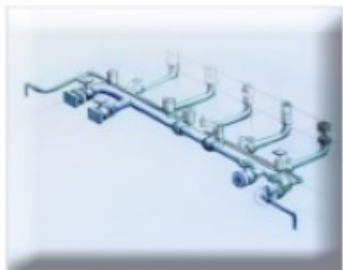
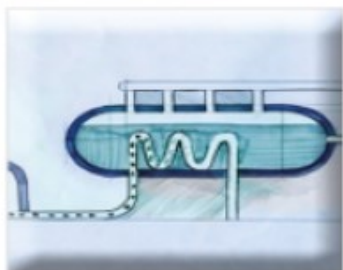
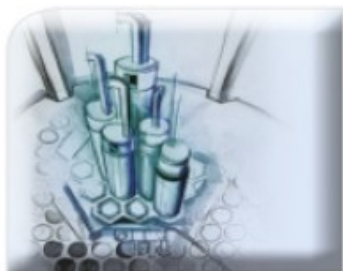




Výzkumná podpora pro bezpečnostní hodnocení hlubinného úložiště

V. Havlová a kolektiv

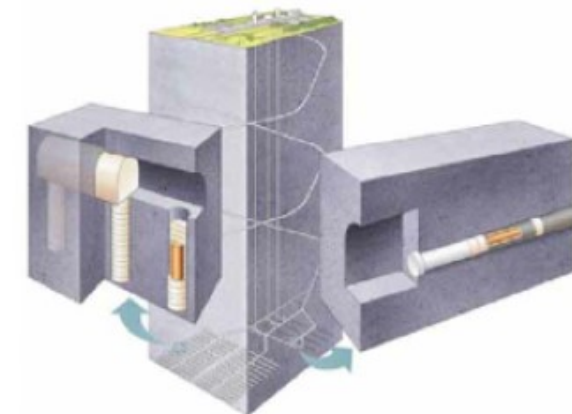
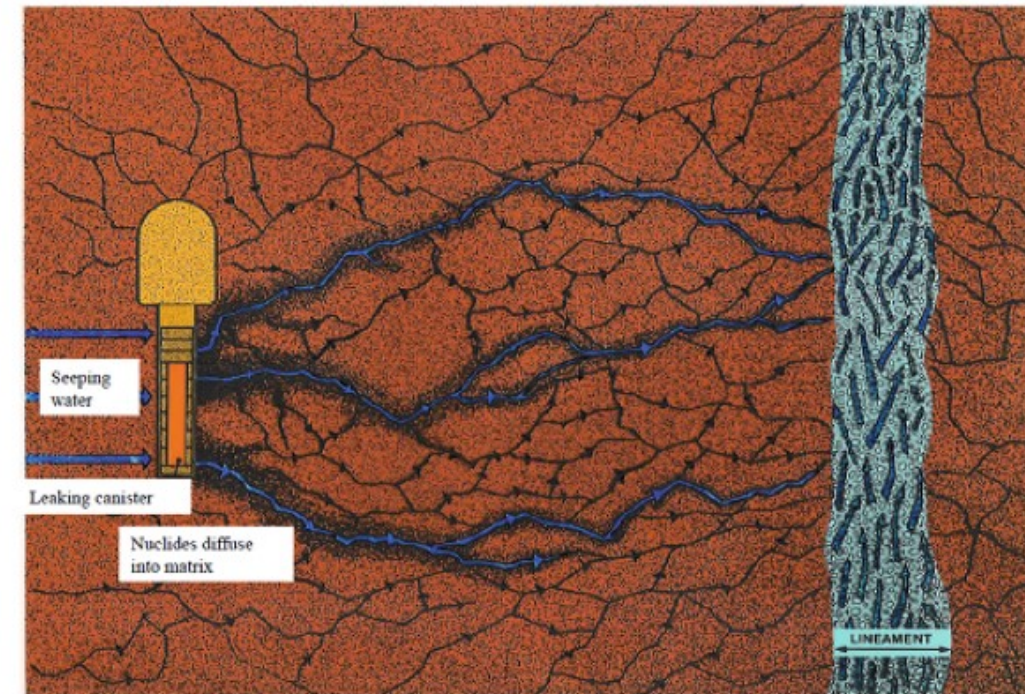
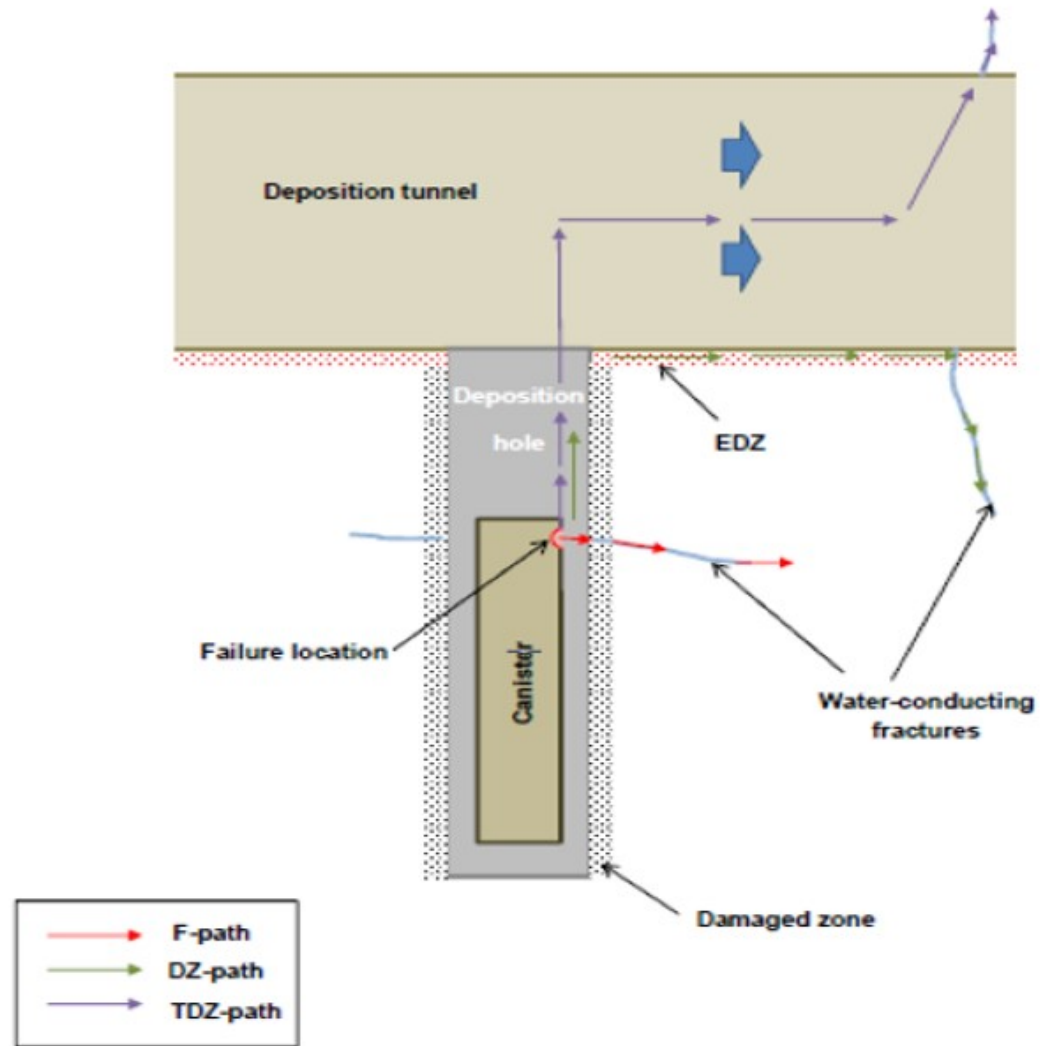
SSFC
30.9.2020



OBSAH PREZENTACE

1. Bezpečnostní hodnocení
2. Náplň a plnění projektu
 - 2.1 Náplň a cíle projektu
 - 2.2 Dodavatelský tým
 - 2.3 Počty ZL a jejich souvislosti
 - 2.4 Výstupy projektu
3. Stěžejní části projektu
4. Ukončení projektu
5. Co dál?

Proč se tím zabýváme...



Posiva Oy (2012)



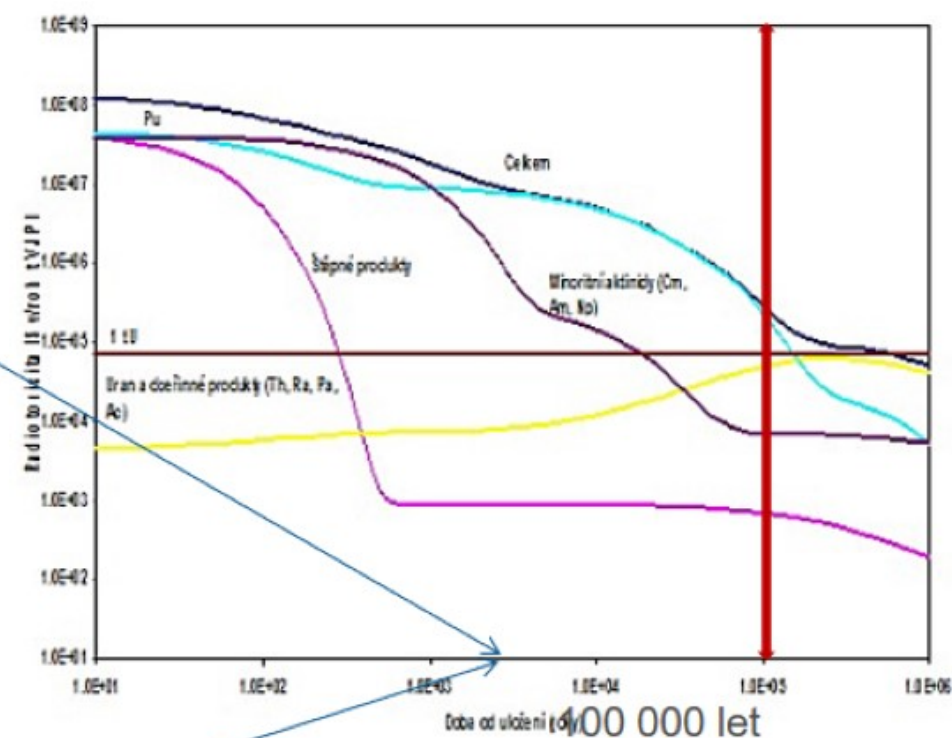
Proč se tím zabýváme...

Jedná se o jaderné zařízení

Jelikož se nakládá s nebezpečným odpadem s dlouhou životností, tak je potřeba prokázat dlouhodobou bezpečnost HÚ po stovky tisíc až po 1 mil. let.

Mosty se staví s životností 100 let.

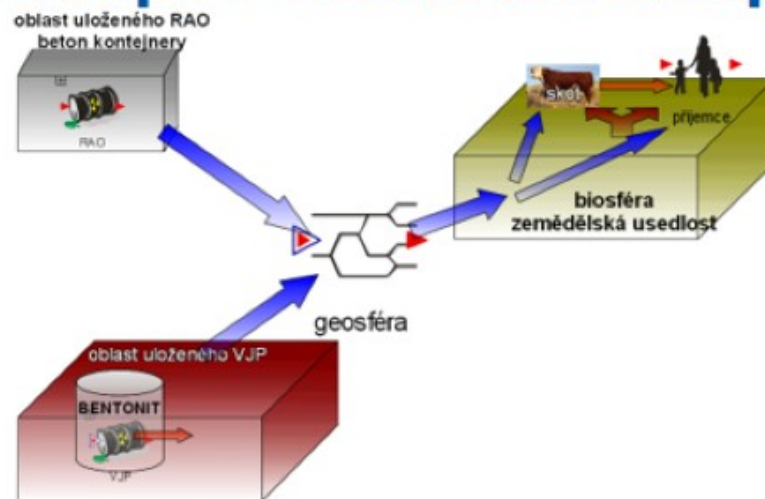
Nejstaršími dochovanými stavbami jsou např. egyptské pyramidy či mezopotámské zikkuraty se stářím cca 5 000 let.



Pokles aktivity s časem a stanovení časového intervalu bezpečnostního hodnocení.

Prokázání dlouhodobé bezpečnosti

- Pro prokázání takto dlouhodobé bezpečnosti (stovky tisíc let) je nutná dobrá znalost celého systému a jeho procesů
- **Relevantní data je možné získat pouze kombinací experimentálních prací a následného modelování**
- Tyto data vstupují do robustního modelu hodnocení celkové bezpečnosti HÚ
- Výsledek: dávka na člena reprezentativní skupiny obyvatel



Koncepční model hlubinného úložiště pro hodnocení dlouhodobé bezpečnosti

2. Cíle projektu Výzkumná podpora bezpečnostního hodnocení HÚ (2014 – 2020)



- ☐ Výzkumná podpora zahrnující získání potřebných dat, modelů a argumentů pro **předběžné bezpečnostní hodnocení** jednotlivých lokalit umožňující upřesnit či modifikovat **kritéria pro výběr lokalit**.
- ☐ Předpokladem pro zúžení počtu kandidátních lokalit je kromě průzkumných geologických prací i zajištění dat, modelů a informací nezbytných pro posouzení, zda úložiště ve zkoumané lokalitě bude dlouhodobě bezpečné a proveditelné.

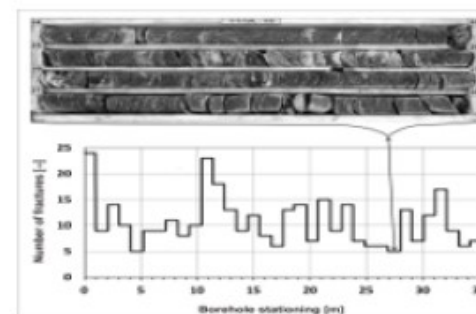
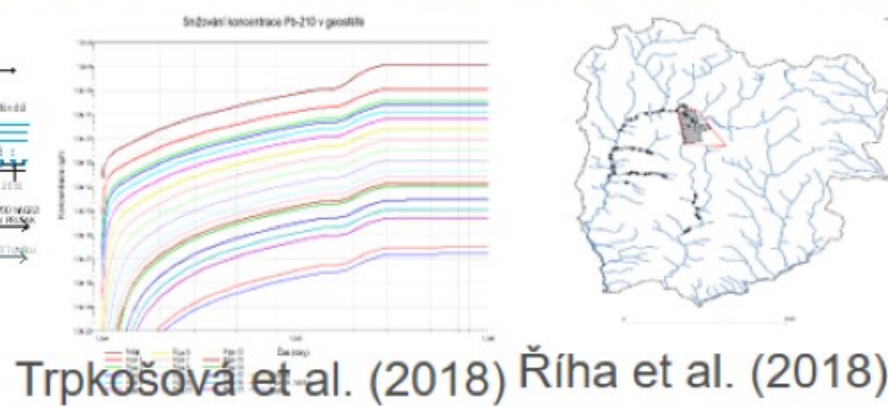
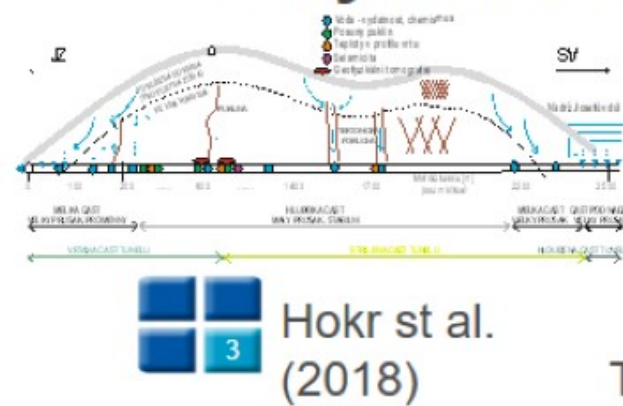
2.1 Oblasti poskytované podpory



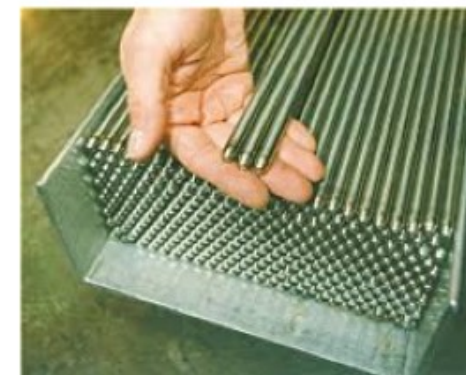
1. Chování VJP a forem RAO
2. Chování obalových souborů pro VJP a RAO
3. Chování tlumících a výplňových materiálů
4. Řešení úložných vrtů
5. Chování horninového prostředí
6. Transport radionuklidů z úložiště
7. Výzkum charakteristik horninového prostředí



The concrete plug in the Prototype repository experiment at Äspö HR Laboratory, Sweden



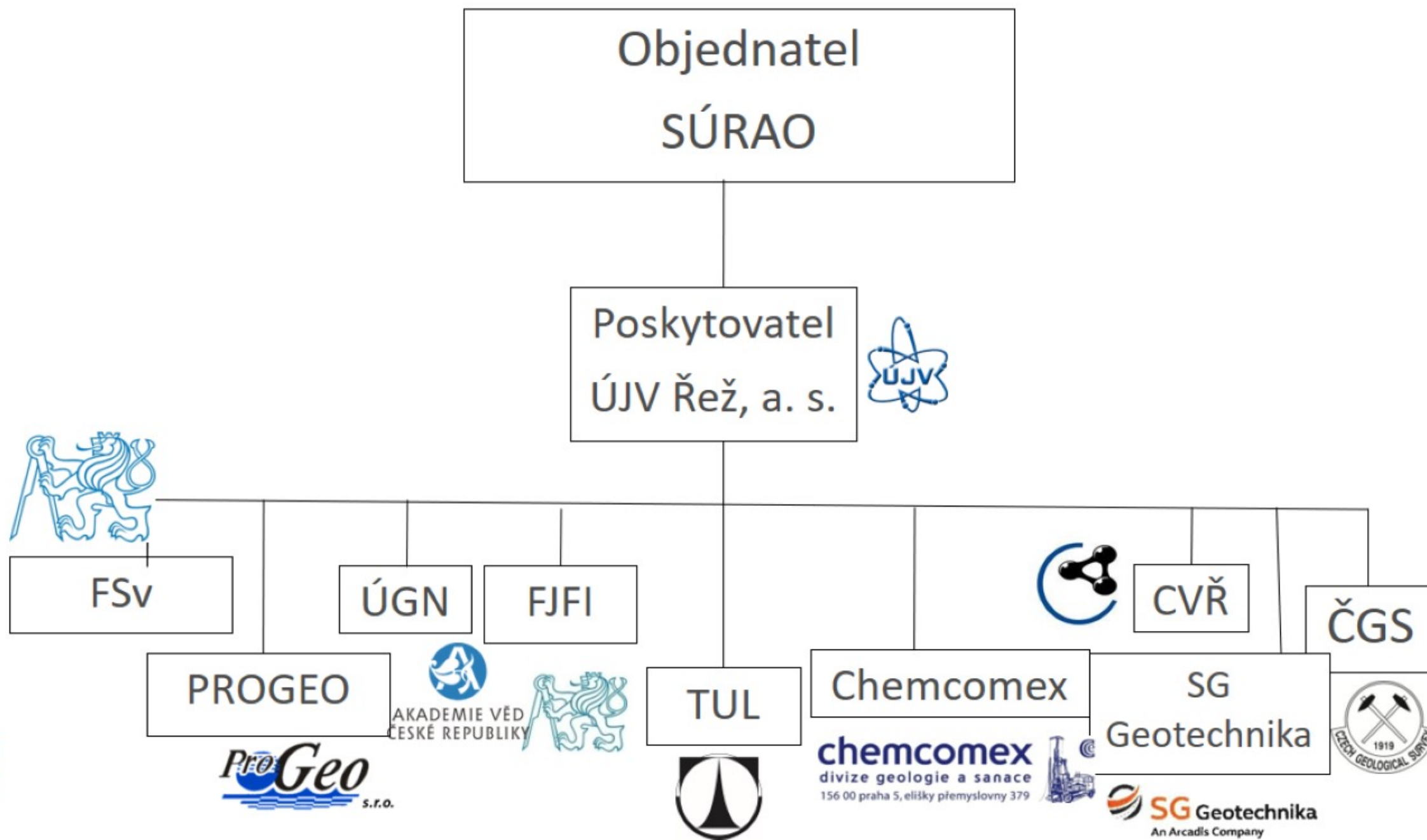
Vavro et al. (2016)



2.1 Základní informace o projektu

- | | |
|-------------------------------|------------------|
| 1. Zahájení projektu | 23.7.2014 |
| 2. Ukončení projektu | 30.6.2020 |
| 3. Celkové vynaložené náklady | ~187 900 000 CZK |

2.2 Tým řešení projektu



2.2 Souhrn prací na projektu: Lidé

- ✓ ~ 240 lidí pracujících na projektu + další subdodavatelů

- ✓ nejpočetnější kolektivy řešitelů
 - ✓ Hodnocení lokalit (3 ZL)
 - ✓ ZL Aktualizace 3D strukturně geologických modelů na základě geofyzikální prací (Geofyzika)
 - ✓ 3D modely
 - ✓ Charakterizace PVP Bukov



2.3 Zadávání úkolů: ZL v rámci rámcové smlouvy

.Rámcová smlouva SURAO



Rozsah ZL: 50 tis Kč – 16 mil Kč

2.3 Stav ZL k 17. 6. 2020: 39 plněných ZL

001-FirstNuclides

002-LASMO

003-Transport1

004-Bukov

005-DatabázeVJP

006-Transport2

007-ErozniStabilita

008-KlimatickaStabilita

009-SeismickaStabilita

010-3DStrukturneGeoModely

011-HGmodely

012-Bedřichov

013-Transport3

014- Koordinace a management

015- Bentonit

016-BukovExperimenty

017-THMCmodelovani

018-CharakterizaceRAO

019-CECBentonit

020-MIC

021-ExperimentyUOS

022-Transport4

023-BukovEDZ

024-Transport5

025-KorozniProdukty

026-TestDrenazi

027-Geochemie

028-Transport6

029-Decovalex

030-DFN

031-HlubokeHorizonty

032-Hodnocení lokalit

033-PripravaBukov

034-Transport7

035-Biologické Stínění

036-Plynopropustnost

037-Geofyzika

038-ErozeBentonitu

039-HodnoceniEDU_ETE

040-Tlak_kontejneru

041-Transport8

042-Závěrečná zpráva

Legenda:

0 Běžící

0 Odeslán ke schválení

0 Rozpracované

39 Ukončených

5 Zrušených

043-Hodnocení2

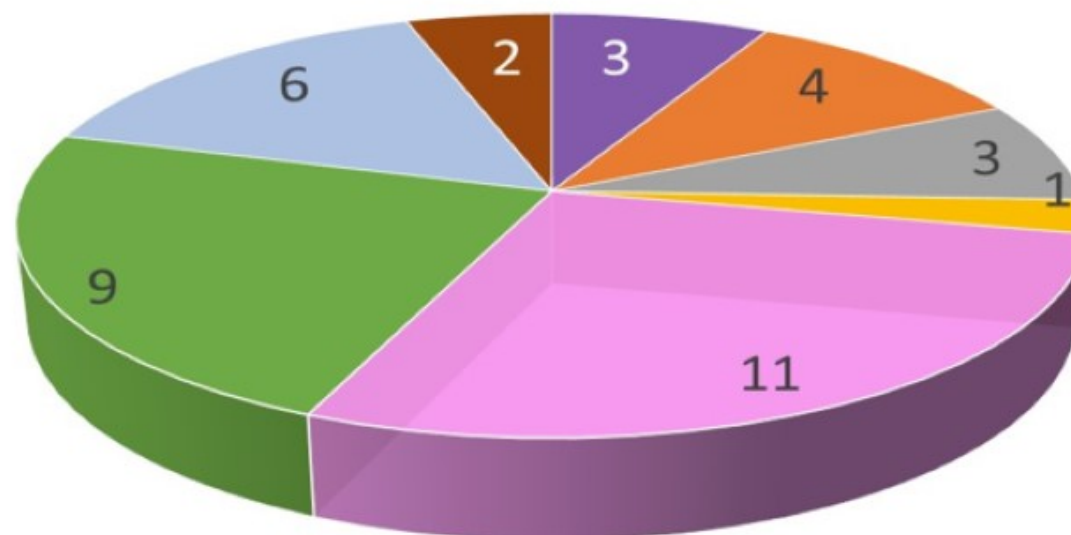
044-GRS



2.3 Trocha Statistiky: počty ZL

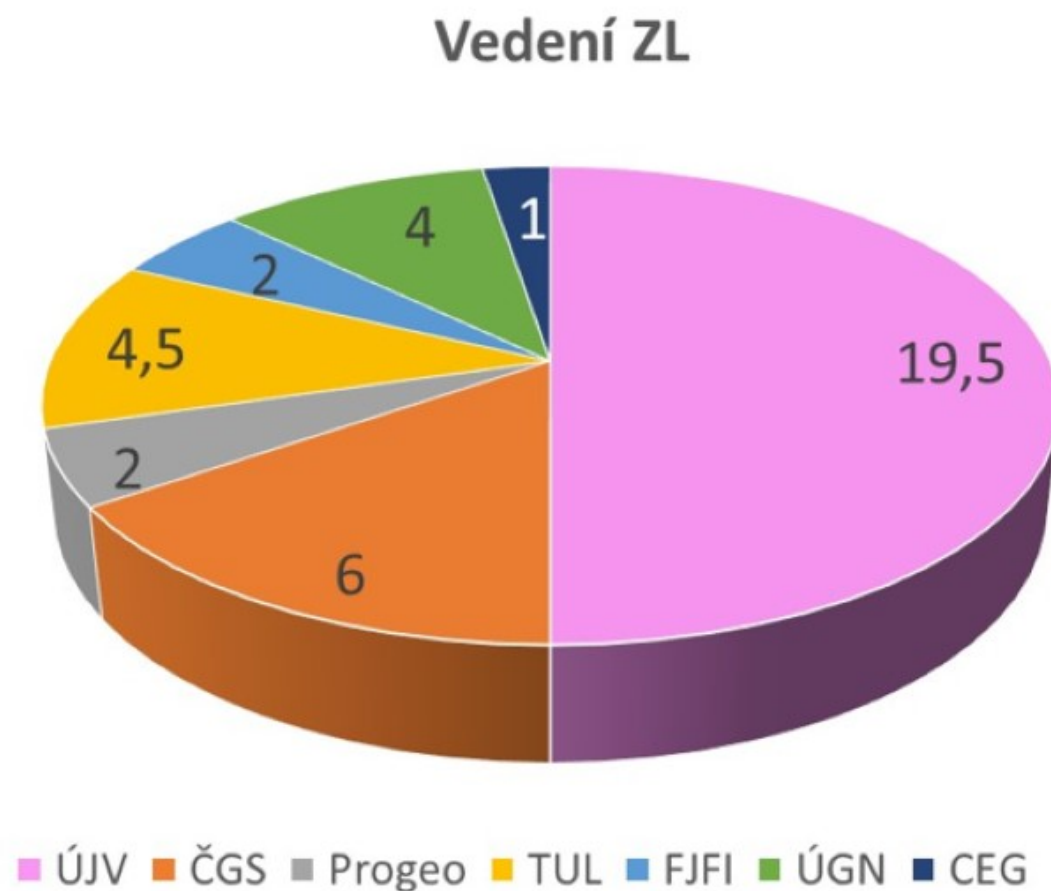


Počet ZL v jednotlivých oblastech



- Chování VJP a forem RAO, nepřijatelných do přípovrchových úložišť
- Chování ukládacích obalových souborů (UOS) VJP a RAO
- Chování tlumících, výplňových a dalších konstrukčních materiálů
- Řešení úložných vrtů a jejich vliv na vlastnosti obklopujícího horninového prostředí
- Chování horninového prostředí
- Transport radionuklidů z úložiště
- Charakterizace horninového prostředí
- Koordinace

2.3 Trocha Statistiky: vedení ZL



Největší ZL: ČGS

- ZL Geofyzika
- ZL Bukov
- ZL 3D modely

2.4 Souhrn prací na projektu: Výstupy

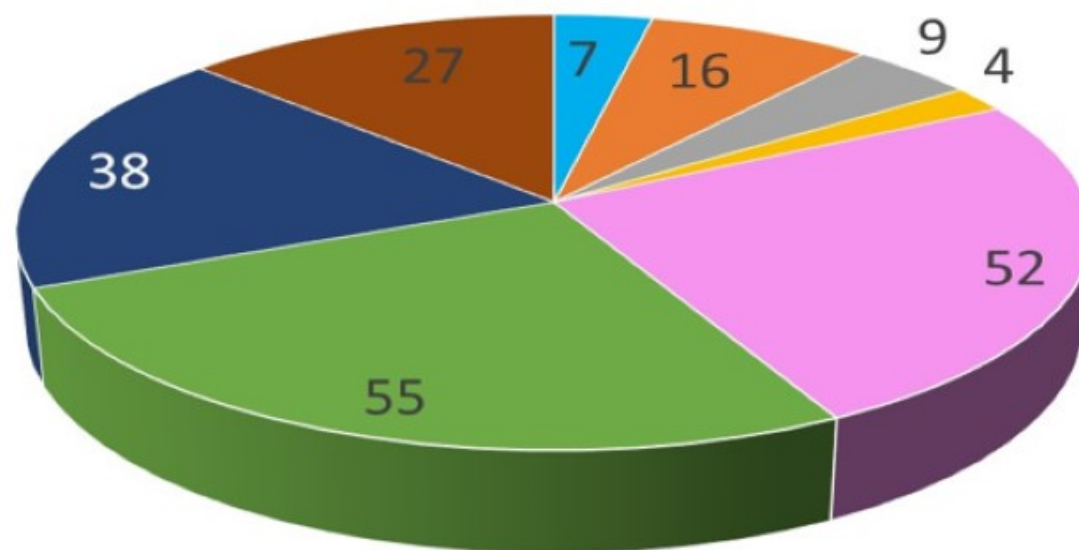
- ✓ **228 výstupních zpráv**, z toho 98 závěrečných, 111 průběžných a 20 souhrnných zpráv projektu (15 čtvrtletních a 5 ročních); 38 zpráv v AJ
- ✓ Závěrečná zpráva projektu – 280 stran textu
- ✓ modely (3D), modely (SW), mapy, tektonická schémata
- ✓ **články, prezentace, zpráva SKB a Decovalex, příspěvky na konferencích** (ještě k doplnění)



2.4 Trochu statistiky: Zprávy projektu (bez map a modelů)

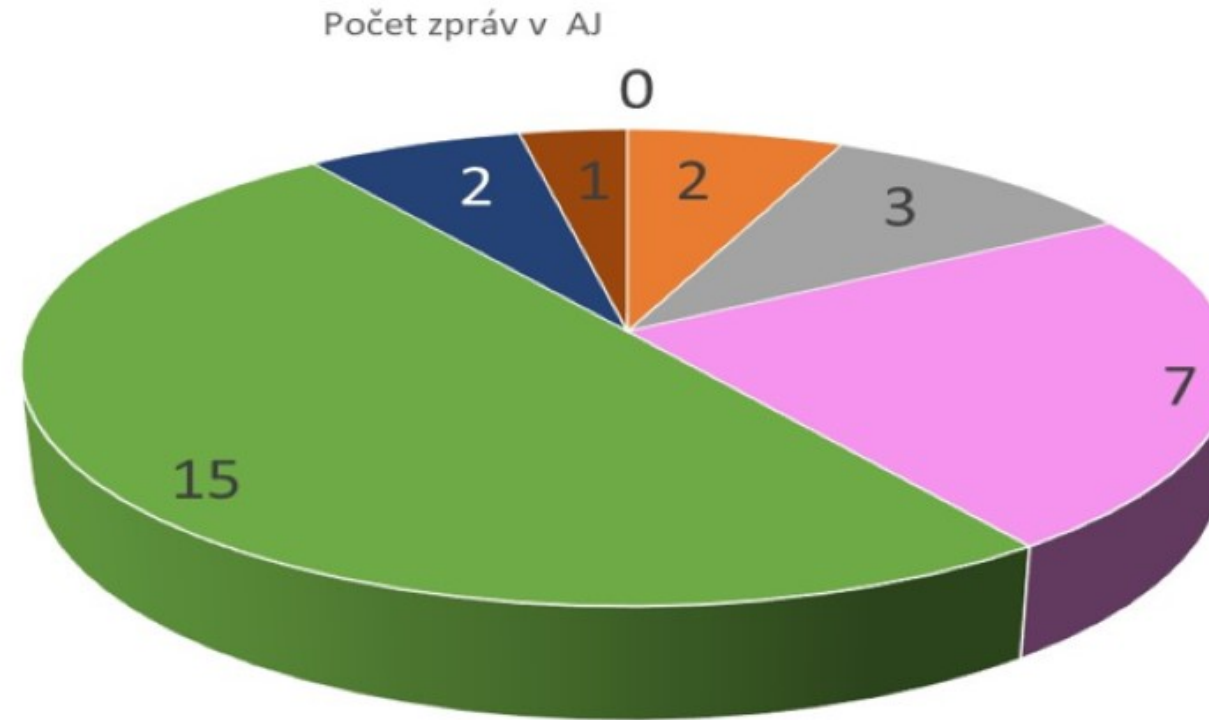


Počet zpráv v jednotlivých oblastech (bez mapových podkladů a modelů)



- Chování VJP a forem RAO, nepřijatelných do přípovrchových úložišť
- Chování ukládacích obalových souborů (UOS) VJP a RAO
- Chování tlumících, výplňových a dalších konstrukčních materiálů
- Řešení úložných vrtů a jejich vliv na vlastnosti obklopujícího horninového prostředí
- Chování horninového prostředí
- Transport radionuklidů z úložiště

2.4 Trochu statistiky: zprávy projektu v AJ (bez map a modelů)



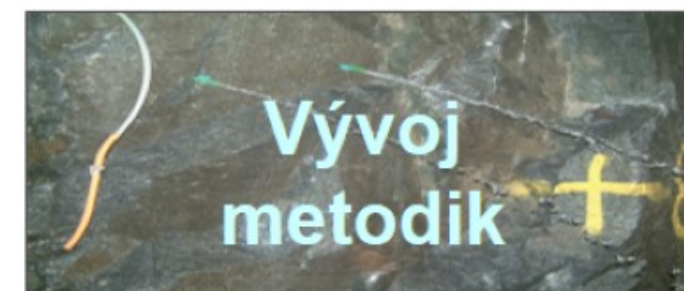
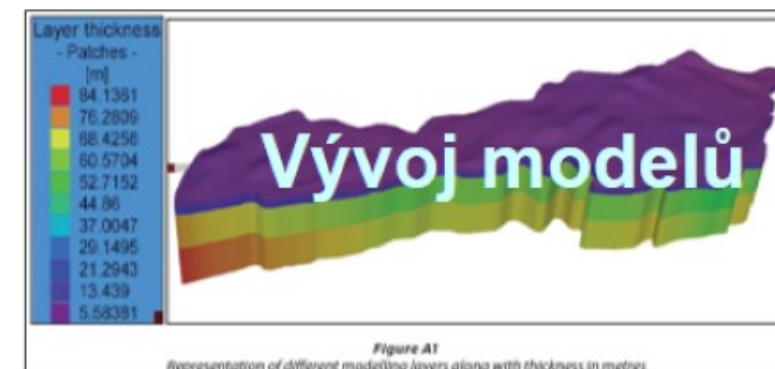
- Chování VJP a forem RAO, nepřijatelných do přípovrchových úložišť
- Chování ukládacích obalových souborů (UOS) VJP a RAO
- Chování tlumících, výplňových a dalších konstrukčních materiálů
- Řešení úložných vrtů a jejich vliv na vlastnosti obklopujícího horninového prostředí
- Chování horninového prostředí
- Transport radionuklidů z úložiště
- Charakterizace horninového prostředí

3. Hlavní oblasti řešení projektu



**Podpora bezpečnostního
hodnocení**
(data, argumenty, modely +
nástroje)

**Podklady pro zúžení počtu
lokalit**
(data, modely, argumenty)

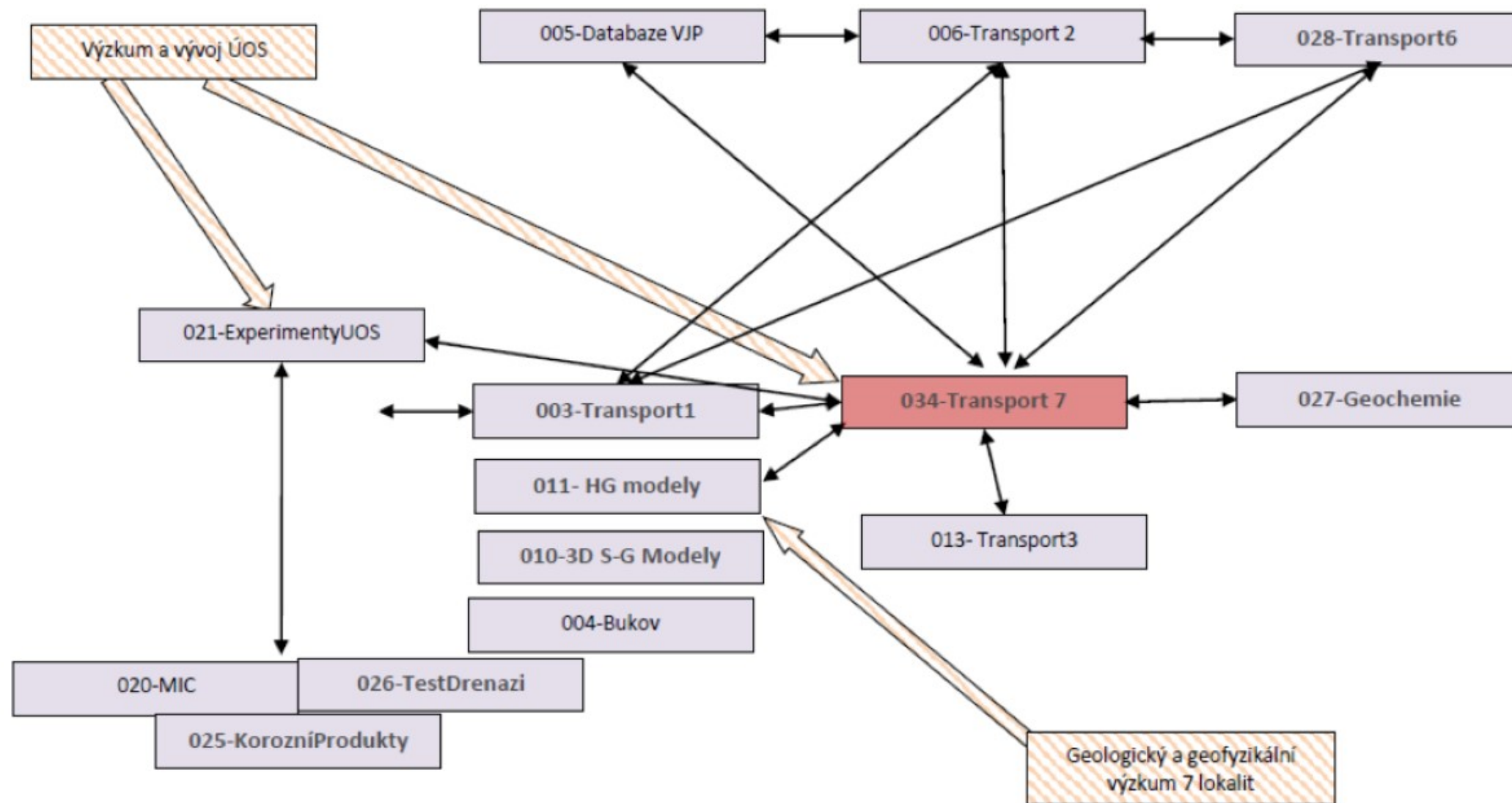


3.1. Poskytování podpory bezpečnostního hodnocení HÚ na reálné lokalitě



- pilotní bezpečnostní rozbor pro reálná data z lokality Kraví hora (ZL Transport 7; ÚJV)
 - robustní model v prostředí Goldsim
 - hodnoceno, zda umístění HÚ se zvoleným konceptem IB (vertikální) bude bezpečné v horizontu nejméně 100 tisíc let
- **vstupy a podklady z dalších ZL**
 - ZL Charakteristika PVP Bukov (ČGS)
 - ZL 3D strukturně geologické modely (Kraví hora; ČGS)
 - HG modely (Kraví hora; Progeo)
 - ZL Transport 1 (transportní model KH; TUL + migrační charakteristiky hornin; ÚJV) – **přednáška M. Zuna 29.9.2020**
 - ZL Transport 3 (charakterizace bentonitových materiálů (ÚJV)
 - **Hofmanová, 29.9.2020**
 - ZL Databáze VJP (inventář; FJFI)
 - vývoj robustního modelu hodnocení bezpečnosti (Transport 2, Transport 6; ÚJV, FJFI)

3.1 Schéma provázanosti základních ZL: Podpora hodnocení bezpečnosti (T7)



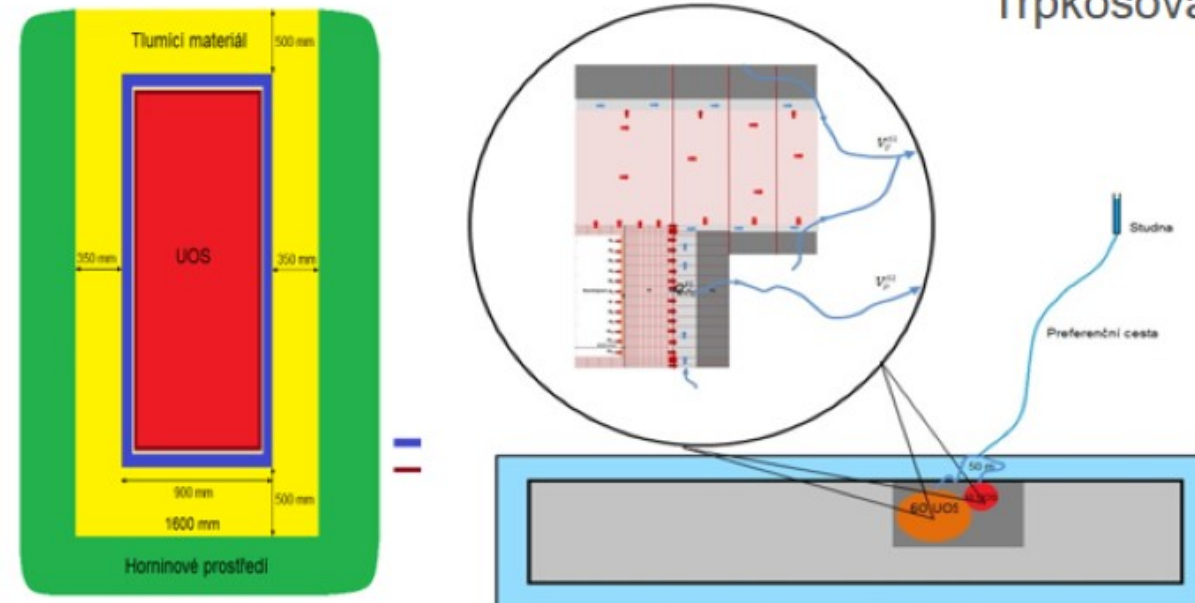
3.1 Poskytování podpory bezpečnostního hodnocení HÚ na reálné lokalitě



- reálná data z lokality KH, vč. dat z PVP Bukov a biosféry
- preferenční cesta – puklina do studny
- dva scénáře degradace ÚOS
 - 10 UOS, které selžou okamžitě v čase 10 000 let (po uzavření HÚ)
 - 60 UOS, které budou postupně degradovat podle zvoleného pravděpodobnostního rozdělení (Gauss, Weibull)
- ani v jednom případě nebyla překročen optimální limit 0,25 mSv pro člena reprezentativní skupina obyvatel (AtZ)

Trpková et al. 2018)

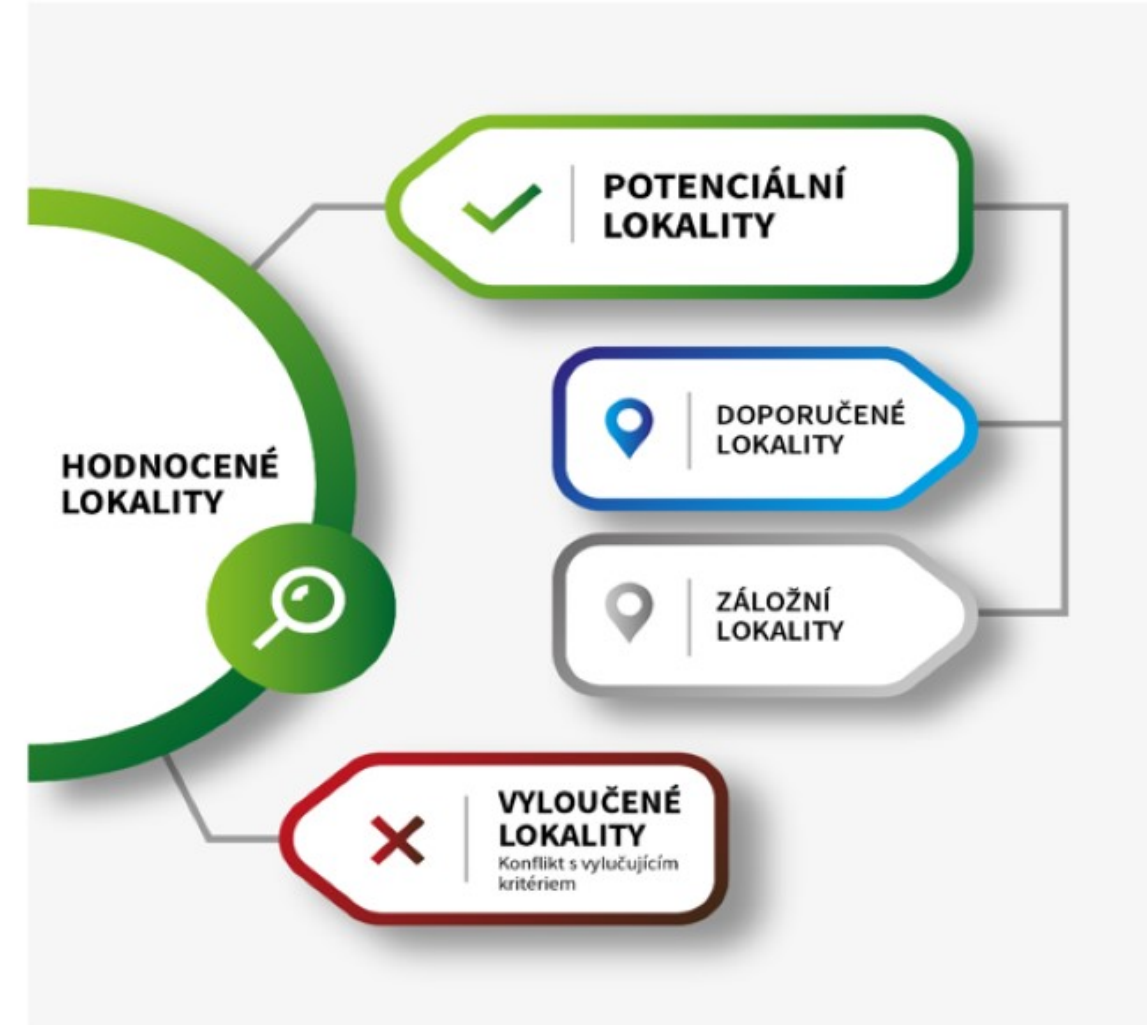
- POSIVA review
- prokázáno, že odborný tým disponuje nástroji, argumenty i daty pro provedení bezpečnostní analýzy



3.2 Podklady pro hodnocení lokalit s cílem zúžení jejich počtu: Hodnocení dlouhodobé bezpečnosti



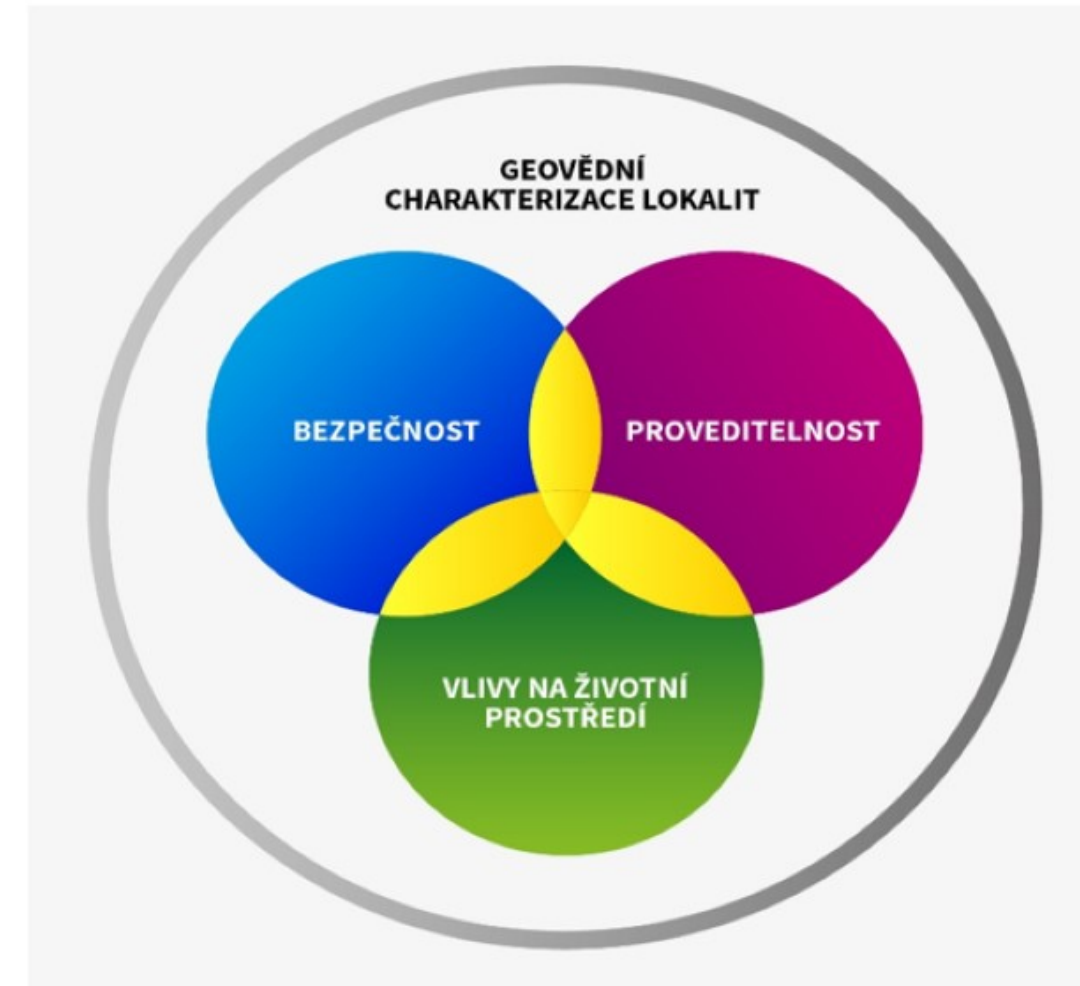
1. posouzení charakteristik lokalit, při jejichž dosažení je podle legislativy, umístění hlubinného úložiště zakázáno (vylučující kritéria)
– vyloučení rizik
2. posouzení vlastností území pro umístění jaderného zdroje, při jejichž dosažení není umístění hlubinného úložiště zakázáno, ale mohou ovlivnit jadernou bezpečnost, radiační ochranu či ochranu přírody a krajiny (porovnávací kritéria K3 – K8)
– uplatnění předností



3.2 Podklady pro hodnocení lokalit s cílem zúžení jejich počtu

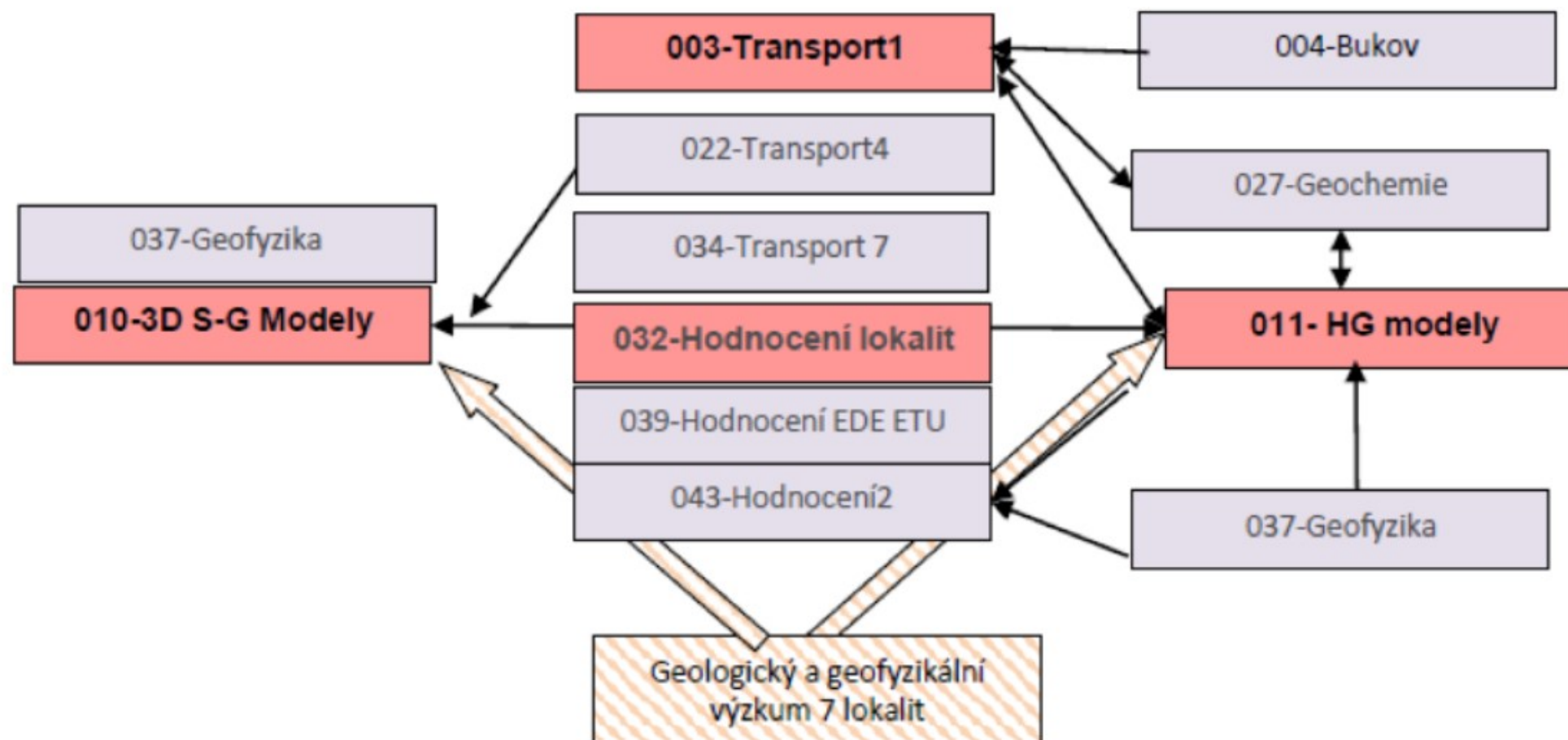


- ZL Hodnocení lokalit, Hodnocení ETE a EDU a Hodnocení 2 (ÚJV)
- podklady pro hodnocení z hlediska dlouhodobé bezpečnosti (Geologická kritéria, HG kritéria + Transport, Stabilita lokality + Potenciální antropogenní činnosti)
- úzká součinnost se ZL Aktualizace 3D strukturně geologických modelů na základě geofyzikální prací (recentní výzkum na lokalitách)
- vybráno 8 klíčových kritérií K3 – K8; 21 indikátorů



.Vondrovic et al. (2020)

3.2. Schéma provázanosti základních ZL: Podpora hodnocení lokalit



3.2 Podklady pro hodnocení lokalit s cílem zúžení jejich počtu



- pro každou lokalitu aktualizován 3D strukturně geologický model + HG model + transportní model
- zpracovány a shrnuty informace
 - Geologická kritéria
 - HG kritéria + Transport
 - Stabilita lokality
 - Potenciální antropogenní činnosti
- 9 zpráv s hodnocením 8 kritérií (cca 800 stran textu) + Metodika (Vondrovic et al. 2019) + update homogenních bloků (Pertoldová et al. 2019)
- předány SURAO k finálnímu vyhodnocení

3.2 Podklady pro hodnocení lokalit s cílem zúžení jejich počtu



- **vyhodnocení všech oblastí**

- Dlouhodobá + provozní bezpečnost;
Proveditelnost; Enviro

- **matematické vyhodnocení SURAO(Vondrovic et al. 2020) (<https://www.surao.cz/technicke-zpravy/>)**

Vondrovic et al. (2020)

- **Doporučení 4 lokalit (06/2020)**

- **Březový potok, Horka, Hrádek, Janoch (ETE)**

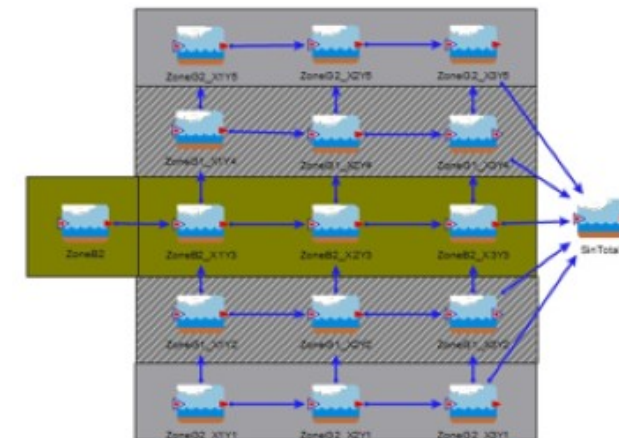


<https://www.surao.cz/zuzovani/>

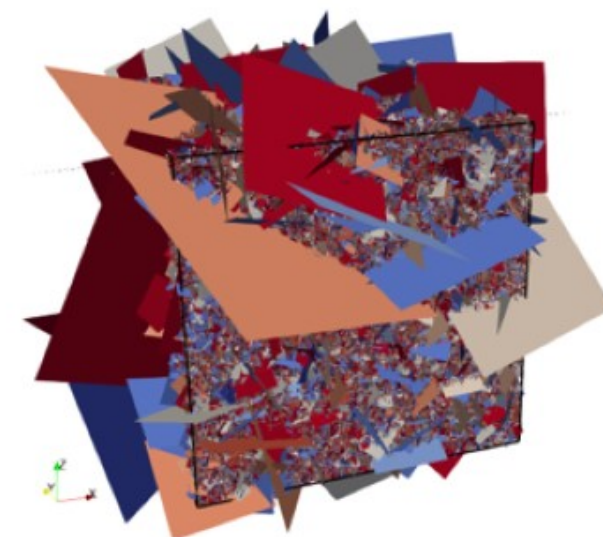


3.3 Vývoj a verifikace modelů

- **Vývoj robustního modelu pro hodnocení bezpečnosti v prostředí Goldsim**
 - ZL Transport 2 (ÚJV), Transport 6 (FJFI), Transport 7 (ÚJV)
- **Vývoj DFN modelu**
 - ZL DFN modelování, Transport 8
- **Vývoj THM modelů**
 - ZL Decovalex (TUL)
- **Vývoj transportních modelů**
 - ZL Transport 1 (ÚJV/TUL); Transport 4 (GWFTS Task Force; TUL); Benchmark GRS (ÚJV)



ZL Transport 7



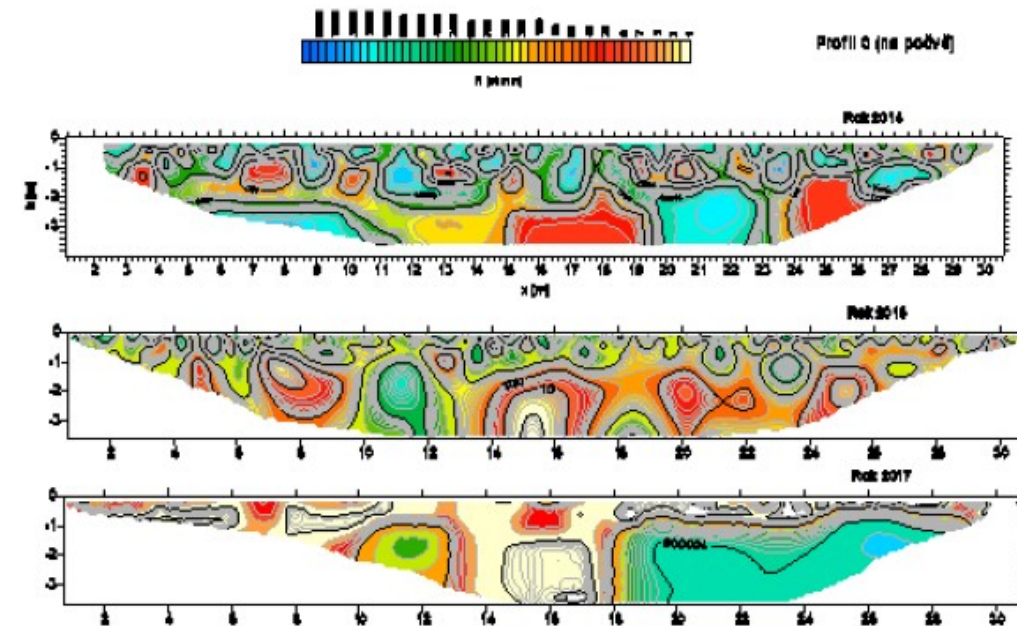
ZL Transport 8

3.4 Vývoj metodik

- ZL Charakterizace Bukov (popis a charakterizace podzemního prostředí; ČGS)
- ZL Bedřichov (metody monitoringu; TUL)
- ZL Lasmo (napětí v horninách; ÚGN)
- ZL Bukov EDZ (popis porušení horninového prostředí; ÚGN)



ZL Bukov



ZL Bedřichov

3.5 Zhodnocení projektu

- jeden z největších výzkumných počínů v této oblasti
- úspěšně uzavřen ZZ (270 stran, anglická verze)
- vytvořen dobře fungující systém řízení a sít' dodavatelů/odborníků, kteří na základě vzájemné spolupráce plnili často vysoce sofistikované úkoly
- významná role QA pro udržení konzistentnosti a kvality
 - pro některé dodavatele první významnější kontakt s požadavky na QA
- stále ještě mezery v publikovatelnosti zpráv směrem do zahraničí (náročnost tvorby zpráv a výstupů)
- velmi podstatné je udržení týmu a systému řízení



4. A co bude dále ?



<https://atominfo.cz/2017/05/prirodni-analogy-jako-prispevek-k-bezpecnemu-ukladani-radioaktivnich-odpadu/>

4. Budoucí práce

SURAO: Plán VaV 2020



- Výzkumná podpora 2 (2021?? - ,
- Práce na lokalitách (nejdříve od 2023)
- Projekty v PVP Bukov

• Projekty dotační



- Prezentace Zuna M. Výzkum transportních procesů geologických bariér, E. Hofmanová bentonit a P. Večerník cement (29.9.2020)
- Poster F. Jankovský ad.
- ALMARA, BIOBEN, RADMIC

• EU projekty

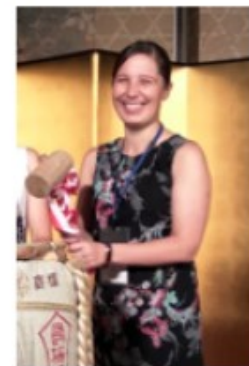
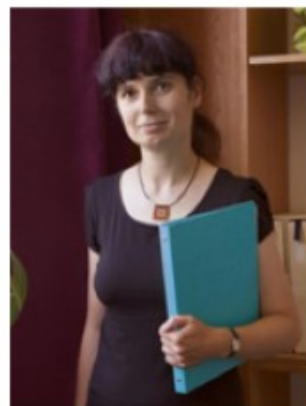
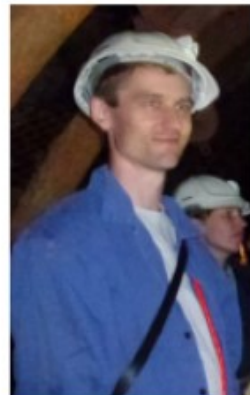


- EURAD (1st wave 2019; 2nd wave – 2021)
- PREDIS (Pre-disposal management of RW; 2020)

S projektem souvisely, prolínaly či navazovaly další projekty, jako např. Vývoj a výzkum ÚOS, EU projekt MIND, Výzkumná podpora pro projektové řešení HÚ ad.

Celý kolektiv řešitelů děkuje SÚRAO za podporu a doufá, že práce budou pokračovat obdobným způsobem ve vytvořeném řešitelském týmu.

Poděkování zejména lidem...



Děkuji za pozornost



www.ujv.cz