



FAKULTA
STAVEBNÍ
ČVUT V PRAZE



URC JOSEF

VÝROČNÍ ZPRÁVA
2018
URC JOSEF

Obsah

| | |
|--------------------------|----|
| Slovo úvodem | 3 |
| Lidé | 4 |
| O pracovišti | 8 |
| Výuka | 10 |
| Obhájené diplomové práce | 12 |
| Mezinárodní spolupráce | 14 |
| Projekty | 15 |
| Schéma podzemí | 26 |
| To se nám letos povedlo | 28 |
| Vybrané publikace | 30 |
| Kde nás najdete | 31 |



Slovo úvodem

Milí čtenáři,

uplynul další rok „života“ našeho pracoviště a můžeme rekapitulovat – jaký byl, co se podařilo, kde je prostor pro zlepšení. Pozitivní je, že jsme finančními prostředky plynoucími z řešení projektů a zakázek dokázali pokrýt chod pracoviště. Ve štole Josef stále běží několik projektů, pro SÚRAO jsme hlavním řešitelem zakázky Interakční fyzikální modely in situ v PVP Bukov, v soutěži TAČR jsme získali podporu pro nový projekt, který se začal realizovat ve štole Josef.

Náš tým fungoval v nezměněné sestavě a „kapacita“ inženýrů a techniků zatím stačí pokrýt všechny požadavky související s řešením projektů. V kontextu s plánovanou personální změnou ve vedení CEG se zdá, že bude nutné rozšířit tým o mladé šikovné inženýry, nejlépe z řad doktorandů.

„Výměna stráží“ na místě vedoucího byla na poslední chvíli odložena, přesto si dovoluji na závěr trochu nostalgie. Původně (v roce 2002) vypadala má idea vybudovat ve štole Josef podzemní pracoviště pro výuku a výzkum jako bláhový, těžko uskutečnitelný výmysl. Avšak díky počáteční významné pomoci firmy Metrostav a.s. a posléze díky úsilí, nasazení a nadšení celého týmu CEG vznikla vskutku jedinečná lokalita. Ta již dvanáctým rokem poskytuje zázemí pro praktickou výuku v podzemí, realizaci výzkumných projektů, setkávání expertů v rámci odborných exkurzí i pro akce zaměřené na laickou veřejnost. Mám dobrý pocit ze všeho, co se nám podařilo vybudovat, i když samozřejmě štole Josef a okolní areál v sobě skrývají velký potenciál pro další nápady a projekty. Bude záležet na mých následovcích, jak se s tím „poprou“.

Zdař Bůh!



prof. Ing. Jaroslav Pacovský, CSc., vedoucí CEG



prof. Ing. Jaroslav Pacovský, CSc.
vedoucí CEG

Absolvoval Fakultu stavební ČVUT v Praze, obor Konstrukce a dopravní stavby. Zde je také od roku 1977 zaměstnán. V roce 1998 se hlavní měrou zasloužil o vznik nového pracoviště - Centra experimentální geotechniky (CEG). V roce 2004 byl jmenován profesorem v oboru Teorie stavebních konstrukcí a materiálů.

Je autorem myšlenky zprovoznit pro výuku a výzkum opuštěné důlní dílo štol Josefa, inicioval rovněž vznik vědecko-technického parku „Regionální podzemní výzkumné centrum URC Josef“. Pod jeho vedením proběhlo ve štol Josefa dva roky trvající zpřístupňování rozsáhlé kaverny.



Ing. Jiří Svoboda, Ph.D.
zástupce vedoucího, odborný asistent

V roce 1999 absolvoval Fakultu stavební ČVUT v Praze, obor Konstrukce a dopravní stavby. Doktorské studium obor Fyzikální a materiálové inženýrství ukončil v roce 2004. V CEG pracoval při studiu jako pomocná vědecká síla, během doktorského studia na částečný úvazek, stálým zaměstnancem je od roku 2004. Spoluzodpovídá za výzkumné aktivity CEG. Zastupuje CEG jako zodpovědný řešitel mezinárodních projektů.

Dlouhodobě se věnuje navrhování monitoringu a instrumentace pro fyzikální in situ modely týkající se ověřování materiálů a technologií pro výstavbu hlubinného úložiště radioaktivních odpadů.



Jana Večeřová
ekonomická asistentka

Je absolventkou gymnázia Budějovická (1991) a členem týmu CEG je od 1. ledna 2016. Zodpovídá za chod ekonomické, finanční a personální agendy pracoviště. Eviduje a kontroluje daňové doklady, pracovní výkazy, podílí se na administraci řešených projektů.



Ing. Danuše Nádherná
odborná asistentka

V roce 1981 absolvovala Fakultu stavební ČVUT v Praze, obor Ekonomika a řízení stavebnictví. S CEG spolupracovala externě od roku 2006, v roce 2008 se stala stálým zaměstnancem. Zajišťuje kompletní inženýrskou činnost a bezpečnostní dozor ve štolě Josef a správu povrchového areálu. Podílí se na přípravě a administraci projektů, spolupracuje na aktivitách pro prezentaci pracoviště a organizuje prohlídky ve štolě Josef. Spoluodpovídá za provoz akreditované geotechnické laboratoře a provádí laboratorní zkoušky.



Ing. Dana Pacovská
odborná asistentka

V roce 1979 absolvovala Fakultu stavební ČVUT v Praze, obor Ekonomika a řízení stavebnictví. S CEG spolupracovala externě od roku 2009, v roce 2014 se stala stálým zaměstnancem. Přípravuje a zajišťuje prezentaci všech aktivit pracoviště, spolupracuje na přípravě projektů, zajišťuje laboratorní zkoušky prováděné v rámci výzkumu bentonitu, podílí se na prohlídkách ve štolě Josef.



Ing. Radek Vašíček, Ph.D.
odborný asistent

V roce 2001 absolvoval Fakultu stavební ČVUT v Praze, obor Konstrukce a dopravní stavby. V roce 2007 zakončil doktorské studium v oboru Fyzikální a materiálové inženýrství. V CEG pracoval již jako student, stálým zaměstnancem je od roku 2007. V roce 2006 absolvoval studijní pobyt v SKB Äspö Hard Rock Laboratory ve Švédsku. Odpovídá za pedagogické aktivity CEG, provoz akreditované geotechnické laboratoře a zodpovídá za řešení výzkumných projektů. Je spoluřešitelem mezinárodních projektů.



Ing. Jiří Štáška, Ph.D.
odborný asistent

Absolvoval Fakultu stavební ČVUT v Praze: obor Inženýrství životního prostředí (Bc.) a Stavební management (Ing.), titul Ph.D. získal v oboru Fyzikální a materiálové inženýrství v roce 2018. Pod jeho vedením byl vystavěn a instalován fyzikální model projektu „Bentonity 95“. Zodpovídal za výstavbu bentonitové vrstvy tlakové a těsnicí zátky projektu DOPAS. Spoluodpovídá za první český model úložného místa pro vyhořelé jaderné palivo (experiment Mock-up Josef). Podílí se na vývoji peletizovaného bentonitu pro HÚ a účastní se výuky CEG.



Josef Barták
technik

V CEG pracuje od roku 2010. Odpovídá za údržbu a provoz povrchového areálu štoly Josef a údržbu mechanizace. Podílí se na technické přípravě výuky, na technické podpoře výzkumných aktivit i na rekonstrukci a zprovoznování štoly Josef.



Vladimír Kašpar
technik

V CEG pracuje od roku 1998. Zajišťuje především přípravu měření při experimentálních pracích, zodpovídá i za záměčnické a stavební práce při výstavbě experimentů. Podílí se na rekonstrukci a zprovoznování nových úseků štoly Josef. Mezi jeho úkoly patří i příprava a demonstrace praktické výuky studentů.



Josef Kožíšek
technik

Do týmu techniků patří od ledna 2014. Odpovídá za údržbu a provoz povrchového areálu štoly Josef. Podílí se na technické přípravě výuky, na technické podpoře výzkumných aktivit i na rekonstrukci a zprovoznování štoly Josef.



Petr Růžička
technik

V CEG pracuje od roku 2009. Odpovídá za údržbu a provoz povrchového areálu štoly Josef. Podílí se na technické přípravě výuky, na technické podpoře výzkumných aktivit i na rekonstrukci a zprovoznování štoly Josef.



**Údržba a ostraha areálu
URC Josef**



Zimní pohádka na Josefu



Novoroční vycházka, tentokrát v chumelenici



„Správná rada“ u portálu větrací štol

O pracovišti

Centrum experimentální geotechniky (CEG) je pracoviště, které stále „sedí na dvou židlích“ – ve štolu Josef a v budově Fakulty stavební v Praze. Areál štolu Josef je výhradní baštou pro práci techniků, ostatní pracovníci dělí své působení dle aktuálních potřeb mezi Prahu a štolu Josef. Každodenní spojení na štolu zajišťuje náš spolehlivý mikrobus Renault Trafic.

Pražské kanceláře a laboratoř poskytují zázemí pro administrativní provoz CEG a pro pedagogické aktivity. Pedagogická činnost CEG je zaměřena především na praktické seznámení studentů s laboratorními zkouškami a experimenty z oboru geotechniky, na in situ prováděné zkoušky a na měření související se zakládáním staveb a s podzemními stavbami.

Podzemní laboratoř Josef

Již dvanáctým rokem slouží toto unikátní pracoviště pro pravidelnou výuku studentů, realizaci výzkumných projektů, tréninkové kurzy, exkurze odborné i laické veřejnosti i pro prezentace našich partnerů.

Probíhá zde výuka předmětů bakalářských a magisterských oborů Fakulty stavební – na výuku nejčastěji dojíždějí pedagogové a studenti ze studijního programu Geodézie a kartografie, část výuky sem směřují i pedagogové z katedry geotechniky. Z ostatních univerzit přijíždějí pravidelně každý semestr studenti z VŠCHT Praha, dalšími aktivními uživateli jsou MU Brno a UK Praha.

Doba, kdy do Podzemní laboratoře Josef téměř každý den mířili pracovníci z různých organizací a firem, kteří se podíleli na řešení výzkumných projektů v podzemí, se zdá být minulostí. V roce 2018 ve štolu Josef probíhalo měření a vyhodnocování dat u dvou dlouhodobých výzkumných projektů pro SÚRAO (DOPAS a Mock-Up Josef), pokračoval projekt SWICAS a „Stopovače 2“. Další z projektů (s naší účastí) jsou řešeny v povrchovém areálu štolu Josef nebo v jiné lokalitě. Informace o výzkumných projektech jsou uvedeny v samostatné kapitole.

Potenciál využitelnosti podzemních prostor štol Josefa není zdaleka vyčerpán. S tím samozřejmě souvisí hledání vhodných dotačních programů (v České republice i v zahraničí) s tématy, která odpovídají zaměření CEG a pro jejichž řešení můžeme nabídnout Podzemní laboratoř Josef.

Podzemní laboratoř stále láká k návštěvě, a to především odborníky na podzemní stavby nebo na ukládání vyhořelého jaderného paliva. V roce 2018 přijeli na exkurzi do štol např. kolegové z Fakulty dopravní v Pardubicích, účastníci setkání kateder Pozemních staveb z českých vysokých škol nebo „studenti“ letní školy pořádané ÚJV Řež. Potřetí se na Josefu sešli na „Young Generation Meeting“ mladí odborníci zabývající se řešením konstrukce hlubinného úložiště RAO.

Z každoročních pravidelných akcí se v únoru uskutečnilo sčítání netopýrů (poosmé), v květnu cyklistické časovka „Ze štol do štol“ (pošesté), v červnu návštěva „našeho“ děkanátu (podeváté) a v listopadu pro středoškolské studenty „Den štol Josefa“ (poosmé). V červnu se rozezněla katedrála zvuky dětských flétniček, neboť se zde uskutečnil závěrečný koncert dětí z jedné pražské základní umělecké školy.

Trochu zkrátka přišla v roce 2018 laická veřejnost. Letní prohlídky byly do odvolání z provozních důvodů zrušeny, protože příjmy ze vstupného zdaleka nepokrývají vynaložené prostředky. Bohužel se nám za celou dobu zpřístupnění štol Josefa, včetně katedrál, nepodařilo nalézt takové využití, které by investované finanční prostředky a práci alespoň pokrylo.

URC Josef

„Regionální podzemní výzkumné centrum URC Josef“ provozované CEG má za sebou osm let své existence. Spolu s Podzemní laboratoří Josef tvoří jedinečný experimentální a výukový komplex. Intenzivně využíváno je technické zázemí (experimentální hala, dílny, laboratoř), s menším počtem projektů realizovaných ve štolě Josefa souvisí jen částečné obsazení prostor k pronájmu – kanceláře, zasedací místnosti. I tento trend bychom rádi zvrátili a přilákali nové uživatele, kteří by v URC Josefa, respektive v Podzemní laboratoři Josefa realizovali své výzkumné záměry.



Diskuse mladých expertů v „Café Underground“



Pohoda v podání děkanátu



Inženýři a technici z Lindabu na exkurzi



Jak určit objemovou hmotnost nepravidelných těles?



Studenti z Přírodovědecké fakulty UK



Nácvik technologie stříkaného bentonitu

Výuka

Předměty vyučované pedagogy CEG jsou svým specifickým zaměřením určeny především pro studenty oborů Konstrukce a dopravní stavby a Inženýrství životního prostředí. Jedná se o předměty orientované na experimentální geotechniku, jejichž výuka probíhá jak v laboratořích CEG, tak v Podzemní laboratoři Josef. V areálu štoly Josef a v podzemí se také vyučují předměty studijního programu Geodézie a kartografie, svou výuku zde mají i studenti dalších vysokých škol (např. VŠCHT Praha, MU Brno).

Bakalářské studium

Projekt 2 a Projekt D připravují studenty oboru Inženýrství životního prostředí, resp. Konstrukce a dopravní stavby na vypracování bakalářské práce tematicky zaměřené na experimentální geotechniku. Studenti řeší praktické úlohy související se zvolenou problematikou jak v laboratořích CEG, tak in situ v Podzemní laboratoři Josef. Informace čerpají z odborné literatury i z interních materiálů CEG. Dle aktuálně řešených výzkumných úkolů a osobní preference studentů je možný výběr z široké palety témat – od prací teoretických, přes laboratorní až po úkoly související s přípravou, provozem a vyhodnocením experimentů v reálném prostředí „Josefa“. Předmět je zakončen vypracováním osnovy bakalářské práce s návrhem, jak zadaný problém řešit.

Bakalářská práce nabízí studentům oborů Konstrukce a dopravní stavby a Inženýrství životního prostředí příležitost vypracovat prakticky orientované bakalářské práce, zaměřené na aktuální témata z oboru geotechniky. Pro řešení mohou využívat povrchové geotechnické laboratoře i podzemí štoly Josef. Témata navazují na úkoly řešené v rámci Projektu 2/D.

Navazující magisterské studium

Laboratoř geotechniky má ve své náplni geotechnické in situ i laboratorní zkoušky sloužící pro stanovení parametrů zemin a hornin. Tyto parametry jsou klíčové pro další geotechnické výpočty. Jedná se o mechanicko-fyzikální, hydrofyzikální a termofyzikální vlastnosti, pevnostní a deformační parametry. V první části studenti provádějí zkoušky nutné pro zatřídění zemin dle platných norem. Následuje měření charakteristik klíčových pro návrh geotechnických konstrukcí dle kritérií únosnosti i přetvoření. V závěrečné části se provádějí další v praxi využívané zkoušky zemin a hornin.

Experimentální analýza konstrukcí - část geotechnika je zaměřena na praktická cvičení v reálných podmínkách v Podzemní laboratoři Josef. Po seznámení s provozními řady pracoviště následují celodenní cvičení z oblasti monitoringu podzemních konstrukcí, aplikace a kontroly provedení těsnících jílových materiálů a analýzy vybraných parametrů horninového prostředí.

Diplomový seminář představuje přípravu pro řešení tématu diplomové práce z oblasti experimentální geotechniky. Součástí je studium literatury, rešerše, seznámení se s řešenou problematikou na praktických příkladech. Zakončen je konceptem řešení diplomové práce.

Diplomová práce je určena pro studenty navazujících magisterských oborů Konstrukce a dopravní stavby a Inženýrství životního prostředí, kteří v rámci svého oborového zaměření řeší diplomovou práci z oblasti experimentální geotechniky. Témata prací obvykle úzce souvisejí s výzkumnými projekty zpracovávanými v CEG. Pro řešení prací studenti využívají jak geotechnické laboratoře, tak Podzemní laboratoř Josef.

Experimentální výzkum ukládání radioaktivních odpadů je volitelný předmět a zabývá se problematikou bezpečného izolování radioaktivních odpadů. Studenti se seznámí se základními principy ukládání radioaktivních odpadů, s vlastnostmi materiálů na bázi bentonitu pro konstrukci inženýrské bariéry hlubinného úložiště, s fyzikálním modelováním, s praktickými úlohami v Podzemní laboratoři Josef. Předmět se vyučuje také v angličtině.



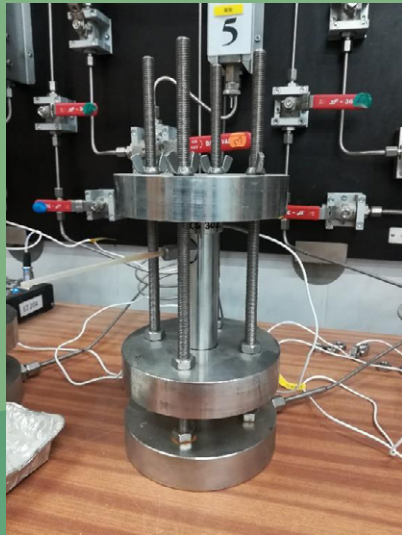
Vrtání do skály – práce pro silné muže



Při výrobě teploměrů



Lze se učit i v podzemí



Komora propustoměru

Obhájené diplomové práce

Mária Kollárová

Vliv tepla na geotechnické vlastnosti bentonitu

Bentonit je materiál, který bude s největší pravděpodobností použit pro těsnicí bariéru multibariérového systému v hlubinném úložišti radioaktivních odpadů. Z tohoto důvodu je důležité vědět, zda teplo vyzařované od kontejneru s vyhořelým jaderným palivem ovlivňuje jeho geotechnické vlastnosti.

První část práce byla věnována porovnání geotechnických vlastností, resp. Atterbergových mezí a swell indexu, bentonitu B75 2010 dlouhodobě zatěžovaného teplotou okolo 200 °C s referenčním nezatíženým vzorkem bentonitu. Ve druhé části práce se diplomantka zaměřila na to, jak teplo ovlivňuje vybrané geotechnické vlastnosti bentonitu v průběhu zatěžovacího procesu v edometrech umístěných v tepelné laboratoři (60 °C) a v laboratoři při 20 °C. Byl zkoumán vývoj bobtnacího tlaku a změny objemové hmotnosti, což jsou důležité vlastnosti související s výběrem bentonitu pro těsnicí vrstvu.

Z provedených zkoušek vyplynuly následující závěry: pro tepelně zatěžovaný bentonit se cca o 25 % snížila hodnota meze tekutosti, hodnota meze plasticity se snížila nepodstatně. Zkoušky v edometru pro vzorky s různou objemovou hmotností prokázaly vliv tepla na průběh a hodnoty bobtnacího tlaku – u edometrů v tepelné laboratoři bylo zjištěno rychlejší bobtnání, ale výsledný tlak byl nižší než při běžné teplotě. Pro průkaznější závěry by bylo nutné provést výzkum v delším časovém horizontu, než který poskytli čas pro vypracování diplomové práce.

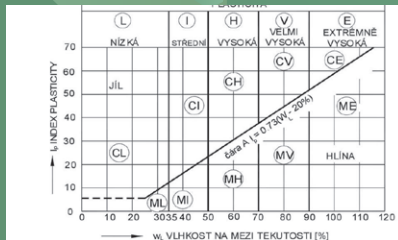


Diagram plasticity pro jemnozrnné zeminy

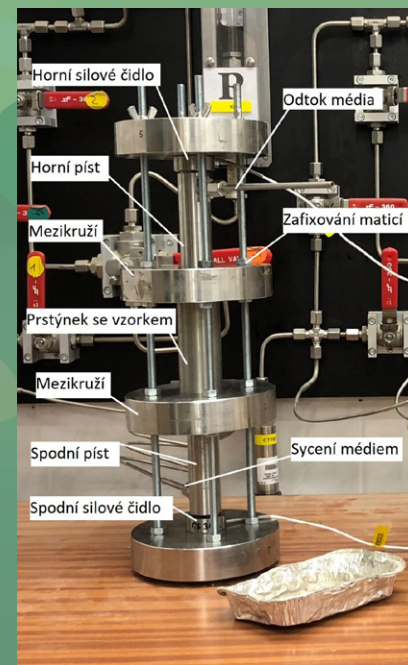
Michael Tůma

Vliv nehomogenity bentonitu na vybrané geotechnické vlastnosti těsnících vrstev

Cílem práce bylo ověřit, jaký vliv má nehomogenita bentonitu na jeho základní geotechnické vlastnosti. Pro výzkum byl použit český bentonit BCV (bentonit Černý vrch) od firmy Keramost, a.s. Homogenní vzorky byly vyrobeny z jemně mletého BCV 2017 a nehomogenní z bentonitové drti BCV 2018. Podstatná část práce byla věnována měření a porovnání hodnot bobtnacího tlaku a hydraulické vodivosti.

Bobtnací tlak je možné měřit pomocí edometru nebo propustoměru. V edometru byly použity dva postupy měření – dva vzorky byly od počátku měření syceny vodou, tři vzorky byly syceny až po zkonsolidování vzorků. V propustoměru byl dosud bobtnací tlak standardně měřen jednobodově, kdy je silové čidlo instalováno pouze na horní části pístu. V souvislosti s tím vznikla idea ověřit velikost bobtnacího tlaku v modifikovaném propustoměru, který měří bobtnací tlak na horní i spodní části vzorku. Obě metody (edometr a propustoměr) byly použity pro mletý BCV 2017 (prášek označený M179) a drť BCV 2018 (proseta přes síto 4 mm, označena M182).

Z uskutečněných experimentů vyplývá, že velikost bobtnacího tlaku měřená edometrem nezávisí na počáteční konsolidaci materiálu a že nehomogenita neovlivňuje jeho velikost při dané objemové hmotnosti. Při měření v propustoměru byla hodnota bobtnacího tlaku vyšší pro práškový bentonit. Porovnání měření ze standardního a modifikovaného propustoměru není jednoznačné, protože z časových důvodů neproběhl dostatečný počet srovnávacích měření.



Sestavený modifikovaný propustoměr



Mezinárodní spolupráce

Spolupráce s mezinárodními institucemi je pro Centrum experimentální geotechniky přirozenou cestou k posílení povědomí o aktivitách CEG a podporuje jeho zapojení do mezinárodních projektů.

ENEN – European Nuclear Education Network

ENEN asociace je nezisková mezinárodní organizace založená v r. 2003. Jejím posláním je ochrana a další rozvoj odborných znalostí v oblasti jaderného inženýrství za pomoci vzdělávání a praktického výcviku. Asociace má 51 členů. CEG se zapojuje v oblasti hlubinného ukládání radioaktivních odpadů. (<http://www.enen-assoc.org/>)

IAEA URF Net: Training and Demonstration of Waste Disposal Technologies in Underground Research Facilities (URF Network)

Jde o síť IAEA (International Atomic Energy Agency), která sdružuje podzemní výzkumná pracoviště za účelem praktického výcviku a demonstrací technologií pro hlubinné ukládání radioaktivních odpadů. Podzemní laboratoř Josef nabízí v rámci aktivit IAEA organizování výzkumných tréninkových pobytů či mezinárodních odborných exkurzí. (http://www.iaea.org/OurWork/ST/NE/NEFW/wts_URF_homepage.html)

IGD-TP: Implementing Geological Disposal - Technological Platform

Tato instituce byla, s podporou Evropské komise, založena v roce 2007 několika evropskými organizacemi, které jsou zodpovědné za nakládání s radioaktivními odpady. V současnosti sdružuje organizace z 23 zemí. Hlavním cílem IGD-TP je iniciovat a uskutečňovat strategické plánování a technickou spolupráci pro postupnou implementaci bezpečného způsobu hlubinného ukládání vyhořelého jaderného paliva. (<http://www.igdtp.eu>)

Projekty

Úvod k projektům

I když počet projektů řešených v Podzemní laboratoři Josef nedosahuje takového počtu jako před několika lety, stále pro naše pracoviště představují projekty a výzkumné zakázky hlavní zdroj „obživy“. V roce 2018 jsme si připsali dílčí úspěch v podobě získání podpory pro námi dlouho preferovaný výzkum, a to fyzikální model tzv. „hot“ Mock-Upu (bentonitová těsnicí vrstva je zatěžována teplotou 200 °C), který bude vystaven v jedné z rozrážek štol Josef. Významným tuzemským výzkumem je zakázka pro SÚRAO – „Interakční fyzikální modely in situ v PVP Bukov“.

Ostatní projekty s naší účastí byly řešeny dle daných harmonogramů. Ve štolě Josef se jednalo o pokračování projektů DOPAS a Mock-Up Josef, ve vrtu v jedné z rozrážek proběhlo testování těsnícího prvku vyvíjeného v projektu Swicas, v povrchovém areálu pokračoval projekt NAKI. Z evropských „velkých“ projektů jsme v rámci některých WPs účastníky výzkumu v projektech Annette, Beacon, CEBAMA a Modern2020.

Samozřejmě stále pokračuje naše úsilí společně s dalšími partnery účastnit se v soutěžích vypisovaných příslušnými institucemi, tuzemskými i evropskými.



ČESKÁ
GEOLOGICKÁ
SLUŽBA

chemcomex
divize geologie a sanace



PŘÍRODOVĚDECKÁ
FAKULTA
Univerzita Karlova





Hydrologický vrt ve studni pro Hot Mock-Up



Zkouška těsnosti hydraulické buňky

Název projektu:

Inženýrská bariéra 200C

Doba trvání:

2018 - 2025

Příjemce:

Fakulta stavební ČVUT

Spolupříjemce:

Přírodovědecká fakulta UK, Česká geologická služba, Teramed, s.r.o.

Aplikační garant:

SÚRAO

Poskytovatel dotace:

TAČR – program THÉTA

Cílem projektu je zvýšit bezpečnost a snížit finanční náročnost výstavby HÚ radioaktivních odpadů. Bezpečnost HÚ je založena na systému bariér, které brání šíření kontaminantů do životního prostředí. Dosud byl v ČR i ve světě výzkum zaměřen na teplotu obalu kontejneru do 100 °C. Akceptovat vyšší teplotu na povrchu obalu (150 °C – 200 °C) může přinést výrazné finanční úspory díky vyšší hustotě ukládání, čímž se sníží nárok na velikost úložiště.

V prvním roce projektu byla provedena strukturně-geologická, petrografická, mineralogická a hydrogeologická dokumentace vybrané experimentální lokality (rozrážka JP-61) a jejího okolí. Byly stanoveny hlavní technické parametry, které zahrnovaly rozměry a umístění hlavních komponent modelu, výběr materiálů, instrumentaci modelu a polohu míst pro průběžné odběry vzorků. Bylo navrženo a otestováno topidlo simulující vývin tepla, byly zahájeny práce na instrumentaci – výroba těl tlakových buněk, teploměrů a filtrů pro měření pórového tlaku v budoucím modelu.

Pro výstavbu bariéry ve fyzikálním modelu byl vybrán bentonit Černý vrch (BCV) ve formě pelet. Na základě diskuze s garantem a ostatními řešiteli byly navrženy analytické metody a postupy pro detailní mineralogickou a geochemickou charakteristiku použitého bentonitu. Z hlediska studie chování mikrobiálního osídlení v horninovém prostředí za vysokých teplot byly zahájeny práce vedoucí k selekci a charakterizaci souboru nejvhodnějších kandidátů – termorezistentních exospor pro instalaci v termálně zatěžovaném fyzikálním modelu. Rovněž byla připravena první verze THM modelu "Inženýrské bariéry 200C" pro simulaci v softwarovém prostředí SIFEL.

Název projektu:

DOPAS - Full Scale Demonstration of Plugs and Seals

Doba trvání:

Pokračování 2018 (původní doba 2012-2016)

Zadavatel výzkumu:

SÚRAO

DOPAS byl rozsáhlý evropský projekt, na kterém se z ČR podílely Fakulta stavební ČVUT, ÚJV Řež, a.s. a Správa úložišť radioaktivních odpadů (SÚRAO). Cílem české účasti v projektu byla výstavba experimentální tlakové a těsnicí zátky (EPSP – Experimental Pressure and Sealing Plug) v žulovém masivu ve štole Josef. Těsnicí zátky budou v HÚ oddělovat již zaplněné prostory od prostor nezaplňných. Experiment EPSP byl úspěšně postaven v polovině roku 2015. Vybudováním zátky se potvrdilo, že navržené technologie a použité materiály jsou vhodné k aplikaci v budoucím HÚ. Souběžně se stavbou zátky byl kompletně dokončen i monitorovací systém – v experimentu a okolní hornině bylo instalováno cca 250 čidel.

Pro ověření správné funkce zátky je nezbytné provozovat experiment v delším časovém horizontu, proto i v roce 2018 pokračovalo testování EPSP. Experimentální činnosti se týkaly tlakování zátky vodou (konstantním tlakem cca 1,25 MPa), probíhalo monitoring, probíhalo sledování a analýza výtoků. V rámci monitoringu byly každých 10 min zaznamenávány parametry monitorující konstrukci zátky i horninový masiv. Elektronicky a manuálně byla měřena vydatnost výtoku z filtru. Z výtoku byly odebírány vzorky, u kterých byla prováděna základní chemická analýza.

Výsledky monitoringu ukazují na postupný vývoj saturace těsnicí části experimentu se současným pozvolným nárůstem bobtnacího tlaku, výtoky z experimentu se snižovaly až do ustálení. Významnou změnou je nárůst pórového tlaku uvnitř experimentu. Z dosavadního průběhu lze říci, že zátka jako celek plní svou funkci. V první fázi beton zpomaloval proudění a zamezoval erozi bentonitu. S postupem saturace bentonitu přebírá hlavní těsnicí funkci bentonitové jádro. Tento proces je dlouhodobý s možnými transientními jevy.



Pohled do rozrážky s experimentem DOPAS



Kontrola průběhu tlakování experimentu



Tlakovací sestava

Název projektu:

Interakční fyzikální modely in situ v PVP Bukov

Doba trvání:

2017 – 2022

Příjemce:

Fakulta stavební ČVUT

Zadavatel výzkumu:

SÚRAO

Zadáním této veřejné zakázky je realizace a provozování 10ti fyzikální interakčních modelů (FM) v Podzemním výzkumném pracovišti (PVP) Bukov. V roce 2018 byla provedena příprava komponent jednotlivých FM typu Mock-up, pomocí nichž se budou studovat interakce materiálů obalového souboru (UOS) a inženýrských bariér umístěných v hlubinném úložišti (HÚ). Cílem je ověřit chování bentonitové těsnicí vrstvy zatížené saturací podzemní vodou v interakci s cementovými materiály a zároveň zatížené teplotou cca od 100 do 200 °C.

Začátkem roku 2018 byla provedena rešerše zaměřená na podobné in situ interakční experimenty, jejichž závěry mohly být použity k úpravě fyzikálních modelů. Následně byl vypracován realizační projekt, který obsahoval popis konstrukce jednotlivých fyzikálních modelů, instrumentace a technologie. Realizační projekt sloužil jako podklad pro výrobu modelů v experimentální hale CEG.

V místě budoucí instalace fyzikálních modelů – v rozrážce ZK-3S byla realizována strukturně-geologická a hydrogeologická dokumentace. Byla provedena podrobná dokumentace již dříve odvrtných jader z této lokality, byly odebrány reprezentativní vzorky hornin a vzorky podzemních vod k následnému laboratornímu zpracování. Pomocí makroskopického pozorování byl popsán celkový vzhled, struktura a textura horniny a byla provedena základní identifikace horninotvorných minerálů.

V dubnu v PVP Bukov vyvrtali technici CEG všech 10 vrtů (5 o průměru 250 mm, 5 o průměru 100 mm) pro uložení fyzikálních modelů. V těchto vrtech byla provedena video inspekce kamerou, která neprokázala žádné znatelné přítoky podzemní vody. V závěru roku byla dokončena konstrukce všech fyzikálních modelů a byly připraveny pro instalaci v PVP Bukov.



Vrty pro uložení experimentů v PVP Bukov



Vylisovaný bentonitový segment



Po šichtě u klece

Název projektu:

Výstavba, provozování a vyhodnocení demonstračního experimentu Mock-Up-Josef

Pokračování:

2018

Zadavatel výzkumu:

SÚRAO

Mock-Up Josef je in situ provozovaný fyzikální model, první v České republice, simulující vertikální uložení kontejneru s vyhořelým jaderným palivem. U experimentu se jedná o výzkum působení tepla a podzemní vody na těsnící bentonitovou bariéru, tzv. buffer, která bude v hlubinném úložišti obklopotvat kontejner s vyhořelým jaderným palivem.

Hlavním cílem projektu bylo popsat chování bentonitové bariéry dlouhodobě zatěžované teplem a saturované vodou z okolní horniny. Rok 2018 byl dle uzavřené smlouvy posledním rokem pokračování projektu. Uvnitř bariéry byly průběžně monitorovány tlak, teplota a relativní vlhkost v pěti horizontálních a jednom vertikálním profilu. Změny byly sledovány i pomocí čidel umístěných v okolní hornině, ve které bylo měřeno šíření tepla do vzdálenosti 3 m od osy experimentu, napjatost masivu, rozevírání trhlin. Konvergenčním měřením se monitorovala případná deformace okolního výrubu.

V září 2018 byl vertikálně odvrtnán sedmý odběr zatěžovaného bentonitu. Vrt byl veden v místě vrtu předchozího, který dosáhl do hloubky 82 cm. Sedmým vrtem byly odebrány vzorky bentonitu až z hloubky 133 cm. U vzorků byly stanoveny objemová hmotnost sušiny, váhová vlhkost, stupeň nasycení, hydraulická vodivost, bobtnací tlak. Celkem bylo analyzováno více než 100 vzorků. Odborníci ze SÚRAO průběžně u odebraného bentonitu sledovali případné mineralogické změny, experti z TUL se zabývali mikrobiologickým vyhodnocením.

Nyní se zadavatel výzkumu (SÚRAO) rozhoduje, zda experiment bude pokračovat ve stejném nebo jiném režimu zatěžování bentonitové bariéry, či zda bude zahájeno rozebírání experimentu. V každém případě zkušenosti získané provozováním experimentu přispějí k důkladnějšímu poznání týkající se jak konstrukce hlubinného úložiště, tak vlastností bentonitu.



Sestava pro odebrání vzorků z bariéry



Těsněný prostor pro čtyři ruce a vrtačku



Odvrtaný vzorek bentonitu

Název projektu:

Údržba, opravy a monitoring hrází historických rybníků jako našeho kulturního dědictví

Příjemce:

Fakulta stavební ČVUT

Doba trvání:

2016 – 2020

Poskytovatel dotace:

Ministerstvo kultury ČR – program NAKI II



Nástřik bentonitové vrstvy



Působení tropických teplot na bentonit



Měření propustnosti hráze

Pětiletý projekt, na němž spolupracuje Centrum experimentální geotechniky s Katedrou hydromeliorací a krajinného inženýrství, je zaměřen na zajištění a ochranu hrází historických rybníků, které jsou součástí našeho kulturního dědictví. Cílem je navrhnout vhodnou technologii pro opravy těles hrází historických rybníků a experimentálně ji ověřit s využitím sekčního fyzikálního modelu. Záměrem projektu je také ověřit metodiku pro neinvazivní diagnostiku těles historických rybníků.

Cílem třetí etapy byl provoz a monitoring experimentálních úseků hrází, průběžné vyhodnocování měřených dat a testování jílových směsí na povrch testovacích těles. Na in situ model hráze byla na návodní líc inovovanou tryskou nastříkána odzkoušená bentonitová směs REC MIX I. Monitoringem bylo zjištěno, že se propustnost tělesa několika násobně snížila. Nově použitá tryska představuje funkční vzorek „Tryska pro aplikaci jílových směsí pro potřeby sanace poruch historických rybníků“.

V této etapě byly prováděny analýzy zaměřené na zjištění tvaru hrází historických rybníků v oblasti Blanicko. Rovněž byla uskutečněna identifikace historických rybníků s využitím starých map (mapy I., II. a III. vojenského mapování a mapy stabilního katastru). Pro posouzení skladby a vlastností hrází byly využity již v předchozí etapě používané geofyzikální metody – multielektrodové odporové profilování, georadar a dipólové elektromagnetické profilování.

Název projektu:

Integrované bentonitové těsnění pro zamezení negativního vlivu hydrogeologických vrtů na podzemní vody

Doba trvání:

2017 – 2020

Příjemce:

CHEMCOMEX Praha, a.s.

Spolupříjemce:

Fakulta stavební ČVUT

Poskytovatel dotace:

TAČR – program EPSILON

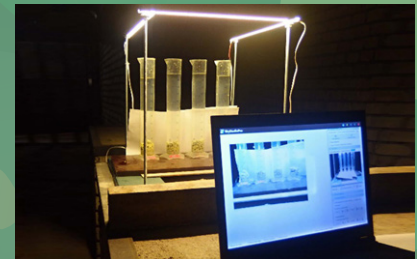
Řešitelé projektu si kladou za cíl zkonstruovat a ověřit funkčnost originálního těsnicího prvku, který bude umístěn mezi zárubnicí a stěnou hydrogeologických vrtů (v mezikruží). Využití nalezne jak u vrtaných studní pro individuální zásobování, tak při realizaci monitorovacích či jiných technologických vrtů, vyžadujících důkladné oddělení povrchové a podzemní vody, respektive dvou oddělených kolektorů podzemní vody.

Ve druhém roce řešení projektu se řešitelský tým soustředil na zdokonalení vlastností těsnicího prvku a související technologie pro jeho zhotovení. Využitím stejného kompozitního materiálu, z něhož byl vyroben první funkční vzorek v r. 2017, a zdokonaleného postupu výroby byly provedeny série ověřovacích testů. Cílem testů bylo sladit tvar těsnicího prvku pro bezproblémovou instalaci s udržením předpokládané těsnosti. Testy prvků probíhaly jak v prostředí Podzemní laboratoře Josef, tak na testovací hydrogeologické lokalitě Pátek.

Postupně byla vyrobena a testována řada těsnicích prvků. Chybovost při výrobě dosahovala max 1/10. Výstupem druhého roku projektu je funkční vzorek a rovněž podrobný popis postupu výroby, který představuje „Ověřenou technologii“. V dalším roce bude projekt směřovat k systematickému testování v podmínkách reálných studní a hydrogeologických vrtů.



Výroba těsnicího prvku



Testování vlastností kompozitu



In situ test umístění těsnicího prvku do vrtu

Název projektu:

Beacon – Bentonite Mechanical Evolution

Doba trvání:

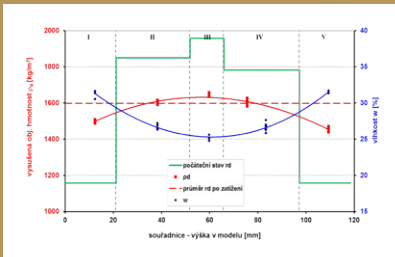
2017 - 2021

Příjemce:

25 institucí z deseti evropských zemí

Poskytovatel dotace:

Euratom reaserch and training programme 2014 - 2018



Mění se hodnoty p_a a w po výšce modelu



Fyzikální model pro výzkum chování bentonitu



Výroční setkání účastníků projektu

Projekt vznikl z nutnosti posoudit dlouhodobou bezpečnost bentonitových konstrukčních komponent v inženýrské bariéře hlubinného úložiště (HÚ) radioaktivních odpadů. Tato problematika se týká mnoha evropských zemí a vzhledem k její složitosti je potřebné spolupracovat na evropské úrovni, vyvinout a otestovat nástroje pro posouzení hydro-mechanického vývoje nehomogenní bentonitové bariéry. Hlavním koordinátorem je SKB (švédská obdoba SÚRAO), řešení projektu probíhá v devíti WPs. V květnu 2018 se v Řecku na ostrově Milos uskutečnilo 1. výroční setkání účastníků projektu.

CEG participuje ve třech WPs. Ve WP2 se shromažďují relevantní informace z ukončených nebo probíhajících projektů, které poskytují poznatky nezbytné pro pochopení dlouhodobého mechanického vývoje bentonitu. WP3 je zaměřena na vývoj numerických modelů, které by dokázaly predikovat dlouhodobé chování inženýrské bariéry HÚ. Náplní WP4 jsou laboratorní testy poskytující vstupní parametry pro vývoj a validaci numerických modelů.

V roce 2018 bylo dosaženo těchto dílčích cílů: Byla shromážděna a na workshopu prezentována data z předchozích relevantních experimentálních prací (WP2). Pro WP3 byly formulovány základní podmínky pro matematické modely založené na metodě konečných prvků. V rámci WP4 byly pro účely kalibrace matematických modelů provedeny laboratorní zkoušky na bobtnací tlak bentonitu, pro posouzení vlivu teploty i při teplotě 60 °C. Rovněž byly připraveny první fyzikální modely, které díky své velikosti umožňují výzkum různých prostorových konfigurací i materiál o různé počáteční objemové hustotě. Ze strany SÚRAO došlo ke změně referenčního materiálu, jímž se stal bentonit Černý vrch – BCV.

Název projektu:

CEBAMA - Cement-based Materials, Properties, Evolution, Barrier Functions

Doba trvání:

2015-2019

Spolupříjemci:

27 institucí a univerzit z Evropy a Japonska

Poskytovatel dotace:

EU – program Horizont 2020

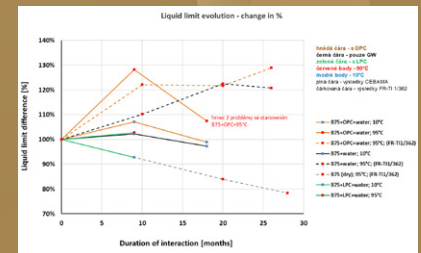
CEBAMA je čtyřletý evropský projekt, na kterém spolupracuje 27 institucí z Evropy a Japonska. Jedná se o národní organizace, které jsou ve své zemi zodpovědné za výstavbu hlubinných úložišť (HÚ) a výzkumné instituce, které se na vývoji HÚ podílejí. Koordinátorem projektu je jeden z německých partnerů – Karlsruher Institut für Technologie (KIT). Cílem projektu je výzkum interakcí materiálů pro využití při výstavbě HÚ. Předpokládá se, že dle konceptu výstavby HÚ v dané zemi, bude jako jeden z konstrukčních materiálů použit cement. Interakce cementu, bentonitu, který bude představovat výplňový materiál, a podzemní vody může ovlivnit chování a dlouhodobou stabilitu konstrukce.

Dismantlingem in situ experimentů (10 °C) z Podzemní laboratoře Josef byl dokončen dlouhodobý experiment zaměřený na interakci mezi českým bentonitem B75, cementovým materiálem a podzemní vodou. Druhou část experimentu představoval výzkum výše uvedených interakcí za současného zatěžování teplem (95 °C) v laboratorním prostředí. U laboratorního výzkumu byl použit Portlandský cement (OPC) a referenční cementová směs s nízkým pH (RPM). Interakce byly zkoumány v časovém rozpětí 9, 18 a 27 měsíců.

V dosud uskutečněných analýzách bylo zaznamenáno: u in situ experimentů nízká rychlost mineralogických změn – patrné je nahrazení Na kationtu kationty Ca a Mg, měřitelné změny hydraulické vodivosti a bobtnacího tlaku, zvýšení pevnosti v tlaku; u teplem zatěžovaných, laboratorních materiálů – pokles pevnosti v tlaku a elasticity, zvýšená koncentrace síranů a vápníku. Uvedené změny nabývaly různých hodnot v závislosti na použitém cementu (OPC, RPM), resp. zda byl cement použit. V závěrečné fázi budou pokračovat podrobnější analýzy vzorků z jednotlivých experimentů.



| vessel no.: | material | temp. | duration |
|-------------|-------------------|-------|-----------|
| 2 | B75 + OPC + water | 95°C | 18 months |

Testovaný materiál po dismantlingu*Sypký testovaný bentonit**Hodnoty w_L v závislosti na délce experimentu*



Název projektu:

Modern2020 – Development and Demonstration of Monitoring Strategies and Technologies for Geological Disposal

Doba trvání:

2015-2019

Spolupřijemci:

28 organizací z Evropy a Japonska

Poskytovatel dotace:

EU – program Horizont 2020

Partnery rozsáhlého evropského projektu představují národní organizace, jež ve své zemi zodpovídají za výstavbu hlubinných úložišť (HÚ) radioaktivních odpadů (RAO), a výzkumné instituce, které se na vývoji HÚ podílejí. Koordinátorem participantů je ANDRA (francouzská obdoba SÚRAO). Českou republiku v projektu reprezentují Fakulta stavební ČVUT v Praze, SÚRAO a Technická univerzita v Liberci (TUL).

Cílem projektu je vyvinout a implementovat efektivní a účinný program pro monitoring HÚ. Pro vývoj monitoringu HÚ je nezbytné definovat vše, co se má pro zajištění bezpečnosti HÚ sledovat a jak získané informace využívat. Pro zajištění monitoringu probíhá vývoj nových technologií – bezdrátový přenos dat, alternativní zdroje napájení, nové senzory, geofyzikální metody.

Řešení projektu probíhá v šesti WPs, CEG je zapojeno ve WP3 (výzkum a vývoj monitorovacích technik) a ve WP4 (demonstrace implementace v in situ podmínkách). Po prvním prototypu multifunkční tlakové buňky (průměr 80 mm a výška 25 mm) vyrobeném v roce 2016 za spolupráce CEG a TUL byla na základě výsledků testů připravena verze č. 2. Byly vyřešeny potíže s expanzí olejového média, byl optimalizován tvar a velikost některých komponent. Hlavní výhodou buňky je současné měření napětí, pórového tlaku, relativní vlhkosti a teploty, integrovaná elektronika s možností záznamu dat a nízká spotřeba energie. Tato verze byla otestována v tepelné laboratoři a je připravována instalace in situ.

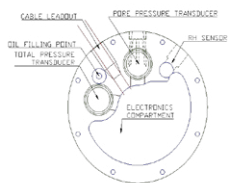


Schéma „chytré“ buňky



Prototypy buňky



Testování buňky v reologickém lisu

Účast CEG v dalších projektech

CEG spolupracovalo na řešení i dalších projektů, resp. v konkrétních dílčích zadáních. Pokračoval čtyřletý evropský projekt ANNETTE - Advanced Networking for Nuclear Education and Training and Transfer of Expertise, který v rámci EU programu Horizont 2020 navazuje na dříve realizované projekty v oblasti vzdělávání odborníků na ukládání radioaktivních odpadů. Projekt, na kterém spolupracuje 25 evropských institucí, koordinuje The European Nuclear Education Network (ENEN). V rámci tréninkových kurzů nabízí CEG praktická laboratorní a in situ cvičení v URC Josef.

CEG je účastníkem výzkumné infrastruktury (VI) „RINGEN“ (Research Infrastructure for Geothermal Energy) zaměřené na výzkum potenciálu využití geotermální energie v ČR v rámci Operačního programu Výzkum, vývoj a vzdělávání MŠMT. VI je budovaná v areálu bývalých Jiříkovských kasáren v Litoměřicích a jejím hlavním cílem je vytvořit odborné zázemí pro výzkum efektivního využívání hlubinné geotermální energie. V roce 2018 byla dokončena hrubá stavba výzkumného geotermálního centra v areálu Jiříkovských kasáren. Ústav struktury a mechaniky hornin AV ČR, v. v. i. provádí v rámci VI v Podzemní laboratoři Josef dlouhodobá měření mikroposunů na zlomech.

„Výzkumná podpora pro bezpečnostní hodnocení hlubinného úložiště“ a „Výzkumná podpora pro projektové řešení hlubinného úložiště“ jsou zadání od Správy úložišť radioaktivního odpadu a probíhají formou tzv. zadávacích listů (ZL) vztahujících se k určité konkrétní oblasti výzkumu. CEG se v roce 2018 podílelo na řešení např. ZL „Experimentální hodnocení plynopropustnosti inženýrských bariér hlubinného úložiště“, „Hodnocení lokalit“, „Transport 3“, „Chování UOS (ukládacího obalového souboru) pro VJP a RAO/Mikrobiální koroze“ a „Návrh a výroba směsi bentonitových pelet“. V rámci projektu Fakulty stavební z Operačního programu Výzkum, vývoj a vzdělávání byla vytvořena infrastruktura pro inovovaný doktorský studijní program Fyzikální a materiálové inženýrství.

Pro projekt „Vícegenerační stopovače“ z Operačního programu Podnikání a inovace pro konkurenceschopnost, jehož řešitelem je konsorcium společností PROGEO, s.r.o. a WATRAD, spol. s r.o., byl v Podzemní laboratoři Josef pracovníky CEG vybudován a je využíván in situ polygon pro testování stopovačů. Současně probíhal doprovodný laboratorní výzkum.



Vrtání jader z projektu „Stopovače 2“



Urychlovač degračních procesů vyvinutý v CEG


Čelina západ


LEGENDA

1. Prefabrikované ostění TOM (s ukázkou konvergenčního měření)
2. Ukázka důlní mechanizace
3. Model 1:1 historické výdřevy tunelu - rakouská soustava
4. Cvičná stěna - jádrové vrtání
5. Měření kontaktního napětí
6. Konvergenční měření
7. Kotevní technika (firma ORICA)
8. „Café Underground“
9. Kotevní technika (firma HILTI)
10. Jímka s technologickou vodou
11. Model zaplnění přístupové štoly hlubinného úložiště (BACKFILL)
12. Informační centrum projektu BACKFILL
13. EU experiment TIMODAZ
14. Informační centrum projektu TIMODAZ
15. Vrtné schéma a výuka destrukčních prací
16. Vrtné schéma

 Zpřístupněné části

 Nepřístupné části

 Experiment, stanoviště výuky

 23 Projekty uvedené v ročence

 25 Ostatní

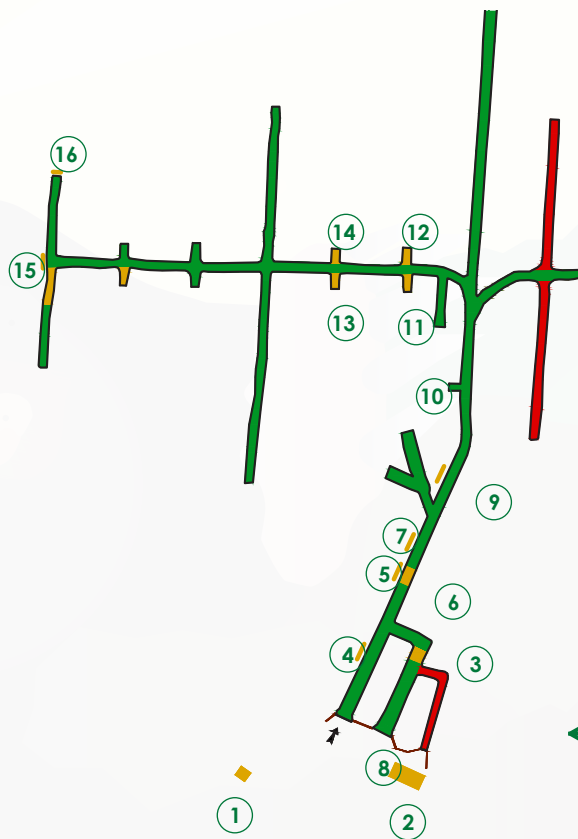
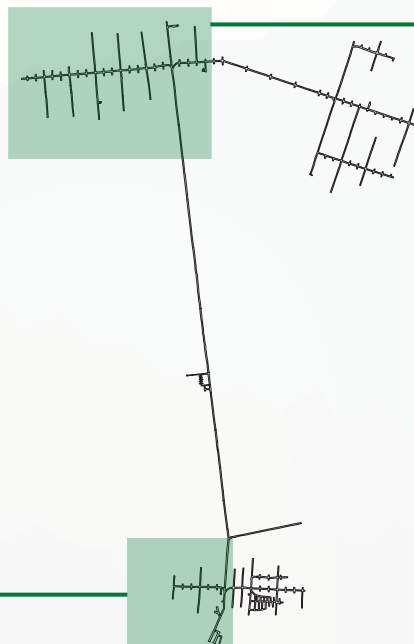


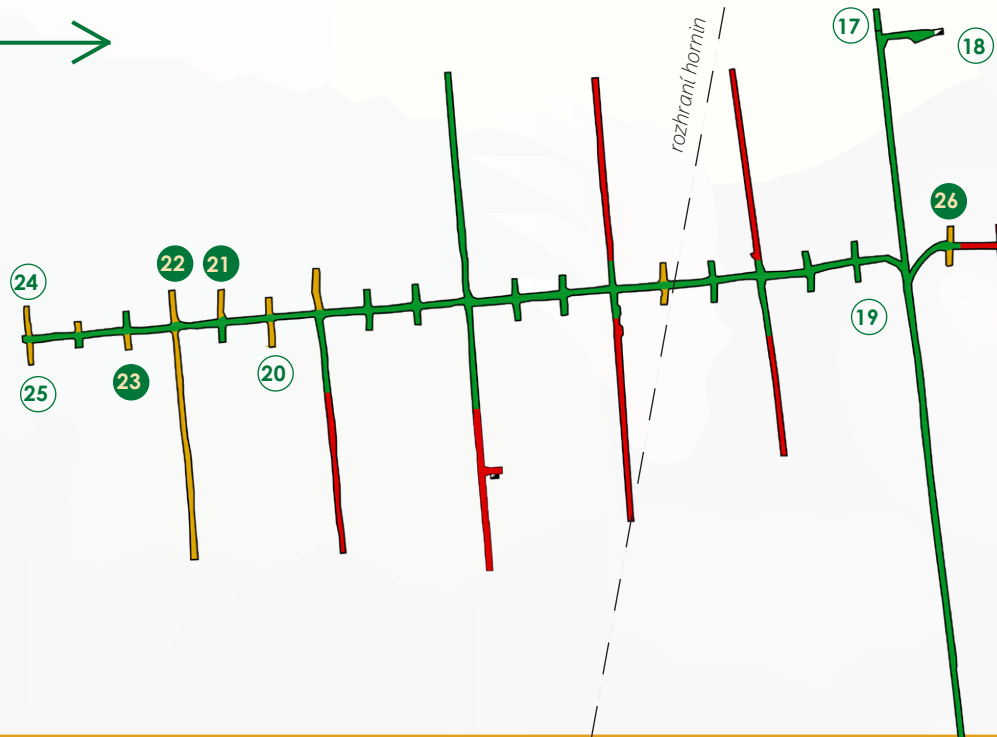
Schéma podzemí štoly Josef



Mokrsko západ

Magmatity – granodiorit
slapského výběžku

Vulkanicko-sedimentární
horniny jílovského pásma



LEGENDA

17. Záchranná komora
18. Větrací komín
19. Jímka s technologickou vodou
20. Anaerobní laboratoř
21. Technologické centrum DOPASu
22. Projekt DOPAS
23. Mock-Up Josef experiment
24. Meziuniverzitní podzemní laboratoř (MeziLab)
25. Meziuniverzitní podzemní laboratoř (MeziLab II)
26. Projekt „Vícegenerační stopovače“

Svou práci děláme rok od roku lépe...





... a máme z toho radost!

Vybrané publikace

Kruis, J.; Krejčí, T.; Koudelka, T.; Svoboda, J.

Interakční fyzikální modely in-situ v PVP Bukov - Matematické modelování

Research Report 2018. Report no. 314/2018.

Svoboda, J.; Pacovský, J.; Štáštka, J.; Vašíček, R.; Pacovská, D.; Nádherná, D.

Interakční fyzikální modely in-situ v PVP Bukov - Realizační projekt

Research Report 2018. Report no. 245/2018.

Svoboda, J.; Štáštka, J.; Pacovská, D.; Večerník, P.; Červinka, R.

Interakční fyzikální modely in-situ v PVP Bukov - Rešerše obdobných experimentů, návrh případných úprav technického provedení

Research Report 2018. Report no. 228/2018.

Štáštka, J.; Pacovský, J.; Svoboda, J.; Vašíček, R.

Výstavba, provozování a vyhodnocení demonstračního experimentu Mock-up-Josef - Závěrečná zpráva k projektu

Research Report Praha: CTU FCE. Centre of Experimental Geotechnics, 2018. Report no. SURAO-2014-3047.

Štáštka, J.; David, V.; Černochová, K.

Preparation for the Final Testing of the Sprayed Bentonite Sealing Layer of a Pond Dam

In: E3S Web of Conferences. Les Ulis: EDP Sciences, 2018. vol. 65. ISSN 2267-1242.

Štáštka, J.; David, V.

The Testing of a Sprayed Bentonite Sealing Layer

In: Proceedings. Basel: MDPI AG, 2018. p. 1-9. vol. 2. ISSN 2504-3900.

Večerník, P.; Hausmannová, L.; Červinka, R.; Vašíček, R.; Roll, M.; Hloušek, J.; Havlová, V.

Interaction between cement and Czech bentonite under temperature load and in in-situ conditions: an overview of experimental program

In: Proceedings of the First Annual Workshop of the HORIZON 2020 CEBAMA Project. Karlsruhe: Karlsruher Institut für Technologie, 2017. p. 77-85. Report-Nr. KIT-SR 7734. ISSN 1869-9669. ISBN 9783731506607.



**FAKULTA
STAVEBNÍ
ČVUT V PRAZE**



CENTRUM EXPERIMENTÁLNÍ GEOTECHNIKY

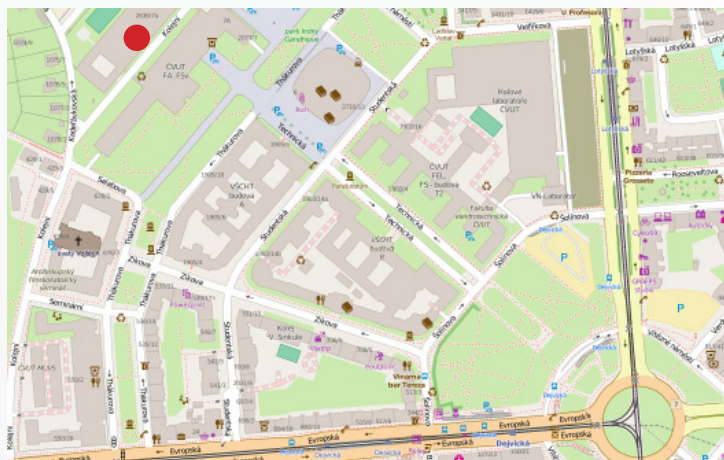
Thákurova 7
166 29 Praha 6 - Dejvice
tel. : (+420) 224 355 507

stola.josef@fsv.cvut.cz
<http://ceg.fsv.cvut.cz>

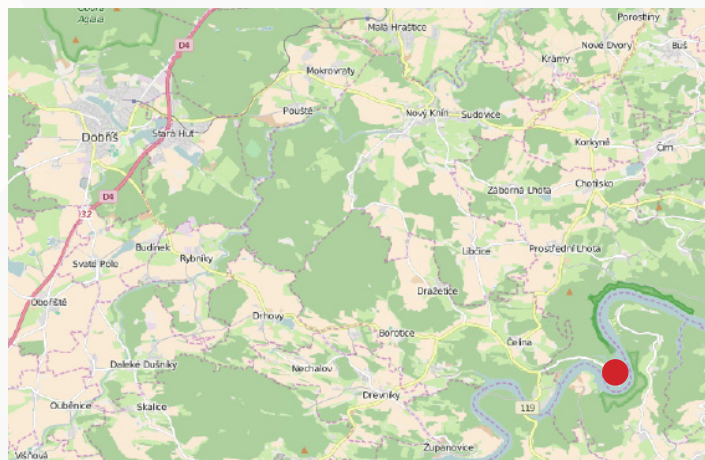
REGIONÁLNÍ PODZEMNÍ VÝZKUMNÉ CENTRUM URC JOSEF

Smilovice 93
262 03 Nový Knín
tel. : (+420) 224 355 500

● N 50°06'15. 909"
E 14°23'21. 581"



● N 49°43'50.145"
E 14°20'54.591"



Kde nás najdete

31

České vysoké učení technické v Praze
Fakulta stavební
CENTRUM EXPERIMENTÁLNÍ GEOTECHNIKY
Thárukova 7
166 29 Praha 6 - Dejvice

tel.: (+420) 224 355 507
e-mail: stola.josef@fsv.cvut.cz
web: <http://ceg.fsv.cvut.cz>

České vysoké učení technické v Praze
Fakulta stavební
REGIONÁLNÍ PODZEMNÍ VÝZKUMNÉ CENTRUM URC JOSEF
Smilovice 93
262 03 Nový Knín