-li se na tento problém z hlediska potřeb ČR, pak situace je lepší pro reaktory typu VVER 440 než pro VVER 1000. Výpočetní kódy použité ke stanovování zdrojových členů mají různou úroveň a stupeň aktuálnosti a komplexnosti. V minulosti se vycházelo ze dvou alternativních modelů:

- STEPS (Source Term Evaluation based on Plant Status)
- RODOS – STM (Source Term Module)

Obě přiblížení pro odhady zdrojových členů jsou založena na informacích o okamžitém stavu zařízení během nehody, druhé z nich navíc využívá pravděpodobnostního přístupu sítí událostí (belief network approach).

Oba produkty využívají apriorních informací poskytovaných komplexními výpočetními kódy pro posouzení jaderné bezpečnosti. Avšak ani STEPS ani STM tyto složité kódy nenahrazují, lze se na ně dívat spíše jako na uživatelsky snadné produkty užívající zjednodušené modely pro speciální účely použití v oblasti havarijní připravenosti. Přes proklamovaný záměr vývojových týmů adaptovat oba kódy na široké spektrum PWR reaktorů se dosud nepodařilo z nich vytvořit univerzální nástroj, zvláště pak pro oblast reaktorů typu VVER 1000.

Kromě toho byly v ČR provedeny další výpočty pro dílčí zdrojové členy, které byly vytvářeny podle aktuálních potřeb pro analýzu radiologických důsledků nehod. Pro potřeby řešení projektu VG20102013018 jsou v této práci shromažďovány existující zdrojové členy a je tak vytvářen archiv zdrojových členů. Tento archiv je zpřístupněn on-line ze vstupního panelu DISPERZE, který umožňuje jednoduše načíst příslušný zdrojový člen. Tento člen je možno v panelu případně modifikovat a bezprostředně zadat pro výpočet.

V dalším textu je uveden popis zpracovaných zdrojových členů, které byly vytipovány v rámci externí spolupráce na projektu v r. 2012. Po dohodě se zadavatelem jsou v charakteristikách scénářů zachovány některé termíny v angličtině, které jsou vžité a jednoznačné v odborné komunitě.

Základní scénáře

Základní scénáře byly převzaty z publikace programu RODOS:

http://www.rodos.fzk.de/Documents/Public/Handbook/Volume2/3_3_scenariodata.pdf.

V této publikaci jsou uvedeny zdrojové členy pro projektové nehody (DBA – Design Basis Accidents) a zdrojové členy pro těžké nehody (SEV – severe accidents) pro reaktory typu VVER440.

Zdrojové členy v RODOSu obsahují informace o:

- počátku úniku
- výšce úniku (jako funkce času)
- tepelné vydatnosti unikajícího média
- uniklé aktivitě
- frakci elementárního jódu, organicky vázaného jódu a jódu v aerosolové formě z celkového uniklého množství jódu

Uniklá aktivita může být specifikována různými způsoby – např. jako frakce původního inventáře aktivní zóny pro skupiny nuklidů nebo jako uniklá aktivita jednotlivých nuklidů.

Charakteristika dat

Katalog zdrojových členů v programu RODOS obsahuje:

- Demonstrační zdrojové členy vyvinuté v rámci systému RODOS pro LWR
- Cvičné zdrojové členy International Nuclear Emergency Exercise INEX1 pro RODOS
- zdrojové členy pro PWR z “Deutsche Risikostudie Kernkraftwerke - Phase A“
- zdrojové členy pro PWR z “Deutsche Risikostudie Kernkraftwerke - Phase B“
- zdrojové členy pro JE typu VVER – těžké nehody (SEV)
- zdrojové členy pro JE typu VVER – projektové nehody (DBA)

Demonstrační zdrojové členy vyvinuté v rámci systému RODOS pro LWR

(FZK-Feb97) Sum of release = 52.5 % noble gases; 0.75 % aerosols, iodine.

After EOC+04 hours filtered venting for 1 hour; no release for 3.5 hours; then release for 3 hours.

(FZK-Oct97) Sum of release = 55.0 % noble gases; 1.00 % aerosols, iodine.

After EOC+04 hours filtered venting for 1 hour; no release for 3.5 hours; then release for 3 hours.

Type: Entries in fixdata base.

Availability: Supplied with standard implementation of RODOS system.

Characteristics: Source terms of RODOS type “Fractions of the initial core inventory released for the nuclide groups noble gases, iodine, aerosols”.

Reference: - none -

Cvičné zdrojové členy International Nuclear Emergency Exercise INEX1 pro RODOS

(INEX1-Phase1) INEX1 Phase 1 adapted to RODOS/RESY

(INEX1-Phase2) INEX1 Phase 2 adapted to RODOS/RESY RODOS(WG7)-
TN(00)-01 Scenario data sets and scenarios for RODOS draft - 9
- 10.05.00

Reference: [INEX1] INEX 1 - An International Nuclear Emergency Exercise,
OECD (1995), ISBN92-64-14560], pages 154 and 155.

Zdrojové členy pro PWR z“Deutsche Risikostudie Kernkraftwerke - Phase A”

Je uváděno označení zdrojového členu a jeho náplň:

DRSA-FK1: Tavení aktivní zóny s parní explozí

DRSA-FK2: Tavení aktivní zóny, velký únik v kontejnmentu
(Core melt; big leak in containment) (d=300mm)

DRSA-FK3: Tavení aktivní zóny, střední únik v kontejnmentu
(Core melt; medium leak in containment) (d=80mm)

DRSA-FK4: Tavení aktivní zóny, velký únik v kontejnmentu
Core melt; small leak in containment (d=25mm)

DRSA-FK5X: Core melt; over-pressure failure; failure of emergency filters.
For RODOS/RESY the begin of the 3rd phase was shifted from 25
hours to 11 hours.

DRSA-FK6X: Core melt; over-pressure failure.
For RODOS/RESY the begin of the 3rd phase was shifted from 25
hours to 11 hours.

DRSA-FK7: Controlled loss of coolant accident, big leak in containment

DRSA-FK8: Controlled loss of coolant accident.

Type: Entries in fixdata base.

Availability: Supplied with standard implementation of RODOS system.

Characteristics: Source terms of RODOS type “Fractions of initial core inventory
released for the nuclide groups
noble gases,
iodine,
alkaline metals,
tellurium and selenium,
alkaline earth,
ruthenium group (e.g. Ru, Rh, Mo, Tc),
lanthanides (e.g. Y, La, Zr, Nb, Ce, Pr, Np, Pu, Am, Cm)”.

Reference: Gesellschaft für Reaktorsicherheit: Deutsche Risikostudie
Kernkraftwerke. Fachband 8, Unfallfolgerechnungen und
Risikoergebnisse. Verlag TÜV Rheinland, ISBN 3-88585-019-2 (1981),
Page 17.

Zdrojové členy pro PWR z“Deutsche Risikostudie Kernkraftwerke - Phase B”

- DRSB-F2-PLR: Primary circuit leak in ring room (without hydrogen burning in containment and ring room).
- DRSB-F3a-DE: Steam generator heat tube leak without water in faulty steam generator.
- DRSB-F3b-DE : Steam generator heat tube leak with water in faulty steam generator.
- DRSB-F4-leakND: Small leak ($F=10\text{cm}^2$) in containment. - For RODOS, the begin of the 3rd phase was shifted from 25 hours to 11 hours.

Zdrojové členy pro VVER - těžké nehody

- VVER1000-ST1: Loss of coolant (containment not destroyed, emergency coolant operative, no core melt).
- VVER1000-ST2: Loss of coolant (fuel melting, steam explosion, destruction of containment)].
- VVER440SEV1: Containment leakage. Gap release. Leak rate: 0.5 %/h. Containment sprays: off.
- VVER440SEV2: Containment leakage. Core melt. Leak rate: 0.5 %/h. Containment sprays: off.
- VVER440SEV3: Containment leakage. Core melt. Leak rate: 0.5 %/h. Containment sprays: on
- VVER440SEV4: Containment leakage. Core melt. Leak rate: 4 %/h. Containment sprays : off.
- VVER440SEV5: Containment leakage. Core melt. Leak rate: 4 %/h. Containment sprays: on.
- VVER440SEV6: Gap release. Coolant Bypass of Containment. Injection rate: 100m³/h.
- VVER440SEV7: Core melt. Injection rate: 200 m³/h. Coolant bypass of containment.
- VVER440SEV8: Gap release. Tower sub-cooled: 0.5 m. Release trough the bubble tower.
- VVER440SEV9: Core melt. Tower sub-cooled: 0.5 m. Release trough the bubble tower.

Zdrojové členy pro VVER – projektové nehody (DBA - design basis accidents)

- VVER440DBA1: SGTR event. Coolant Bypass of Containment. Rupture of 3 tubes.
- VVER440DBA2: SGTR event. Coolant Bypass of Containment. Rupture of 10 tubes.
- VVER440DBA3: SGTR event. Coolant Bypass of Containment. Collector cover opening.
- VVER440DBA4: SGTR event. Collector cover opening (+safety valve remain open).
- VVER440DBA5: LOCA scenario with 73 mm diameter cold leg break in the make-up water line.
- VVER440DBA6: LOCA scenario with 90 mm diameter cold leg break in the spray line.

- VVER440DBA7: LOCA scenario with 111 mm diameter cold leg break in the HPIS pipeline.
- VVER440DBA8: LOCA scenario with 233 mm diameter cold leg break in the LPIS pipeline.
- VVER440DBA9: LOCA scenario with 277 mm diameter cold leg break in the pressure surge line.
- VVER440DB10: LOCA scenario with 492 mm diameter hot (100%) leg break of the main circulating duct.
- VVER440DB11: LOCA scenario with 492 mm diameter hot leg break (200%) of the main circulating duct.

Dále jsou zde uvedeny zdrojové členy pro vybrané projektové nehody pro JE Dukovany i pro JE Temelín.

EDU - událost s vystřelením HRK

Mechanické porušení tlakového pouzdra pohonu regulační kazety s následným rychlým vysunutím jedné regulační kazety a únikem chladiva z primárního okruhu (IO) do hermetických prostor reaktorovny. K úniku radioaktivity z IO slouží dvě cesty. První cestou je výtok primárního chladiva přes porušené pouzdro pohonu do hermetických prostor reaktorovny a odtud netěsnostmi hermetické hranice do okolního prostředí. Velikost porušení odpovídá únikovému otvoru o ekvivalentním průměru 90 mm.

Druhá cesta vede přes průsaky primárního chladiva do chladiva sekundárního okruhu netěsnostmi v parogenerátorech a odtud přes PSA eventuelně pojistné ventily PG do okolního prostředí. Velikost porušení odpovídá únikovému otvoru o ekvivalentním průměru 20 mm (odpovídá prasknutí pouzdra pohonu jiných než periferních HRK).

Dá se předpokládat, že čím větší bude únik do hermetických prostor, tím menší bude únik do sekundárního okruhu.

EDU - událost s roztržením parovodu

Iniciační událostí roztržení parovodu PG1 v oblasti podélné etažérky je plné roztržení propoje parovodu PG1 na hlavní parní kolektor (2 x D489) v podélné etažérce (mezistrojovně) na podlaží + 14,7 m. Čas plného „otevření“ únikových otvorů je uvažován 0,015 s.

EDU – událost s výpadkem turbín

Iniciační událostí je uzavření rychlozávěrných ventilů obou turbín, k němuž může dojít v důsledku selhání technologických nebo řídicích systémů, nebo následkem poruch vnější sítě (ztráta vnějšího elektrického zatížení a nezregulování na úroveň vlastní spotřeby).

Radioaktivní látky se přes průsaky primárního chladiva netěsnostmi v parogenerátorech dostávají do chladiva sekundárního okruhu a odtud přes PSA a pojistné ventily PG do okolního prostředí.

EDU – událost s prasknutím trubky instrumentace

Iniciační událostí je prasknutí trubek instrumentace nebo jiných potrubí, která jsou připojena k primárnímu okruhu (IO), a která procházejí stěnami

ochranné obálky. Důsledkem této události je únik primárního chladiva mimo hermetické prostory (HP). Jako možné trasy, kudy může dojít k úniku chladiva z primárního okruhu mimo HP, byly vytipovány tyto případy:

- prasknutí potrubí odběru vzorků z kompenzátoru objemu (KO)
- prasknutí potrubí TY15 (systém organizovaných úniků) mimo HP před rychločinnou armaturou (RČA)
- vznik (případně falešného) signálu na start vysokotlakého čerpadla (VTČ) („velký únik, malý únik, roztržení HPK1,3,5 nebo roztržení HPK2,4,6“), kdy selže start jednoho vysokotlakého čerpadla (RČA ovšem otevřou) a přes podcházející zpětnou klapku se začne IO drenážovat do nádrže havarijního systému TJ.

Výše uvedené případy vedoucí k úniku chladiva z primárního okruhu mimo HP mají charakter malé LOCA (Loss Of Coolant Accident – havárie spojená se ztrátou chladiva IO), přičemž únik chladiva z IO je pouze cca 3 až 5 kg/s.

Zdrojové členy pro VVER – projektové nehody (DBA)

RODOS. TF6.VVER440DBA1. coolant bypass of containment
SGTR event. rupture of 3 tubes. release through the safety valve

Trvání fazi uniku (hodiny)
1.0000
Energie uniku ve fázích (kW)
0.0
Vertikální rychlost vytoku (m/s)
0.0
Vyska uniku ve fázích (m/s)
50.0
Nuklidy a uniklé aktivity: [Bq]
KR85M 7.54E+10
KR85 5.34E+08
KR87 2.72E+10
KR88 1.31E+11
SR89 1.42E+08
SR90 6.38E+05
I131 1.21E+12
I131A 1.21E+12
I132 1.06E+12
I132A 1.06E+12
I133 1.11E+12
I133A 1.11E+12
I134 2.03E+11
I134A 2.03E+11
I135 6.53E+11
I135A 6.53E+11
XE133 4.88E+12
XE135 1.48E+12
CS134 1.27E+09

CS137	1.58E+10
BA140	5.38E+08
LA140	1.27E+07

RODOS. TF6.VVER440DBA2. coolant bypass of containment
16.6.2005. SGTR event. rupture of 10 tubes. release through the safety valve

Trvani fazi uniku (hodiny)
1.0000
Energie uniku ve fazich (kW)
0.0
Vertikalni rychlost vytoku (m/s)
0.0
Vyska uniku ve fazich (m/s)
50.0
Nuklidy a unikle aktivity: [Bq]
KR85M 7.54E+10
KR85 5.18E+08
KR87 2.44E+10
KR88 1.27E+11
SR89 2.56E+08
SR90 1.02E+06
I131 1.84E+12
I131A 1.84E+12
I132 1.73E+12
I132A 1.73E+12
I133 1.73E+12
I133A 1.73E+12
I134 3.59E+11
I134A 3.59E+11
I135 1.04E+12
I135A 1.04E+12
XE133 4.72E+12
XE135 1.47E+12
CS134 2.00E+09
CS137 2.48E+10
BA140 8.60E+08
LA140 1.78E+07

RODOS. TF6.VVER440DBA3. coolant bypass of containment
16.6.2005. SGTR event. COLLECTOR COVER OPENING. release through the
safety valve

Trvani fazi uniku (hodiny)
1.0000
Energie uniku ve fazich (kW)
0.0
Vertikalni rychlost vytoku (m/s)
0.0
Vyska uniku ve fazich (m/s)
50.0
Nuklidy a unikle aktivity: [Bq]
KR85M 8.06E+10
KR85 5.02E+08
KR87 2.62E+10
KR88 1.36E+11
SR89 2.84E+08
SR90 1.29E+06
I131 2.29E+12

I131A	2.29E+12
I132	2.20E+12
I132A	2.20E+12
I133	2.16E+12
I133A	2.16E+12
I134	4.58E+11
I134A	4.58E+11
I135	1.31E+12
I135A	1.31E+12
XE133	4.56E+12
XE135	6.32E+13
CS134	2.52E+09
CS137	3.12E+10
BA140	1.09E+09
LA140	2.18E+07

**RODOS. TF6.VVER440DBA4. coolant bypass of containment
16.6.2005, SGTR event, COLLECTOR COVER OPENING, SAFETY VALVE
REMAINS OPEN, release through the safety valves**

Trvani fazi uniku (hodiny)
1.0000
Energie uniku ve fazich (kW)
0.0
Vertikalni rychlost vytoku (m/s)
0.0
Vyska uniku ve fazich (m/s)
50.0
Nuklidy a unikle aktivity: [Bq]
KR85M 2.10E+11
KR85 1.02E+09
KR87 9.66E+10
KR88 3.96E+11
SR89 1.37E+09
SR90 6.18E+06
I131 1.45E+13
I131A 1.45E+13
I132 1.25E+13
I132A 1.25E+13
I133 1.32E+13
I133A 1.32E+13
I134 2.21E+12
I134A 2.21E+12
I135 7.79E+12
I135A 7.79E+12
XE133 9.42E+12
XE135 4.22E+12
CS134 1.19E+10
CS137 1.48E+11
BA140 5.22E+09
LA140 1.17E+08

**RODOS. TF6.VVER440DBA5
15.6.2005. LOCA scenario I., 73 mm diameter cold leg break**

Trvani fazi uniku (hodiny)
3.0000 3.0000
Energie uniku ve fazich (kW)

	0.0	0.0
Vertikalni rychlost vytoku (m/s)	0.0	0.0
Vyska uniku ve fazich (m/s)	120.0	120.0
Nuklidy a unikle aktivity: [Bq]		
KR85M	1.82E+06	5.45E+06
KR85	8.40E+04	2.52E+05
KR87	1.38E+06	4.14E+06
KR88	3.77E+06	1.13E+07
I131O	2.17E+02	6.52E+02
I131	2.15E+04	6.45E+04
I132O	1.15E+02	3.44E+02
I132	1.14E+04	3.41E+04
I133O	3.82E+02	1.15E+03
I133	3.78E+04	1.14E+05
I134O	6.96E+01	2.09E+02
I134	6.89E+03	2.07E+04
I135O	2.69E+02	8.06E+02
I135	2.66E+04	7.98E+04
XE133	2.57E+07	7.70E+07
XE135	4.20E+06	1.26E+07
CS137	5.55E+00	1.67E+01
BA140	1.12E+02	3.37E+02
LA140	9.06E+00	9.06E+11

RODOS, F6.VVER440DBA6, upraven
15.6.2005. LOCA scenario II., 90 mm diameter cold leg break

Trvani fazi uniku (hodiny)	3.0000	3.0000
Energie uniku ve fazich (kW)	0.0	0.0
Vertikalni rychlost vytoku (m/s)	0.0	0.0
Vyska uniku ve fazich (m/s)	120.0	120.0
Nuklidy a unikle aktivity: [Bq]		
KR85M	3.02E+05	9.07E+05
KR85	1.40E+05	4.19E+05
KR87	2.29E+06	6.88E+06
KR88	6.24E+06	1.87E+07
I131O	3.60E+02	1.08E+03
I131	3.56E+04	1.07E+05
I132O	1.90E+02	5.71E+02
I132	1.88E+04	5.65E+04
I133O	6.36E+02	1.91E+03
I133	6.30E+04	1.89E+05
I134O	1.16E+02	3.47E+02
I134	1.15E+04	3.44E+04
I135O	4.47E+02	1.34E+03
I135	4.43E+04	1.33E+05
XE133	4.27E+07	1.28E+08
XE135	7.02E+06	2.11E+07
CS137	9.18E+00	2.75E+01
BA140	1.87E+02	5.60E+02
LA140	1.51E+01	4.52E+01
CE141	5.02E-01	1.51E+00

RODOS. TF6.VVER440DBA7, UPRAVEN
15.6.2005, LOCA scenario III., 111 mm diameter cold leg break

Trvani fazi uniku (hodiny)	3.0000	3.0000
Energie uniku ve fazich (kW)	0.0	0.0
Vertikalni rychlost vytoku (m/s)	0.0	0.0
Vyska uniku ve fazich (m/s)	120.0	120.0
Nuklidy a unikle aktivity: [Bq]		
KR85M	4.95E+06	1.49E+07
KR85	2.29E+05	6.88E+05
KR87	3.75E+06	1.13E+07
KR88	1.02E+07	3.06E+07
I131O	5.90E+02	1.77E+03
I131	5.84E+04	1.75E+05
I132O	3.10E+02	9.29E+02
I132	3.07E+04	9.20E+04
I133O	1.04E+03	3.11E+03
I133	1.03E+05	3.08E+05
I134O	1.89E+02	5.67E+02
I134	1.87E+04	5.61E+04
I135O	7.26E+02	2.18E+03
I135	7.19E+04	2.16E+05
XE133	6.96E+07	2.09E+08
XE135	1.15E+07	3.44E+07
CS137	1.51E+01	4.52E+01
BA140	3.05E+02	9.14E+02
LA140	2.47E+01	7.40E+01
CE141	8.16E-01	0.00E+00

RODOS. TF6.VVER440DBA8, UPRAVEN
15.6.2005, LOCA scenario IV., 233 mm diameter cold leg break

Trvani fazi uniku (hodiny)	3.0000	3.0000
Energie uniku ve fazich (kW)	0.0	0.0
Vertikalni rychlost vytoku (m/s)	0.0	0.0
Vyska uniku ve fazich (m/s)	120.0	120.0
Nuklidy a unikle aktivity: [Bq]		
KR85M	2.60E+07	7.81E+07
KR85	1.20E+06	3.60E+06
KR87	1.97E+07	5.92E+07
KR88	5.40E+07	1.62E+08
SR90	5.12E+00	1.54E+01
I131O	3.12E+03	9.36E+03
I131	3.09E+05	9.27E+05
I132O	1.64E+03	4.91E+03
I132	1.62E+05	4.86E+05
I133O	5.47E+03	1.64E+04
I133	5.42E+05	1.62E+06
I134O	1.00E+03	3.01E+03
I134	9.99E+04	2.98E+05
I135O	3.85E+03	1.15E+04

I135	3.81E+05	1.14E+06
XE133	3.67E+08	1.10E+09
XE135	6.00E+07	1.80E+08
CS137	7.92E+01	2.38E+02
BA140	1.62E+03	4.86E+03
LA140	1.30E+02	3.91E+02
CE141	5.17E+00	1.55E+01

RODOS. TF6.VVER440DBA9, UPRAVEN

15.6.2005, LOCA scenario V., 277 mm diameter cold leg break

Trvani fazi uniku (hodiny)
 3.0000 3.0000
 Energie uniku ve fazich (kW)
 0.0 0.0
 Vertikalni rychlost vytoku (m/s)
 0.0 0.0
 Vyska uniku ve fazich (m/s)
 120.0 120.0
 Nuklidy a unikle aktivity: [Bq]
 KR85M 4.10E+10 1.23E+11
 KR85 1.83E+10 5.49E+10
 KR87 2.14E+10 6.43E+10
 KR88 7.38E+10 2.21E+11
 SR90 3.72E+07 1.12E+08
 I131O 7.20E+07 2.16E+08
 I131 7.13E+09 2.14E+10
 I132O 1.48E+07 4.43E+07
 I132 1.47E+09 4.39E+09
 I133O 6.90E+07 2.07E+08
 I133 6.83E+09 2.05E+10
 I134O 6.66E+06 2.00E+07
 I134 6.59E+08 1.98E+09
 I135O 3.72E+07 1.12E+08
 I135 3.68E+09 1.11E+10
 XE133 1.60E+12 4.79E+12
 XE135 1.17E+11 3.51E+11
 CS137 5.32E+08 1.60E+09
 BA140 4.85E+08 1.45E+09
 LA140 2.97E+08 8.91E+08
 CE141 6.24E+08 1.87E+09
 CE144 6.72E+08 2.02E+09

RODOS. TF6.VVER440DB10

16.6.2005, LOCA scenar VI., 492 mm diameter 100% hot leg break

Trvani fazi uniku (hodiny)
 3.0000 3.0000
 Energie uniku ve fazich (kW)
 0.0 0.0
 Vertikalni rychlost vytoku (m/s)
 0.0 0.0
 Vyska uniku ve fazich (m/s)
 120.0 120.0
 Nuklidy a unikle aktivity: [Bq]
 KR85M 2.77E+10 8.32E+10
 KR85 2.77E+10 8.32E+10
 KR87 2.47E+10 7.40E+10

KR88	8.64E+10	2.59E+11
SR90	5.67E+07	1.70E+08
I131O	1.07E+08	3.22E+08
I131	1.06E+10	3.19E+10
I132O	1.73E+07	5.20E+07
I132	1.72E+09	5.15E+09
I133O	9.42E+07	2.83E+08
I133	9.33E+09	2.80E+10
I134O	7.50E+06	2.25E+07
I134	7.43E+08	2.23E+09
I135O	4.55E+07	1.36E+08
I135	4.50E+09	1.35E+10
XE133	2.37E+12	7.11E+12
XE135	1.47E+11	4.41E+11
CS137	7.74E+08	2.32E+09
BA140	7.26E+08	2.18E+09
LA140	4.67E+08	1.40E+09
CE141	9.48E+08	2.84E+09
CE144	1.03E+09	3.08E+09

RODOS. TF6.VVER440DB11

16.6.2005. LOCA scenario VII. 492 mm diameter 200% hot leg break

Trvani fazi uniku (hodiny)

3.0000 3.0000

Energie uniku ve fazich (kW)

0.0 0.0

Vertikalni rychlost vytoku (m/s)

0.0 0.0

Vyska uniku ve fazich (m/s)

120.0 120.0

Nuklidy a unikle aktivity: [Bq]

KR85M	1.35E+11	4.05E+11
KR85	2.09E+10	6.28E+10
KR87	9.42E+10	2.83E+11
KR88	2.70E+11	8.10E+11
SR90	5.57E+07	1.67E+08
I131O	2.50E+08	7.49E+08
I131	2.47E+10	7.41E+10
I132O	1.25E+08	3.76E+08
I132	1.24E+10	3.72E+10
I133O	4.12E+08	1.24E+09
I133	4.08E+10	1.22E+11
I134O	5.72E+07	1.72E+08
I134	5.67E+09	1.70E+10
I135O	2.82E+08	8.46E+08
I135	2.79E+10	8.38E+10
XE133	2.82E+12	8.46E+12
XE135	3.40E+11	1.02E+12
CS137	7.92E+08	2.38E+09
BA140	1.49E+09	4.48E+09
LA140	1.45E+09	4.34E+09
CE141	1.48E+09	4.45E+09
CE144	1.03E+09	3.10E+09

EDU - udalost s vystrelenim HRK

Pouze uniky ze II.O, data z r.2004

Trvani fazi uniku (hodiny)				
0.0278	1.1056	1.0889	1.6667	
Energie uniku ve fazich (kW)				
3013.0	5269.0	4901.0	2204.0	
Vertikalni rychlost vytoku (m/s)				
0.0	0.0	0.0	0.0	
Vyska uniku ve fazich (m/s)				
42.0	42.0	42.0	42.0	
Nuklidy a unikle aktivity: [Bq]				
H3	3.89E+06	3.49E+07	4.55E+07	2.93E+07
CR51	8.09E+04	2.74E+05	3.04E+05	2.15E+05
MN56	8.64E+04	2.83E+05	2.70E+05	1.39E+05
FE55	2.31E+04	7.81E+04	8.67E+04	6.13E+04
CO58	4.74E+03	1.61E+04	1.78E+04	1.26E+04
CO60	2.52E+03	8.54E+03	9.49E+03	6.71E+03
KR85M	1.15E+10	1.09E+11	1.26E+11	6.59E+10
KR85	5.36E+08	5.76E+09	7.72E+09	5.02E+09
KR88	2.95E+10	2.60E+11	2.78E+11	1.28E+11
KR89	2.22E+08	5.39E+07	9.54E+02	1.11E+00
KR90	3.31E+04	1.11E+00	1.11E+00	1.11E+00
RB88	9.75E+06	1.94E+07	2.73E+06	7.52E+04
RB89	1.30E+07	2.61E+07	3.78E+06	1.07E+05
SR89	2.79E+06	1.50E+07	2.19E+07	1.69E+07
SR91	5.96E+07	2.06E+08	2.22E+08	1.43E+08
SR92	3.89E+07	1.30E+08	1.24E+08	6.43E+07
Y91M	4.69E+05	1.01E+06	6.22E+05	1.97E+05
Y91	4.65E+04	1.61E+05	1.82E+05	1.29E+05
ZR97	9.21E+07	3.09E+08	3.31E+08	2.21E+08
NB97	1.91E+06	4.15E+06	2.56E+06	8.56E+05
MO99	1.29E+06	4.37E+06	4.83E+06	3.38E+06
TC99M	1.16E+06	3.55E+06	3.49E+06	2.12E+06
TC99	1.11E+00	1.01E+00	1.14E+00	1.11E+00
RU105	7.88E+05	2.64E+06	2.71E+06	1.60E+06
RH105	9.01E+05	3.01E+06	3.29E+06	2.27E+06
TE129	3.88E+05	8.58E+05	5.32E+05	1.74E+05
TE131M	9.56E+04	4.25E+05	5.49E+05	4.02E+05
TE131	1.61E+05	3.28E+05	1.12E+05	1.29E+04
TE132	8.05E+05	4.07E+06	5.64E+06	4.29E+06
I129A	2.85E+01	3.25E+02	5.54E+02	4.50E+02
I1310	1.20E+07	1.50E+08	2.57E+08	2.09E+08
I131	6.03E+08	7.50E+09	1.29E+10	1.05E+10
I131A	6.03E+06	7.50E+07	1.29E+08	1.05E+08
I1320	1.52E+07	1.47E+08	1.91E+08	1.03E+08
I132	7.58E+08	7.37E+09	9.57E+09	5.17E+09
I132A	7.74E+06	7.77E+07	1.04E+08	5.78E+07
I1330	2.45E+07	2.96E+08	4.94E+08	3.85E+08
I133	1.23E+09	1.48E+10	2.47E+10	1.92E+10
I133A	1.23E+07	1.48E+08	2.47E+08	1.92E+08
I1340	2.82E+07	1.89E+08	1.57E+08	4.47E+07
I134	9.43E+08	6.32E+09	5.23E+09	1.49E+09
I1350	3.58E+07	4.07E+08	6.36E+08	4.49E+08
I135	1.20E+09	1.36E+10	2.13E+10	1.50E+10
XE133M	1.37E+10	1.46E+11	1.93E+11	1.23E+11
XE133	9.57E+10	1.02E+12	1.37E+12	8.82E+11
XE135M	3.72E+09	6.97E+09	9.12E+08	2.18E+07
XE135	3.24E+10	3.28E+11	4.10E+11	2.40E+11
XE137	1.02E+09	3.07E+08	3.50E+04	1.11E+00
XE138	2.15E+10	3.56E+10	3.71E+09	6.57E+07
CS134	3.57E+08	4.46E+09	7.66E+09	6.22E+09
CS136	1.56E+08	1.94E+09	3.32E+09	2.69E+09
CS137	1.88E+08	2.35E+09	4.04E+09	3.28E+09

CS138	1.42E+09	6.63E+09	3.44E+09	5.17E+08
BA140	1.38E+07	4.82E+07	5.41E+07	3.80E+07
LA140	1.68E+05	5.57E+05	6.07E+05	4.19E+05
CE141	7.19E+06	2.39E+07	2.60E+07	1.80E+07
CE143	6.72E+07	2.25E+08	2.43E+08	1.66E+08
PR143	1.85E+05	6.18E+05	6.78E+05	4.76E+05

EDU – udalost s roztrzenim parovodu PG1 v oblasti podelne etazerky

Uniky ze II.O, data z roku 2004

Analýzy pro palivo s Gd vyhořívajícím absorbérem 2. generace (Gd-2)

Trvani fazi uniku (hodiny)

0.0997 0.0789 1.0000 1.0278

Energie uniku ve fazich (kW)

20928.0 2142.0 4829.0 4486.0

Vertikalni rychlost vytoku (m/s)

0.0 0.0 0.0 0.0

Vyska uniku ve fazich (m/s)

36.0 42.0 42.0 42.0

Nuklidy a unikle aktivity: [Bq]

H3	3.56E+06	1.43E+05	1.61E+07	3.11E+07
CR51	1.17E+06	7.40E+03	2.17E+05	2.27E+05
MN56	5.07E+06	7.92E+03	2.34E+05	2.34E+05
FE55	3.30E+05	2.11E+03	6.19E+04	6.47E+04
CO58	6.80E+04	4.34E+02	1.27E+04	1.33E+04
CO60	3.61E+04	2.31E+02	6.78E+03	7.08E+03
KR85M	3.56E+07	1.39E+06	1.45E+08	2.42E+08
KR85	4.01E+04	1.61E+03	1.82E+05	3.51E+05
KR88	7.63E+07	2.93E+06	2.94E+08	4.55E+08
KR89	2.34E+07	3.13E+05	4.81E+05	8.51E+03
KR90	3.78E+06	2.27E+04	1.12E+02	1.11E+00
RB88	2.94E+07	8.50E+03	1.22E+05	2.68E+04
SR89	5.72E+06	2.15E+05	6.34E+06	6.67E+06
SR91	1.54E+08	5.40E+06	1.60E+08	1.68E+08
SR92	1.17E+08	3.53E+06	1.04E+08	1.04E+08
Y91M	2.16E+07	5.03E+04	1.08E+06	7.01E+05
Y91	8.52E+05	4.23E+03	1.26E+05	1.35E+05
ZR97	2.39E+08	8.44E+06	2.45E+08	2.50E+08
NB97	4.41E+07	2.00E+05	4.43E+06	2.73E+06
MO99	2.07E+07	1.18E+05	3.47E+06	3.62E+06
TC99M	1.54E+07	1.09E+05	3.00E+06	2.79E+06
TC99	5.44E+00	1.11E+00	1.11E+00	1.11E+00
RU105	3.17E+07	7.22E+04	2.14E+06	2.20E+06
RH105	1.33E+07	8.27E+04	2.41E+06	2.48E+06
TE129	8.35E+06	4.01E+04	8.77E+05	5.20E+05
TE131M	1.93E+06	7.73E+03	2.31E+05	2.49E+05
TE131	2.26E+07	1.37E+04	2.51E+05	9.44E+08
TE132	1.35E+07	6.02E+04	1.80E+06	1.94E+06
I129A	1.23E+01	1.11E+00	9.42E+00	1.01E+01
I1310	3.75E+06	5.08E+03	5.93E+05	1.41E+06
I131	1.87E+08	2.54E+05	2.96E+07	7.03E+07
I131A	1.87E+06	2.54E+03	2.96E+05	7.03E+05
I1320	1.94E+07	2.13E+04	2.40E+06	4.49E+06
I132	6.49E+08	9.34E+05	8.53E+07	1.53E+08
I132A	6.67E+06	1.00E+04	1.03E+06	2.32E+06
I1330	4.05E+07	4.72E+04	6.08E+06	1.44E+07
I133	2.02E+09	2.36E+06	3.04E+08	7.17E+08
I133A	2.02E+07	2.36E+04	3.04E+06	7.17E+06
I1340	1.07E+08	5.70E+04	8.63E+06	1.16E+07
I134	3.55E+09	1.90E+06	2.87E+08	3.87E+08

I1350	8.87E+07	8.18E+04	1.22E+07	2.78E+07
I135	2.96E+09	2.73E+06	4.08E+08	9.29E+08
XE133M	6.41E+07	2.57E+06	2.88E+08	5.48E+08
XE133	2.68E+08	1.08E+07	1.20E+09	2.31E+09
XE135M	1.25E+08	4.28E+06	5.85E+07	1.17E+07
XE135	3.87E+08	1.54E+07	1.61E+09	2.88E+09
XE137	5.53E+07	8.00E+05	1.97E+06	6.42E+04
XE138	8.28E+07	2.09E+06	6.76E+07	1.88E+07
CS134	7.65E+04	2.56E+03	7.57E+04	8.02E+04
CS137	1.10E+05	3.69E+03	1.09E+05	1.16E+05
CS138	6.07E+07	6.04E+05	1.46E+07	8.02E+06
BA140	3.34E+07	1.25E+06	3.66E+07	3.81E+07
LA140	2.23E+06	1.54E+04	4.47E+05	4.57E+05
CE141	1.74E+07	6.60E+05	1.90E+07	1.92E+07
CE143	1.69E+08	6.16E+06	1.78E+08	1.82E+08
PR143	2.18E+06	1.70E+04	4.94E+05	5.07E+05

EDU – udalost s roztrzením parovodu PG1 v oblasti podelne etazerky

Uniky ze II.O, data z roku 2007

Pozn.: oproti analýze z r.2004 více nuklidů, pro výpočet nutno snížit výběrem

Analýzy pro palivo s Gd2M.

Při výpočtu se vycházelo z inventáře ŠP v AZ na konci ustáleného cyklu s palivem Gd2M na 105 % nominálního výkonu v šestileté kampani, s vyhořením 65 000 MWd/t_U

Trvani fazi uniku (hodiny)				
0.0997	1.1667	1.0000	1.0000	
Energie uniku ve fazich (kW)				
31700.0	3550.0	4290.0	3950.0	
Vertikalni rychlost vytoku (m/s)				
0.0	0.0	0.0	0.0	
Vyska uniku ve fazich (m/s)				
36.0	42.0	42.0	42.0	
Nuklidy a unikle aktivity: [Bq]				

H3	3.45E+06	1.33E+07	2.90E+07	3.62E+07
C14	1.95E+03	7.53E+03	1.64E+04	2.05E+04
CR51	1.15E+06	1.75E+05	1.94E+05	1.95E+05
MN54	2.24E+04	3.42E+03	3.80E+03	3.83E+03
MN56	5.09E+06	2.13E+05	2.22E+05	2.07E+05
FE55	3.25E+05	4.97E+04	5.52E+04	5.56E+04
FE59	2.05E+04	3.12E+03	3.46E+03	3.49E+03
CO58	6.71E+04	1.02E+04	1.14E+04	1.14E+04
CO60	3.42E+04	3.98E+03	4.56E+03	4.72E+03
KR85M	1.21E+08	6.78E+08	1.51E+09	1.74E+09
KR85	1.83E+06	1.23E+07	2.88E+07	3.65E+07
KR87	8.75E+07	3.21E+08	6.37E+08	5.78E+08
KR88	2.07E+08	1.05E+09	2.28E+09	2.48E+09
KR89	2.45E+07	1.58E+05	9.75E+02	6.64E+01
KR90	1.35E+06	6.70E+03	1.11E+00	1.11E+00
RB88	1.76E+07	5.03E+04	1.38E+04	4.40E+03
RB89	6.18E+06	1.46E+04	4.86E+03	1.60E+03
SR89	1.78E+06	1.71E+06	1.93E+06	1.97E+06
SR90	2.61E+04	2.52E+04	2.85E+04	2.90E+04
Y90	3.71E+03	4.01E+02	4.60E+02	4.75E+02
Y91M	3.66E+06	1.52E+05	8.27E+04	4.64E+04
Y91	8.61E+01	9.43E+00	2.83E+01	4.96E+01
ZR95	3.30E+06	3.12E+06	3.39E+06	3.38E+06
NB95	2.51E+05	3.86E+04	4.28E+04	4.30E+04
ZR97	4.72E+07	4.22E+07	4.56E+07	4.48E+07

NB97	9.61E+06	7.71E+05	4.93E+05	3.15E+05
MO99	3.02E+06	4.19E+05	4.65E+05	4.68E+05
TC99M	2.24E+06	3.32E+05	3.29E+05	3.01E+05
TC99	1.11E+00	1.11E+00	1.11E+00	1.11E+00
RU103	3.19E+05	4.84E+04	5.37E+04	5.41E+04
RU105	4.57E+06	2.77E+05	2.99E+05	2.90E+05
RH105	1.88E+06	2.85E+05	3.10E+05	3.08E+05
RU106	4.22E+04	6.46E+03	7.17E+03	7.21E+03
RH106	4.23E+04	7.07E+01	7.74E+00	7.89E+00
AG110M	2.58E+02	2.99E+01	3.43E+01	3.55E+01
SB124	8.05E+01	9.32E+00	1.07E+01	1.11E+01
SB125	1.19E+03	1.39E+02	1.59E+02	1.64E+02
TE125M	1.64E+04	1.91E+03	2.19E+03	2.26E+03
TE127M	7.76E+04	9.01E+03	1.03E+04	1.07E+04
TE127	2.10E+06	1.63E+05	1.83E+05	1.86E+05
TE129M	7.03E+05	8.14E+04	9.33E+04	9.65E+04
TE129	3.74E+06	1.54E+05	3.04E+05	3.13E+05
TE131M	2.68E+06	2.66E+05	2.31E+05	2.49E+05
TE131	6.84E+06	6.97E+04	2.92E+04	1.52E+04
TE132	2.91E+07	3.18E+06	3.65E+06	3.77E+06
I129A	1.11E+00	1.11E+00	1.11E+00	1.11E+00
I131A	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
I131O	2.10E+07	2.60E+06	6.96E+06	1.05E+07
I131	6.79E+08	8.40E+07	2.25E+08	3.40E+08
XE131M	1.93E+07	1.29E+08	3.04E+08	3.85E+08
I132A	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
I132O	6.40E+07	5.72E+06	1.32E+07	1.64E+07
I132	2.07E+09	1.85E+08	4.28E+08	5.30E+08
I133A	2.02E+07	2.36E+04	3.04E+06	7.17E+06
I133O	8.08E+07	9.46E+06	2.54E+07	3.76E+07
I133	2.61E+09	3.06E+08	8.21E+08	1.22E+09
I134O	5.54E+07	2.56E+06	5.41E+06	5.04E+06
I134	1.79E+09	8.27E+07	1.75E+08	1.63E+08
I135O	6.69E+07	6.99E+06	1.86E+07	2.64E+07
I135	2.16E+09	2.26E+08	6.00E+08	8.55E+08
XE133M	9.05E+08	5.99E+09	1.40E+10	1.76E+10
XE133	5.37E+09	3.59E+10	8.43E+10	1.06E+11
XE135M	2.06E+08	7.87E+07	8.72E+07	2.83E+07
XE135	1.71E+09	1.05E+10	2.41E+10	2.91E+10
XE137	6.29E+07	4.88E+05	1.67E+04	1.39E+03
XE138	1.11E+08	3.65E+07	4.85E+07	1.43E+07
CS134	3.63E+06	3.24E+06	3.55E+06	3.52E+06
CS136	5.55E+06	4.94E+06	5.40E+06	5.37E+06
CS137	9.46E+05	8.46E+05	9.26E+05	9.20E+05
CS138	2.52E+07	4.53E+06	2.98E+06	1.72E+06
BA140	5.25E+06	4.96E+06	5.62E+06	5.76E+06
LA140	4.87E+05	7.48E+04	8.16E+04	8.10E+04
CE141	3.14E+06	2.98E+06	3.21E+06	3.15E+06
CE143	2.35E+07	2.16E+07	2.33E+07	2.30E+07
PR143	4.01E+05	6.95E+04	7.61E+04	7.58E+04
CE144	6.88E+05	6.51E+05	7.06E+05	6.97E+05
PR144				
ND147				

Pr-144	9,90E+04	5,12E+03	8,99E+02	6,21E+02	1,06E+05
Nd-147	3,83E+05	5,74E+04	6,37E+04	6,41E+04	5,68E+05
Pm-147	9,61E+03	1,49E+03	1,65E+03	1,66E+03	1,44E+04
Sm-153	2,29E+05	3,07E+04	3,40E+04	3,42E+04	3,28E+05
Eu-154	2,67E+02	4,08E+01	4,53E+01	4,56E+01	3,99E+02

EDU - udalost s vypadkem turbin
Uniky ze II.O, data z roku 2004

Trvani fazi uniku (hodiny)				
0.1389	1.2500	1.1111	2.0000	
Energie uniku ve fazich (kW)				
24377.0	3838.0	2545.0	4532.0	
Vertikalni rychlost vytoku (m/s)				
0.0	0.0	0.0	0.0	
Vyska uniku ve fazich (m/s)				
42.0	42.0	42.0	42.0	
Nuklidy a unikle aktivity: [Bq]				
H3	2.83E+06	2.20E+07	2.91E+07	1.27E+08
CR51	1.49E+05	2.23E+05	2.91E+07	5.09E+05
MN56	1.59E+05	2.36E+05	1.41E+05	3.93E+05
FE55	4.24E+04	2.23E+05	4.13E+04	1.45E+05
CO58	8.74E+03	1.31E+04	8.49E+03	2.98E+04
CO60	4.64E+03	6.97E+03	4.52E+03	1.59E+04
KR85M	2.80E+07	1.87E+08	2.14E+08	7.31E+08
KR85	3.19E+04	2.48E+05	3.28E+05	1.44E+06
KR88	5.98E+07	3.69E+08	3.87E+08	1.15E+09
KR89	8.83E+06	6.93E+05	5.77E+01	1.11E+00
KR90	2.71E+05	2.60E+02	1.11E+00	1.11E+00
RB88	1.73E+05	8.56E+04	6.71E+03	8.87E+02
RB89	9.68E+04	5.26E+04	4.68E+03	6.47E+02
SR89	4.29E+06	6.55E+06	4.40E+06	1.59E+07
SR91	1.08E+08	1.65E+08	1.09E+08	3.74E+08
SR92	7.04E+07	1.06E+08	6.50E+07	1.84E+08
Y91M	9.90E+05	1.01E+06	3.84E+05	8.51E+05
Y91	8.51E+04	1.30E+05	8.69E+04	3.14E+05
ZR97	1.69E+08	2.51E+08	1.61E+08	5.47E+08
NB97	3.96E+06	4.13E+06	1.44E+06	2.32E+06
MO99	2.37E+06	3.56E+06	2.31E+06	8.08E+06
TC99M	2.19E+06	3.02E+06	1.72E+06	5.19E+06
TC99	1.11E+00	1.11E+00	1.11E+00	1.97E+00
RU105	1.45E+06	2.18E+06	1.37E+06	4.29E+06
RH105	1.66E+06	2.47E+06	1.58E+06	5.44E+06
TE129	7.94E+05	8.12E+05	2.71E+05	4.00E+05
TE131M	1.56E+05	2.39E+05	1.59E+05	5.68E+05
TE131	2.73E+05	2.03E+05	3.61E+04	2.16E+04
TE132	1.21E+06	1.86E+06	1.24E+06	4.49E+06
I129A	6.36E+00	9.73E+00	6.49E+00	2.34E+01
I1310	1.08E+05	7.36E+05	1.02E+06	5.48E+06
I131	5.40E+06	3.67E+07	5.08E+07	2.73E+08
I131A	5.40E+04	3.67E+05	5.08E+05	2.73E+06
I1320	4.73E+05	2.75E+06	2.90E+06	9.79E+06
I132	2.02E+07	9.65E+07	9.86E+07	3.30E+08
I132A	2.05E+05	1.29E+06	1.65E+06	8.03E+06
I1330	1.02E+06	7.53E+06	1.03E+07	5.30E+07
I133	5.08E+07	3.76E+08	5.13E+08	2.65E+09
I133A	5.08E+05	3.76E+06	5.13E+06	2.65E+07
I1340	1.52E+06	8.74E+06	6.26E+06	1.04E+07
I134	5.05E+07	2.91E+08	2.08E+08	3.46E+08
I1350	1.81E+06	1.49E+07	1.94E+07	8.99E+07
I135	6.05E+07	4.98E+08	6.49E+08	3.00E+09
XE133M	5.10E+07	3.91E+08	5.11E+08	2.19E+09
XE133	2.13E+08	1.64E+09	2.16E+09	9.38E+09
XE135M	8.07E+07	3.96E+07	3.75E+06	4.96E+05

XE135	3.06E+08	2.13E+09	2.62E+09	1.02E+10
XE137	2.34E+07	2.36E+06	9.43E+02	1.11E+00
XE138	5.49E+07	4.59E+07	5.39E+06	5.44E+05
CS134	5.13E+04	7.81E+04	5.20E+04	1.87E+05
CS137	7.40E+04	1.13E+05	7.50E+04	2.69E+05
CS138	1.22E+07	1.25E+07	3.48E+06	2.60E+06
BA140	2.50E+07	3.77E+07	2.50E+07	8.87E+07
LA140	3.10E+05	4.58E+05	2.90E+05	9.93E+05
CE141	1.32E+07	1.95E+07	1.24E+07	4.26E+07
CE143	1.23E+08	1.83E+08	1.17E+08	4.02E+08
PR143	3.42E+05	5.07E+05	3.23E+05	1.11E+06

Zdrojové členy pro VVER - těžké nehody

RODOS. TF6.VVER440SEV1. CONTAINMENT LEAKAGE

16.6.2005. **gap release** (uncovered 15-20 min). leak rate 0.5%/h. containment sprays: off

Trvani fazi uniku (hodiny)

3.0000 3.0000

Energie uniku ve fazich (kW)

0.0 0.0

Vertikalni rychlost vytoku (m/s)

0.0 0.0

Vyska uniku ve fazich (m/s)

120.0 120.0

Nuklidy a unikle aktivity: [Bq]

KR85M	5.10E+13	5.10E+13
KR85	1.21E+12	1.21E+12
KR87	5.10E+13	5.10E+13
KR88	1.46E+14	1.46E+14
I131O	1.33E+12	1.33E+12
I131	1.31E+14	1.31E+14
I132O	1.91E+12	1.91E+12
I132	1.89E+14	1.89E+14
I133O	2.72E+12	2.77E+12
I133	2.69E+14	2.69E+14
I134O	3.00E+12	3.00E+12
I134	2.97E+14	2.97E+14
I135O	2.38E+12	2.38E+12
I135	2.36E+14	2.36E+14
XE133	3.62E+14	3.62E+14
XE135	6.96E+13	6.96E+13
CS134	1.19E+13	1.19E+13
CS137	7.62E+12	7.62E+12
CE144	1.20E+14	1.20E+14

RODOS. TF6.VVER440SEV2. CONTAINMENT LEAKAGE

17.6.2005. **core melt** (uncovered >30 min). . leak rate 0.5%/h. containment sprays: off

Trvani fazi uniku (hodiny)

3.0000 3.0000

Energie uniku ve fazich (kW)

0.0 0.0

Vertikalni rychlost vytoku (m/s)

0.0 0.0

Vyska uniku ve fazich (m/s)

120.0 120.0

Nuklidy a unikle aktivity: [Bq]

KR85M	4.82E+14	1.45E+15
KR85	1.15E+13	3.44E+13
KR87	9.66E+14	2.90E+15
KR88	1.39E+15	4.16E+15
I131O	4.67E+12	1.40E+13
I131	4.63E+14	1.39E+15
I132O	6.66E+12	2.00E+13
I132	6.59E+14	1.98E+15

I133O	9.48E+12	2.84E+13
I133	9.39E+14	2.82E+15
I134O	1.05E+13	3.15E+13
I134	1.04E+15	3.12E+15
I135O	8.34E+12	2.50E+13
I135	8.26E+14	2.48E+15
XE133	3.45E+15	1.04E+16
XE135	6.60E+14	1.98E+15
CS134	2.97E+13	8.91E+13
CS137	1.91E+13	5.72E+13

RODOS, TF6.VVER440SEV3, CONTAINMENT LEAKAGE

17.6.2005, **core melt** (uncovered >30 min). leak rate 0.5%/h. containment sprays: on

Trvani fazi uniku (hodiny)		
3.0000	3.0000	
Energie uniku ve fazich (kW)		
0.0	0.0	
Vertikalni rychlost vytoku (m/s)		
0.0	0.0	
Vyska uniku ve fazich (m/s)		
120.0	120.0	
Nuklidy a unikle aktivity: [Bq]		
KR85M	4.82E+14	1.45E+15
KR85	1.15E+13	3.44E+13
KR87	9.66E+14	2.90E+15
KR88	1.39E+15	4.16E+15
I131O	1.87E+11	5.60E+11
I131	1.85E+13	5.54E+13
I132O	2.67E+11	8.01E+11
I132	2.64E+13	7.93E+13
I133O	3.80E+11	1.14E+12
I133	3.76E+13	1.13E+14
I134O	4.20E+11	1.26E+12
I134	4.16E+13	1.25E+14
I135O	3.35E+11	1.00E+12
I135	3.31E+13	9.94E+13
XE133	3.45E+15	1.04E+16
XE135	6.60E+14	1.98E+15
CS134	1.19E+12	3.56E+12
CS137	7.62E+11	2.29E+12

RODOS, TF6.VVER440SEV4, CONTAINMENT LEAKAGE

17.6.2005, **core melt** (uncovered >30 min), leak rate 4%/h, containment sprays: off

Trvani fazi uniku (hodiny)		
3.0000	3.0000	
Energie uniku ve fazich (kW)		
0.0	0.0	
Vertikalni rychlost vytoku (m/s)		
0.0	0.0	
Vyska uniku ve fazich (m/s)		
120.0	120.0	
Nuklidy a unikle aktivity: [Bq]		
KR85M	3.90E+15	1.17E+16
KR85	9.18E+13	2.75E+14
KR87	7.68E+15	2.30E+16

KR88	1.11E+16	3.33E+16
I1310	3.75E+13	1.13E+14
I131	3.71E+15	1.11E+16
I1320	5.35E+13	1.60E+14
I132	5.29E+15	1.59E+16
I1330	6.49E+13	2.27E+14
I133	6.42E+15	2.25E+16
I1340	8.40E+13	2.52E+14
I134	8.32E+15	2.49E+16
I1350	6.66E+13	2.00E+14
I135	6.59E+15	1.98E+16
XE133	2.75E+16	8.24E+16
XE135	5.33E+15	1.60E+16
CS134	2.36E+14	7.09E+14
CS137	1.52E+14	4.57E+14

RODOS, TF6.VVER440SEV5, CONTAINMENT LEAKAGE

17.6.2005, **core melt** (uncovered >30 min). leak rate 4%/h. containment sprays:
on

Trvani fazi uniku (hodiny)	3.0000	3.0000
Energie uniku ve fazich (kW)	0.0	0.0
Vertikalni rychlost vytoku (m/s)	0.0	0.0
Vyska uniku ve fazich (m/s)	120.0	120.0
Nuklidy a unikle aktivity: [Bq]		
KR85M	3.90E+15	1.17E+16
KR85	9.18E+13	2.75E+14
KR87	7.68E+15	2.30E+16
KR88	1.11E+16	3.33E+16
I1310	1.49E+12	4.48E+12
I131	1.48E+14	4.44E+14
I1320	2.14E+12	6.41E+12
I132	2.11E+14	6.34E+14
I1330	2.67E+12	9.14E+12
I133	2.64E+14	9.05E+14
I1340	3.37E+12	1.01E+13
I134	3.34E+14	1.00E+15
I1350	2.67E+12	8.01E+12
I135	2.64E+14	7.93E+14
XE133	2.75E+16	8.24E+16
XE135	5.33E+15	1.60E+16
CS134	9.54E+12	2.86E+13
CS137	6.06E+12	1.82E+13

RODOS, F6.VVER440SEV6, COOLANT BYPASS OF CONTAINMENT

17.6.2005, **gap release** (uncovered 15-20 min), steam generator: not
partitioned, injection rate:100 m3/h

Trvani fazi uniku (hodiny)	3.0000
Energie uniku ve fazich (kW)	0.0
Vertikalni rychlost vytoku (m/s)	0.0
Vyska uniku ve fazich (m/s)	

40.0

Nuklidy a unikle aktivity: [Bq]

KR85M	1.55E+16
KR85	3.69E+14
KR87	3.11E+16
KR88	4.47E+16
I1310	2.72E+14
I131	2.69E+16
I1320	3.88E+14
I132	3.84E+16
I1330	5.54E+14
I133	5.48E+16
I1340	6.12E+14
I134	6.06E+16
I1350	4.86E+14
I135	4.81E+16
XE133	1.11E+17
XE135	2.14E+16
CS134	2.43E+15
CS137	1.56E+15

RODOS, TF6.VVER440SEV7, coolant bypass of containment

17.6.2005, core melt, steam generator: not partitioned, injection rate: 200 m3/h

Trvani fazi uniku (hodiny)

3.0000 3.0000

Energie uniku ve fazich (kW)

0.0 0.0

Vertikalni rychlost vytoku (m/s)

0.0 0.0

Vyska uniku ve fazich (m/s)

40.0 40.0

Nuklidy a unikle aktivity: [Bq]

KR85M	2.95E+17	2.95E+17
KR85	3.88E+15	3.88E+15
KR87	5.90E+17	5.90E+17
KR88	8.46E+17	8.46E+17
I1310	1.90E+15	1.90E+15
I131	1.88E+17	1.88E+17
I1320	2.72E+15	2.72E+15
I132	2.69E+17	2.69E+17
I1330	3.87E+15	3.87E+15
I133	3.83E+17	3.83E+17
I1340	4.28E+15	4.28E+15
I134	4.24E+17	4.24E+17
I1350	3.40E+15	3.40E+15
I135	3.36E+17	3.36E+17
XE133	2.10E+18	2.10E+18
XE135	4.06E+17	4.06E+17
CS134	1.21E+16	1.21E+16
CS137	7.74E+15	7.74E+15

RODOS, F6.VVER440SEV8, release through bubble tower

17.6.2005. gap release (uncovered 15-20 min), tower subcooled: 0.5 m

Trvani fazi uniku (hodiny)

1.0000

Energie uniku ve fazich (kW)

0.0
 Vertikalni rychlost vytoku (m/s)
 0.0
 Vyska uniku ve fazich (m/s)
 40.0
 Nuklidy a unikle aktivity: [Bq]

KR85M	1.02E+14
KR85	2.42E+12
KR87	2.02E+14
KR88	2.92E+14
I1310	1.34E+12
I131	1.33E+14
I1320	1.91E+12
I132	1.89E+14
I1330	2.72E+12
I133	2.69E+14
I1340	3.00E+12
I134	2.97E+14
I1350	2.38E+12
I135	2.36E+14
XE133	7.24E+14
XE135	1.40E+14
CS134	1.19E+13
CS137	7.62E+12

**RODOS, TF6.VVER440SEV8, release through bubble tower
 17.6.2005. gap release (uncovered 15-20 min), tower subcooled: 0.5 m**

Trvani fazi uniku (hodiny)
 1.0000
 Energie uniku ve fazich (kW)
 0.0
 Vertikalni rychlost vytoku (m/s)
 0.0
 Vyska uniku ve fazich (m/s)
 40.0
 Nuklidy a unikle aktivity: [Bq]

KR85M	1.02E+14
KR85	2.42E+12
KR87	2.02E+14
KR88	2.92E+14
I1310	1.34E+12
I131	1.33E+14
I1320	1.91E+12
I132	1.89E+14
I1330	2.72E+12
I133	2.69E+14
I1340	3.00E+12
I134	2.97E+14
I1350	2.38E+12
I135	2.36E+14
XE133	7.24E+14
XE135	1.40E+14
CS134	1.19E+13
CS137	7.62E+12

RODOS, F6.VVER440SEV9, release through bubble tower

17.6.2005. **core melt**, tower subcooled: 0.5 m

Trvani fazi uniku (hodiny)

3.0000

Energie uniku ve fazich (kW)

0.0

Vertikalni rychlost vytoku (m/s)

0.0

Vyska uniku ve fazich (m/s)

40.0

Nuklidy a unikle aktivity: [Bq]

KR85M	1.93E+15
KR85	4.59E+13
KR87	3.87E+15
KR88	5.56E+15
I1310	9.30E+12
I131	9.21E+14
I1320	1.34E+13
I132	1.32E+15
I1330	1.90E+13
I133	1.88E+15
I1340	2.10E+13
I134	2.08E+15
I1350	1.63E+13
I135	1.65E+15
XE133	1.38E+16
XE135	2.66E+15
CS134	5.96E+13
CS137	5.82E+13

Analyzované typy havarijních úniků podle stupně složitosti zadávání vstupních podmínek

Zadání porovnávací úlohy č. 1 – jednoduchá varianta

Charakter zdroje : **bodový zdroj**
Kategorie počasí: **F**
Rychlost větru v 10 m: **1.0 m/s**

Počet směrů: **16** - **výpočet provést v 1 směru,**
- **uvažovat rovinný terén**
- **konstantní drsnost 0.1 m**

Počet vzdáleností: **20**
Vzdálenosti: **1, 3, 5, 10, 20, 50, 100 km**

Výška výpustí: **45 m**

Tepelná vydatnost zdroje : **0**

Výstupní rychlost výpustí: **0**

Blízké budovy: **neuvažovat**

Srážky: **0**

Inverze: **neuvažovat**

Doba trvání úniku: **10 hod**

Zdrojový člen:

Xe135	10Bq/s
I131aerosol.	10Bq/s
I131org.	1Bq/s
I135aerosol.	10Bq/s
I135org.	1Bq/s
Cs137	10Bq/s

Kritická skupina obyvatel: **dospělí**

Úkol :... Provést následující výpočty:

1. průběh přízemní objemové aktivity jednotlivých radionuklidů v ose vlečky v závislosti na vzdálenosti od zdroje
2. průběh plošné aktivity deponované na zemském povrchu pod osou vlečky v závislosti na vzdálenosti od zdroje

3. průběh roční efektivní dávky v závislosti na vzdálenosti od zdroje - rozložit na příspěvky od jednotlivých cest ozáření
4. průběh roční ekvivalentní dávky na štítnou žlázu v závislosti na vzdálenosti od zdroje

Při výpočtu neuvažovat odstraňování spadu z povrchu.

Zadání porovnávací úlohy č. 2 - rozšířená varianta

Charakter zdroje:	bodový zdroj
Kategorie počasí:	F
Rychlost větru v 10 m:	1.0 m/s
Počet směrů: 16	- výpočet provést v 1 směru,
	- uvažovat rovinný terén, ve vzdál. 5 km převýšení terénu
100 m	
	- drsnost 0.1 m do 10 km včetně, dále 0.3 m
Počet vzdáleností:	20
Vzdálenosti:	1, 3, 5, 10, 20, 50, 100 km
Výška výpustí:	45 m
Tepelná vydatnost zdroje :	neuvažovat
Výstupní rychlost výpustí:	neuvažovat
Blízké budovy:	kolmo na směr větru , výška 154 m, šířka
190 m	
Srážky:	2 mm/hod
Inverze:	výška inverzní vrstvy 200 m
Doba trvání úniku:	10 hod
Zdrojový člen:	
	Xe135 10Bq/s
	I131aerosol. 10Bq/s
	I131org. 1Bq/s
	I135 aerosol. 10Bq/s
	I135 org. 1Bq/s
	Cs137 10Bq/s
Kritická skupina obyvatel:	dospělí

Úkol: Provést následující výpočty:

1. průběh přízemní objemové aktivity jednotlivých radionuklidů v ose vlečky v závislosti na vzdálenosti od zdroje
2. průběh plošné aktivity deponované na zemském povrchu pod osou vlečky v závislosti na vzdálenosti od zdroje
3. průběh roční efektivní dávky v závislosti na vzdálenosti od zdroje - rozložit na příspěvky od jednotlivých cest ozáření
4. průběh roční ekvivalentní dávky na štítnou žlázu v závislosti na vzdálenosti od zdroje

Při výpočtu neuvažovat odstraňování spadu z povrchu.

Respektování skutečné dynamiky úniků pro sekvence vážné havárie typu LOCA

Do souhrnu podrobně uvádím i závažný únik analyzovaný v minulosti při srovnávacím procesu v Melku. Identifikace sekvence je udána jako LOCA ETE IIA, kdy pro zdrojový člen jsou definovány následující určující atributy, události a procesy.

Z původního zadání ve stručnosti ocitujeme:

- Sekvence je zadaná jako velká LOCA nehoda (iniciační událost), tzn. že od začátku scénáře je primární okruh otevřen do kontejnmentu a štěpné produkty uvolněné z paliva se tedy mohou okamžitě objevit v kontejnmentu.
- Kontejnment je v průběhu analyzované sekvence (24 hodin) hermetický, únik štěpných produktů je řízen provozní rychlostí úniku atmosféry a tlakem uvnitř kontejnmentu.
- Sprchový systém je během celého scénáře provozuschopný a významně se podílí na odstraňování štěpných produktů z atmosféry a samozřejmě na vývoji tlaku v kontejnmentu.
- Výměník tepla, který je součástí sprchového systému, je v průběhu sekvence provozuschopný, odvádí zbytkový výkon z kontejnmentu, udržuje teplotu vody v jímce na nízké hodnotě a tím zabraňuje úniku štěpných produktů vázaných v jímce, ke kterému by mohlo dojít v případě varu vody.
- Předpoklad rozlité taveniny ze šachty reaktoru a vytvoření bazénu taveniny na ploše 100 m² vede k významnému přerozdělení štěpných produktů. Pouze menší část jich zůstane v bazénu roztaveného materiálu, značný podíl uniká do atmosféry.
- Časový průběh úniku radioaktivních izotopů do okolí elektrárny je určen zejména:
 - dehermetizací palivových elementů a únikem plynných štěpných produktů do primárního okruhu a kontejnmentu a
 - selháním dna reaktorové nádoby a přesunem trosk aktivní zóny z nádoby do šachty reaktoru.

Zpočátku asi do 2 200-sté vteřiny jsou veškeré štěpné produkty vázány v palivových elementech. Po jejich dehermetizaci část štěpných produktů pronikne do atmosféry, odkud je rychle vymývána sprchovým systémem. Proces uvolňování štěpných produktů pokračuje i při postupující degradaci aktivní zóny. V čase selhání dna reaktorové nádoby je v palivu (aktivní zóně) vázáno asi 70% štěpných produktů - zdrojů rozpadového tepla, zbývající část je převážně spláchnuta do hlavní cirkulační jímky, mnohem menší část je v atmosféře (vzácné plyny, které nelze sprchováním odstranit) nebo usazená na povrchu technologických struktur. Po selhání dna dojde k rychle probíhajícímu přerozdělení.

Z množství štěpných produktů, které jsou v okamžiku selhání dna v troskách aktivní zóny, se do šachty okamžitě přesunou asi 2/3 tohoto množství, 1/3 se rychle uvolní do atmosféry. V dalším průběhu sekvence pokračuje uvolňování štěpných produktů z hladiny bazénu roztaveného materiálu do atmosféry, čímž se podíl štěpných produktů - zdrojů tepla v bazénu taveniny sníží asi na 40% původního množství štěpných produktů, které byly vázány v troskách aktivní zóny těsně před selháním dna reaktorové nádoby. Radioizotopy uvolněné do atmosféry jsou sprchami vymývány a přesouvají se do hlavní cirkulační jímky. V závěru sekvence je převažující část štěpných produktů v hlavní jínce (asi 59%), asi 29% zůstává v bazénu taveniny, přibližně 9% je usazeno na povrchu technologických struktur a zbývající asi 3% jsou v atmosféře.

Štěpné produkty se uvolňují a jsou v primárním okruhu a v kontejnmentu přemísťovány v podstatě ve třech základních formách:

- nekondenzovatelné plyny; v této podobě jsou uvolňovány vzácné plyny,
- páry; tak jsou uvolňovány těkavé prvky, ale většinou rychle dochází k usazování (kondenzaci) par na povrchu komponent primárního okruhu a kontejnmentu či na povrchu aerosolových částic,
- aerosoly; štěpné produkty jsou usazeny na aerosolových částicích inertního charakteru (částičky konstrukčních materiálů, kapičky vody a částice tvořené komponentami betonu).

Vzácné plyny se uvolňují okamžitě po dehermetizaci palivových článků, neboť jsou součástí plynové náplně v mezeře mezi palivem a povlakem. S růstem teploty se uvolňují postupně těkavé prvky v závislosti na teplotě paliva a usazují se na povrchu většinou aerosolových částic. Z bazénu roztaveného materiálu se radionuklidy uvolňují vesměs jako součásti (vrstvičky) aerosolových částic, tvořených z komponent betonu.

Štěpné produkty jsou směsí velkého množství izotopů prakticky všech prvků Mendělejevovy tabulky včetně transuranů. Aby bylo možno toto široké spektrum radioizotopů popsat a analyzovat, jsou sdruženy do skupin podle svých chemických a fyzikálních vlastností. Analýza byla provedena podle programu MELCOR, u kterého je v základním modelu štěpných produktů definováno dvanáct skupin radioaktivních izotopů:

1.	Vzácné plyny:	do této skupiny jsou zařazeny všechny vzácné plyny He, Ne, Ar, Kr, Xe, Rn případně radioaktivní izotopy vodíku a dusíku.
2.	Alkalické kovy - skupina Cs:	zahrnuje Cs, Li, K, Na, Rb, Fr, Cu
3.	Alkalické zeminy - skupina Ba:	do této skupiny patří Be, Mg, Ca, Sr, Ba, Ra, Es, Fm
4.	Halogeny - skupina I:	tato skupina obsahuje F, Cl, Br, I, At
5.	Chalcogeny - skupina Te:	do skupiny patří: O, S, Se, Te, Po
6.	Platinoidy - skupina Ru:	následující prvky jsou zařazeny do této skupiny: Ru, Rh, Pd, Re, Os, Ir, Pt, Au, Ni
7.	Skupina molybdenu - Mo:	zahrnuje V, Cr, Fe, Co, Mn, Nb, Mo, Tc, Ta, W
8.	Tetravalentní prvky - skupina Ce:	do této skupiny patří: Ti, Zr, Hf, Ce, Th, Pa, Np, Pu, C
9.	Trivalentní prvky - skupina La:	obsahuje Al, Se, Y, La, Ac, Pr, Nd, Pm, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Am, Cm, Bk, Cf
10.	Skupina uranu - U:	obsahuje uran
11.	Hlavní skupina těžavějších prvků - skupina Cd:	zahrnuje Cd, Hg, Zn, As, Sb, Pb, Tl, Bi
12.	Hlavní skupina méně těžavých prvků - skupina Sn:	do této skupiny jsou zařazeny následující prvky: Ga, Ge, In, Sn, Ag

Kód MELCOR umožňuje uživateli kódu definovat si další skupiny, které mohou zachytit vytváření chemických sloučenin štěpných produktů. S hlediska zdrojového členu je velmi významná chemická reakce mezi Cs a I, kdy vzniká CsI, jehož chování je výrazně odlišné od molekulárního jódu, který se chová jako plyn. Proto byla pro analýzu sekvence IIA zavedena třináctá skupina, která zachycuje vysokou chemickou afinitu mezi Cs a I:

13.	Skupina CsI:	tato skupina popisuje vznik a transport CsI a zachování bilance obou prvků v odpovídajících skupinách.
-----	--------------	--

Prakticky veškerý jód produkovaný štěpnou reakcí je veden v této skupině, i když se ukazuje, že určitá část jódu se může vyskytnout i v molekulární podobě či ve formě organických sloučenin jódu, které se chovají jiným způsobem než CsI.

Podle původního zadání je celkový únik do okolí v trvání téměř 24 hodin rozdělen na určitý diskrétní počet dílčích úniků. Počet „balíků“ úniku byl stanoven na základě časového průběhu úniku všech 13 skupin štěpných produktů tak, aby v daném časovém intervalu byla rychlost úniku alespoň přibližně stálá tzn., že křivka kumulovaného úniku je podobná nebo může být aproximována přímkou. Ke změně rychlosti úniků dochází přibližně v následujících časech:

7 000 s, 8 500 s, 10 000 s, 13 500 s, 18 000 s, 25 100 s a 27 000 s.

Tyto časové body rozdělují časovou škálu trvání sekvence na **8 časových intervalů** - „balíků“:

$$2\ 200\ \text{s} \div 7\ 000\ \text{s}$$

$$7\ 000\ \text{s} \div 8\ 500\ \text{s}$$

8 500 s	÷	10 000 s
10 000 s	÷	13 500 s
13 500 s	÷	18 000 s
18 000 s	÷	25 100 s
25 100 s	÷	27 000 s
27 000 s	÷	86 400 s

Z údajů uvedených shora vyplývá, že doba trvání jednotlivých „balíků“ je postupně:

80 min.
25 min.
25 min.
58,33 min.
75 min.
118,33 min.
31,67 min.
990 min.

Relativní podíl jednotlivých izotopů uniklých z kontejnmentu do okolí se určí z tabulky 1, kde jsou uvedeny relativní úniky jednotlivých skupin radioaktivních izotopů v jednotlivých časových intervalech (balících). Podíly jednotlivého izotopu se určí podle jeho příslušnosti do skupiny. Pro izotopy Cs je výsledný relativní únik dán součtem úniků ve skupině 2 a 13, pro izotopy jódu součtem úniků ve skupině 4 a 13. Nulový únik jódu z kontejnmentu v závěrečné části sekvence (viz řádek 4 v tabulce 2) je způsoben tím, že v této fázi je již veškerý jód vázán chemicky s cesiem. Únik izotopů jódu v podobě organické sloučeniny (označený „o“) a v elementární formě (označený „e“) je určen poměrem 1 : 9 podle doporučení VÚJE.

TABULKA 1 : Relativní úniky jednotlivých skupin radioaktivních izotopů v jednotlivých časových intervalech (balících)

Skupina štěpných produktů	Relativní únik							
	Balík 1 2200÷7000 s	Balík 2 7000÷8500 s	Balík 3 8500÷10000 s	Balík 4 10000÷13500 s	Balík 5 13500÷18000 s	Balík 6 18000÷25100 s	Balík 7 25100÷27000 s	Balík 8 27000÷86400 s
1 (vzácné plyny)	1.19E-05	2.71E-06	5.25E-06	1.07E-05	9.91E-06	5.85E-07	1.01E-05	4.38E-04
2 (Cs)	3.27E-06	1.54E-07	2.67E-07	1.81E-07	2.44E-08	2.01E-08	0.0	7.80E-09
3 (Ba)	4.53E-08	5.04E-09	7.17E-09	5.36E-09	1.43E-09	3.27E-10	1.35E-07	4.00E-10
4 (I)	5.40E-07	1.39E-08	1.37E-08	2.40E-09	7.80E-10	0.0	0.0	0.0
5 (Te)	3.13E-06	1.60E-07	2.26E-07	1.54E-07	4.12E-08	2.05E-08	7.50E-09	1.24E-08
6 (Ru)	5.15E-07	6.51E-08	8.42E-08	6.06E-08	1.56E-08	3.72E-09	3.50E-10	8.80E-10
7 (Mo)	1.33E-08	1.53E-09	2.19E-09	1.64E-09	4.42E-10	9.50E-11	4.70E-11	2.40E-11
8 (Ce)	4.45E-10	5.15E-11	7.38E-11	5.52E-11	1.51E-11	4.09E-11	2.85E-07	5.30E-10
9 (La)	4.38E-09	1.71E-10	2.23E-10	1.65E-10	4.77E-11	3.38E-11	1.63E-07	3.30E-10
10 (U)	1.25E-09	1.58E-10	2.31E-10	1.78E-10	4.68E-11	9.90E-12	3.22E-09	1.00E-11
11 (Cd)	2.35E-06	1.09E-07	8.14E-08	6.91E-08	9.60E-09	1.31E-08	2.00E-10	3.50E-09
12 (Sn)	2.35E-06	1.09E-07	8.21E-08	6.93E-08	9.90E-09	1.29E-08	0.0	3.00E-09
13 (CsI)	3.49E-06	1.53E-07	2.27E-07	1.32E-07	1.90E-08	1.90E-08	0.0	5.00E-09

TABULKA 2: Přepočet zadaného zdrojového členu na absolutní úniky individuálních radionuklidů v jednotlivých intervalech
Respektován formát vyžadovaný systémem RODOS – 24 půlhodinových úniků, max. 15 nuklidů (vyznačeny v tabulce žlutě) uvažovaných v jednom běhu RODOS úlohy

Doba úniku	hod	0 - 0,5	1 - 1,5	2 - 2,5	2,5 - 3	3,5 - 4	4,5 - 5	6 - 6,5	7 - 7,5	
	Inventář v AZ	Balík 1	Balík 2	Balík 3	Balík 4	Balík 5	Balík 6	Balík 7	Balík 8	Sumární únik
Nuklid	Bq	Bq	Bq	Bq	Bq	Bq	Bq	Bq	Bq	Bq
Br84	3,67E+17	1,28E+12	5,62E+10	8,33E+10	4,84E+10	6,97E+09	6,97E+09	0,00E+00	1,84E+09	1,48E+12
Br87	8,30E+17	2,90E+12	1,27E+11	1,88E+11	1,10E+11	1,58E+10	1,58E+10	0,00E+00	4,15E+09	3,36E+12
Kr85m	4,28E+17	5,09E+12	1,16E+12	2,25E+12	4,58E+12	4,24E+12	2,50E+11	4,32E+12	1,87E+14	2,09E+14
Kr85	1,38E+16	1,64E+11	3,74E+10	7,25E+10	1,48E+11	1,37E+11	8,07E+09	1,39E+11	6,04E+12	6,75E+12
Kr 87	8,43E+17	1,00E+13	2,28E+12	4,43E+12	9,02E+12	8,35E+12	4,93E+11	8,51E+12	3,69E+14	4,12E+14
Kr88	1,14E+18	1,36E+13	3,09E+12	5,99E+12	1,22E+13	1,13E+13	6,67E+11	1,15E+13	4,99E+14	5,58E+14
Kr89	1,48E+18	1,76E+13	4,01E+12	7,77E+12	1,58E+13	1,47E+13	8,66E+11	1,49E+13	6,48E+14	7,24E+14
Kr90	1,57E+18	1,87E+13	4,25E+12	8,24E+12	1,68E+13	1,56E+13	9,18E+11	1,59E+13	6,88E+14	7,68E+14
Rb86	2,73E+14	8,93E+08	4,20E+07	7,29E+07	4,94E+07	6,66E+06	5,49E+06	0,00E+00	2,13E+06	1,07E+09
Rb88	1,15E+18	3,76E+12	1,77E+11	3,07E+11	2,08E+11	2,81E+10	2,31E+10	0,00E+00	8,97E+09	4,51E+12
Rb89	1,52E+18	4,97E+12	2,34E+11	4,06E+11	2,75E+11	3,71E+10	3,06E+10	0,00E+00	1,19E+10	5,96E+12
Rb90	1,45E+18	4,74E+12	2,23E+11	3,87E+11	2,62E+11	3,54E+10	2,91E+10	0,00E+00	1,13E+10	5,69E+12
Sr89	1,56E+18	7,07E+10	7,86E+09	1,12E+10	8,36E+09	2,23E+09	5,10E+08	2,11E+11	6,24E+08	3,12E+11
Sr90	1,09E+17	4,94E+09	5,49E+08	7,82E+08	5,84E+08	1,56E+08	3,56E+07	1,47E+10	4,36E+07	2,18E+10
Sr91	2,04E+18	9,24E+10	1,03E+10	1,46E+10	1,09E+10	2,92E+09	6,67E+08	2,75E+11	8,16E+08	4,08E+11
Y90	1,14E+17	4,99E+08	1,95E+07	2,54E+07	1,88E+07	5,44E+06	3,85E+06	1,86E+10	3,76E+07	1,92E+10
Y91	2,08E+18	9,11E+09	3,56E+08	4,64E+08	3,43E+08	9,92E+07	7,03E+07	3,39E+11	6,86E+08	3,50E+11
Zr95	2,88E+18	1,28E+09	1,48E+08	2,13E+08	1,59E+08	4,35E+07	1,18E+08	8,21E+11	1,53E+09	8,24E+11
Zr97	2,92E+18	1,30E+09	1,50E+08	2,15E+08	1,61E+08	4,41E+07	1,19E+08	8,32E+11	1,55E+09	8,36E+11
Nb95	2,87E+18	3,82E+10	4,39E+09	6,29E+09	4,71E+09	1,27E+09	2,73E+08	1,35E+08	6,89E+07	5,53E+10
Mo99	3,11E+18	4,14E+10	4,76E+09	6,81E+09	5,10E+09	1,37E+09	2,95E+08	1,46E+08	7,46E+07	5,99E+10
Tc99m	2,74E+18	3,64E+10	4,19E+09	6,00E+09	4,49E+09	1,21E+09	2,60E+08	1,29E+08	6,58E+07	5,28E+10
Ru103	2,42E+18	1,25E+12	1,58E+11	2,04E+11	1,47E+11	3,78E+10	9,00E+09	8,47E+08	2,13E+09	1,80E+12
Ru105	1,75E+18	9,01E+11	1,14E+11	1,47E+11	1,06E+11	2,73E+10	6,51E+09	6,13E+08	1,54E+09	1,30E+12
Ru106	8,82E+17	4,54E+11	5,74E+10	7,43E+10	5,34E+10	1,38E+10	3,28E+09	3,09E+08	7,76E+08	6,57E+11
Rh105	9,75E+17	5,02E+11	6,35E+10	8,21E+10	5,91E+10	1,52E+10	3,63E+09	3,41E+08	8,58E+08	7,27E+11
Te127m	2,60E+16	8,14E+10	4,16E+09	5,88E+09	4,00E+09	1,07E+09	5,33E+08	1,95E+08	3,22E+08	9,75E+10

Doba úniku	hod	0 - 0,5	1 - 1,5	2 - 2,5	2,5 - 3	3,5 - 4	4,5 - 5	6 - 6,5	7 - 7,5	
	Inventář v AZ	Balík 1	Balík 2	Balík 3	Balík 4	Balík 5	Balík 6	Balík 7	Balík 8	Sumární únik
Nuklid	Bq	Bq	Bq	Bq	Bq	Bq	Bq	Bq	Bq	Bq
Te127	1,71E+17	5,35E+11	2,74E+10	3,86E+10	2,63E+10	7,05E+09	3,51E+09	1,28E+09	2,12E+09	6,42E+11
Te129m	1,48E+17	4,63E+11	2,37E+10	3,34E+10	2,28E+10	6,10E+09	3,03E+09	1,11E+09	1,84E+09	5,55E+11
Te129	5,34E+17	1,67E+12	8,54E+10	1,21E+11	8,22E+10	2,20E+10	1,09E+10	4,01E+09	6,62E+09	2,00E+12
Te131m	1,75E+17	5,48E+11	2,80E+10	3,96E+10	2,70E+10	7,21E+09	3,59E+09	1,31E+09	2,17E+09	6,57E+11
Te132	2,35E+18	7,36E+12	3,76E+11	5,31E+11	3,62E+11	9,68E+10	4,82E+10	1,76E+10	2,91E+10	8,82E+12
Sb127	1,71E+17	4,02E+11	1,86E+10	1,39E+10	1,18E+10	1,64E+09	2,24E+09	3,42E+07	5,99E+08	4,51E+11
Sb129	5,52E+17	1,30E+12	6,02E+10	4,49E+10	3,81E+10	5,30E+09	7,23E+09	1,10E+08	1,93E+09	1,46E+12
I131o	1,65E+17	5,76E+10	2,52E+09	3,75E+09	2,18E+09	3,14E+08	3,14E+08	0,00E+00	8,25E+07	6,67E+10
I132o	2,38E+17	8,31E+10	3,64E+09	5,40E+09	3,14E+09	4,52E+08	4,52E+08	0,00E+00	1,19E+08	9,63E+10
I133o	3,34E+17	1,17E+11	5,11E+09	7,58E+09	4,41E+09	6,35E+08	6,35E+08	0,00E+00	1,67E+08	1,35E+11
I134o	3,71E+17	1,29E+11	5,68E+09	8,42E+09	4,90E+09	7,05E+08	7,05E+08	0,00E+00	1,86E+08	1,50E+11
I135o	3,37E+17	1,18E+11	5,16E+09	7,65E+09	4,45E+09	6,40E+08	6,40E+08	0,00E+00	1,69E+08	1,36E+11
I131e	1,49E+18	4,68E+12	2,06E+11	3,04E+11	1,77E+11	2,55E+10	2,55E+10	0,00E+00	6,71E+09	5,42E+12
I132e	2,15E+18	6,75E+12	2,97E+11	4,39E+11	2,56E+11	3,68E+10	3,68E+10	0,00E+00	9,68E+09	7,83E+12
I133e	3,01E+18	9,45E+12	4,15E+11	6,14E+11	3,58E+11	5,15E+10	5,15E+10	0,00E+00	1,35E+10	1,10E+13
I134e	3,34E+18	1,05E+13	4,61E+11	6,81E+11	3,97E+11	5,71E+10	5,71E+10	0,00E+00	1,50E+10	1,22E+13
I135e	3,03E+18	9,51E+12	4,18E+11	6,18E+11	3,61E+11	5,18E+10	5,18E+10	0,00E+00	1,36E+10	1,10E+13
Xe133	3,25E+18	3,87E+13	8,81E+12	1,71E+13	3,48E+13	3,22E+13	1,90E+12	3,28E+13	1,42E+15	1,59E+15
Xe135	1,07E+18	1,27E+13	2,90E+12	5,62E+12	1,14E+13	1,06E+13	6,26E+11	1,08E+13	4,69E+14	5,23E+14
Xe138	2,80E+18	3,33E+13	7,59E+12	1,47E+13	3,00E+13	2,77E+13	1,64E+12	2,83E+13	1,23E+15	1,37E+15
Cs134	3,07E+17	2,08E+12	9,42E+10	1,52E+11	9,61E+10	1,33E+10	1,20E+10	0,00E+00	3,93E+09	2,45E+12
Cs136	1,57E+17	1,06E+12	4,82E+10	7,76E+10	4,91E+10	6,81E+09	6,14E+09	0,00E+00	2,01E+09	1,25E+12
Cs137	1,57E+17	1,06E+12	4,82E+10	7,76E+10	4,91E+10	6,81E+09	6,14E+09	0,00E+00	2,01E+09	1,25E+12
Cs138	2,95E+18	1,99E+13	9,06E+11	1,46E+12	9,23E+11	1,28E+11	1,15E+11	0,00E+00	3,78E+10	2,35E+13
Ba140	2,95E+18	1,34E+11	1,49E+10	2,12E+10	1,58E+10	4,22E+09	9,65E+08	3,98E+11	1,18E+09	5,90E+11
La140	3,05E+18	1,34E+10	5,22E+08	6,80E+08	5,03E+08	1,45E+08	1,03E+08	4,97E+11	1,01E+09	5,13E+11
Ce141	2,79E+18	1,24E+09	1,44E+08	2,06E+08	1,54E+08	4,21E+07	1,14E+08	7,95E+11	1,48E+09	7,99E+11
Ce143	2,58E+18	1,15E+09	1,33E+08	1,90E+08	1,42E+08	3,90E+07	1,06E+08	7,35E+11	1,37E+09	7,38E+11
Ce144	1,89E+18	8,41E+08	9,73E+07	1,39E+08	1,04E+08	2,85E+07	7,73E+07	5,39E+11	1,00E+09	5,41E+11
Součet	7,98E+19									6,28E+15

Scénáře k ověření správnosti lokálních souborů pro verzi HARP s podrobnějším rozdělení na 42 radiálních vzdáleností (Objednávka č. ASIM7002/2012-02) – běhy demonstračních úloh s lokálními daty pro JE Temelín a JE Dukovany

A) Modifikace původního MELK Case2 scénáře, 6 segmentů, hodinové změny počasí, lokalizováno pro ETE.

DISPERZNI MODEL | INGESČNÍ MODEL

ZÁKLADNÍ PARAMETRY | OCHUZOVÁNÍ VLEČKY | BLÍZKÉ OBJEKTY | **SEGMENTY ÚNIKŮ A GRUPY NUKLIDŮ** | METEOROLOGICKÉ SEKVENCE

Dostupné nuklidy

- H3
- BE7
- C14
- F18
- NA22
- NA24
- CL38
- AR41
- K42
- CR51
- MN54
- MN56
- FE55

Vybrané nuklidy

- KR85M
- KR87
- KR88
- SR89
- SR90
- TE131M
- TE132
- I131
- I132
- I133
- I134
- I135
- XE133

Název zdrojového členu

Popis zdrojového členu

Počet segmentů

Vlastnosti jednotlivých segmentů

	1	2	3	4	5	6
doba úniku [hod]	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
tepelná vydatnost [kW]	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
vertikální rychlost [m/s]	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
výška zdroje úniku [m]	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0

Zdrojový člen v jednotlivých hodinách

	1	2	3	4	5	6
KR85M	3.33E+13	4.66E+16	2.68E+15	2.68E+15	2.68E+15	2.68E+15
KR87	7.03E+15	9.84E+16	5.63E+15	5.63E+15	5.63E+15	5.63E+15
KR88	1.04E+14	1.45E+16	8.30E+15	8.30E+15	8.30E+15	8.30E+15
SR89	4.49E+12	1.35E+16	5.63E+14	5.63E+14	5.63E+14	5.63E+14
SR90	4.82E+11	1.45E+15	6.03E+13	6.03E+13	6.03E+13	6.03E+13
TE131M	2.46E+12	8.95E+14	1.50E+14	1.50E+14	1.50E+14	1.50E+14
TE132	1.80E+13	6.50E+15	1.10E+15	1.10E+15	1.10E+15	1.10E+15
I131	1.57E+14	1.10E+16	3.15E+15	3.15E+15	3.15E+15	3.15E+15
I132	2.28E+14	1.60E+16	4.55E+15	4.55E+15	4.55E+15	4.55E+15
I133	3.20E+14	2.24E+16	6.40E+15	6.40E+15	6.40E+15	6.40E+15
I134	3.51E+14	2.46E+16	7.00E+15	7.00E+15	7.00E+15	7.00E+15
I135	3.00E+14	2.10E+16	6.00E+15	6.00E+15	6.00E+15	6.00E+15
XE133	3.21E+14	4.49E+17	2.58E+16	2.58E+16	2.58E+16	2.58E+16
XE135	6.83E+14	9.56E+16	5.45E+15	5.45E+15	5.45E+15	5.45E+15
CS134	2.10E+12	2.36E+16	1.31E+15	1.31E+15	1.31E+15	1.31E+15
CS136	5.04E+11	5.67E+15	3.15E+14	3.15E+14	3.15E+14	3.15E+14
CS137	1.32E+12	1.48E+16	8.23E+14	8.23E+14	8.23E+14	8.23E+14

Výpočet probíhal s meteopodmínkami:

ZÁKLADNÍ PARAMETRY | OCHUZOVÁNÍ VLEČKY | BLÍZKÉ OBJEKTY | SEGMENTY ÚNIKŮ A GRUPY NUKLIDŮ | METEOROLOGICKÉ SEKVENCE

Typ meteorologických dat
 Stáčení segmentu podle bodových hodinových meteosekvencí
 Stáčení segmentu podle hodinových bodových předpovědí

Načíst meteo z archivu | Uložit meteo do archivu

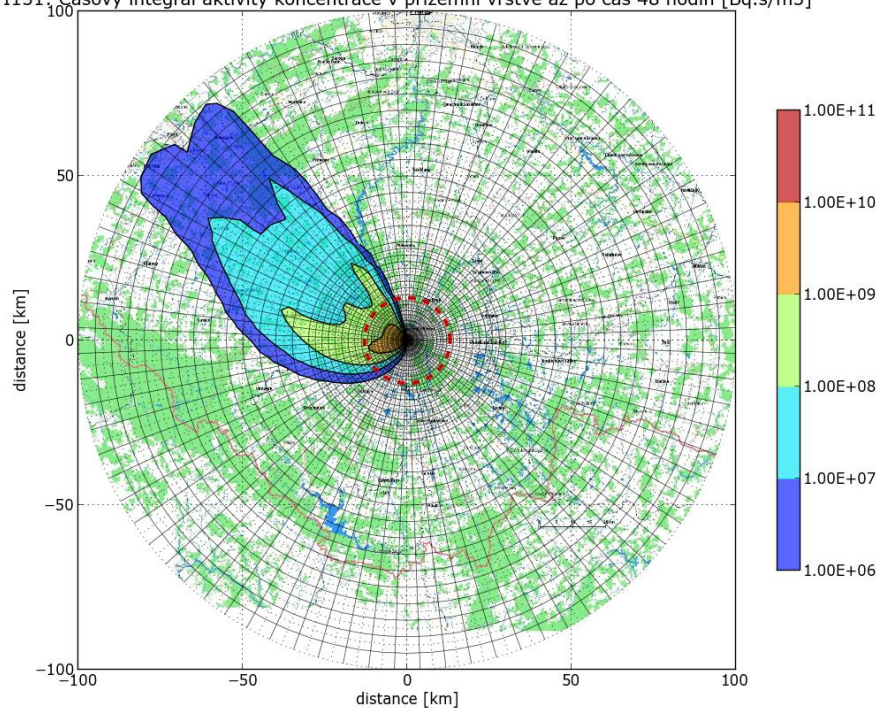
Titulní řádka
 METEOSEKVENCE - PF_SURO_7June_2012- modifikace Melk_Case2.wea, expanz

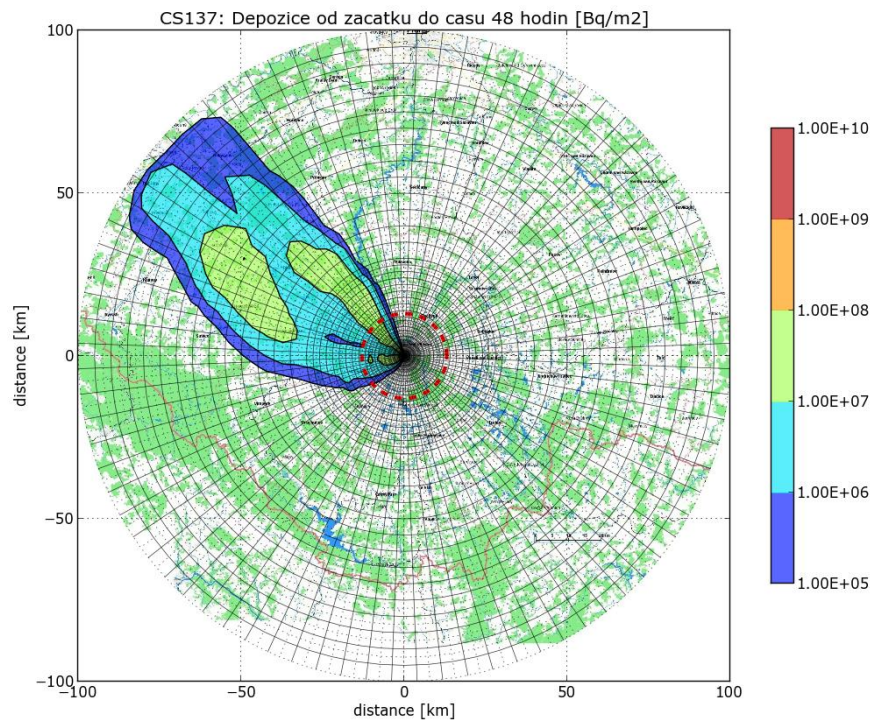
Počasí v jednotlivých segmentech

	Trvání [hod]	Počátek [hod]	Směr větru [deg]	Rychlost větru [m/s]	Kat. počasí (A-F)	Srážky [mm/h]	Hmix [m]
1	1.00	0.00	54.0	1.31	F	0.03	
2	1.00	1.00	70.0	1.48	F	0.03	
3	1.00	2.00	87.0	1.65	F	0.03	
4	1.00	3.00	103.0	1.82	F	0.03	
5	1.00	4.00	120.0	1.99	F	0.03	
6	1.00	5.00	136.0	2.16	D	0.50	
7	1.00	6.00	153.0	2.33	D	2.00	
8	1.00	7.00	145.0	2.31	C	5.00	
9	1.00	8.00	137.0	2.28	C	1.00	
10	1.00	8.00	137.0	2.28	C	1.00	
11	1.00	8.00	137.0	2.28	C	1.00	
12	1.00	8.00	137.0	2.28	C	1.00	
13	1.00	8.00	137.0	2.28	C	1.00	
14	1.00	8.00	137.0	2.28	C	1.00	
15	1.00	8.00	137.0	2.28	C	1.00	
16	1.00	8.00	137.0	2.28	C	1.00	
17	1.00	8.00	137.0	2.28	C	1.00	
18	1.00	8.00	137.0	2.28	C	1.00	
19	1.00	8.00	137.0	2.28	C	1.00	
20	1.00	8.00	137.0	2.28	C	1.00	
21	1.00	8.00	137.0	2.28	C	1.00	

Díličí výsledky lze zobrazit na obrazovce:

I131: Časový integrál aktivity koncentrace v prizemní vrstvě az po čas 48 hodin [Bq.s/m3]





Zobrazovací systém poskytuje širokou škálu možných výstupů, byly použity návody k zobrazování uvedené v draft verzi uživatelského manuálu z října 2012.

B) Propočet srovnávací varianty LOCA-Large Break pro lokální data pro JE Dukovany