

## **2.2.3**

# **Výběr lokality HÚ v ČR - případová studie**

# Ukládání radioaktivních odpadů

- Uložení RAO je v současnosti jediným technicky realizovatelným způsobem jejich zneškodnění.
- Odpady musí být uloženy (izolovány od životního prostředí) po dobu, než jejich radioaktivita poklesne pod uvolňovací úroveň (která je stanovena prováděcím právním předpisem pro každý radionuklid).
- V případě hlubinného úložiště je třeba izolovat uložené odpady od životního prostředí po dobu řádově 10<sup>5</sup> let.
- Dělení a transmutace (P&T) může, bude-li k dispozici ve využitelném stavu, snížit dobu potřebnou k izolování odpadů vzniklých přepracováním vyhořelého jaderného paliva (VJP).

# Stávající úložiště nízko a středně aktivních odpadů

- **Alcazar u Hostími** – štoly ve vápencovém lomu,
  - provoz 1959 – 1965, definitivně uzavřeno v roce 1994, probíhá monitoring.
- **Richard u Litoměřic** – štoly a komory ve vápencovém lomu (podzemní továrna), ukládány institucionální odpady, provoz 1964 – 2070? (možnost rozšíření) uloženo více než 24 tis. Jednotek.
- **Bratrství u Jáchymova** – štoly a komory ve stejnojmenném uranovém dole, ukládají se institucionální odpady kontaminované přírodními radionuklidy, v provozu od 1974.
- **Dukovany** – povrchové úložiště v areálu elektrárny pro energetické odpady z obou JE (112 jímek 5,3x5,4x17,3m, z nichž každá pojme 1 600 200 l sudů – životnost 2100).

# Koncepce

Usnesením vlády České republiky č. 487 ze dne 15. května 2002 byla schválena „Koncepce nakládání s radioaktivními odpady a vyhořelým jaderným palivem v České republice“. Koncepce předpokládá náklady na výzkum, vývoj, provoz a vyřazování hlubinného úložiště v celkové výši 47 miliard Kč (v cenách roku 1999).

- Pro hlubinné úložiště uvádí koncepce následující milníky:
- 2015.....zařazení dvou lokalit do územních plánů,
- 2025.....potvrzení vhodnosti jedné lokality,
- 2030.....zahájení výstavby podzemní laboratoře,
- 2065.....zahájení provozu hlubinného úložiště.

# Hlubinné úložiště

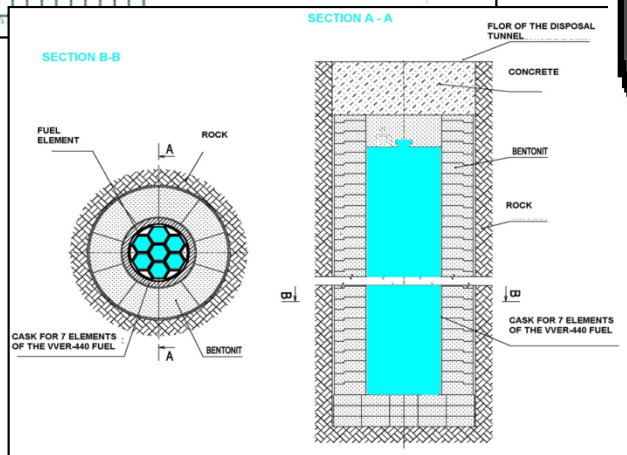
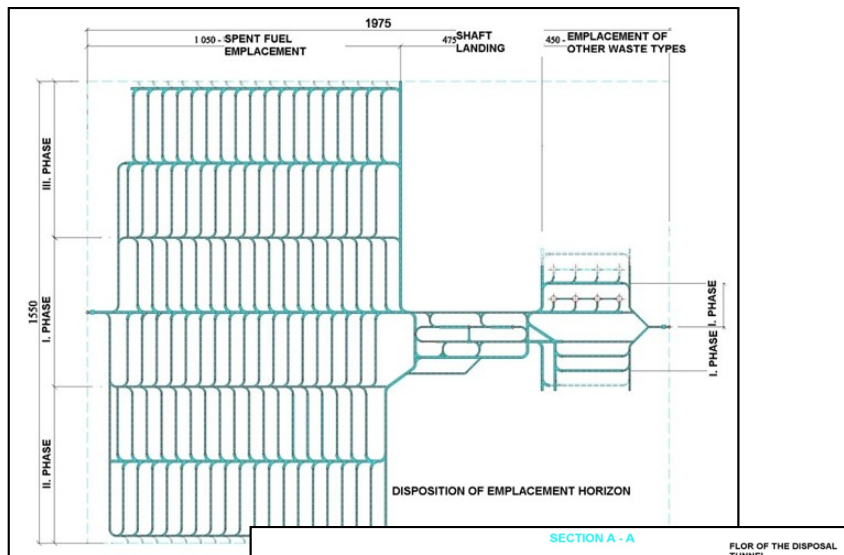
- Je určeno pro uložení vyhořelého jaderného paliva a (vysoce aktivních) odpadů, které nesplňují podmínky pro uložení do stávajících povrchových či připovrchových úložišť.
- V České republice se předpokládá, že do hlubinného úložiště bude uloženo přibližně tento objemů odpadů :
  - 3 725 t(HM) vyhořelého paliva, po úpravě cca 5 200 m<sup>3</sup>
  - 2 500 m<sup>3</sup> ostatních odpadů, t.j. po úpravě cca 25 000 m<sup>3</sup>
- Tato kalkulace předpokládá provoz stávajících jaderných elektráren po dobu 40 let.
- Kromě malého množství ostatních odpadů (cca 5 00 m<sup>3</sup> ) pocházejí všechny ostatní odpady, které je třeba uložit do HÚ z jaderné energetiky.

# Hlubinná úložiště ve světě

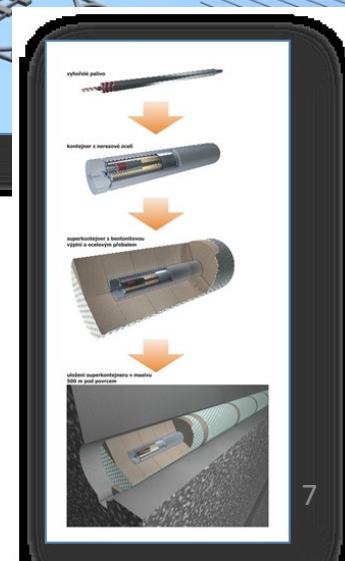
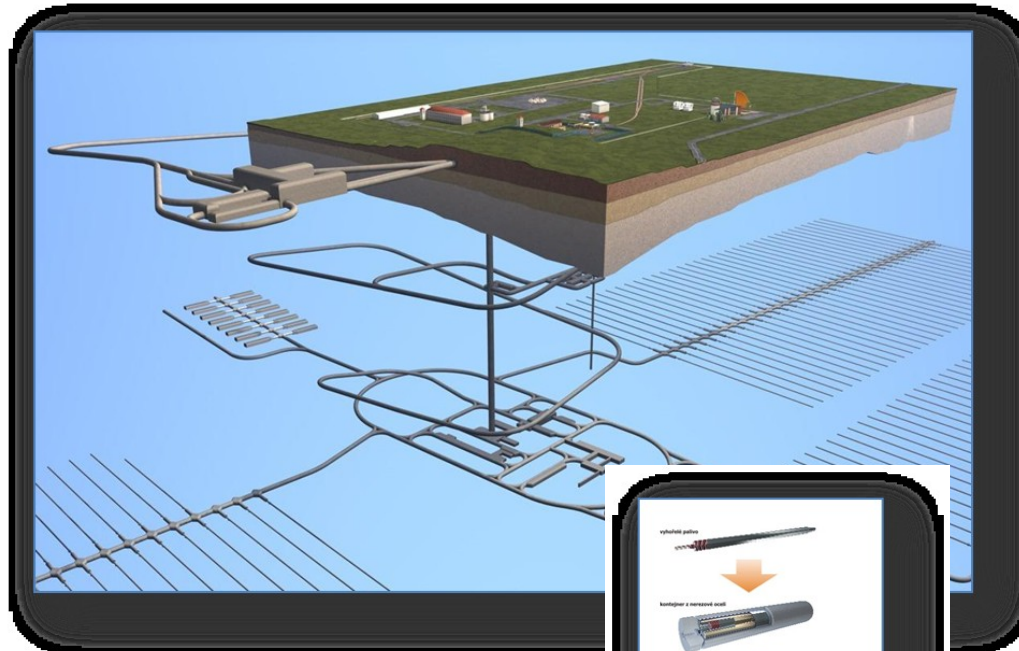
- Ve světě není v současnosti v provozu žádná HÚ VAO a VJP.
- HÚ je velmi podobné zařízení WIPP (Carlsbad, NM), ve kterém jsou ukládány odpady ze zbrojní výroby USA.
- V současnosti řeší problematiku hlubinného úložiště cca 32 zemí, nejdále pokročilo řešení ve Finsku, Švédsku a USA.
- Existují i tendence směřující k mezinárodnímu úložišti (Association for Regional and International Underground Storage ARIUS se sídlem ve Švýcarsku, projekt FP 6 SAPIERR).

# Referenční projekt HÚ v ČR

1999



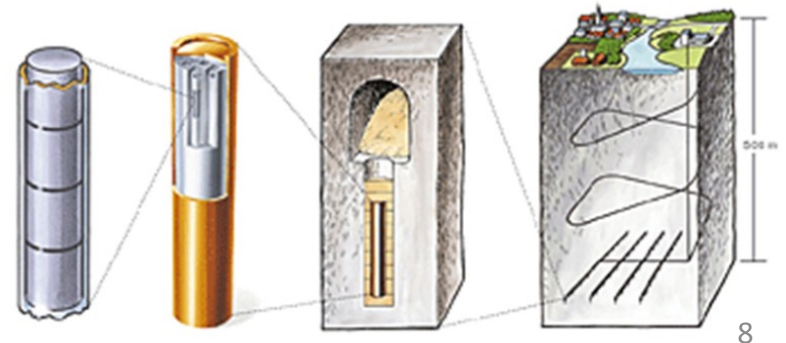
2011



# Multibariérový princip HÚ

Všechny země řeší problematiku izolace VAO a VJP v hlubinném úložišti na multibariérovém principu. Tento princip znamená, že migraci radionuklidů je bráněno systémem inženýrských bariér, které jsou umístěny do přírodní bariéry reprezentované horninovým prostředím požadovaných vlastností.

- Horizontální vs. vertikální způsob ukládání
  - průměr tunelů
  - množství rubaniny
  - potřebná rozloha bloku





# Přírodní bariéra (1)

Přírodní bariéra představuje základní bariéru, jejíž životnost by měla převyšovat životnost všech jednotlivých inženýrských bariér.

Technical Report Series No. 413 z (MAAE 2003) definuje základní vlastnosti přírodní bariéry takto:

- dlouhodobá (miliony let) stabilita z hlediska pohybů a deformací, seismicity, zlomové tektoniky a tepelných toků,
- nízký obsah vody a nízké rychlosti proudění na hloubkové úrovni úložiště,
- stabilní geochemické a hydrogeochemické podmínky, zejména redukční prostředí a rovnovážný stav mezi vodou a horninotvornými minerály,
- inženýrské vlastnosti vhodné pro výstavbu a provoz úložiště.

# Přírodní bariéra (2)

Přírodní bariéra přispívá k bezpečnosti celého systému HÚ zejména následujícími třemi funkcemi:

- zajišťuje fyzickou izolaci odpadů od životního prostředí na povrchu a od destruktivních procesů, které tam probíhají,
- vytváří geochemicky, hydrogeochemicky a mechanicky vhodné prostředí, které chrání inženýrské bariéry,
- působí jako bariéra, které omezuje přístup vody k odpadům a migraci mobilizovaných radionuklidů.

# Inženýrské bariéry

- **obaly palivových článků**, obvykle nerezová ocel nebo hliníkové či zirkoniové slitiny,
- **kontejnery pro uložení VJP**, obvykle litina, ocel, nerezová ocel, někde se uvažují dvouvrstvé s vnější vrstvou Cu (Skandinávie) či Ti (Kanada),
- **kontejnery pro uložení VAO**, obvykle ocel, nerezová ocel a beton,
- **těsnící materiál (buffer)**, většinou na bázi bentonitu, lisované tvárnice,
- **výplňový materiál (backfill)**, předpokládá se využití bentonitu resp. jílu ve směsi s nadrcenou horninou,
- beton či jiný materiál použitý při zajištění vyrubaných prostor.

# Vyhledávání lokality (siting)

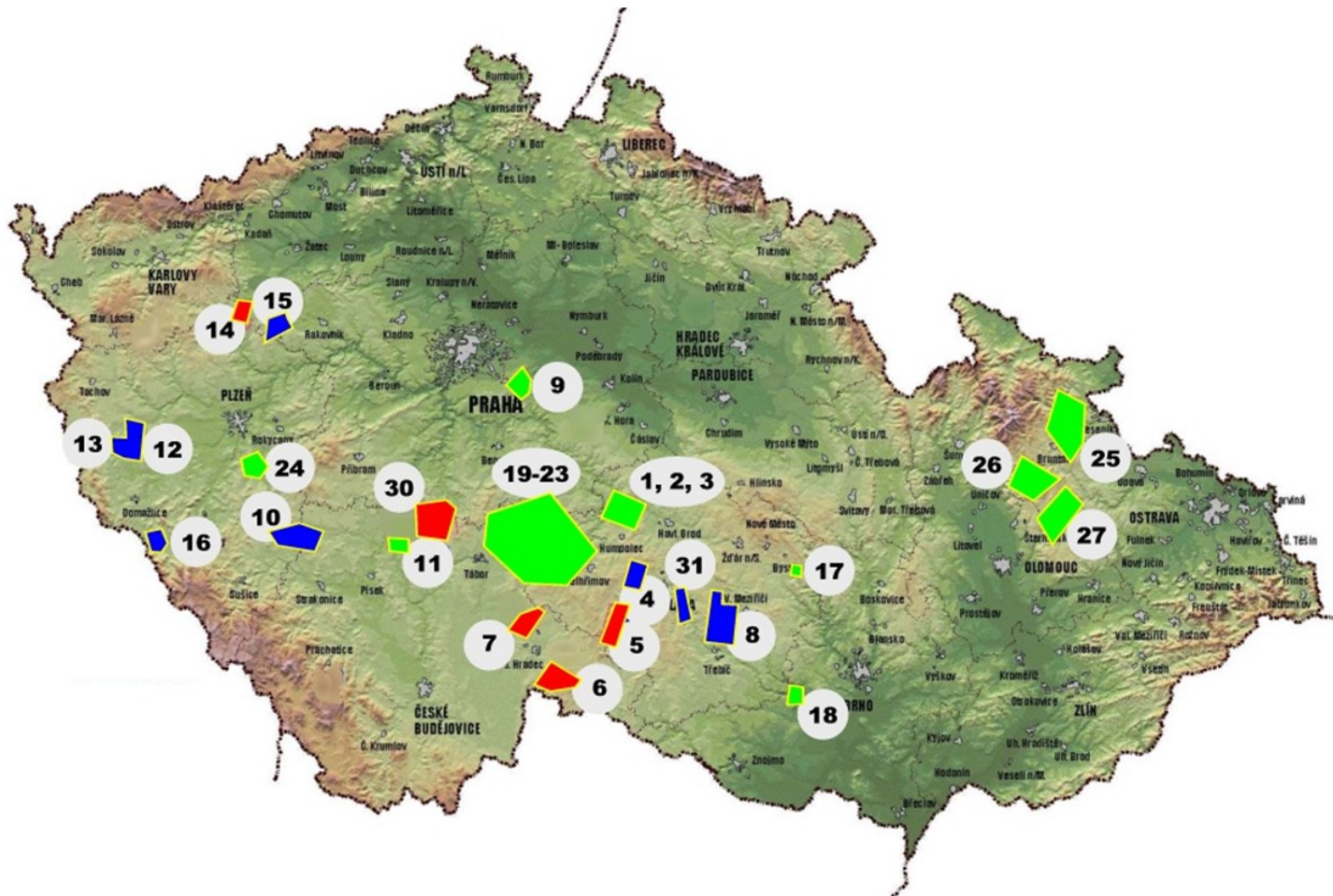
Dokumenty MAAE doporučují rozdělit celou proceduru vyhledání lokality do následujících etap:

- **etapa hodnocení území** se zabývá celým státním územím, definuje vhodné typy hornin a oblasti nadějně pro situování úložiště, pracuje převážně s existujícími daty, hodnotí legislativní omezení, jejím výstupem je jedno nebo více nadějných území,
- **etapa charakterizace lokalit** popisuje jednotlivé lokality ve vybraných oblastech, shromažďuje data pro studie proveditelnosti, bezpečnostní rozbory a pro řízení výzkumu inženýrských bariér a optimalizaci designu úložiště, zvažuje socio-ekonomická kritéria, výstupem je finální lokalita,
- **etapa potvrzení vhodnosti lokality** je realizovaná na finální lokalitě, na níž bude situováno úložiště, ověřuje a detailizuje výsledky průzkumu z povrchu důlními pracemi poskytuje detailní informace pro průkaz bezpečnosti i pro finální design úložiště (konfirmační podzemní laboratoř).

# Vyhledávání lokality v ČR (1)

- První práce zahájil Český geologický ústav koncem 80. let. Výsledkem studie (Kříž J. et al. 1991) bylo vymezení 27 perspektivních oblastí v různých horninových typech (granitoidy, gabroidy, metamorfované horniny, sedimenty).
- Následná „Kritická rešerše archivovaných geologických informací“ (Woller F. et al. 1999) hodnotila kvalitu a využitelnost existujících geologických informací pouze v granitoidních oblastech. V rámci úkolu bylo zhodnoceno více než 1500 podkladů z archivů Geofondu, DIAMO s.p. výzkumných pracovišť a universit. Výsledkem bylo doporučení 8 lokalit pro další etapu prací a rozsáhlá databáze informací.

# Vyhledávání lokality v ČR (2)



Červeně granitoidní oblasti s vymezenými lokalitami (Woller F. et al. 1999), modř

# Vyhledávání lokality v ČR (3)

## Perspektivní oblasti navržené ČGÚ

1. Melechov
2. Dolní Město
3. Kamenná Lhota
4. Větrný Jeníkov
5. Z. od Třeště
6. S. od Nové Bystřice
7. Klenov
8. Třebíč
9. Ríčany
10. Blatná
11. Zvíkovské podhradí
12. Milevo - Brod
13. Sedmihorí
14. Tis
15. Čistá
16. Kdyně
17. Bory
18. Hrubšice
19. Z. od Mladé Vožice
20. JZ. od Pelhřimova
21. Senožaty
22. S. od Pacova
23. V. od Mladé Vožice
24. Blovice
25. Bruntál
26. Dětřichov
27. Libavá

# Vyhledávání lokality v ČR (4)

## Perspektivní lokality navržené kritickou rešerší

- 5/1 Růžená (Z. od Třeště) 29 km<sup>2</sup>
- 6/1 Klenová (S. od Nové Bystřice) 31 km<sup>2</sup>
- 6/2 Kunějov (S. od Nové Bystřice) 26 km<sup>2</sup>
- 7/1 Lodheřov (Klenov) 52 km<sup>2</sup>
- 14/1 Tis u Blatna (Tis) 21 km<sup>2</sup>
- 14/2 Blatno (Tis) 16 km<sup>2</sup>
- 30/1 Chyšky (S. od Milevska) 56 km<sup>2</sup>
- 30/2 Vlksice (S. od Milevska) 56 km<sup>2</sup>



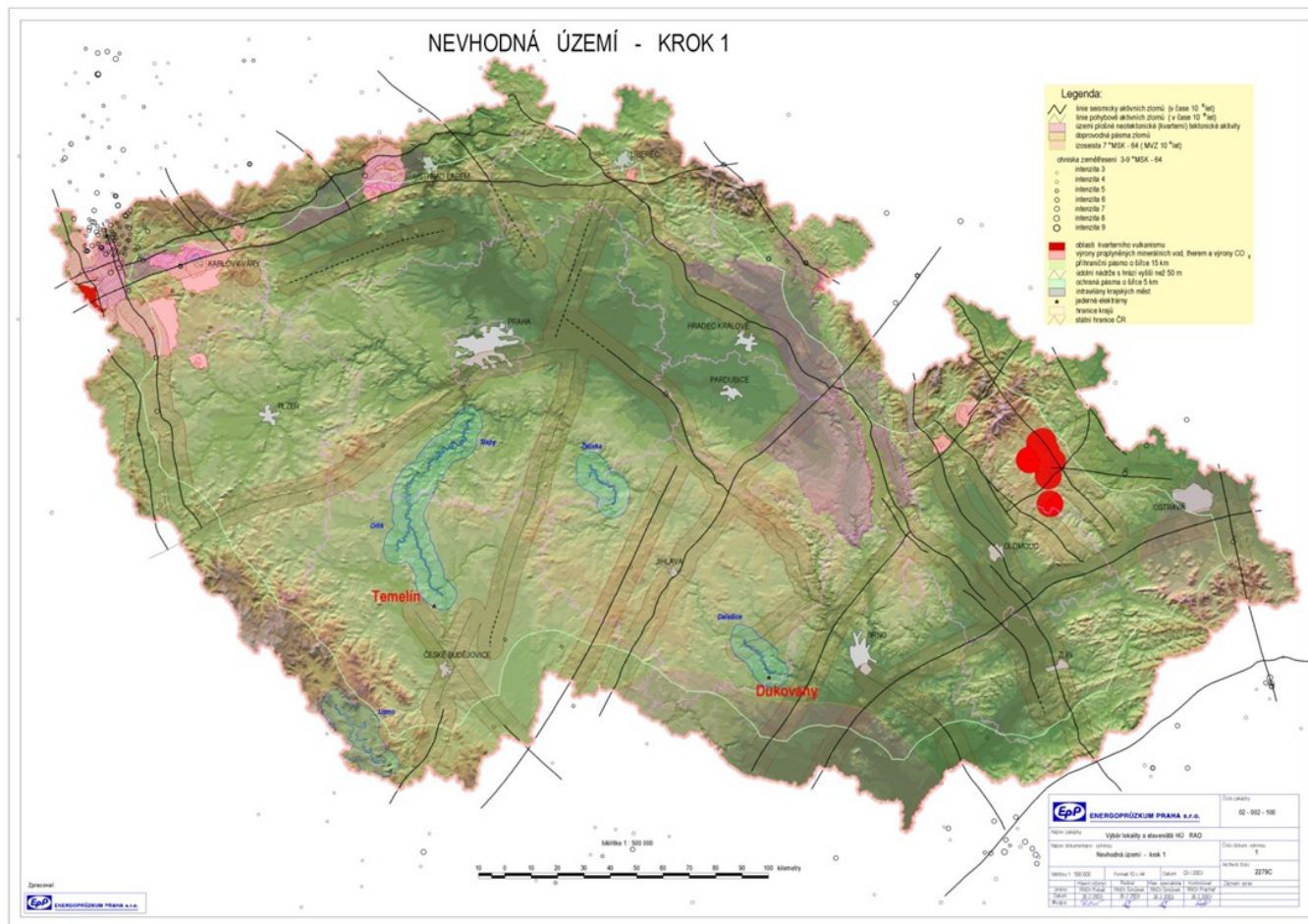
# Vyhledávání lokality v ČR (5)

SÚRAO objednalo v roce 2001 u firmy Energoprůzkum Praha zhodnocení dříve provedených prací a transparentní zopakování prací etapy hodnocení území.

Energoprůzkum Praha provedl výběr lokalit v následujících pěti krocích:

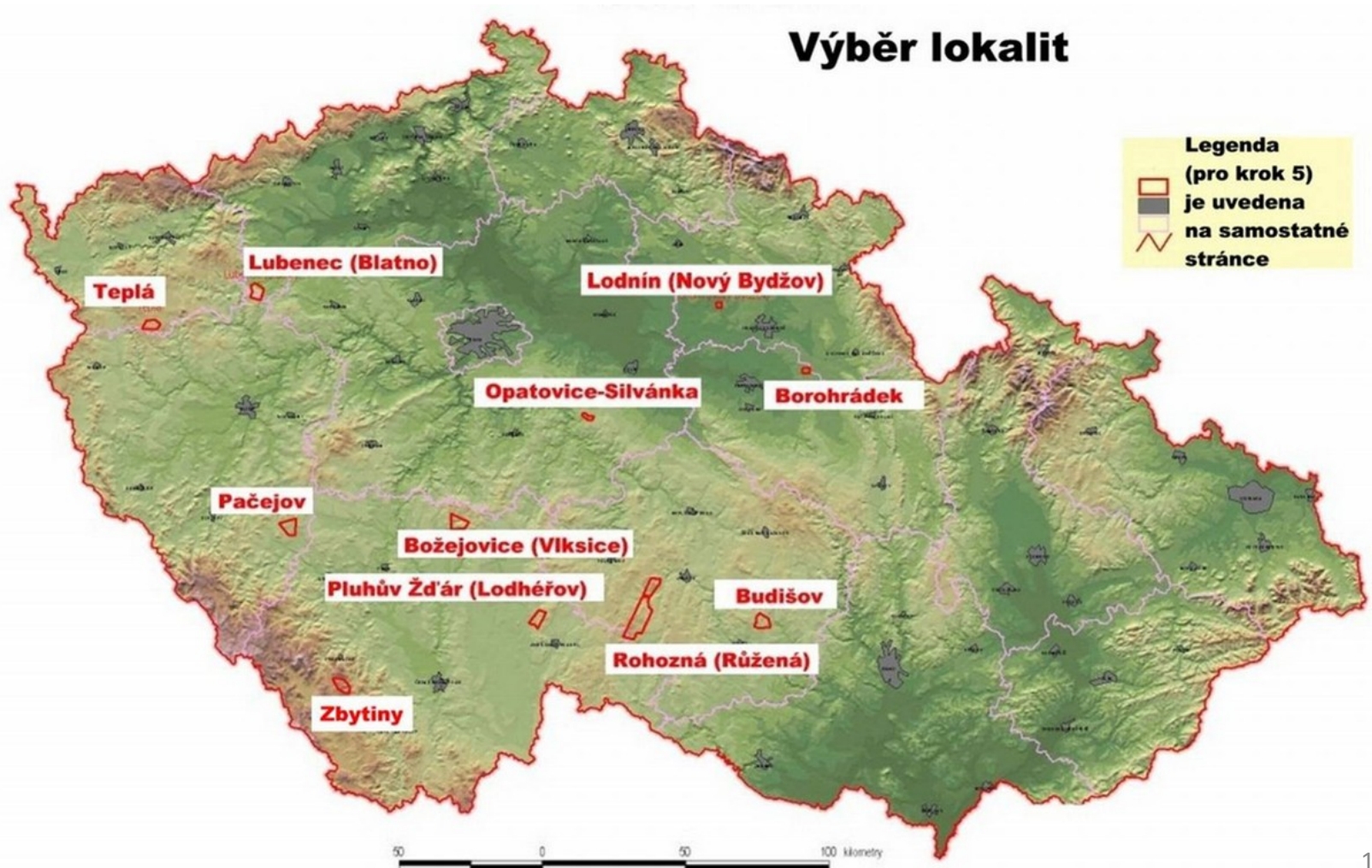
- Vyloučení nevhodných území (zlomy, seismická a vulkanická aktivita, sídla a pod.).
- Výběr oblastí s vhodnými geologickými podmínkami.
- Vyloučení z důvodů vylučujících kritérií (legislativa, životní prostředí, realizovatelnost a provoz).
- Uplatnění předností (doprava, blízkost zdrojů RAO, nízká hustota obyvatelstva a pod.).
- Výběr 8 lokalit a jeho zdůvodnění.

# Vyhledávání lokality v ČR (6)



# Vyhledávání lokality v ČR (7)

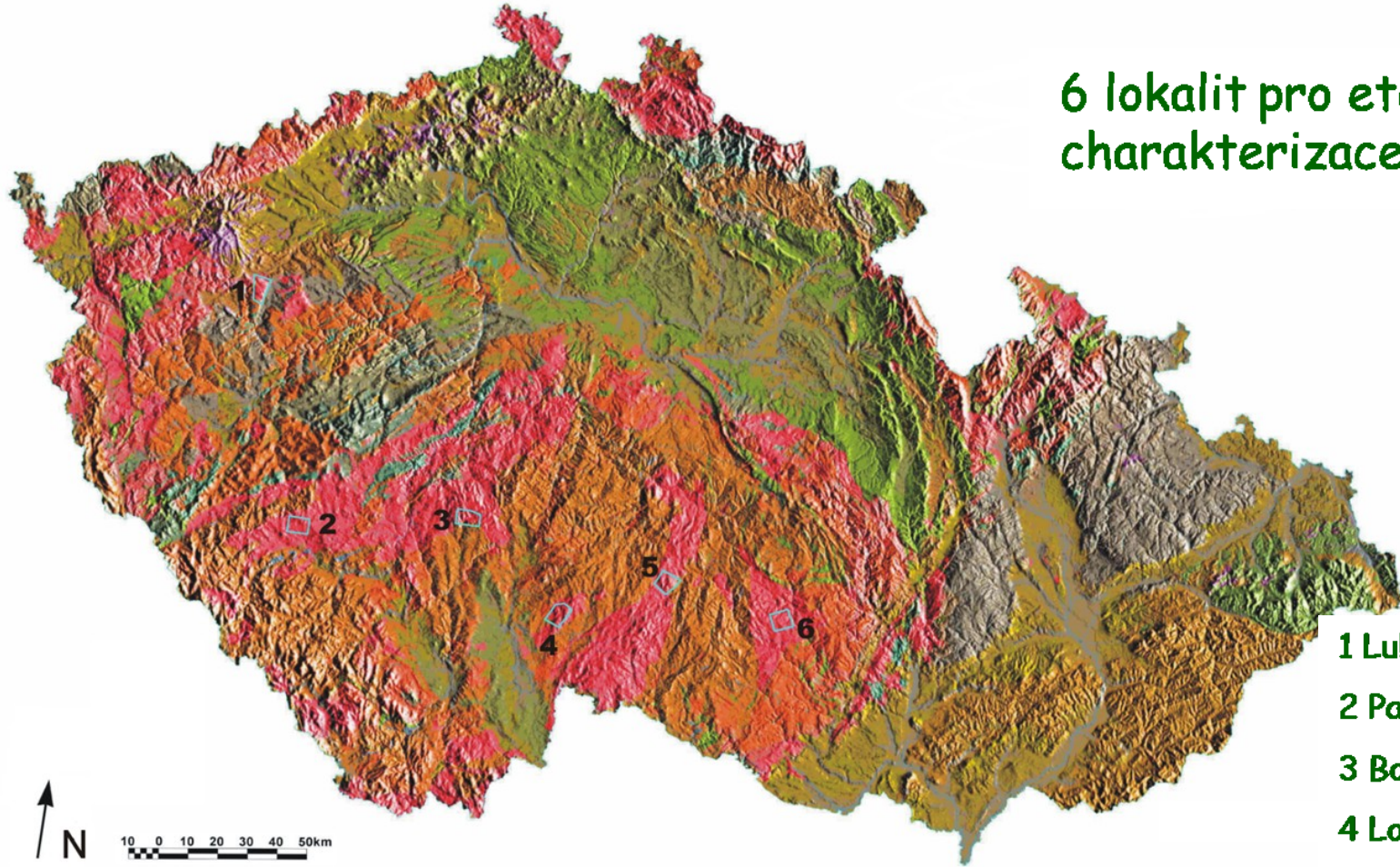
11 lokalit, na nichž je vybudování HÚ možné



# Vyhledávání lokality v ČR (8)

Čís.	lokalita	hornina	dopor. EPP	SÚRAO
1	Lubenec - Blatno	granitoidy		
2	Pačejov nádraží	granitoidy		
3	Božejovice - Vlksice	granitoidy		
4	Lodheřov	granitoidy		
5	Rohozná	granitoidy		
6	Budišov	granitoidy		
7	Borohrádek	granit/sed.		
8	Teplá	metamorfity		
9	Zbytiny	metamorfity		
10	Opatovice - Silvánka	metamorfity		
11	Lodín - Nový Bydžov	sedimenty		

# Vyhledávání lokality v ČR (9)



6 lokalit pro etapu  
charakterizace lokalit

- 1 Lubenec - Blatno
- 2 Pačejov Nádraž
- 3 Božejovice - Vlksice
- 4 Lodheřov
- 5 Rohozná
- 6 Budišov

# Etapa předběžné charakterizace lokalit (1)

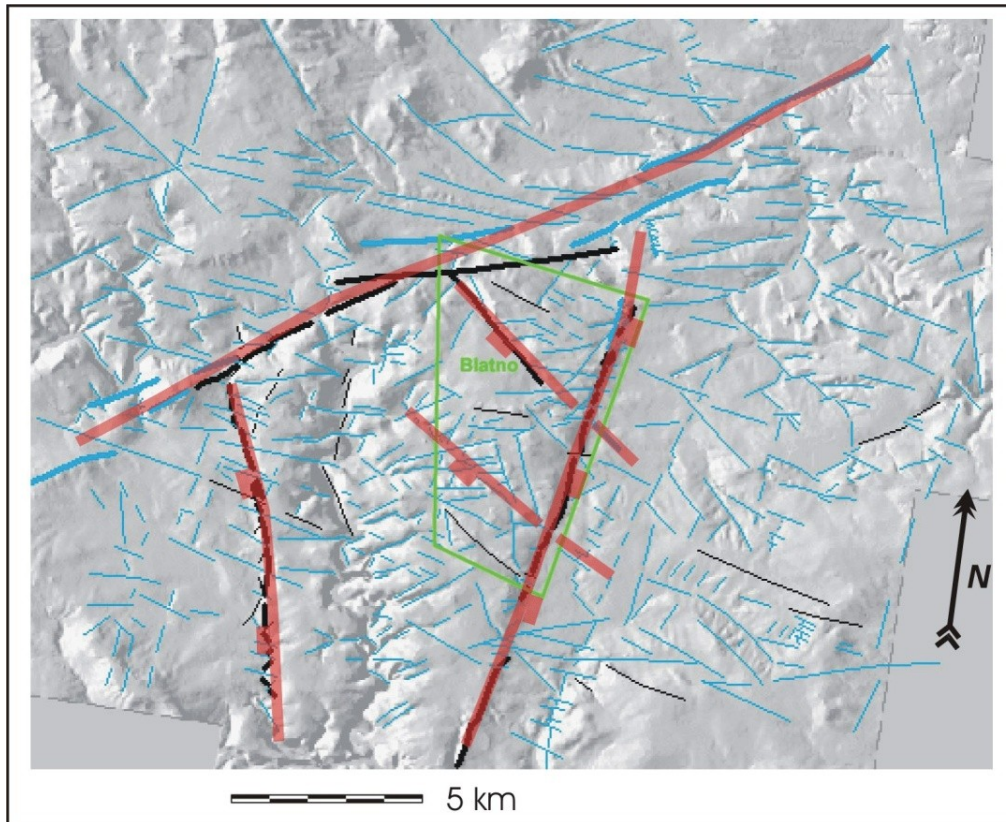
- Pro realizaci prací bylo na základě OVS vybráno sdružení GEOBARIERA (Aquatest a.s a SG Geotechnika a.s.)
- Cíl: zúžení plošného rozsahu lokalit
- Metody: letecká geofyzika,
  - dálkový průzkum Země,
  - terénní rekognoskace včetně jednotlivých profilů
- VDV,
  - aktualizace rozboru střetů zájmů,
  - studie proveditelnosti,
  - zavedení GIS pro SÚRAO (nástroj).
- Termín prací: 31. října 2005

# Provedení geologických prací II. etapy

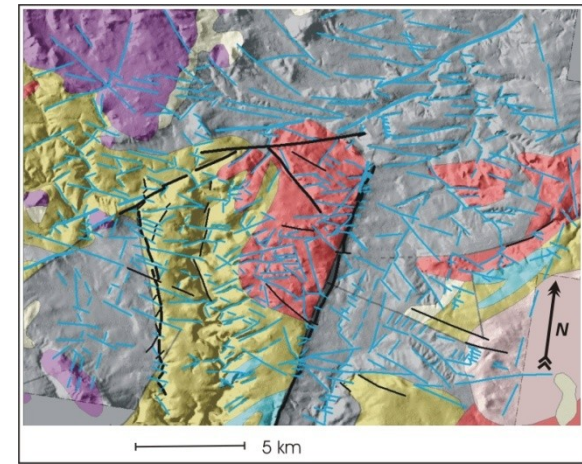
## DPZ

V souladu se zadáním byla pozornost při zpracování údajů DPZ soustředěna na:

- Zhodnocení oblastí na základě geomorfologických kritérií. Pro tyto cíle byla provedena analýza exogenní dynamiky postavená na zhodnocení leteckých snímků, průběhu říční sítě a základních forem povrchů.
- Provedení morfostrukturní analýzy lokalit, včetně širšího okolí, na základě snímků Landsat ETM+, Radarsat a digitálního modelu terénu (DMT).



Hypotetický kinematický model na lokalitě Blatno



# Etapa předběžné charakterizace lokalit (2)

## Letecká geofyzika

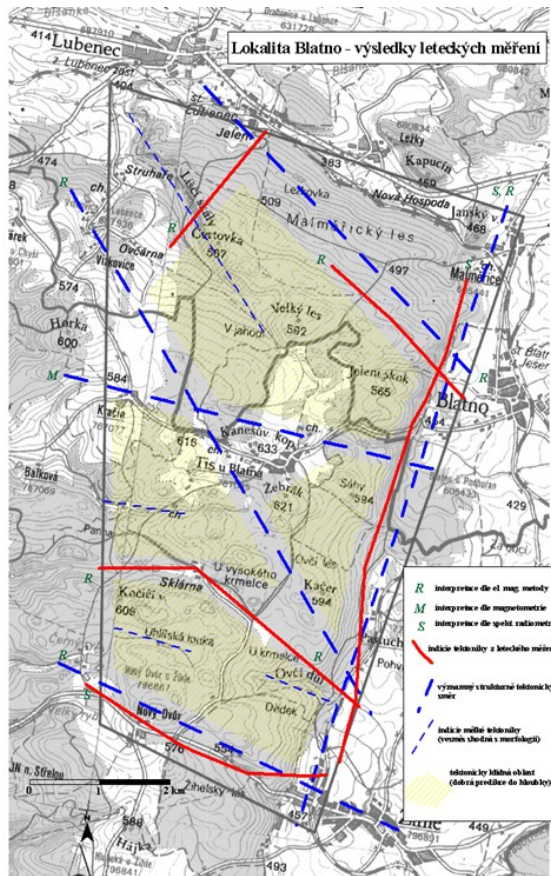


- Realizátor: McPhare Geosurveys Ltd.
- Ontario, Canada
- V listopadu 2003 bylo na 6 lokalitách nalétáno celkem 1 845 km profilů v síti 200 x 500 m.
- Byla měřena magnetika (M), gama spektrometrie (GS) a elektomagnetika EM).
- Při nominální rychlosti letu 25 – 30 m /sec byly hodnoty měření M a EM snímány každou 0,1 sec. GS, digitální snímek a veškeré navigační údaje (radarový a barometrický výškoměr, GPS) byly snímány každou 1,0 sec.



# Etapa předběžné charakterizace lokalit (3)

## Letecká geofyzika



V helikoptere byly instalovány následující přístroje:

- Geometrics G-823 cesiový magnetometer instalovaný v sondě HummingBird s citlivostí 0.001nT,
- Pico-Envirotech GRS-410 gama spectrometer s krystalovým detektorem NaI(Tl) 16.78 litrů pro měření aktivity Země a 4.2 litrů, detektorem pro měření kosmického záření
- HummingBird helicopter-borne EM system se čtyřmi dvojicemi cívek a doprovodnou elektronikou,
- velkokapacitní zařízení na záznam naměřených dat s velmi rychlými disky,
- NovAtel Millennium 24-kanálový GPS přijímač, & real-time OMNISTAR DGPS-Max,
- Terra model TRA-3000/TRI-30 radarový výškoměr pro měření výšky stroje nad terénem a barometrický výškoměr.

# Etapa předběžné charakterizace lokalit (5)

## 2005

- Dokončeno geofyzikální měření, DPZ a terénní rekognoskace,
  - Byly sumarizovány informace o střetech zájmů,
  - Byla zpracována kritéria pro hodnocení a zúžení lokalit,
  - Bylo zahájeno hodnocení získaných informací a příprava podkladů pro zpracování studií proveditelnosti.
- 
- Ve smyslu usnesení Vlády České republiky č. 550 ze dne 2. června 2004 byly práce na výběru lokalit do roku 2009 zastaveny.

# Výzkum ve vojenských újezdech

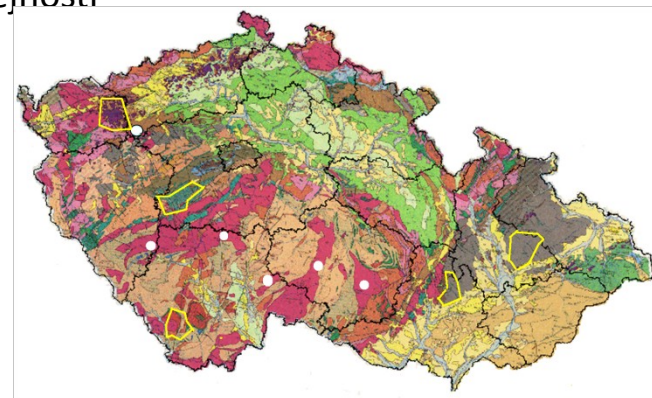
**2008** - Na základě usnesení vlády byl **zadán výzkum** ve vojenských újezdech.

Důvody:

- Pokud by byly ověřeny vhodné geologické podmínky a byl předpoklad splnění požadavků na bezpečnost uložení – pak předpoklad snazšího souhlasu veřejnosti

## Zkoumané vojenské újezdy ČR

Boletice	Jihočeský kraj	219,5 km <sup>2</sup>
Brdy	Středočeský kraj	260,0 km <sup>2</sup>
Březina	Jihomoravský kraj	158,2 km <sup>2</sup>
Hradiště	Karlovarský kraj	331,6 km <sup>2</sup>
Libavá	Olomoucký kraj	327,2 km <sup>2</sup>

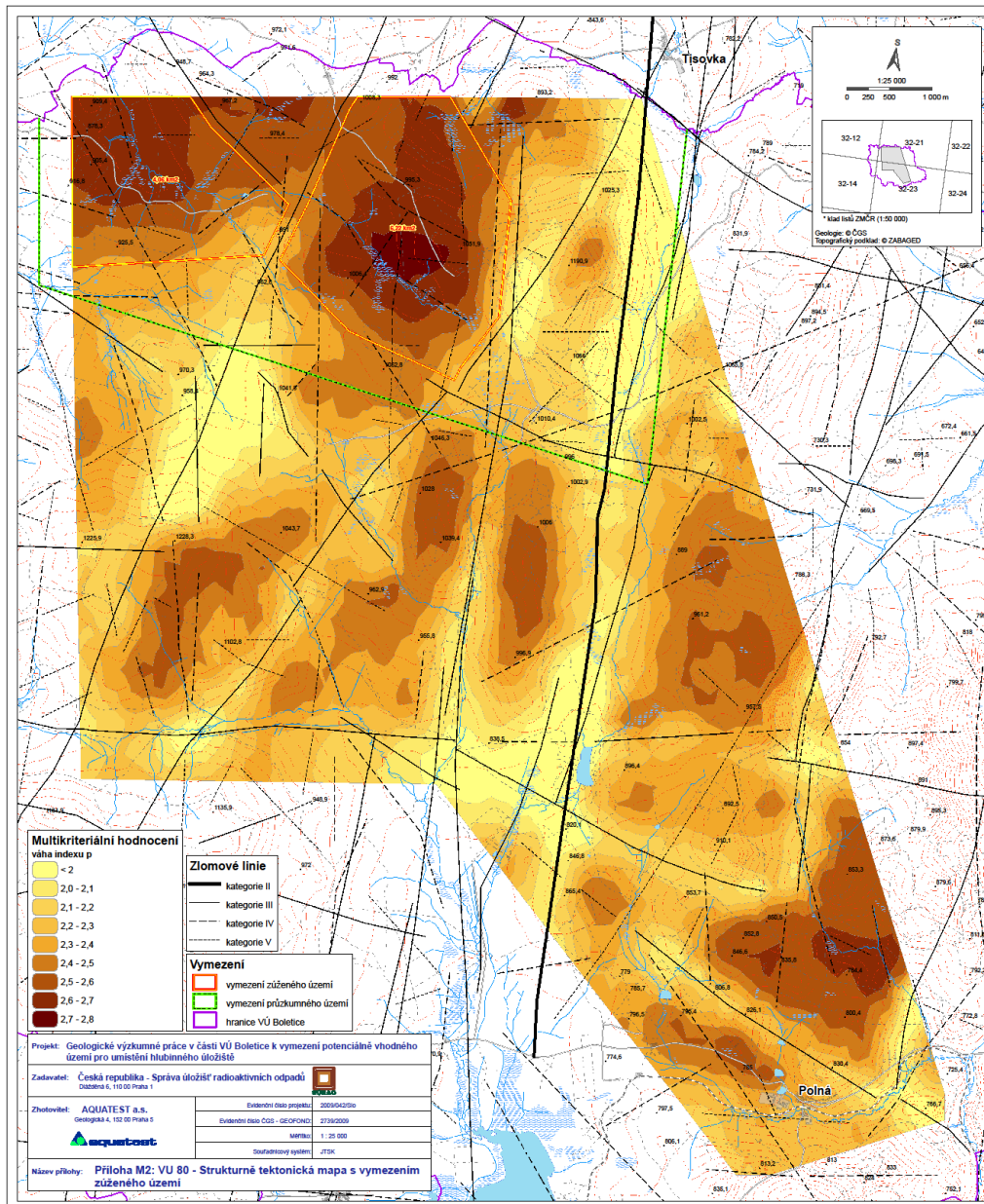


**Červen 2009** – Závěrečná zpráva kritické rešerše geologických informací z vojenských újezdů

- **Předpoklad vhodné geologie – VÚ Boletice – granulity, granity**
- **Potenciálně vhodná geologie – VÚ Hradiště – jíly**

**2009 – 7/2010** – Výzkum VÚ Boletice s cílem vymezit potenciálně homogenní území vhodné pro účely HÚ, navrhnout propojení s povrchovým areálem a napojením na železnici v jižní části VÚ

# Strukturně tektonická mapa s vymezením zúženého území



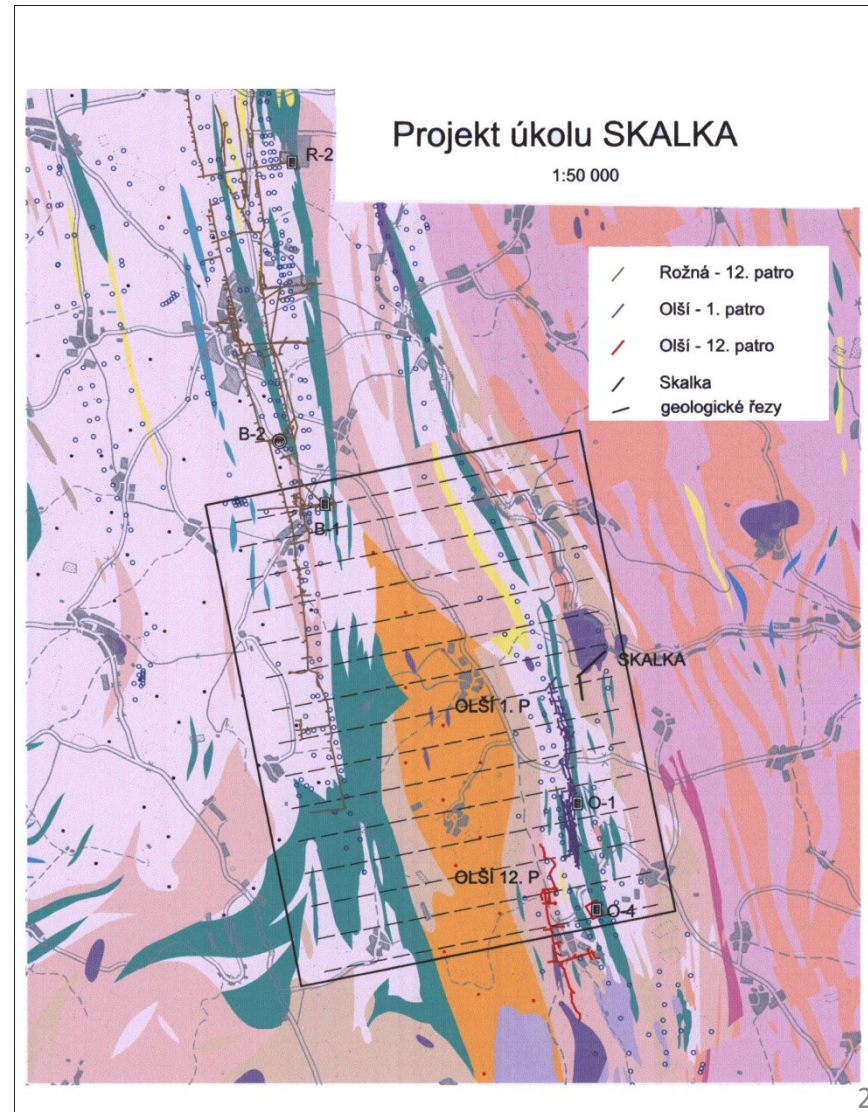
## zúženého území

Zúžené území	Plocha (km <sup>2</sup> )	Index „p“
<b>VÚ Boletice 1</b>	4,06	2,55
Lodhéřov	6,16	2,51
Blatno 2	6,70	2,52
Budišov 2	6,84	2,50
Blatno 1	7,04	2,53
<b>VÚ Boletice 2</b>	6,22	<b>2,57</b>
Pačejev 1	7,56	2,56
Budišov 1	7,93	2,55
Božejovice	8,05	2,41
Rohozná	8,12	2,49
Pačejev 2	<b>8,69</b>	2,53



# Projekt ověření vhodnosti území mezi ložisky uranu Rožná – Olší pro lokalizaci HÚ

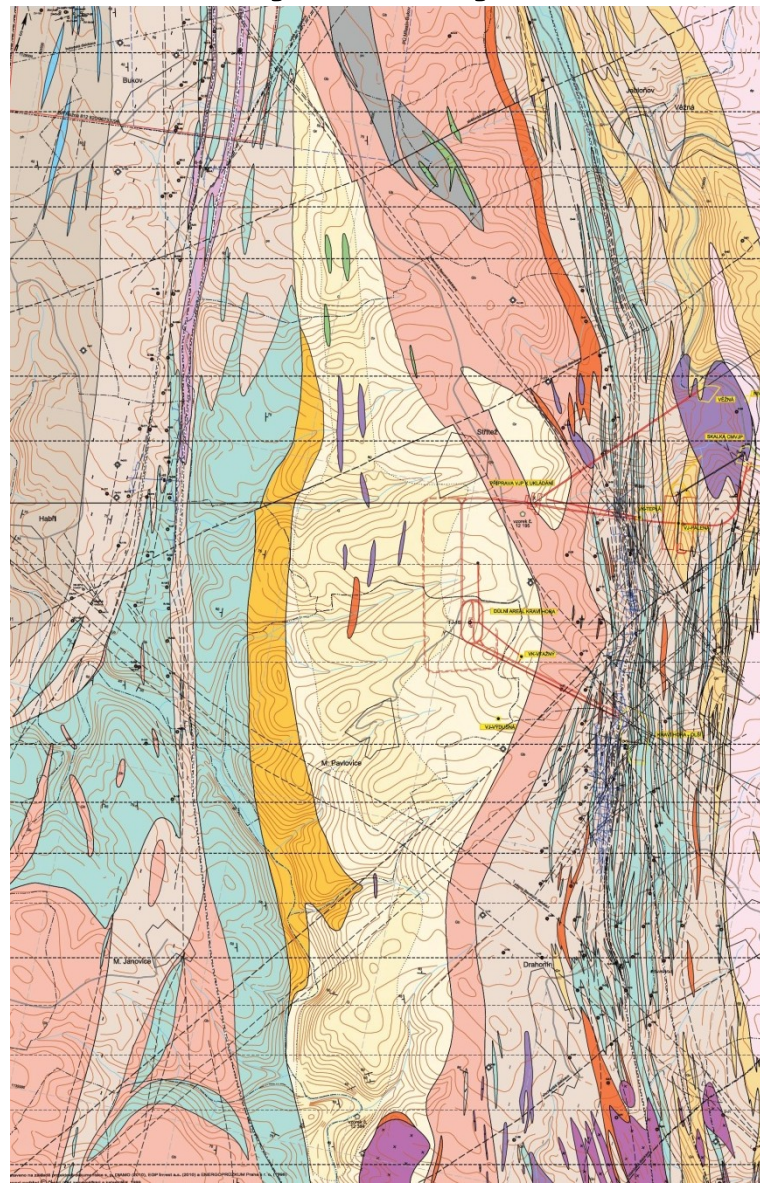
- Předmětem zájmu je těleso granulitu – migmatitu mezi ložisky Rožná – Olší na západní Moravě
- Území logicky navazuje na plánovaný centrální mezisklad VJP Skalka



# Projekt Rožná – Olší

## Provedené práce a výsledky

- Interpretovaná geologická mapa 1:10 000 v úrovních:
  - Povrch
  - Úroveň Skalka
  - 500 m pod povrchem
  - 750 m pod povrchem
- Interpretované příčné řezy – 18
- Souhrnná HG situace
- Studie umístění HÚ na lokalitě v návaznosti na CMSVJP Skalka





Stav před zahájením geologických průzkumů k 2/2012

# Postup výběru hlavní a záložní lokality pro hlubinné úložiště

2017

2018

Zpracovali: Mgr. Josef Dufek  
Ing. Markéta Dvořáková  
Mgr. Jiřka Misková  
RNDr. Jiří Slovák

2010

2012

Pracovní skupina pro dialog o hlubinném úložišti  
Zapojení veřejnosti do strategie postupu

Výzva obcím k participaci na výběru vhodné lokality  
Geologický průzkum na 1. lokalitě za účasti obcí

Lokalita s příznivou geologickou stavbou:  
• Projektová studie HÚ  
• Bezpečnostní rozbor HÚ  
• Studie proveditelnosti HÚ  
• Studie vlivu stavby HÚ na ZP

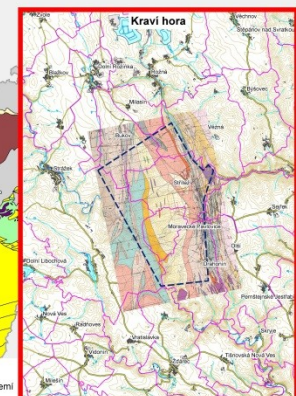
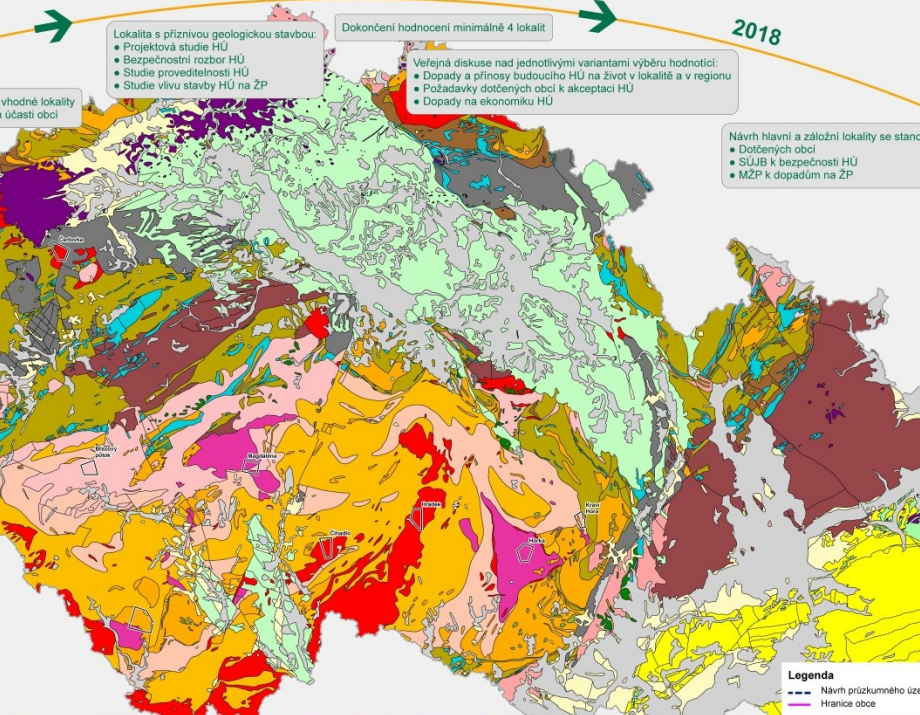
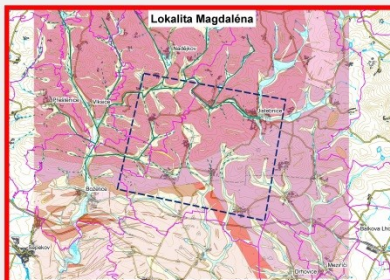
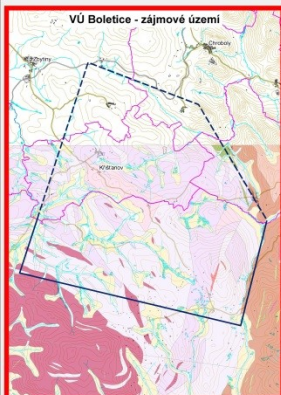
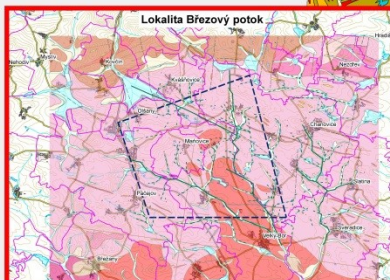
Dokončení hodnocení minimálně 4 lokalit

Veřejná diskuse nad jednotlivými variantami výběru hodnotící:  
• Dopady a přínosy budoucího HÚ na život v lokalitě a v regionu  
• Požadavky dotčených obcí k akceptaci HÚ  
• Dopady na ekonomiku HÚ

Návrh hlavní a záložní lokality se stanovisky:  
• Dotčených obcí  
• SÚJB k bezpečnosti HÚ  
• MZP k dopadům na ZP

2019

Rozhodnutí vlády ČR o výběru hlavní a záložní lokality



Legenda  
--- Návrh průzkumného území  
--- Hranice obce

# Průzkumné práce 1. etapa

- **Strukturní a tektonické mapování na skalních výchozech**
- **Geochemická prospekce s cílem vymezení tektonické stavby granitového masivu a jeho porušenosti – s odběrem vzorků pomocí zarážecích sond**
- **Pozemní geofyzikální průzkum – různé metody realizované pochůzkou v terénu bez těžké techniky a záboru nebo poškození pozemků**
- **Hydrogeologický průzkum**
- **Geotechnický průzkum**
- **Sestavení detailní strukturně tektonické mapy území**
- **Vrty 1. etapy (5x 100m, 2x500 m, 1x 1000 m)**
- **Vyhodnocení a rozhodnutí o lokalitě - ukončit nebo postup do 2. etapy**



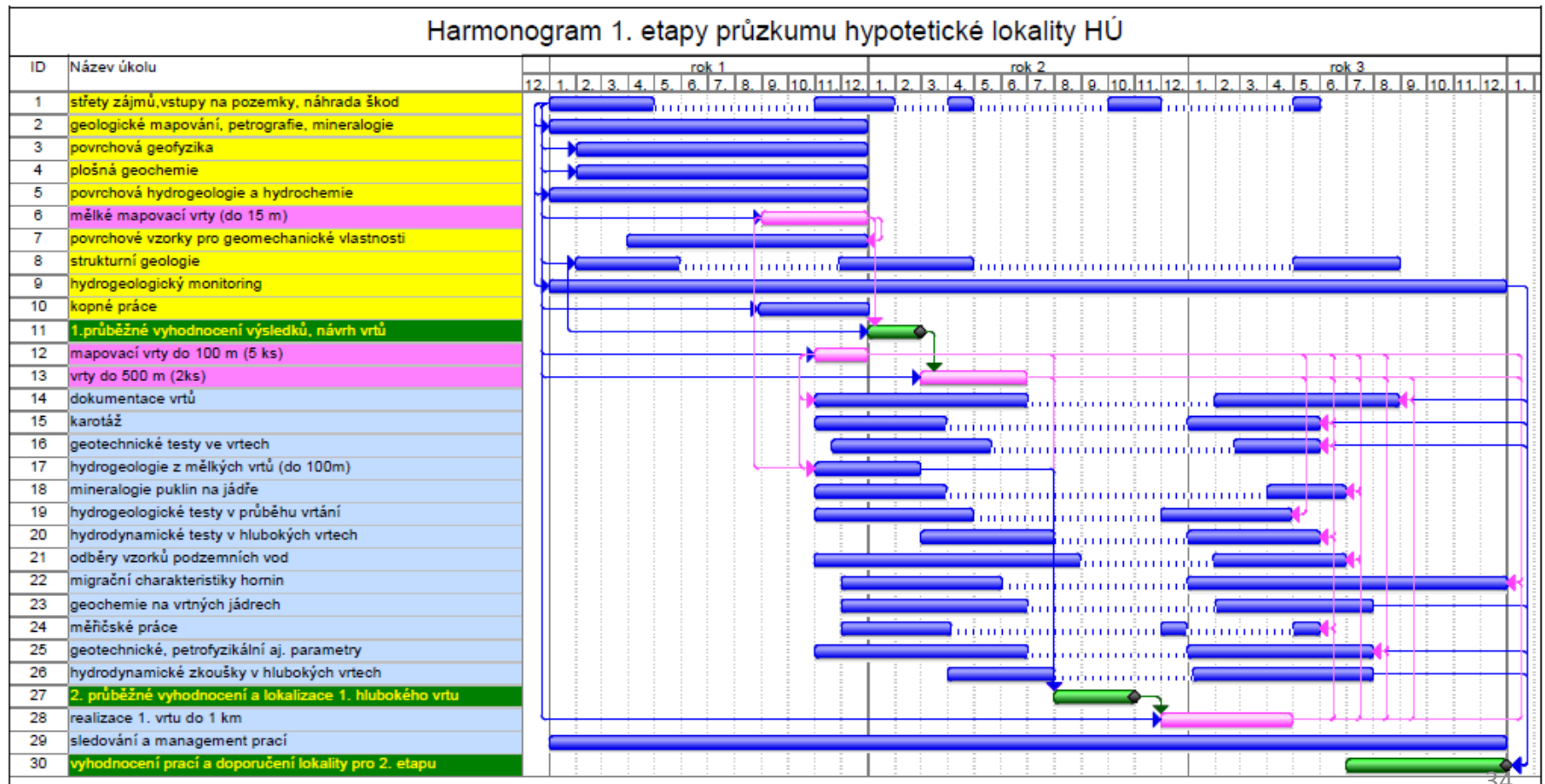
# Průzkumné práce 2. etapa

- Vrtý 2. etapy (2x 500 m, 1x 1000m)
- Výzkum horninového prostředí ve vrtu (geofyzikální metody, hydrogeologie, četnosti puklin, ...)
- Sestavení geologických řezů lokalitou
- Vyhodnocení a závěrečná zpráva



# Délka trvání prací

- 1. etapa prací – 3 roky
- 2. etapa prací – 2.5 roku



# Předpokládaná finanční náročnost prací

- 1. etapa 188 mil. Kč
  - 2. etapa 125 mil. Kč
  - celkem 313 mil. Kč
- Náklady jsou vyjádřeny včetně 20% DPH

1. etapa kapitola	Sumární tabulka finančních nákladů činnost
3.1.	Geologické mapování, petrografie, mineralogie
3.2.	Strukturní geologie
3.3.	Povrchová geofyzika
3.4.	Plošná geochemie
3.5.	Povrchová hydrogeologie a hydrochemie
3.6.	Realizace kopných prací a mapovacích vrtů
3.7.	Odběr a testy povrchových vzorků
3.8. a 3.9.	1.a 2. průběžná vyhodnocení
3.10.	Realizace vrtů
3.11.1.	Karotáž
3.11.2.	Vrtní geofyzika
3.11.3.	Geotechnické testy ve vrtu
3.11.4 -5	Hydrodynamické zkoušky na hlubokých vrtech
3.12.1.	Analýzy vrtného jádra
3.12.2.	Strukturní dokumentace vrtních jader
3.12.3.	Plošná geochemie - vzorky z vrtů
3.12.4.	Petrofyzikální testy vrtných jader
3.12.5.	Geomechanické vlastnosti hornin
3.12.6.	Stanovení migračních parametrů hornin
3.13.	Měřičské práce
3.14.	Střety zájmů
3.15.-3.16.	<a href="#">Sled a řízení prací, závěrečné zpracování</a> <a href="#">[1]</a>

2. etapa kapitola	činnost
4.2.-4.3.	Geologické mapování, strukturní geol
4.4.2.	Geofyzikální detaily
4.5.	Plošná geochemie - detaily
4.6.	Povrchová hydrogeologie a hydrogeol
4.7.-4.8.	Průběžná vyhodnocení
4.9-4.10.	Realizace vrtů
4.11.1.	Karotáž
4.11.2.	Vrtní geofyzika
4.11.3.	Geotechnické testy ve vrtu
4.11.4.	Hydrodynamické zkoušky na hlub. vrt
4.12.1.	Analýzy vrtného jádra
4.12.2.	Strukturní dokumentace vrtných jader
4.12.3.	Plošná geochemie - vzorky z vrtů
4.12.4.	Petrofyzikální testy vrtných jader
4.12.5.	Geomechanické vlastnosti hornin
4.12.6.	Stanovení migračních parametrů horn
4.13.	Měřičské práce
4.14.	Střety zájmů

# Vlastní výběr lokality

Výběr musí být stvrzen zanesením do územních plánů

## Vhodná forma

- **Stanovení chráněného území** pro zvláštní zásah do zemské kůry
  - Stanovuje MŽP (po dohodě s ČBÚ a MPO)
  - Očekávaná plocha – podle referenčního projektu 2011 – 4,4 km<sup>2</sup>
  - Musí být splněny požadavky **§ 16, 34 a dalších zákona č. 44/1988 Sb., o ochraně a využití nerostného bohatství – horní zákon**

## Podklady

- **Odpovídající úroveň jako pro stanovení chráněného ložiskového území**
  - Toto vyžaduje dostatek informací o lokalitě prokazující, že HÚ je na lokalitě technicky realizovatelné = lokalita splňuje veškeré požadavky z pohledu
    - rozsahu HÚ – průkazem může být projektové řešení – **úvodní projekt**
    - kvality hornin z hlediska bezpečnosti HÚ – **ověřený bezpečnostní rozbor**
    - Technické a ekonomické realizovatelnosti – **studie proveditelnosti**
    - **Nad rámec zákona – vyhodnocení dopadů do ŽP**