

# **Geologická a strukturní charakteristika granitoidů z tunelu v Bedřichově v Jizerských horách**

*Příloha 1  
Projektový záměr*

Listopad 2003



# **GEOLOGICKO-STRUKTURNÍ VÝZKUM EDZ (EXCAVATION DAMAGE ZONE-zóna poškození ražbou) V GRANITU VODÁRENSKÝCH TUNELŮ V JIZERSKÝCH HORÁCH – ETAPA 2004 - 2005**

## **1 ÚVOD**

Tento projektový záměr navrhuje realizaci 2. etapy geologicko-strukturního výzkumu granitového masívu, v prostředí industriálního analogu úložiště radioaktivního odpadu. K tomuto účelu mohou být využity podzemní vodárenské tunely v Jizerských horách, které jsou vyraženy v homogenních granitech krkonošsko-jizerského masívu. Jejich technologické provedení, technický stav, délka, stáří a hloubka pod povrchem mohou být významným zdrojem informací o stavu horninového prostředí v hloubce v dosahu podzemních vod.

Výsledky navrhovaného výzkumu mohou významně urychlit přechod od povrchového geologického průzkumu k realizaci podzemní etapy výstavby podzemního úložiště radioaktivního odpadu ve vybraném granitovém masívu. Vzhledem k prakticky neomezené životnosti a přístupnosti mohou tyto vodohospodářská podzemní díla sloužit i jako monitorovací stanice dynamiky tektonické sítě, funkční způsobilosti betonu v tunelech a dlouhodobých změn jejich hydrogeologického a neotektonického režimu.

## **2 VODÁRENSKÉ TUNELY A JEJICH SOUČASNÝ STAV**

V Jizerských horách mezi Libercem a přehradní nádrží Souš byly v minulosti vyraženy podzemní tunely které slouží k dopravě surové i upravené vody. Nejstarším je osmdesátiletý tunel o délce 1100 metrů, vedoucí vodu z Černé Desné u protržené přehrady do přehradní nádrže Souš severně od Tanvaldu. Nejdelším je dvacet let starý tunel z vodní nádrže Josefův Důl do úpravny vody v Bedřichově (úsek A) a pokračující až na předměstí Liberce (úsek B a C). Oba podzemní tunely jsou vyraženy v hloubce nepřesahující 200 metrů v granitech západního sektoru krkonošsko-jizerského masívu.

Bedřichovský tunel byl vybudován v letech 1981 až 1987. Tunel o celkové délce cca 6000 metrů a průměru 3-4 metrů je ražen v homogenním libereckém a jizerském granitu až 200 metrů pod povrchem. K jeho ražbě bylo použito dvou rozdílných technologií. Horní třetina je provedena klasickou destruktivní ražbou a další dvě třetiny jsou vyraženy nedestruktivní technologií pomocí razicího štítu DEMAG. Tunelem prochází vodovodní potrubí o průměru 80 cm. Tunel byl vyprojektován Hydroprojektem n.p.

Praha ve spolupráci se Stavební Geologií n.p. Praha a vybudován v letech 1981 až 1983 státním podnikem VDRUP – výstavba dolů uranového průmyslu. Geologicky byla jeho

ražba sledována a dokumentována geology Stavební Geologie n.p. Praha. Uvedená organizace zejména analyzovala petrografické složení, strukturní stavbu, hydrogeologické poměry a geomechanické vlastnosti granitového masívu.

Bedřichovský tunel je dnes majetkem Severočeské vodárenské společnosti a.s., Teplice a je provozován společností Severočeské vodovody a kanalizace a.s., Teplice. V současné době potrubím tunelu ročně proteče 6 mil m<sup>3</sup> vody.

Podzemní tunel u Soušské přehrady byl ražen na počátku minulého století (1915) klasickou hornickou ražbou v jizerském granitu. Většina tunelu je prochází pevným granitem, jen několik významnějších poruchových pásem SZ-JV směru je zakryto betonem a kamennou výztuží z granitových bloků. Podrobná geologická dokumentace tunelu nebyla dosud provedena. Provozovatelem soušského tunelu je Povodí Labe a.s.

Oba tunely poskytují vhodné podmínky pro výzkum, vývoj, aplikaci metod, a přístrojů v prostředí jak neporušeného tak i porušeného (generického) prostředí horninového podzemí v hloubkách do 200 m pod povrchem.

### **3 Hlavní atributy a ekonomický přínos projektového záměru**

Zdůvodnění účelnosti navrhovaného projektového záměru se opírá o tyto konkrétní výsledky výzkumu provedeného v přípravné fázi projektu:

- (a) Vodárenské tunely o celkové délce 7 km jsou vybudovány v prakticky v jednotném geologickém prostředí libereckého a jizerského granitu. Většina jejich stěn nevyžadovala při ražbě železobetonovou výztuž.
- (b) Obnažené skalní stěny tvoří často souvislá defilé kompaktního granitu v délce mnoha set metrů. Unikátní délka těchto defilé umožňuje téměř kontinuální výzkum a mapování granitového masívu do značného detailu.
- (c) Vodárenské tunely byly vybudovány v různém časovém období a rozdílnou technologií, což umožňuje posoudit jejich technický stav za období 20 až 90 let jejich provozu.
- (d) Širší tektonická pásma jsou v tunelech ošetřena železobetonovou výztuží nebo jen drátěnou sítí s torkretovým postříkem. Tyto části tunelů umožňují zkoumat stav poškození výztuže průsaky podzemních vod.
- (e) Pro bedřichovský tunel jsou k dispozici dvacet let stará hydrogeologická data, které umožňují provedení korelace s údaji ze současnosti.
- (f) Klasickou hornickou ražbou za použití trhavin vzniklo ve skalním masívu velké množství trhlin, které při použití nedestruktivní ražby pomocí razicího štítu DEMAG prakticky chybí. Tato novotvořená puklinová síť umožňuje přístup podzemní vody do skalního masívu vedoucí k jeho vyluhování a vzniku novotvořených minerálů.

- (g) Mineralogický výzkum objevil na stěnách všech tunelů plošně rozsáhlou novotvorbu minerálů (schrönkingerit -karbonát uranylu) s vysokým obsahem uranu a fluoru. Tyto komplexní karbonáty krystalizují na stěnách jako tenké povlaky nebo drobné krystalky z vodních roztoků prosakujících po trhlinách v granitu a to od počátku vzniku tunelů až do současné doby. Tento druh kontaminace podzemních prostor v granitovém masívu může mít obecný význam vzhledem k značně dlouhé době potřebné k vybudování a provozu ÚRO nejen u nás ale i v zahraničí.
- (h) Vzhledem k prakticky neomezené životnosti a přístupnosti jsou tato vodohospodářská podzemní díla zvláště vhodná pro dlouhodobý monitoring skalního masívu k získání geologických a technologických údajů potřebných pro vybudování ÚRO.
- (i) Ekonomika projektového záměru vychází z existence uvedených vodárenských tunelů, které splňují řadu parametrů podzemních prostor budoucího ÚRO, takže pro počáteční stádium výzkumu horninového prostředí granitového masívu není nutné budovat nové, finančně nákladné podzemní pracoviště.

## 4 GEOLOGICKÁ SITUACE V OKOLÍ VODÁRENSKÝCH TUNELŮ

Tunely se nacházejí v širším okolí Liberce v severních Čechách, uprostřed západní poloviny plošně rozsáhlého krkonošsko-jizerského masívu. Toto intruzivní těleso variského (svrchnokarbonského) stáří o velikosti 1000 km<sup>2</sup> je rozděleno státní hranicí na českou a polskou část. Na českém území tento masív buduje podstatnou část Jizerských hor a vrcholovou část Krkonoš. Tunely jsou raženy v libereckém a jizerském granitu. Oba tyto typy biotitických granitů jsou spojeny vzájemnými přechody. Makroskopicky se horniny liší jen v zrnitosti, obsahu a velikosti vyrostlic draselného živce. Objektivní rozlišení obou horninových typů je založeno na jejich rozdílné magnetické susceptibilitě.

### Hlavní diskontinuity puklinové a zlomové struktury

V širším okolí vodárenských tunelů jsou v krkonošsko-jizerském masívu vyvinuty dva výrazné téměř ortogonální subvertikální systémy SZ-JV a SV-JZ směru. Jediný subhorizontální puklinový systém má V-Z směr a sklon k jihu, případně k severu.. Hlavní subvertikální zlomy jsou odvozeny ze dvou ortogonálních subvertikálních puklinových systémů. Zlomy přesahují svojí délkou 10 km a při mocnosti až 100 mají obvykle centrální intenzivně rozpukané zóny. Sz-jv struktury se zdají být tahové a více hydraulicky vodivější než struktury jz-sv směru. Podle interpretace terénních dat řada SV-JZ struktur je starších než systémy SZ-JV směru.

### Sukcese tektonických a mineralizujících událostí v širším okolí tunelu

1. Intruze a vmístění granitů Krkonošsko-jizerského masívu ca. 310 Ma (Pb/Pb zirkon)

2. Solidifikace a ochlazování intruze na teplotu 300 °C ca. 295 Ma (K/Ar biotit) (segregace a intruze aplitových žil)
3. Dispersní hydrotermální oxidace granitu podél subvertikálních žil a trhlin < 290 Ma
4. Intruze bazaltandesitových (melafyrových) žil ca. 260-280 Ma
5. Destrukce bazaltandezitových žil, jejich dilatace, drcení a hydrotermální alterace doprovázená invazí několika generací křemene, vznik tektonických brekcií s křemen-hematitovým tmelem  
Krystalizace křemene, hematitu, fluoritu a kalcitu do volných dutin ca. 80 Ma
6. Extruze a žíly olivinického nefelinitu podél SZ-JV zlomů ca. 30 Ma
7. Vznik jílových minerálů a Fe hydroxidů (limonitu) subrecent až recent
8. Precipitace supergenních minerálů na stěnách tunelu ca. < 20 let

Interpretace minerálních výplní puklin jsou hlavně založeny na výsledcích povrchového mapování (Klomínský et al. 2000) a dokumentace stěn bedřichovského tunelu.

## 5 CÍLE VÝZKUMU

Projektový záměr je založen na multidisciplinárním výzkumu geologické stavby industriálního analogu v prostředí vodárenských tunelů. Účelem těchto studií bude mapovat a monitorovat chování granitového masívu. Vzhledem k prakticky neomezené životnosti uvedených tunelů mohou tato vodohospodářská podzemní díla sloužit i jako monitorovací stanice dynamiky tektonické sítě, dlouhodobých změn jejího hydrogeologického režimu a stability podzemních inženýrských konstrukcí. V dvouletém období navrhovaného projektu bude kladen důraz na sběr dat, vybudování GIS databáze a integraci dosažených výsledků. Úspěšnost této etapy může vést k pokračování a případně i k rozšíření programu výzkumu podzemních tunelů v Jizerských horách v dalších letech..

Cíle:

- dokončit mapování úseku A bedřichovského tunelu
- provést fotogrametrické a geologicko-strukturní mapování vybraných úseků soušského tunelu a úseku B bedřichovského tunelu
- identifikovat sekundární minerály na stěnách tunelů, zjistit jejich zdroj, sledovat jejich vznik a provést kvalifikovaný odhad jejich množství a rozšíření a stěnách tunelů
- vymezit šířku zóny poškození skalního masívu vyvolané ražbou tunelů, pomocí georadarového, případně geoelektrického měření podél stěny tunelů
- provést měření bludných proudů na vodovodním potrubí bedřichovského tunelu
- instalovat přístroje ke sledování neotektonických pohybů ve skalním masívu

- sestavit geologický a strukturní model zájmového území
- sestavit GIS databázi dat a fotografické dokumentace ve formátu kompatibilním s GIS SÚRAO

## 6 HLAVNÍ TÉMATA ŘEŠENÍ PROJEKTU

1. GIS databáze
2. geologie a tektonika tunelů a jejich okolí
3. geofyzikální pole tunelů a jejich okolí
4. výzkum časového sledu puklinových sítí a jejich výplní
5. původ a rozšíření sekundárních minerálů na stěnách tunelů
6. vztah magmatických staveb a puklinových sítí tunelů a jejich okolí
7. strukturní analýza optimální polohy vodárenských tunelů v napětovém poli granitového masívu
8. beton a jeho změny (krápníky)
9. biosféra v podmínkách podzemí skalního masívu
10. metodická doporučení

Témata výzkumu	Řešitel	Metodika
1. GIS databáze	ČGS	
2. Geologie a tektonika tunelů a jejich okolí	ČGS	geologicko – strukturní mapování a modelování (fraktální analýza)
3. Geofyzikální pole tunelů a jejich okolí	G-impuls	parametrické měření na povrchu i v podzemí - radar, gravimetrie, geoelektrika, magnetometrie, spektrometrie
4. Mineralogie puklinových výplní a recentních minerálů	ČGS	mineralogické, geochemické a isotopické složení výplní puklin a tektonických zón, recentní minerály na stěnách tunelů
5. Neotektonika a seismický hazard	ÚSM AV ČR	měření mikrodeformací na seismoaktivních puklinách a monitoring seismické aktivity, budování geodynamické sítě, vektorová analýza recentních pohybů, scénář eroze posledním a příštím období 100 000 let
6. Dlouhodobá funkční způsobilost	Kloknerův ústav ČVUT	rychlost vyluhující koroze, rychlost betonu v tunelech, karbonatace HDC v podmínkách horninového masívu, skladba vysokohutného betonu, analýza korozních faktorů
Biosféra v podmínkách podzemí skalního masívu	Katedra botaniky PFUK, ČGS	biologický obsah ovzduší a stěn tunelů, obsah radonu a úroveň radioaktivity horninového masívu, rychlost růstu plísní a bakterií v podzemí horninového masívu

*Tabulka hlavních témat řešení projektu*

## 7 MULTIDISCIPLINÁRNÍ VÝZKUM A JEHO PARAMETRY

- (a) Geologie

Geologické a geofyzikální informace budou použity k formulaci geologického modelu. Účelem geologického modelu je realisticky popsat zvětralinový plášť a horninové prostředí tunelu a jeho širšího okolí. Tento geologický model poskytuje vstupní data pro geomechanický, hydrogeologický a geologicko-strukturní model. Vlastní geologický model je založen na parametrech zvětralinového pokryvu, litologie a strukturně-geologických datech. Model zvětralinového pokryvu bude obsahovat údaje o stavbě a mocnosti zvětralinového pokryvu. Budou datovány rašelinové uloženiny v severozápadním okolí Bedřichova. Litologický model bude obsahovat petrografické popisy hornin a uzavřenin. Bazaltové horniny v okolí bedřichovského tunelu budou datovány K/Ar metodou. Geologicko-strukturní model bude vycházet z analýzy orientace, délky, hustoty, obsahu a vzájemných vztahů tektonických sítí.

Základními parametry jsou topografický relief, půdní a zvětralinový profil, petrografická klasifikace a strukturní data.

Metody výzkumu jsou geologické, strukturní a geofyzikální mapování, odběry vzorků a laboratorní analýzy

(b) Hydrogeochemie a mineralogie puklinových výplní a minerálních povlaků na stěnách tunelů.

Složení podzemní vody je důležitou součástí ocenění stability a vývoje tunelové struktury neboť poskytuje vstupní data pro výpočty rozpustnosti, srážení a koroze. Analýza stabilních izotopů kalcitu spolu s chemismem podzemní vody může být základem interpretace interakce voda/minerál v minulosti a v současné době v prostoru tunelu. Izotopické analýzy U- izotopů,  $^{14}\text{C}$  v kalcitu a K-Ar analýzy jílových minerálů mohou poskytnout data k popisu geologického vývoje zkoumaného území. Minerály puklin a jejich chemické a izotopické složení může být využito ke stanovení původní a recentní hloubky redoxové fronty v prostoru tunelu.

Hlavními parametry jsou chemické složení podzemní vody v tunelu, chemické složení povrchové vody, mineralogické, geochemické a izotopické složení výplní puklin, tektonických zón, hydrotermálních žil, mineralogie povlaků stěn tunelů, rozsah a obsah zón fluorescence

(c) Neotektonika a seismický hazard,

Záznam intenzity neotektonických pohybů a stupeň seismického rizika v širším okolí tunelu je důležitým kritériem dlouhodobosti a stability tunelové struktury. Účinky zemětřesení na granity v podzemních tunelech. Znalost pohybových trendů umožňuje definovat vektory napětíového pole v širším okolí lokality. Orientace napětíových vektorů hraje významnou roli při projektování prostorového umístění objektů v horninovém masívu.

Hlavními parametry jsou měření mikrodeformací na seismoaktivních puklinách a tektonických zónách, monitoring seismické aktivity, vektorová analýza recentních pohybů, scénář eroze posledním a příštím období 100 000 let.

Hlavními metodami jsou lokální geodynamická síť, dilatometrická měření v tunelu, morfostrukturní analýza a rozbor rychlosti eroze v širším okolí tunelu

(d) Dlouhodobá funkční způsobilost betonu v horninovém prostředí

Nepříznivé účinky vod na betonové konstrukce v horninového masívu vede k jejich postupnému poškození, destrukci a k tvorbě hyperalkalického plumu. Ten je médiem uvolněných chemických prvků, které jsou jinak v přírodním prostředí fixovány v hornině nebo puklinách. Hyperalkalický plum mění vlastnosti betonových konstrukcí a může reprezentovat potencionální ohrožení životního prostředí v dlouhodobém časovém horizontu

Hlavními parametry jsou rychlost vyluhující koroze, rychlost karbonatace HDC v podmínkách horninového masívu, skladba vysokohutného betonu, analýza korozních faktorů, složení a vznik karbonátových krápníků. .

(e) Biosféra v podmínkách podzemí skalního masívu

Mykologický, bakteriální a radiační výzkum ovzduší a stěn tunelu je základním požadavkem bezpečnosti dlouhodobé práce výzkumného týmu v podzemí skalního masívu.

Hlavními parametry jsou biologický obsah ovzduší a stěn tunelu, obsah radonu a úroveň radioaktivity horninového masívu, rychlost růstu a šíření plísní a bakterií v podzemí horninového masívu.

## 8 PŘÍPRAVNÁ ETAPA 2003

Projekt s názvem **Geologicko-strukturní charakteristika granitoidů z tunelu v Bedřichově v Jizerských horách** zahájila Česká geologická služba v únoru letošního roku na žádost Správy úložišť radioaktivního odpadu (SURA). Úkolem této roční etapy je shromáždit informace podzemních vodohospodářských tunelech vyražených v granitech krkonošsko-jizerského masívu a podat relevantní přehled o geologicko-strukturních poměrech zejména bedřichovského tunelu a jeho širšího okolí. Práce v podzemí tohoto tunelu jsou zaměřeny zejména na úsek A vedoucí z přehrady Josefův Důl do úpravny v Bedřichově. Tento úsek tunelu se jeví jako nejvhodnější zejména pro možnost výzkumu stavu a chování skalního masívu v jeho dvacetileté historii v podmínkách destruktivní a nedestruktivní technologie ražby tunelu. Závěrečná zpráva přípravné etapy shrnuje relevantní informace o geologicko-strukturních poměrech v bedřichovských tunelech a nálezů uranové supergenní mineralizaci na jejich stěnách .

## 9 PLÁNOVANÉ VÝSTUPY PROJEKTOVÉHO ZÁMĚRU

1. Výroční zpráva za rok 2004
2. Závěrečná zpráva o výsledcích výzkumu s doporučením
3. GIS databáze mapování, strukturního měření, analýz a fotodokumentace
4. Povrchové geologicko-strukturní mapy 1:10 000 okolí vodárenských tunelů
5. Důlní mapy (pasporty) vodárenských tunelů v měřítku 1:20

## 10 FINANČNÍ NÁKLADY

Financování navrhovaného projektu bude zajišťovat Správa úložišť radioaktivního odpadu SÚRAO do celkové výše dvouleté etapy 2 milionů Kč.

Výše finančních prostředků k realizaci navrhovaného projektového záměru bude potvrzena na základě prováděcího projektu na počátku roku 2004. Dílčí členění finančních prostředků je založeno na prioritách dílčích témat a ročních etap, potřebných k naplnění tohoto projektového záměru v těchto poměrech:

Etapa 2004-2005	2004	2005	2004-2005
Geologie	350 000	350 000	
Geofyzika	150 000	100 000	
Geochemie, mineralogie a izotopie	80 000	120 000	
Neotektonika a seismicita	30 000	30 000	
Betony	40 000	40 000	
Biosféra	20 000	-	
GIS, kamerální práce	40 000	60 000	
Technické práce, modelování a materiální vybavení	250 000	300 000	
Celkem	960 000	950 000	1 910 000

*Tabulka finančních prostředků k realizaci projektového záměru*

## 11 PŘÍNOSY VÝZKUMNÝCH PRACÍ

Podrobný geologický, tektonický a geofyzikální výzkum puklinové sítě ve vodohospodářských tunelech Jizerských hor (výzkum hustoty puklin, jejich směru, sklonu, charakteru výplně, zvodnění a příkonu radonu) může významně přispět technicky i ekonomicky k řešení multidisciplinárního výzkumu a modelování podmínek, které bude možné sledovat a dále rozvíjet na vybraných studijních lokalitách HÚVAO. Vzhledem k prakticky neomezené životnosti a přístupnosti mohou tyto vodohospodářská podzemní díla sloužit i jako monitorovací stanice dynamiky tektonické sítě, funkční způsobilosti betonu v tunelech a dlouhodobých změn jejich hydrogeologického a neotektonického režimu. V dvouletém období navrhovaného výzkumu budou realizovány následující výsledky:

1. Určení optimálního azimutu průběhu tunelů podle orientace strukturního pole granitového masívu
2. Stanovení stupně a rozsahu poškození skalního masívu podle použité technologie ražby tunelů
3. Identifikace uranových minerálů na stěnách vodárenských tunelů, vymezení jejich rozšíření, bilance jejich množství a zjištění jejich zdroje
4. Bilance přítoku podzemní vod, jejich chemismus a retence ve skalním masívu
5. Geofyzikální detekce vybraných tektonických struktur na povrchu v okolí tunelů.
6. První výsledky měření neotektonických pohybů na vybraných strukturách v tunelech a lokalitách na povrchu
7. Složení použitých betonů, klasifikace jejich poškození a návrh na jejich rehabilitaci
8. Identifikace mikroorganismů ve vodárenských tunelech, jejich zdroje a způsoby jejich rozšíření.
9. Výsledky získané provedeným studiem bude možno zevšeobecnit do metodických doporučení pro geologické i ražební práce na kandidátských lokalitách i finální lokalitě

Navrhovaný výzkum je také v zájmu obou provozovatelů vodárenských tunelů. Jeho výsledky mohou sloužit i k údržbě a sanaci uvedených tunelů.

Vstup řešitelů projektu bude v období 2004 -2005 zajištěn písemným povolením vedoucích provozů na základě dohodnutých podmínek a omezení, vzhledem ke strategickému významu obou vodárenských tunelů. Severočeské vodovody a kanalizace a.s., Teplice a Povodí Labe a.s. také obdrží kopie zpráv o provedeném výzkumu.

## **12 LIMITY A OMEZENÍ VÝZKUMU**

Realizace navrženého projektového záměru má některé limity a omezení na které je třeba upozornit. Ty hlavní souvisí s provozem vodárenských tunelů a jejich ochranou před vstupem nepovolaných osob. Provedení výzkumu je proto přímo závislé na souhlasu a splnění podmínek provozovatelů vodárenských tunelů (Povodí Labe a.s. a Severočeských vodovodů a kanalizace a.s., Teplice).

1. Všechny vstupy do tunelů jsou uzamčené a jakýkoliv pohyb a činnost podléhá schválení odpovědných osob. U soušského tunelu to znamená přechodné zastavení přívodu vody .
2. Tunely nejsou vybaveny osvětlením ani rozvodem elektrické energie.

3. Nedostatečné větrání tunelů ani stabilita jejich stěn umožňuje provádět odběry vzorků přenosnými vrtačkami je v omezeném rozsahu po dohodě s provozovatelem tunelu
4. Atmosféra v tunelech obsahuje zvýšený obsah radonu a proto je nutné větrání tunelu
5. Stěny tunelů jsou místy pokryty sekundárními minerály uranu
6. Stěny úseku B bedřichovského tunelu jsou pokryty prachem a vyžadují omytí
7. Počva (podlaha) bedřichovských tunelů je betonová a umožňuje použití transportního vozíku. V soušském tunelu je počva nerovná, silně erodovaná proudící vodou.
8. V bedřichovských tunelech je k výzkumu k dispozici stěna podél betonového chodníku, stěna za potrubím je prakticky nepřístupná.
9. Magnetometrická měření a použití kompasu je v bedřichovských tunelech silně ovlivněno bludnými proudy na vodovodním potrubí o průměru 80 cm probíhajícím při jejich pravých stěnách.
10. Proti stavu těsně po ražbě tunelů jsou nestabilní partie tunelů (místa jejich střetu s tektonickými zlomy, případně žilnými horninami) zakryty železobetonovou výztuží nebo sítěmi s torkretem. Tyto partie geologického profilu jsou nepřístupné.
11. Vodárenské tunely a jejich okolí v rozsahu plánovaného výzkumu se nachází na území CHKO Jizerské hory a v pásmu ochrany povrchových vod vodárenské nádrže Josefův Důl.
12. Geologický, hydrogeologický, geofyzikální a neotektonický výzkum na povrchu v širším okolí tunelů lze provádět jen s povolením majitelů pozemků. Použití motorových vozidel závisí na udělení výjimky za základních ochranných podmínek Chráněné krajinné oblasti Jizerské hory Správy CHKO Jizerské hory (územní odbor pro libereckou oblast MŽP) a výjimky ze zákazu vjezdu a stání motorových vozidel v lesích ČR s.p. (Lesy ČR s.p. Hradec Králové, Lesní správa Jablonec n.N.).

Z uvedených omezení plyne skutečnost, že v e vodárenských tunelech není možno (až na výjimky) realizovat technické práce, a že výzkum musí mít „komorní“ charakter za účasti minimálního počtu pracovníků v samotných tunelech.





Správa úložišť radioaktivních odpadů  
Dlážděná 6, 110 00 Praha 1  
Tel. 221 421 511  
E-mail: [info@rawra.cz](mailto:info@rawra.cz)  
[www.surao.cz](http://www.surao.cz)