

# 1.6

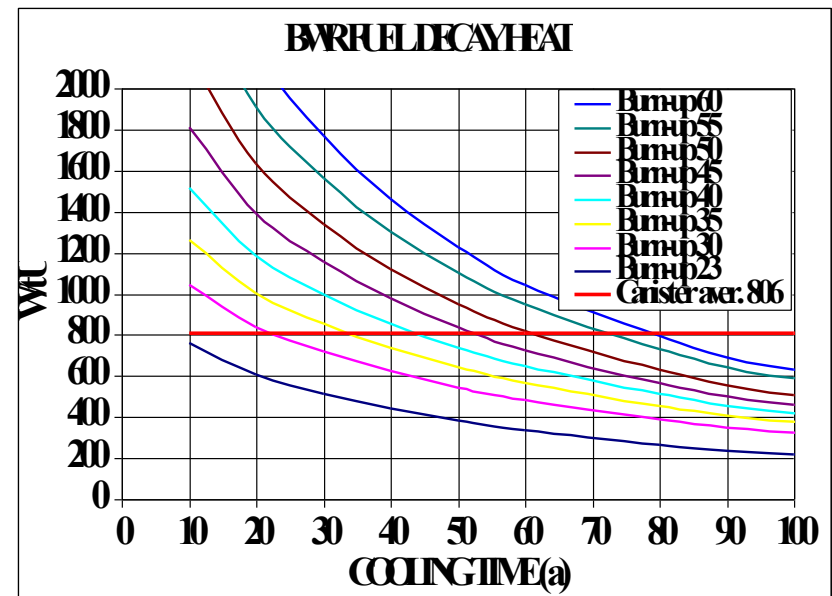
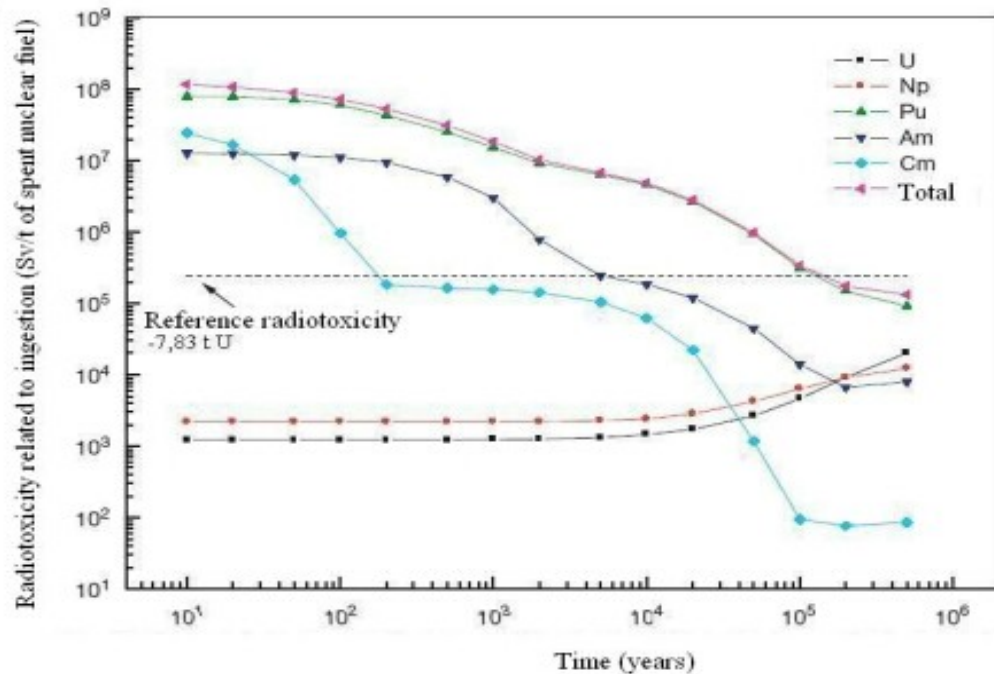
## Bezpečnostní rozbor jako průkaz dlouhodobé bezpečnosti úložiště (2)

### Úložiště hlubinná

- scénáře normálního vývoje HÚ
- příklady normálních scénářů vývoje
- scénáře nechtěné - intruzní
- Příklady nechtěného scénáře

# Bezpečnost ukládání VJP – VAO (1)

- Charakteristiky VJP/VAO z hlediska bezpečného nakládání – radiotoxická a zbytkové teplo



# Bezpečnost ukládání VJP – VAO (2)

- Základní požadavky na bezpečné ukládání VJP / VAO v HÚ (technologie a prostředí)
  1. Manipulovatelnost
    - Odstínění záření  $\gamma$  v pracovním prostředí na přípustnou míru
    - Radiační odolnost konstrukčních materiálů kontejneru – požadavek na plnění izolační funkce po danou dobu
  2. Tepelná zátěž okolního prostředí (a všech konstrukčních prvků) na takové úrovni, aby tyto konstrukční prvky a vlastní prostředí plnily své izolační funkce
  3. Nepřekročení limitů zátěže ŽP a kritické skupiny obyvatelstva

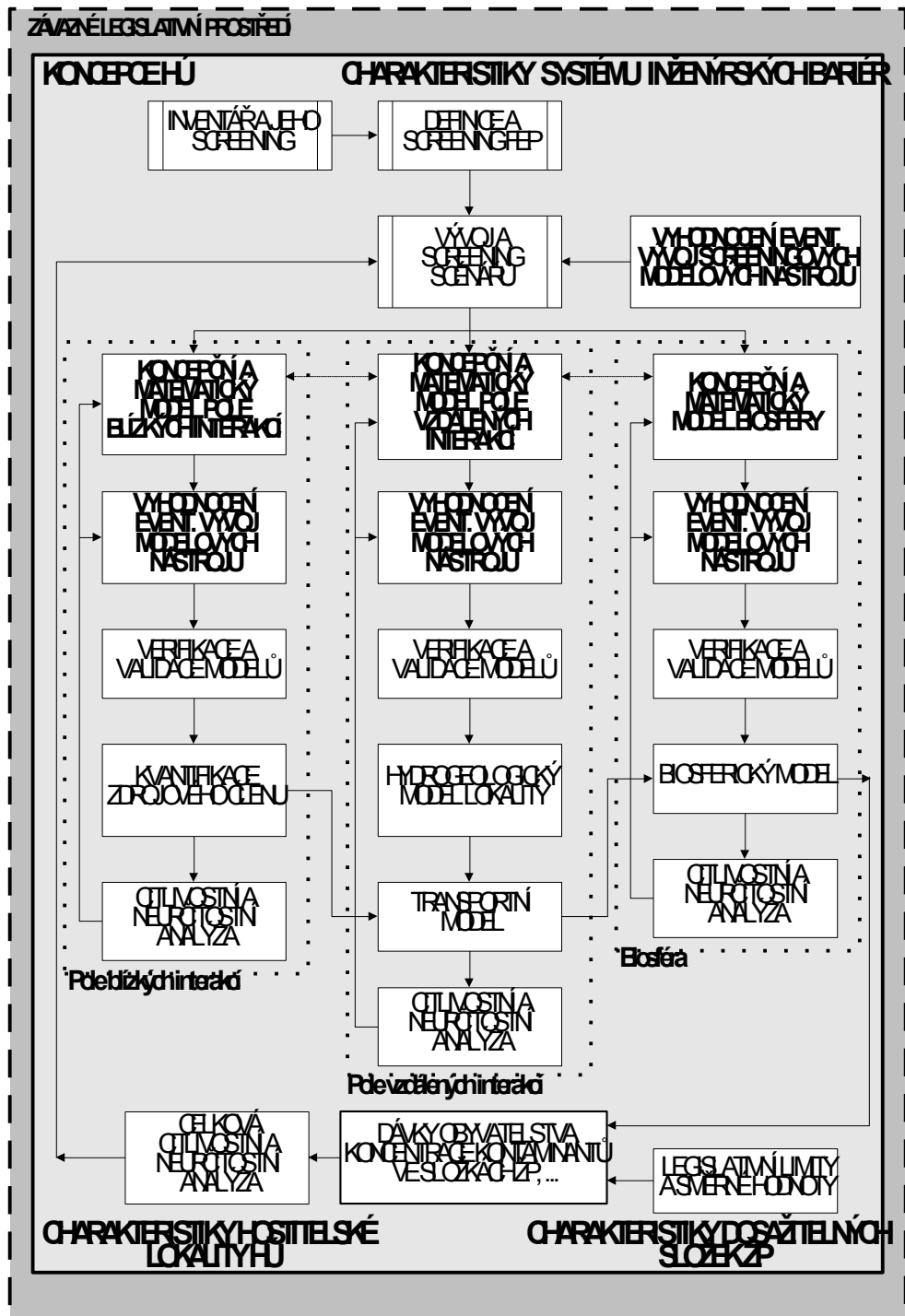
# Limity

- Podle vyhlášky č. 307/2002 Sb. o radiační ochraně
- Dávkové limity – limity omezující vliv ionizujícího záření na lidský organismus
- **Obyvatelstvo** – 1 mSv za kalendářní rok, resp. 5 mSv za dobu 5 za sebou jdoucích kalend. Roků
- **Pracovníci se zdroji záření** – max 100mSv za 5 kalend. let, resp. méně než 50 mSv v jednom roce

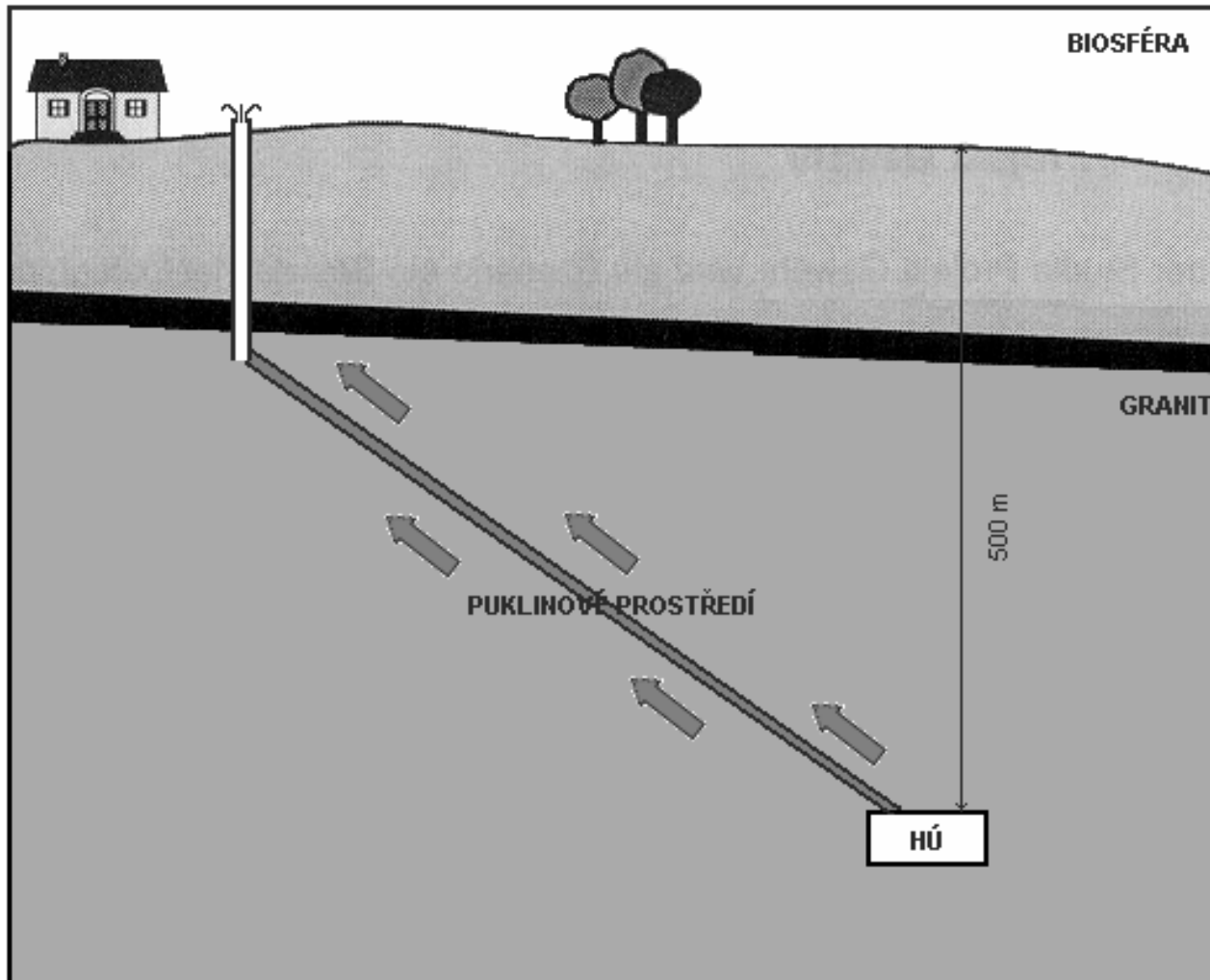
# Bezpečnost ukládání VJP – VAO (3)

- Splnění požadovaných bezpečnostních funkcí – multibariérový systém HÚ
  1. **Kontejner – úložný obalový soubor**
    - Izolační funkce po dobu 1 000 – 100 000 let
    - Tepelné zatížení okolních materiálů - < 90 °C
  2. **Výplňové (těsnicí) materiály** – mezi kontejnerem a horninou – na bázi bentonitu
    - Zabránění kontaktu s vodou – ochrana kontejneru před korozí
    - Přenos tepla z kontejneru do horninového prostředí
    - Retardační a izolační bariéra pro případ úniku radionuklidů – jen omezená izolační funkce
  3. **Horninové prostředí** – izolační funkce po dobu 100 T let – 1 M let = **hlavní izolační funkce úniku radionuklidů do ŽP**

# HÚ – schéma hodnocení bezpečnosti



# Bezpečnost HÚ – screeningový scénář transpotru radionuklidů do biosféry



# HÚ – kritické radionulidy

## Kritické nuklidy z inventáře VJP - I. (štěpné a aktivační nuklidy)

Nuklid	Poločas [r]	Nuklid	Poločas [r]	Nuklid	Poločas [r]
C-14	$5,73 \cdot 10^3$	Zr-93	$1,53 \cdot 10^6$	I-129	$1,57 \cdot 10^7$
Cl-36	$3,1 \cdot 10^5$	Nb-94	$2,03 \cdot 10^4$	Cs-135	$2,30 \cdot 10^6$
Ca-41	$1,03 \cdot 10^5$	Mo-93	$3,50 \cdot 10^3$	Cs-137	30,2
Ni-59	$7,5 \cdot 10^4$	Tc-99	$2,13 \cdot 10^5$		
Ni-63	100	Sn-126	$1,00 \cdot 10^5$		

## Kritické nuklidy z inventáře VJP - I. (aktinidy)

Nuklid	Poločas [r]	Nuklid	Poločas [r]	Nuklid	Poločas [r]
U-233	$1,62 \cdot 10^5$	Th-230	$8,00 \cdot 10^4$	Am-241	$4,70 \cdot 10^2$
U-234	$2,47 \cdot 10^5$	Ra-226	$1,60 \cdot 10^3$	Am-243	$7,38 \cdot 10^3$
U-235	$7,00 \cdot 10^8$	Pa-231	$3,25 \cdot 10^4$	Po-210	$3,79 \cdot 10^{-1}$
U-236	$3,42 \cdot 10^6$	Pu-239	$2,41 \cdot 10^4$	Pb-210	20,4
U-238	$4,51 \cdot 10^9$	Pu-240	$6,54 \cdot 10^3$	Np-236	$1,15 \cdot 10^5$
Th-229	$7,34 \cdot 10^3$	Pu-242	$3,76 \cdot 10^5$		



# Technologická proveditelnost HÚ

- Dostupné a ověřené technologie
  - Kontejner
  - Transportní a manipulační technologické nástroje
- Dostupné materiály
  - Konstrukční – kontejner
  - Výplňové materiály - jíly
- Vhodná lokalita s dostupnými inženýrskými sítěmi
  - Geologické prostředí vhodných izolačních vlastností



- **Ekonomická přijatelnost**

# Odvození scénářů vývoje HÚ a uvolňování radionuklidů

Tvorba scénářů je zjednodušena na

- 1) určení zdroje a
- 2) popis procesů ovlivňujících pohyb a osud radionuklidů ve složkách prostředí, popis míst, resp. činností, kde dochází ke kontaktu radionuklidu s organismem a určení možných expozičních vstupů (inhalace, požití).
- 3) Sledovanými cestami příjmu jsou potom míněny:
  - 1) podzemní voda,
  - 2) vzduch,
  - 3) povrchová voda,
  - 4) zevní ozáření pracovníků a obyvatelstva a
  - 5) potravinové řetězce.

# Standardně uvažované scénáře vývoje HÚ z hlediska prokázání jeho bezpečnosti

Primární scénáře (scénáře normálního i nechtěného) vývoje:

- Transport podzemní vodou (scénář normálního vývoje).
- Možnost nekontrolovatelného vniknutí osob do úložiště (intruzní scénář)

Ostatní scénáře zahrnující transport povrchovou vodou či zevní ozáření představují součást těchto scénářů po té, co se radionuklidy z geosféry dostanou do biosféry.

**Normální scénář** zahrnující všechny znaky, procesy a události, jež se s velkou pravděpodobností vyskytnou v úložišti.

- Alternativní scénáře iniciované znakem, událostí či procesem s malou pravděpodobností výskytu vedoucí k náhlému selhání bariér a uvolnění radionuklidů do životního prostředí (zemětřesení, náhlá klimatická změna, selhání bariér způsobené chybou projektu či aktivitou člověka ).

**Intruzní scénáře** vznikají v důsledku neúmyslné intruze člověka do úložiště s náda přímá kontaminace pracovníků či kontaminace obyvatel od kontaminovaných materiálů

- Toto rozdělení vychází jednak z analýzy FEPů, jednak z analýzy interakce mezi úložným systémem a okolním prostředím a jednotlivými subsystemy a komponentami úložného systému.

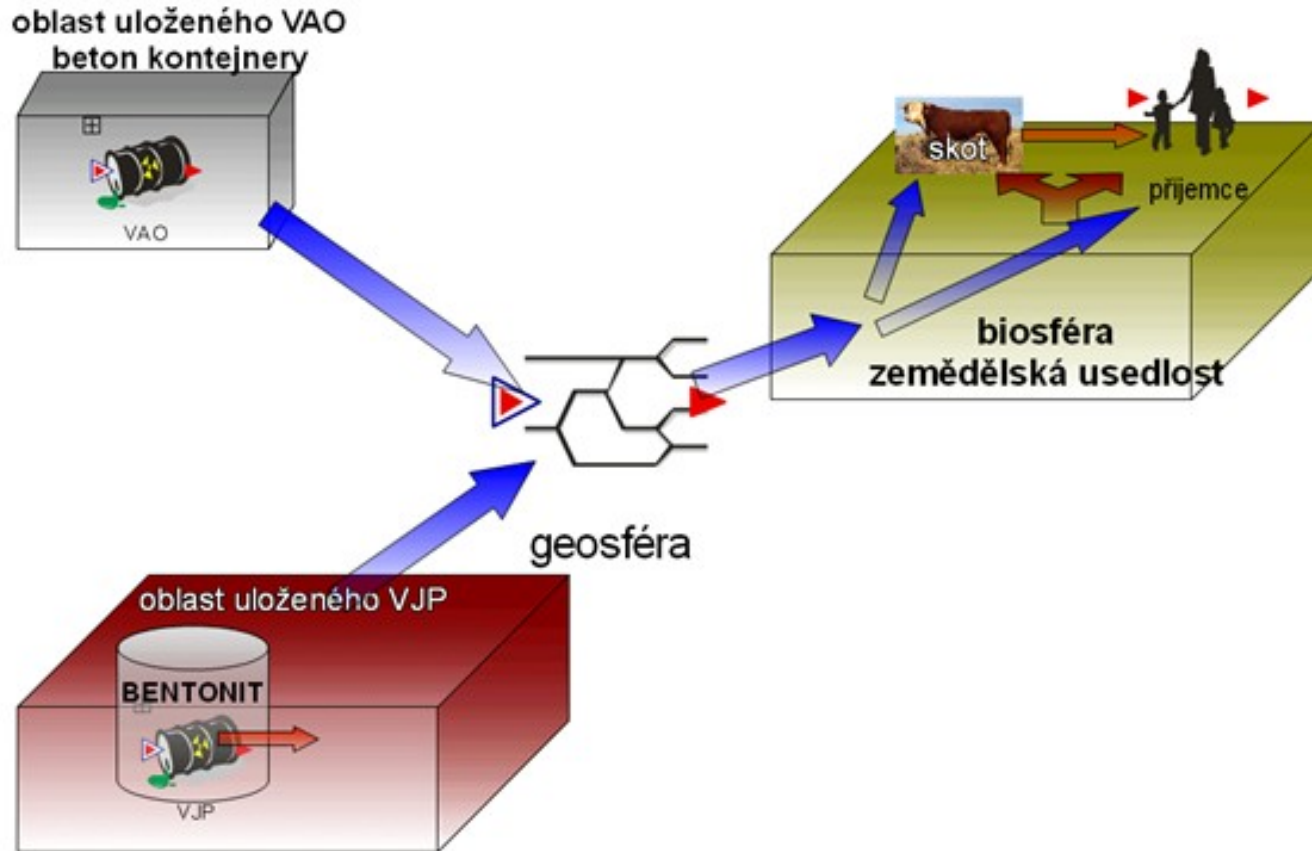
# Příklad scénářů z Referenčního projektu HÚ

Odvození scénářů vývoje úložiště a uvolnění radionuklidů .....	24
Normální vývoj úložiště .....	24
Alternativní scénáře .....	24
Alternativní scénáře vyvolané přírodní událostí.....	25
Alternativní scénáře vyvolané defektem inženýrské bariéry, chybou projektu, nedostatečným výzkumem či následným poškození úložného systému vlivem zásahu člověka.....	27
1 Předčasný defekt UOS .....	28
2 Defekt bentonitových prefabrikátů v superkontejneru.....	28
3 Defekt ztráty těsnění výrazných puklin či průzkumných vrtů či umístění superkontejnerů do nevhodného místa .....	28
4 Defekt výplňových a konstrukční materiálů.....	28
5 Defekt forem odpadu.....	28
6 Poškození úložného systému vlivem zásahu člověka do úložného systému.....	29
7 Nedostatečný či chybně provedený výzkum.....	29
Scénáře v důsledku interakcí komponent v úložišti .....	29
1 Tepelné interakce .....	30
2 <i>Hydro/hydrogeologické interakce</i> .....	30
3 Mechanické interakce .....	33
4 Chemické interakce.....	33
5 Jaderné interakce .....	34
6 Sdružené interakce.....	34
Intruzní scénáře.....	35

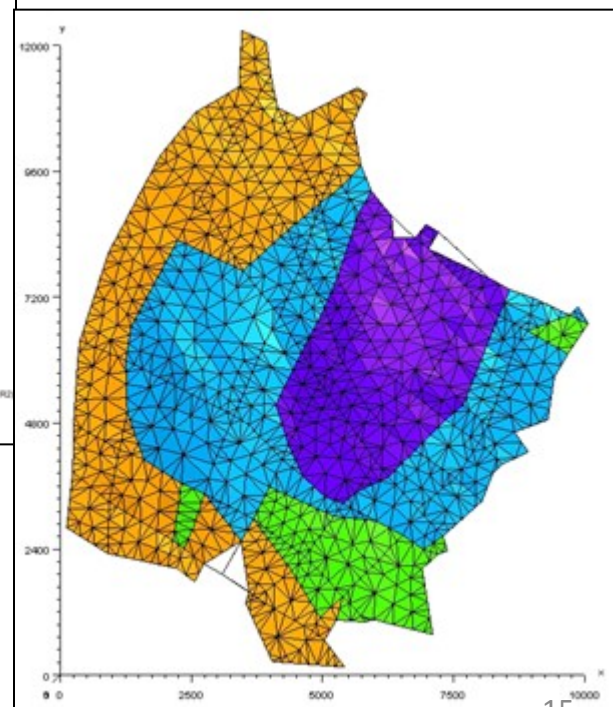
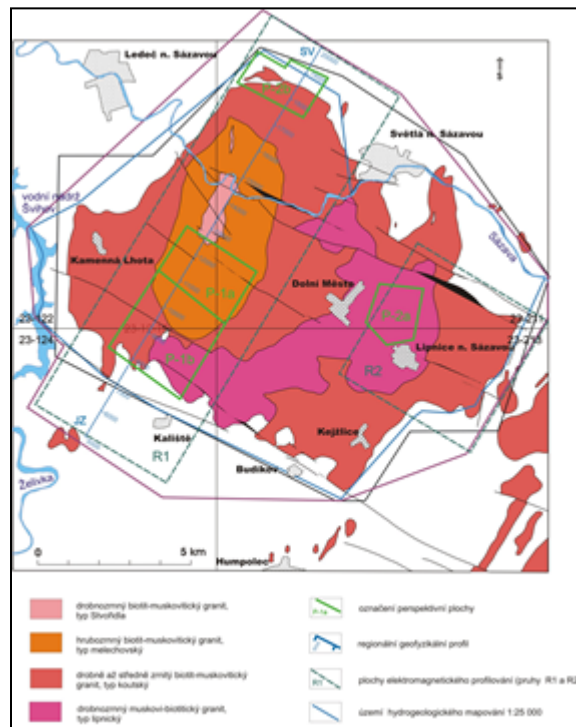
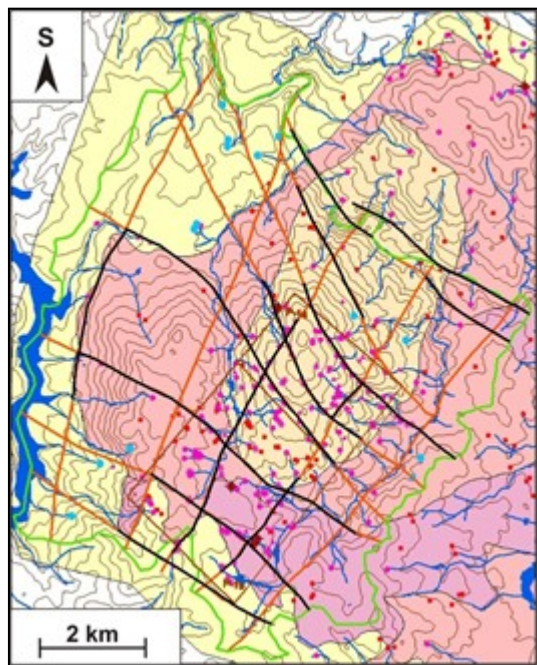
# Intruzní scénáře HÚ

- Pravděpodobnost těchto scénářů je značně snížena výběrem lokality a zejména hloubkou úložiště kolem 500 m pod povrchem země.
  - Nelze ji však v horizontu 1 miliónu let pokládat za zcela nulovou.
- Nejpravděpodobnějším scénářem je provádění hlubinných vrtů za účelem geologického průzkumu.
  - V průběhu vrtání může dojít k provrtání UOS a odběru vzorků s následným ozářením pracovníků obsluhy
  - Vrty po ukončení institucionální kontroly (tj. 300-500 let po uzavření úložiště)
  - Je zřejmé, že dávka může přesahovat výrazně 0,25 mSv či celkový obecný limit pro obyvatelstvo (1 mSv).
- Pravděpodobnost této události je však velmi malá a v současné době ani ve světě nejsou vyjasněny metodiky jak ji řešit a zda ji vůbec řešit.
- Je rovněž zřejmé, že nebezpečnost odpadů z hlediska intruzních scénářů bude výrazně klesat s časem, protože se bude snižovat radiotoxicita odpadů v důsledky přeměny radionuklidů

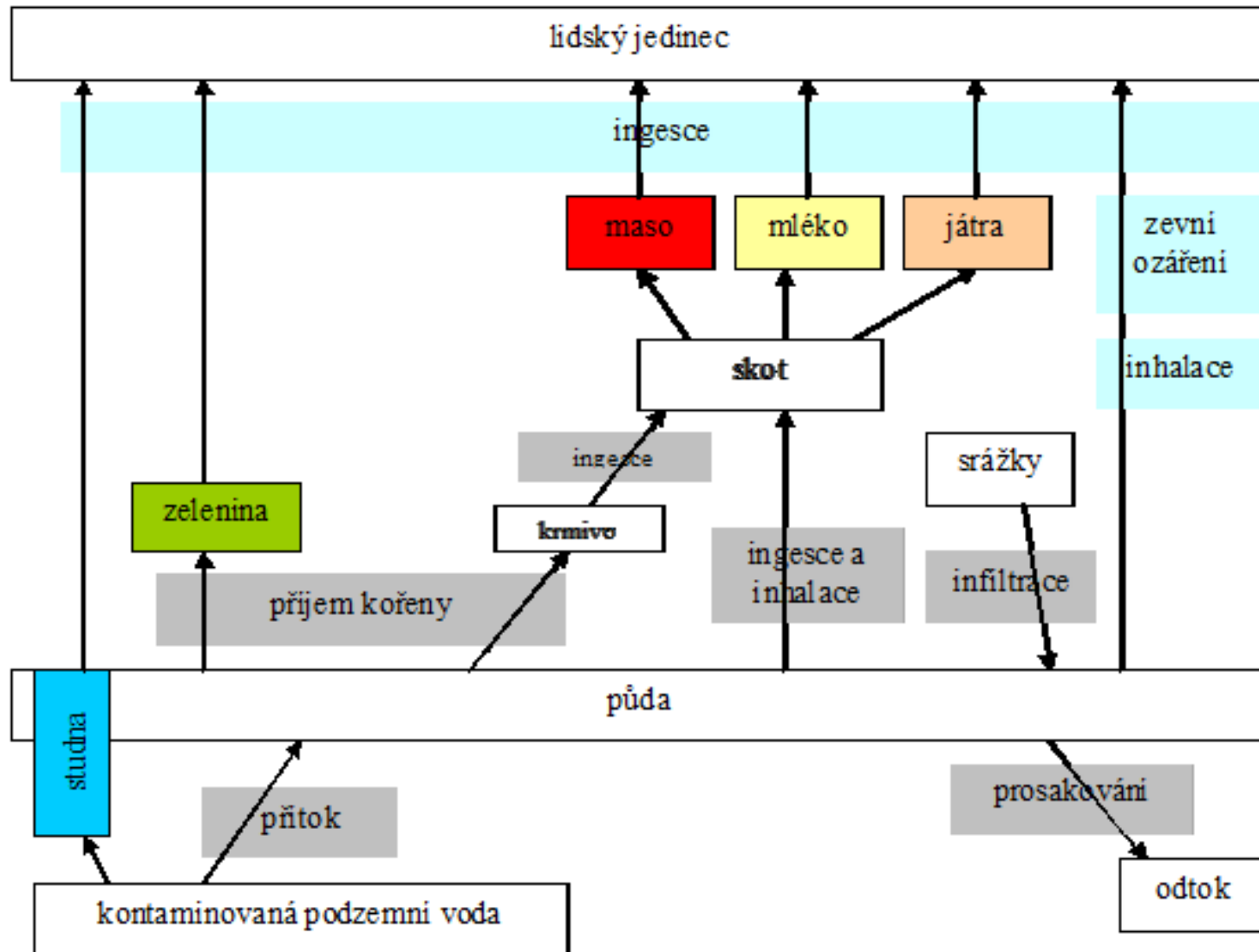
# Základní výpočetní moduly



# Hydrogeologický model transportu – modelová situace HÚ v oblasti Melechovského masivu

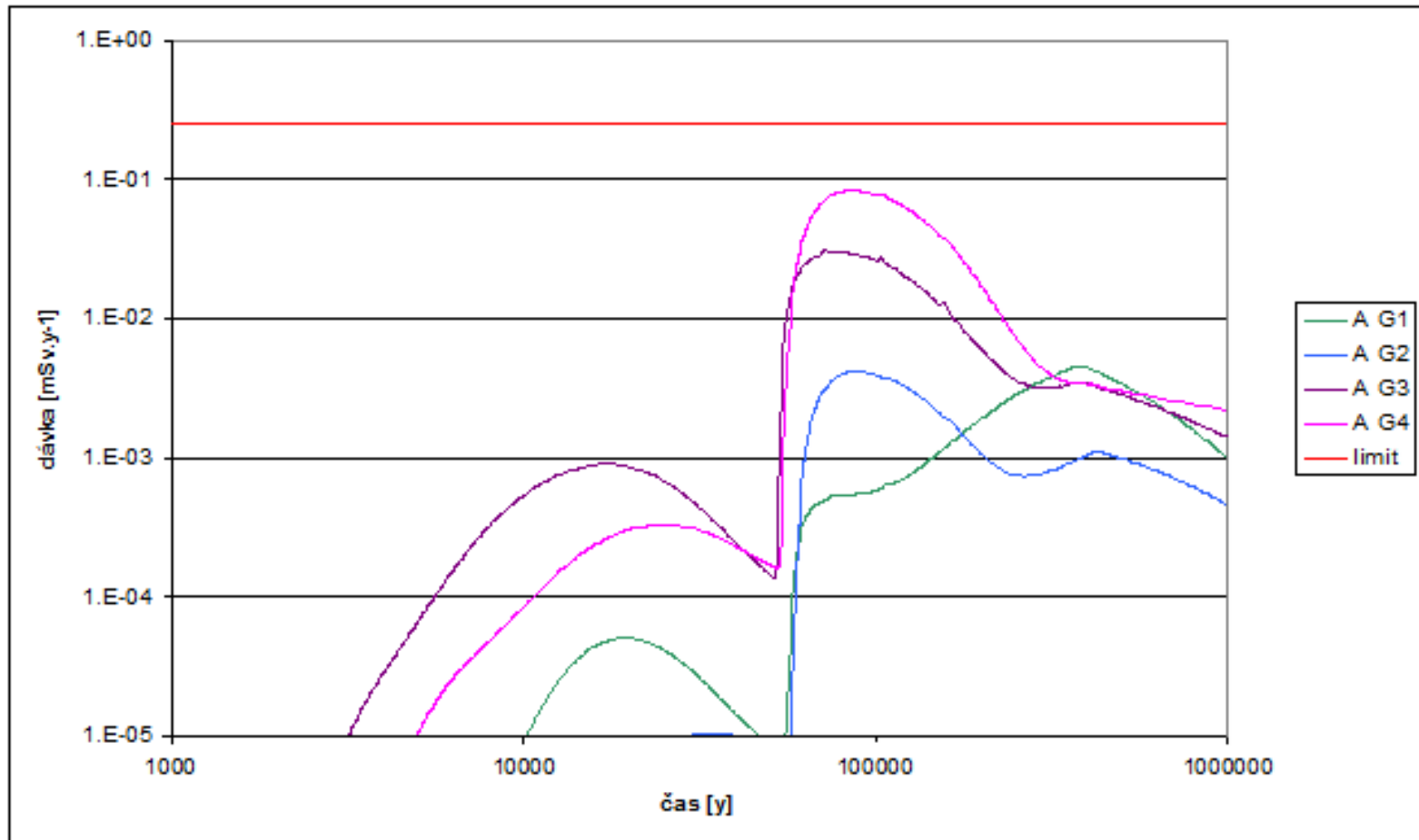


# Koncepční model přetupu kontaminace „zemědělská usedlost“



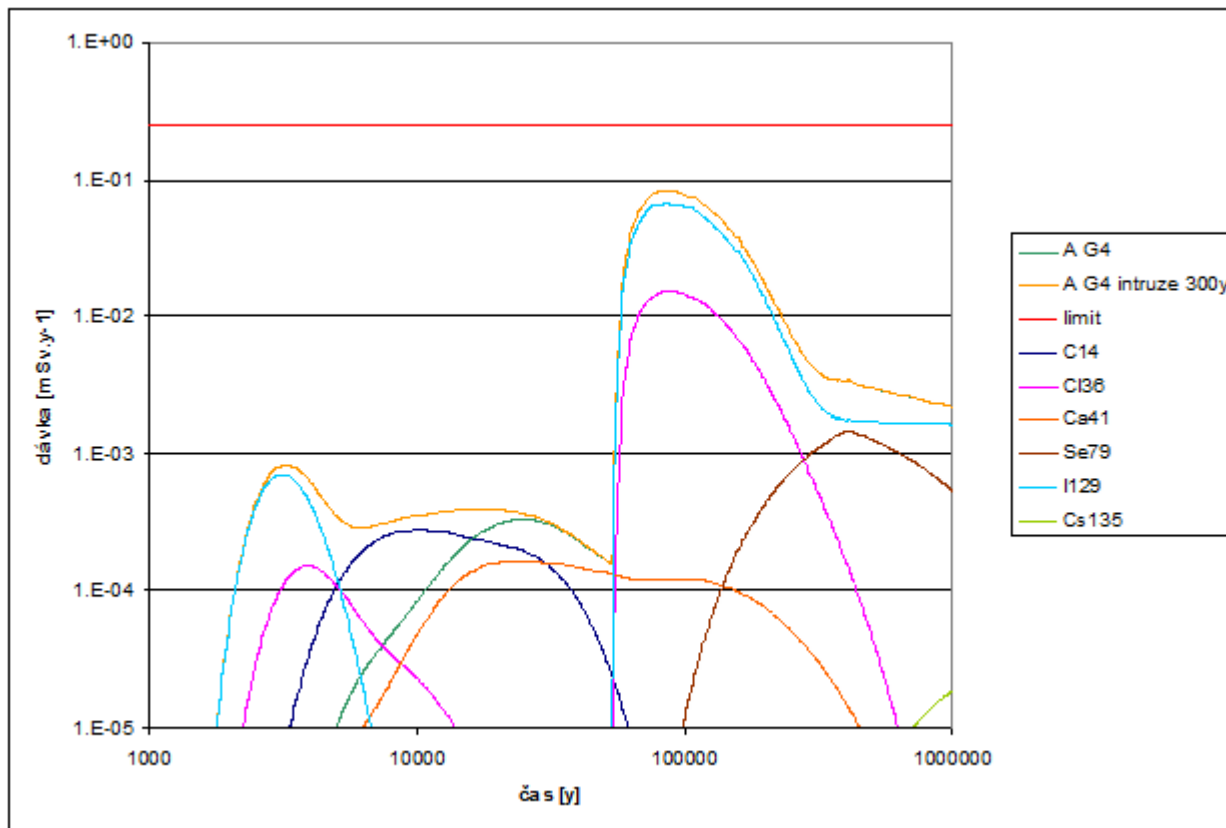


# Efektivní dávky jednotlivce za scénáře normálního vývoje



Efektivní dávky obdržené jednotlivcem z normálního scénáře vývoje úložiště v závislosti na preferenční cestě v geosféře (UOS s minimální životností 50 000 let a střední 110 000 let, Weibullovo rozdělení).

# Efektivní dávky jednotlivce z intruzního scénáře



Vliv poškození UOS po 300 letech po uzavření úložiště