



ČVUT v Praze  
Fakulta stavební

# Výroční zpráva 2015

URC Josef 



## Obsah

Slovo úvodem.....	1
Zaměstnanci CEG .....	2
O pracovišti .....	8
Podzemní laboratoř Josef .....	8
URC Josef .....	10
Spolupráce CEG na mezinárodní úrovni .....	11
Výuka .....	12
Předměty bakalářského studia.....	12
Předměty navazujícího magisterského studia.....	13
Doktorské studium.....	14
Studentská grantová soutěž .....	15
Obhájené bakalářské a diplomové práce .....	16
Projekty .....	17
Schéma podzemí.....	29
Co dalšího se nám letos povedlo .....	31
Vybrané publikace 2015 .....	33
Kde nás najdete .....	34

Milí čtenáři,

číslo 7 je obecně považováno za šťastné, proto věřím, že i sedmé vydání naší Ročenky vás svými texty a fotkami pozitivně naladí. Výzkumné projekty představují pro naše pracoviště stále hlavní zdroj „obživy“, proto se snažíme rozšiřovat jak okruh témat řešených projektů, tak samozřejmě i portfolio s námi spolupracujícími institucí. V souvislosti s tím byl náš tým v roce 2015 posílen o tři mladé kolegy. Praktickou výuku studentů považujeme za nedílnou součást naší práce – v roce 2015 se nám podařilo významně rozšířit počet studentů z Fakulty stavební, kteří absolvovali ve škole Josef část výuky nebo se zúčastnili exkurzí.

Úspěšně byla dokončena výstavba experimentální tlakové a těsnící zátky hlubinného úložiště, jedné ze čtyř, které se v Evropské unii budují v rámci rozsáhlého projektu DOPAS. S partnery ze Švýcarska a z ÚJV Řež, a.s. pokračovaly intenzivní práce na přípravě výstavby podzemní laboratoře s možností využití aktivních stopovačů. Z jiného „soudku“ bylo nezapomenutelné představení Akusmonia (orchestru reproduktorů), které v naší podzemní katedrále Josef připravili studenti a pedagogové z HAMU a další spříznění nadšenci.



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



ČVUT v Praze  
Fakulta stavební



Centrum experimentální  
geotechniky



URC Josef



**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 štola Josef, inicioval rovněž vznik vědecko-technického parku „Regionální podzemní výzkumné centrum URC Josef“. Pod jeho vedením proběhlo ve štole Josef dva roky trvající zpřístupňování rozsáhlé kaverny, která je od r. 2015 otevřená i pro veřejnost.



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

V roce 1999 absolvoval Fakultu stavební ČVUT v Praze, obor Konstrukce a dopravní stavby. Dále pokračoval v doktorském studiu obor Fyzikální a materiálové inženýrství, které 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.



**Ing. Jana Hubálovská**  
ekonomka

V roce 1979 absolvovala Fakultu stavební ČVUT v Praze, obor Ekonomika a řízení stavebnictví. Členem týmu CEG byla od 1.1.2011 do 31.12.2015. Zodpovídala za administrativní a ekonomický chod pracoviště, podílela se na administraci řešených projektů, zajišťovala jejich technickou podporu a kontrolu jejich průběžného financování.



**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, zodpovídá za správu povrchového areálu a podílí se na přípravě a administraci projektů. Spolupracuje na aktivitách pro prezentaci pracoviště a organizuje prohlídky veřejnosti.



**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. Připravuje a zajišťuje prezentaci všech aktivit pracoviště, spolupracuje na přípravě projektů, podílí se na prohlídkách štol pro veřejnost.



**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 Åspö Hard Rock Laboratory ve Švédsku. Odpovídá za pedagogické aktivity CEG, provoz akreditované geotechnické laboratoře a zodpovídá za řešení výzkumných projektů.



**Ing. Lucie Hausmannová**  
studentka doktorského studia

Je studentkou doktorského studia oboru Fyzikální a materiálové inženýrství. V CEG je zaměstnána na částečný úvazek a podílí se na výuce předmětu Laborať geotechniky a Ukládání radioaktivního odpadu. Spoluzodpovídá za laboratorní zkoušky materiálů inženýrských bariér. V roce 2013 absolvovala tříměsíční stáž v Mezinárodní agentuře pro atomovou energii (IAEA) ve Vídni a v roce 2014 stáž v podzemní laboratoři Mont-Terri v rámci evropského projektu LUCOEX. Každoročně se podílí na praktické výuce pro zahraniční i tuzemské kurzy realizované v areálu štoly Josef.



**Ing. Alexey Manaenkov**  
student doktorského studia

Je studentem doktorského studia oboru Fyzikální a materiálové inženýrství. V roce 2014 absolvoval Ruskou státní geologicko-průzkumnou univerzitu Sergo Ordžonikidze, obor Technologie a technika průzkumu ložisek uživatelských nerostů. V Rusku pracoval u společnosti TOMS na projektu likvidace dolu na těžbu zlata. Ve společnosti Mosmetrostav pracoval jako projektant a zabýval se kontrolou projektů. V CEG se podílí na výzkumu problematiky ukládání radioaktivního odpadu do hlubinného úložiště.



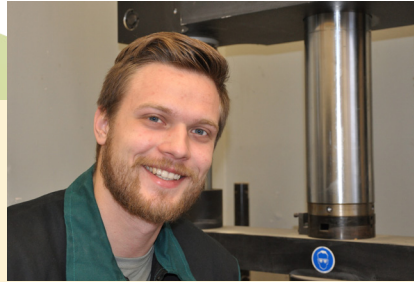
**Ing. Jan Smutek**  
student doktorského studia

Je studentem doktorského studia oboru Fyzikální a materiálové inženýrství. Podílí se na praktické výuce pro zahraniční i tuzemské kurzy realizované v areálu štoly Josef. Jeho specializací jsou in situ tlakové zkoušky v horninovém masivu. V současnosti pracuje na projektu zaměřeném na laboratorní studium migrace plynu v bentonitu a je zodpovědný za in situ práce v migrační laboratoři probíhající v rámci projektu PAMIRE.



**Ing. Jiří Štáška**  
student doktorského studia

V CEG je zaměstnán na částečný úvazek a současně studuje doktorské studium - obor Fyzikální a materiálové inženýrství. V roce 2012 absolvoval tříměsíční stáž v Mezinárodní agentuře pro atomovou energii (IAEA) ve Vídni, v roce 2015 se zúčastnil workshopu zástupců podzemních laboratoří pořádaného IAEA v japonském Honorobe. Pod jeho vedením byl vystaven a v roce 2013 instalován fyzikální model projektu „Bentonity 95“, jehož demontáž a geotechnické vyhodnocení v roce 2015 rovněž vedl. Zodpovídal za přípravu a výstavbu bentonitové vrstvy tlakové a těsnící zátky projektu DOPAS a nadále řídí provoz in situ fyzikálního modelu Mock-Up Josef.



**Bc. Jaroslav Hloušek**  
student magisterského studia

V roce 2014 dokončil bakalářské studium oboru Konstrukce a dopravní stavby se zaměřením na geotechniku. V současnosti pokračuje na stejném oboru ve studiu magisterském. Bakalářskou práci, která se zabývala změnami geotechnických parametrů bentonitu při teplotách do 90 °C, vypracoval v Centru experimentální geotechniky. Zde je od roku 2015 zaměstnán na částečný úvazek a podílí na řešení projektů CEBAMA a GAČR.



**Bc. Michal Roll**  
student magisterského studia

Je studentem magisterského studia oboru Ložisková geologie na geologické sekci Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy v Praze. V CEG pracuje na částečný úvazek a má na starosti přípravu in situ migrační laboratoře využívající radioaktivní stopovače. Dále participuje na projektech PAMIRE a CEBAMA a podílí se na praktické výuce realizované v areálu štolý Josef.



**Monika Růžičková**  
recepční

V roce 2010 absolvovala Obchodní akademii v Příbrami. Členem týmu CEG byla od srpna 2011 do konce prosince 2015, kdy nastoupila na mateřskou dovolenou. Podílela se na zajišťování provozu podzemí, budovy ÚRC Josef a objektů umístěných v povrchovém areálu štoly Josef. Zodpovídala za kontrolu a evidenci všech osob vstupujících do areálu štoly Josef i podzemí.



**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 zámečnické 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

Novou posilou v týmu techniků je 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



**Ing. Milan Štěrba**



**Lubor Stouil**



## O pracovišti

Členové týmu Centra experimentální geotechniky (CEG) i v roce 2015 směřovali převážnou část svých pracovních aktivit na štolu Josef. V tomto směru je CEG unikátním pracovištěm (katedrou) Fakulty stavební, neboť vedle své soustavné pedagogické činnosti provozuje úspěšně již řadu let Podzemní laboratoř Josef a Regionální podzemní výzkumné centrum URC Josef.

Fakultní zázemí v Praze v podobě kanceláří a laboratoře slouží pro administrativní činnost a pro pedagogické aktivity odborných asistentů a doktorandů. Svou pedagogickou činnost zaměřuje CEG 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

Pracoviště Podzemní laboratoř Josef je centrem dění všech odborných aktivit v areálu štolu Josef. Téměř 6 km zprovozněných podzemních prostor poskytuje jedinečné zázemí pro pravidelnou výuku studentů, realizaci výzkumných projektů, tréninkové kurzy, exkurze odborné i laické veřejnosti i pro prezentace našich partnerů.

Standardně zde probíhá výuka předmětů bakalářských a magisterských oborů Fakulty stavební, studenti zde řeší experimentálně zaměřené bakalářské, diplomové a doktorské práce. Z FSV se do výuky ve štolu Josef zapojují hlavně pedagogové a studenti ze studijního programu Geodézie a kartografie. Z ostatních univerzit přijíždějí pravidelně studenti z VŠCHT Praha, dalšími aktivními uživateli jsou TU v Liberci, MU Brno i UK Praha.

Výzkumné projekty představují zásadní směřování Podzemní laboratoře Josef (více o jednotlivých projektech v samostatné kapitole). Jako součást sítě URF (Underground Research Facility) se dostala do podvědomí i v mezinárodním měřítku. Podzemní prostory se stále upravují a zprovožňují tak, aby byly využitelné pro další výzkumnou činnost i ostatní aktivity.



*S úsměvem jde všechno líp*



*Bagřák Bobcat při práci na Mokrsku západ*



*Buňkoviště s novým zastřešením*



Co na nás v podzemí čeká?



V cíli 3. ročníku „Ze štoly do štoly“



Zvědaví senioři z U3V v podzemí

V průběhu roku 2015 navštívila Podzemní laboratoř Josef **řada zahraničních odborníků** s perspektivou možné budoucí spolupráce. Uvítali jsme experty z Karlsruher Institut für Technologie, dále naše dlouholeté kolegy z Beijing Research Institute of Uranium Geology a z Korea Atomic Energy Research Institute. V rámci společného projektu se uskutečnily **dva workshopy** se zástupci ze švýcarské podzemní laboratoře Grimsel. Každoročně se štola Josef stává místem pro mezinárodní tréninkové kurzy. Tentokrát si své praktické dovednosti v Podzemní laboratoři Josef vyzkoušeli mladí odborníci z Evropy na akci „DOPAS training workshop“. Mladé generaci z České republiky byl věnován **jednodenní seminář** tematicky zaměřený na in situ migrační laboratoř, která se ve štole Josef v rámci jednoho z výzkumných projektů buduje.

Své stálé místo v kalendáři štoly Josef má řada akcí zaměřených na širokou veřejnost. **„Den štoly Josef“** byl v roce 2015 orientován na zástupce místních obcí, základních škol, regionálních podniků a institucí. Záměrem bylo přiblížit štolu Josef okolnímu regionu pro případnou oboustrannou spolupráci. Dva **dvoudenní kurzy univerzity třetího věku (U3V)** byly plně obsazené. „Studenti“ se zájmem vyslechli poutavé přednášky o aktivitách ve štole Josef a následně si vše pozorně prohlédli in situ. Popáté se sčítali netopyři, kterým štola Josef poskytuje bezpečné místo pro zimní spánek. Jarní cyklistickou sezónu otevřeli příznivci tohoto sportu třetím ročníkem závodu „Ze štoly do štoly“.

V turistické sezoně trvající ve štole Josef od května do října si návštěvníci mohou vybrat ze **tří prohlídkových tras**. Ke dvěma tradičním okruhům (Čelina a Mokrsko) přibyl pro milovníky neobyčejných zážitků okruh „podzemní kaverna“ (<http://ceg.fsv.cvut.cz/o-nas/stola-josef>). K mimořádnému představení, které ve zprovoznění „katedrále“ (kaverně) pro pozvané hosty připravili studenti a pedagogové HAMU, patřilo bezesporu **Akusmonium** (orchestr reproduktorů). Soustava reproduktorů rozezněla prostor „katedrály“ nevšedními zvuky a melodiemi za současné světelné produkce. Pozvánku k návštěvě štoly v podobě reportáže odvysílala i Česká televize v oblíbeném pořadu **Toulavá kamera**.

## URC Josef

Také „Regionální podzemní výzkumné centrum URC Josef“, které spolu s Podzemní laboratoří Josef tvoří jedinečný experimentální a výukový komplex, se dostává do povědomí odborné veřejnosti. Vědecko-technický park URC Josef si klade za cíl:

- **Technologický vývoj a inovace zaměřené na nové technologie, konkurenceschopné výrobky a služby v oboru podzemních staveb**
- **Rychlejší transfer výsledků výzkumu k praktickým aplikacím**
- **Trénink a rekvalifikace pracovníků podzemních staveb**
- **Marketinkové aktivity, expertní služby a akreditované zkušebnictví**

S končícími výzkumnými projekty odchází z budovy několik nájemců, do budoucnosti je našim cílem získat nové začínající nebo inovační firmy, které si uvolněné prostory pronajmou a budou využívat zázemí URC Josef.

Personálně a odborně zajišťuje provoz URC Josef tým pracovníků Centra experimentální geotechniky. V České republice ani v Evropě neexistuje pracoviště, které poskytuje infrastrukturu, prostředí a služby jako URC Josef. Svým zaměřením nabízí jedinečné podmínky pro výzkum, trénink a marketink v oblasti podzemních staveb.



*Přivaly sněhu nás nezaskočí*

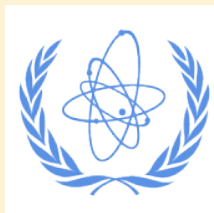


*Exkurze studentů a pedagogů Fakulty stavební*



*Třítunový vzorek z experimentu Stiromas*

## 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. Představuje významný podnět pro rozvoj teoretických i praktických poznatků, poskytuje možnost porovnat úroveň poznání v řadě zájmových oblastí.

### **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](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 24 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>)

## Výuka

Předměty vyučované pedagogy CEG jsou svým specifickým zaměřením určeny především pro studenty oborů Konstrukce a dopravní stavby, Inženýrství životního prostředí a Požární bezpečnost staveb. 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, TU Liberec, MÚ Brno).

### Bakalářské studium

**Požární spolehlivost podzemních staveb** je povinný předmět pro studijní obor Požární bezpečnost staveb. Studenti jsou seznámeni se základní charakteristikou podzemních děl, s riziky a jejich prevencí při výstavbě a provozování, báňskými předpisy i dalšími tématy souvisejícími s podzemními stavbami. Důraz je kladen především na požární a bezpečnostní problematiku.

**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 se seznamují s odbornou literaturou, řeší praktické příklady související se zvolenou problematikou jak v laboratořích CEG, tak in situ v Podzemní laboratoři Josef. 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.



*Studenti z Erasmu při výuce v laboratoři CEG*



*Výuka ve štole...*



*...a před stolou v portálu*



*Exkurze studentů prof. J. Bartáka*



*Výuka geodetů v areálu štolý Josef*



*Tlakové zkoušky v jádrovém vrtu v praxi*

## Navazující magisterské studium

**Laboratoř geotechniky** má ve své náplni geotechnické in situ i laboratorní zkoušky sloužící pro stanovení parametrů hornin a zemin. Tyto parametry jsou klíčové pro další geotechnické výpočty. Jedná se o mechanicko-fyzikální, hydrofyzikální a termofyzikální vlastnosti, pevnostní a deformační parametry.

**Experimentální analýza konstrukcí – část geotechnika** je zaměřena na praktická cvičení v reálných podmínkách v Podzemní laboratoři Josef. Po seznámení s provozními řády 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 zpracovávaných v CEG. Pro řešení prací studenti využívají jak geotechnické laboratoře, tak Podzemní laboratoř Josef.

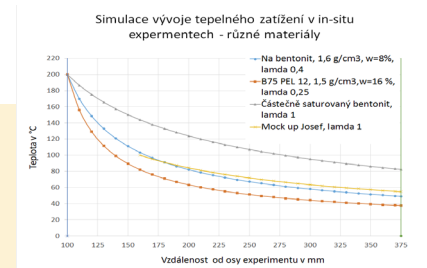
**Experimentální výzkum ukládání radioaktivních odpadů** je volitelný předmět a zabývá se problematikou bezpečného izolování radioaktivních odpadů. Studenti se seznámí se základními principy ukládání radioaktivních odpadů, s vlastnostmi materiálů na bázi bentonitu pro konstrukci inženýrské bariéry hlubinného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

## Doktorské studium

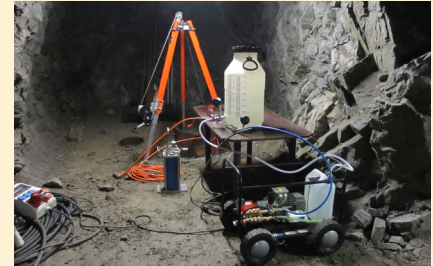
Pedagogové CEG rovněž vedou studenty doktorského studia v oboru „Fyzikální a materiálové inženýrství“. V roce 2015 se studiu a přípravě svých disertačních prací věnovali čtyři studenti.

Pod vedením prof. Jaroslava Pacovského se připravují Jiří Štáštka a v září 2015 nastoupí Alexey Manaenkov. Téma práce J. Štáštky zní „Fyzikální modelování při řešení problematiky izolování radioaktivních odpadů“, A. Manaenkov se v prvním roce doktorského studia věnoval povinným předmětům a získával zkušenosti s in situ výzkumem ve štole Josef. Lucie Hausmannová zpracovává téma „Hydrofyzikální vlastnosti smektitických jíílů v podmínkách hlubinného úložiště radioaktivních odpadů“ pod dohledem Ing. Radka Vašíčka. Jana Smutka vede Ing. Jiří Svoboda, téma práce je „Výzkum plynopropustnosti horninového prostředí založený na experimentálním in situ měření“.

V červnu 2015 všichni „staří“ doktorandi úspěšně složili Státní doktorskou zkoušku, takže už mají před sebou „pouze“ kompletaci disertační práce a její obhajobu.



Závislost teploty na umístění vzorku v modelu



Sestava pro tlakové zkoušky ve vrtech



Zvládli jsme to!



*Měření termofyzikálních vlastností bentonitu*



*Přístroj ISOMET pro in situ měření*

## Studentská grantová soutěž

V roce 2015 začal tříletý projekt **Stanovení termofyzikálních vlastností bentonitové bariéry**. Tým řešitelů tvoří doktorandi Ing. Jiří Štáštka a Ing. Jan Smutek, projekt vede prof. Jaroslav Pacovský. Přenos tepla je jedním z klíčových požadavků na bentonitovou bariéru – významný konstrukční prvek v hlubinném úložišti vyhořelého jaderného paliva. Termofyzikální znaky charakterizující bentonit jsou tepelná vodivost, tepelná kapacita a tepelná difuzivita. Je důležité znát rozdíly mezi vlastnostmi zatíženého, tzn. působením tepla a vody ovlivněného bentonitu, a nezatíženého bentonitu. Stanovení výše uvedených rozdílů je hlavním cílem tohoto projektu.

V prvním roce řešení projektu byla připravena metodika pro in situ měření termofyzikálních vlastností s přístrojem ISOMET. Výzkum vlastností zatíženého bentonitu se prováděl in situ na vzorcích odebraných ve štole Josef z fyzikálního modelu Mock-Up Josef. Řešitelé provedli laboratorní měření na sérii nezatížených vzorků bentonitu s různou objemovou hmotností a vlhkostí. Součástí řešení projektu byly i teoretické výpočty termofyzikálních vlastností.

Výsledky projektu byly prezentovány v rámci přednášky na technickém mítinku podzemních laboratoří v Brně a na mítinku evropského projektu JOPRAD.



## Obhájené bakalářské a diplomové práce

Jan VOŽECH

### Příprava a realizace bentonitového těsnění experimentu EPSP

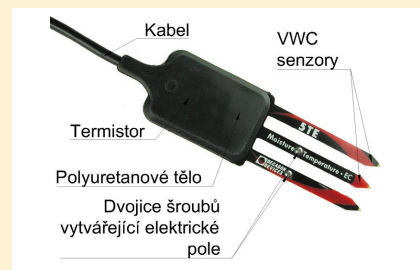
Téma diplomové práce souviselo s výstavbou experimentální tlakové a těsnicí zátky (EPSP) hlubinného úložiště v rámci evropského projektu DOPAS, konkrétně s její nejdůležitější částí - těsnicí bentonitovou vrstvou. Pro výstavbu bentonitové vrstvy byla zvolena technologie dynamicky hutněných bentonitových pelet v kombinaci s nástřikem bentonitu v přístropí rozrážky.

V rámci diplomové práce byla technologie dynamicky hutněných pelet několikrát odzkoušena testem, při kterém byla peletami plněna dřevěná forma o rozměrech 0,8x1,2x0,3 m. Pro hutnění byly použity dvě různé vibrační desky – NTC a AMMANN. Také plnění forem bylo různé – buď se nasypala plná forma a po zhutnění se materiál dosypával nebo se bentonitové pelety vrstvily a hutnily po vrstvách o mocnosti cca 10 cm. I nástřik bentonitové směsi byl odzkoušen in situ. Nejdůležitějším testovacím parametrem u obou technologií je suchá objemová hmotnost zhutněného, resp. nástřikového materiálu. Minimální požadovaná hodnota je 1 400 kg/m<sup>3</sup> a obě technologie této podmínce vyhověly.

Důležitou součástí práce byl návrh osazení senzorů pro měření vlhkosti do experimentu, návrh a ověření ochrany čidel při instalaci a ověření navrhované metody pro měření vlhkosti. Pro měření vlhkosti byly vybrány TDR senzory, pro které byla provedena kalibrace, jejímž výstupem byla kalibrační funkce se spolehlivostí měření cca 7,4 %.



Forma pro hutnění bentonitových pelet



Čidlo pro měření vlhkosti



Instalované čidlo ve zhutněném bentonitu

## Partneři



## Projekty

### Úvod k projektům

Podzemní laboratoř Josef ve spojení s Regionálním podzemním výzkumným centrem URČ Josef představuje atraktivní lokalitu pro řešení výzkumných a experimentálních projektů. V roce 2015 pokračovaly v plné míře práce na všech probíhajících projektech. Zvláštní pozornost si zaslouží především dokončení a spuštění fyzikálního modelu první české těsnící a tlakové zátky v rámci projektu DOPAS.

Také postup prací na dalších projektech – evropských (Modern2020, CEBAMA, PETRUS III a SWISS) i tuzemských (Pamire, Stopovače, Mock-Up, GAČR) – pokračovaly podle stanovených harmonogramů. Ukončen byl čtyřletý projekt B95 financovaný MPO z Programu TIP, zajímavým se ukázal být jednorozhodný Rozvojový projekt mladých týmů, který se týkal inovace výuky studentů.

I když v současnosti je kapacita pracovníků CEG plně vytížena, je potřeba myslet i na budoucnost. Proto se zástupci CEG účastní příprav dalších projektů. CEG je členem skupiny evropských institucí sdružených v platformě JOPRAD (Joint Programming on Radioactive Waste Disposal), iniciativou CEG je pokračování projektů typu Mock-Up nebo rozsáhlý výzkum týkající se bentonitů.

## DOPAS – Full Scale Demonstration of Plugs and Seals



**Doba trvání:**

**2012-2016**

**Spolupříjemci:**

**14 evropských institucí**

**Poskytovatel dotace:**

**7. RP EU, MŠMT**

DOPAS je rozsáhlý evropský projekt, na kterém se z České republiky podílejí Fakulta stavební ČVUT, ÚJV Rež, a.s. a Správa úložišť radioaktivních odpadů (SÚRAO). Projekt koordinuje Posiva Oy (finská obdoba SÚRAO) – jeden z finských partnerů. Cílem české účasti v projektu je výstavba experimentální tlakové a těsnící zátky (EPSP – Experimental Pressure and Sealing Plug) v žulovém masivu ve štole Josef. Těsnící zátka budou součástí hlubinného úložiště (HÚ) radioaktivních odpadů. Jejich funkce spočívá v bezpečném oddělení již zaplněných prostor HÚ od prostor nezaplňných. V rámci projektu vznikly další tři experimentální zátky v různých geologických podmínkách – ve Finsku, ve Francii a ve Švédsku.

V první polovině roku 2015 byla kompletně dokončena konstrukce těsnící a tlakové zátky. Nejprve byly injektážemi v okolí vnitřní zátky utěsněny plochy nespojivosti v horninovém masivu. Následovala výstavba nejdůležitější části zátky – bentonitové vrstvy ze ztuhnutých bentonitových pelet současně se ztraceným bedněním pro vnější zátku. Nástrík vnější zátky z vláknobetonu provedla firma Metrostav a.s. Do všech vrstev zátky byla instalována čidla pro monitoring. Souběžně se stavbou zátky bylo kompletně dokončeno i technologické centrum ve vedlejší rozrážce. Od srpna, kdy byl experiment spuštěn, je zátka testována a monitorována.

V září byl v ČR uspořádán mezinárodní „DOPAS training workshop“. Ze 7 evropských zemí přijelo 12 mladých odborníků zabývajících se problematikou ukládání radioaktivního odpadu. Workshop byl zaměřen na výstavbu a monitoring těsnících zátek, které byly v rámci projektu realizovány. Na pozici vyučujících se vystřídali zástupci z ČR, Finska, Francie, Německa, Švédska a Velké Británie. Část kurzu věnovaná praktické výuce se uskutečnila v Podzemní laboratoři Josef.



*Hutnění bentonitových pelet v těsnící vrstvě*



*Spuštění experimentu DOPAS*



*Model těsnící zátky v rozrážce s experimentem*

## PETRUS III – Implementing Sustainable E&T Programmes in the Field of Radioactive Wastes Disposal



*Účastníci PhD konference v Nancy*



*Jeden z mladých expertů prezentuje svůj výzkum*



*L. Hausmannová a její prezentace na konferenci*

**Partneři:**  
**Doba trvání:**  
**Poskytovatel dotace:**

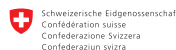
**20 evropských institucí a univerzit**  
**2013 – 2016**  
**7. RP EU**

Mezinárodní projekt PETRUS III, který byl zahájen v roce 2013, navazuje na projekt PETRUS II. Šlahou partnerů je koordinovat úsilí evropských vysokých škol, vzdělávacích a výzkumných institucí i organizací z praxe při společném vzdělávání a tréninku studentů doktorského studia a odborníků v oblasti nakládání s radioaktivními odpady. Cílem je vybudovat a implementovat vzdělávací a tréninkový program založený na předem definovaných kompetencích absolventů.

Práce na projektu jsou rozděleny do šesti pracovních skupin (WPs). Ve WP1 a WP2 se připravuje modul pro magisterské studium a jeho implementace alespoň v jedné ze spolupracujících univerzit. WP3 se zaměřuje na přípravu multidisciplinárního vzdělávání PhD studentů a na organizaci PhD mezinárodních workshopů. Cílem WP4 a WP5 je společně s koncovými uživateli a pracovní skupinou CMET (IGD-TP) usilovat o dlouhodobý rozvoj vzdělávacích a tréninkových programů PETRUS. WP6 koordinuje práci ostatních WPs a prezentuje výsledky. V průběhu roku 2015 se spolupracující instituce sešly na dvou mítincích, na kterých byly představeny výsledky jednotlivých WPs.

V červnu 2015 se ve Francii (Ecole des Mines de Nancy) uskutečnila v rámci projektu PETRUS III 1. mezinárodní konference pro doktorandy a mladé výzkumníky, kteří se zabývají problematikou hlubinného úložiště (HÚ). Akce se zúčastnilo okolo 60 odborníků, převážně studentů. Mezi 15 studentů, kteří na konferenci prezentovali výsledky svého výzkumu, se zařadila i Lucie Hausmannová. V další části konference proběhly přednášky odborníků na témata týkající se HÚ.

## Expertní spolupráce při výstavbě 1. české podzemní migrační laboratoře s možností používání aktivních stopovačů



**Příjemce:**  
**Spolupříjemci:**

**Fakulta stavební ČVUT**  
**NAGRA – National Cooperative for the Disposal of Radioactive Waste, ÚJV Řež, a.s**  
**Ministerstvo financí ČR – Fond Partnerství**

**Poskytovatel dotace:**

Cílem projektu je získat na základě vzájemných návštěv, konzultací a organizace workshopů poznatky zahraničního partnera potřebné k tomu, aby v České republice byla uvedena do provozu první in situ podzemní laboratoř s možností používat radioaktivní stopovače. Protože se v České republice takový výzkum dosud neprováděl (nebylo k dispozici vhodné podzemní pracoviště), bylo nutné přizvat zahraniční konzultanty. Kromě provozovatele Podzemní laboratoře Josef byla přizvána ke spolupráci i společnost ÚJV Řež, a.s. s ohledem na kompetence v oblasti laboratorního výzkumu této problematiky.

V březnu a v listopadu se v Podzemní laboratoři Josef uskutečnily plánované workshopy za účasti švýcarských expertů. Na březnovém pracovním setkání švýcarští kolegové prezentovali projekty z podzemní laboratoře Grimsel (GTS) zaměřené na migraci látek v horninovém prostředí a v podzemí si prohlédli rozrážku pro budoucí migrační laboratoř. Náplní druhého workshopu již byly prezentace konkrétních prací provedených ve vybrané rozrážce (popis vrtných prací, vyhodnocení stopovacích a vodních tlakových zkoušek) a z nich plynoucí diskuse ohledně dalšího postupu v projektu. V rámci tohoto projektu proběhl v srpnu ve štole Josef „Seminář in situ migrační laboratoř v Podzemní laboratoři Josef“, kterého se zúčastnilo 33 participantů ze sedmi českých institucí.

Vybudováním specializované laboratoře ve štole Josef se zkvalitní příprava mladých odborníků českých univerzit pro oblasti výzkumu transportních procesů, laboratoř poskytnou i trénink specialistů v in situ prostředí pro zvládnutí netradičních experimentálních metodik a výzkumných postupů.



*První mítink s experty z GTS*



*Příchod na seminář „mladých“ k projektu SWISS*



*Andrew Martin na druhém společném setkání*



*Zkouška pevnosti v tlaku*



*Vzorky testovaného materiálu*

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



Horizon 2020  
European Union funding  
for Research & Innovation

**Doba trvání:**  
**Spolupříjemci:**  
**Poskytovatel dotace:**

**2015-2018**  
**27 evropských institucí a univerzit**  
**EU – program Horizont 2020**

CEBAMA je čtyřletý evropský projekt, na kterém spolupracuje 27 evropských institucí. Jedná se o národní organizace, které jsou ve své zemi zodpovědné za výstavbu hlubinného úložiště (HÚ) radioaktivních odpadů (RAO), a výzkumné instituce, které se na vývoji HÚ podílejí. Práce na projektu probíhají od června 2015 a koordinátorem je jeden z německých partnerů – Karlsruher Institut für Technologie (KIT).

Cílem projektu je výzkum materiálů na bázi cementu pro využití při výstavbě HÚ. Předpokládá se, že dle konceptu výstavby HÚ v dané zemi, bude cement použit jako jeden z konstrukčních materiálů. Interakce cementu a dalších konstrukčních materiálů v HÚ použitých může ovlivnit jejich chování a dlouhodobou stabilitu, proto je nutné tyto interakce zkoumat.

Úkolem CEG je výzkum vzájemných interakcí českého bentonitu, cementu a podzemní vody. Pro vyhodnocení změn bude vždy po daném časovém úseku provedena sada laboratorních zkoušek u bentonitu a pevnostní zkoušky u cementu. Další čeští partneři (FJFI ČVUT a ÚJV Řež, a.s.) budou spolupracovat na vyhodnocení změn geochemických parametrů.

V úvodní fázi projektu byly detailně charakterizovány laboratorní procedury, které budou probíhat v následujících letech. Byly vyhodnoceny vstupní parametry v projektu testovaných materiálů – český bentonit B75, portlandský cement a low pH pojivová směs poskytnutá finským partnerem. Dále bylo nutné ověřit možnost použití alternativní metody pro testování pevnostních charakteristik cementových těles, která jsou rozměrově vhodnější než klasická normová tělesa.

## PAMiRe – Přenos hodnot migračních parametrů granitických hornin z mikroměřítka do reálného měřítka horninového masivu



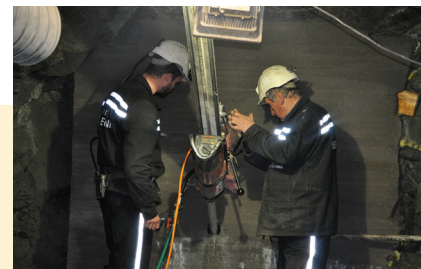
**Doba trvání:** 2014 - 2017  
**Příjemce:** ÚJV Řež, a.s.  
**Spolupříjemci:** ARCADIS CZ, a.s., divize Geotechnika, Fakulta stavební ČVUT, Ústav geoniky AV ČR, v. v. i.  
**Poskytovatel dotace:** TA ČR – program ALFA

Cíl projektu vychází z nutnosti co nejvíce snížit nejistoty, kterými je zatížen přenos výsledků laboratorního výzkumu a simulací do in situ podmínek. V projektu PAMiRe se jedná o migrační procesy v horninovém prostředí hlubinného úložiště radioaktivních odpadů. Řešení tohoto projektu napomáhá i účast zahraničních expertů v rámci projektu Fond partnerství (Ministerstvo financí ČR).

V roce 2015 byly v Podzemní laboratoři Josef v rozrážce JP 57 zhotoveny 2 vrty, které byly podrobně vizuálně a akusticky popsány. Dále byla podrobně popsána puklinová síť horninového masivu v okolí vrtů a vytvořen její geometrický model. Ve vrtech byly provedeny tlakové zkoušky sledující hydrodynamické a hydrochemické parametry vrtů.

Z vrtů byly odebrány vzorky na plánované analýzy a experimenty. Vzorky horninové matrice i puklinové výplně byly charakterizovány z hlediska porozity, propustnosti a mineralogického složení. Část vzorků z vrtných jader byla použita pro průnikové difúzní experimenty s tritiem ( $^3\text{H}$  - radioaktivní izotop vodíku). Rovněž byly zahájeny experimenty na vzorcích středního měřítka (průměr jádra 115 mm), jejichž výsledky byly modelovány pomocí programu MT3D. Pro migrační experimenty se vzorky jader o průměru 290 mm byla vyvinuta speciální cela, která zajistí jak stabilní prostředí pro experiment, tak odpovídající radiační ochranu okolního prostředí.

Souběžně se práce soustředily na vizualizaci a stanovení objemu póru pomocí RTG CT ve spojení se rtuťovou vysokotlakou porozimetrií (HGP). Cílem tohoto postupu je návrh a odkoušení metodiky pro analýzu pórového prostoru pomocí CT. Pro jednání se SÚJB byl připraven návrh pro vyhodnocení bezpečnosti injektáže  $^3\text{H}$  do pukliny a jeho migrace směrem k osobám pohybujícím se v rozrážce.



*Zhotovení dvou vrtů o průměru 76 mm*



*Vizuální monitoring vrtů*

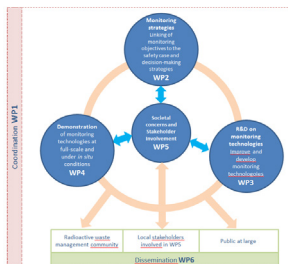


*Monitoring akustickou kamerou*

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



Horizon 2020  
European Union funding  
for Research & Innovation



Členění projektu na WPs a vazby mezi nimi



Vztah s veřejností: mluvit – poslouchat – učit se



„Malá chytrá“ tlaková buňka

**Doba trvání:**  
**Spolupříjemci:**  
**Poskytovatel dotace:**

**2014-2017**  
**28 evropských institucí a univerzit**  
**EU – program Horizont 2020**

Čtyřletý evropský projekt, na kterém spolupracuje 28 evropských institucí, byl zahájen v červnu 2015. Partneři projektu představují národní organizace, jež jsou ve své zemi zodpovědné za výstavbu hlubinného úložiště (HÚ) radioaktivních odpadů (RAO), a výzkumné instituce, které se na vývoji HÚ podílejí. Koordinátorem participantů projektu je ANDRA (francouzská obdoba české instituce SÚRAO). Českou republiku v tomto projektu reprezentují Fakulta stavební ČVUT v Praze, SÚRAO a Technická univerzita v Liberci.

Projekt si klade za cíl vyvinout a implementovat efektivní a účinný program pro monitoring hlubinného úložiště radioaktivních odpadů, s přihlédnutím ke konkrétním požadavkům národních programů. Pro vývoj monitoringu HÚ je nezbytné definovat, co má být pro zajištění bezpečnosti HÚ sledováno. Důležité je také vypracovat metodiku, jak získané informace dále využívat při rozhodovacích procesech. Výzkumné a vývojové práce si kladou za cíl rozvíjet monitorovací techniku (bezdrátový přenos dat, alternativní zdroje napájení, nové senzory, geofyzikální metody).

Řešení projektu probíhá v šesti WPs, CEG se podílí na pracích ve WP3 (výzkum a vývoj monitorovacích technik) a ve WP4 (demonstrace implementace v in situ podmínkách). V roce 2015 začal v CEG vývoj „malé chytré“ tlakové buňky (o průměru cca 80 mm) pro měření tlaku, pórového tlaku a relativní vlhkosti. (<http://www.modern2020.eu/>)



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



**Doba trvání:**  
**Zadavatel výzkumu:**

**2011-2015**  
**SÚRAO**

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

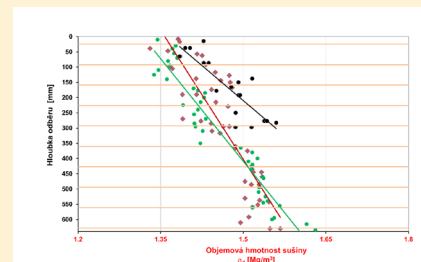
V roce 2015 byly průběžně monitorovány tlak, teplota, relativní vlhkost jak v bentonitové bariéře, tak v okolní hornině. V bentonitové bariéře jsou veličiny každých deset minut měřeny v pěti horizontálních a jednom vertikálním profilu. Uvnitř bariéry jsou umístěny i vzorky kovů (z nerezové a uhlíkové oceli, mědi, titanu a cínového bronzu), které budou zkoumány po ukončení a následném rozebrání experimentu.

Součástí měřicího systému je webové rozhraní, prostřednictvím kterého lze získat přehled o dění v experimentu, např. seznam čidel s možností vykreslení grafů za zvolené období, 3D vizualizace aktuálního stavu, přehled o funkčnosti systému a deník experimentu. (<http://uef-josef.uef-josef.eu/misc/mereni/>).

V červnu 2015 byly potřetí odebrány vzorky z bentonitových tvárníc tvořících těsnící bariéru. U vzorků byly testovány objemová hmotnost sušiny, váhová vlhkost, stupeň nasycení, hydraulickou vodivost, bobtnací tlak a tyto hodnoty byly porovnávány s hodnotami vzorků z předchozích dvou odběrů. Společně s odborníky ze SÚRAO jsou mj. průběžně sledovány i případné mineralogické změny bentonitu. Na základě vyhodnocení provedených odběrů lze předpokládat, že dosud nedošlo k plnému nasycení bentonitové bariéry. Po diskusi se zadavatelem výzkumu bude projekt provozován i v roce 2016.



*Vzorky bentonitu ze třetího odběru*

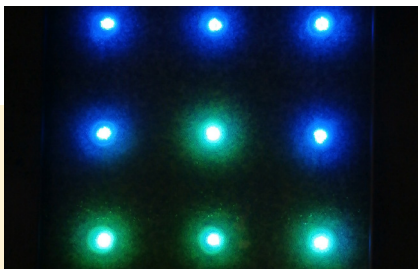


*Závislost objemové hmotnosti na hloubce odběru*



*Rozrážka s experimentem a dalšími dvěma vrtý*

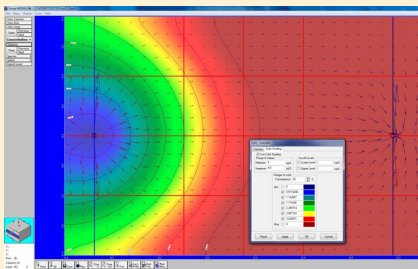
## Stanovení migračních parametrů hornin s puklinovou propustností za použití fluorescenčních roztoků



*Detail stopovacího experimentu*



*Stopovací experiment na makrovzorku*



*Matematický model koncentrace stopovače*

**Doba trvání:** 2013 - 2016  
**Příjemce:** ISATech, s.r.o  
**Spolupříjemci:** Fakulta stavební ČVUT,  
 Geologický ústav AV ČR, v.v.i., GEOMEDIA s.r.o.  
**Poskytovatel dotace:** TA ČR – Program ALFA

Projekt je zaměřen na využití fluorescenčních látek pro stopovací zkoušky. Tyto látky nezatěžují životní prostředí, jsou detekovatelné jednoduchými metodami a umožňují kontinuální záznam změn koncentrace stopovače, což je důležité pro stanovení migračních parametrů horniny v in situ podmínkách. Cílem projektu je určit optimální složení stopovacích roztoků a stanovit podmínky použitelnosti pro konkrétní fluorescenční stopovač v daném horninovém prostředí.

V Podzemní laboratoři Josef je tento projekt realizován na několika lokalitách. V oblasti Čelina je od roku 2013 v provozu specializovaná laboratoř pro potřeby stopovacích experimentů na makrovzorcích. V oblasti Mokrsko západ probíhají výzkumné práce ve dvou rozrážkách. Rozrážka JP-17 byla upravena pro in situ stopovací experimenty a v roce 2014 zde bylo, na základě geofyzikálních měření a geologického mapování, vyvrtáno pět přibližně vodorovných vrtů o délce cca 5,1 m (testovací polygon). V rozrážce SP-47 byly využity stávající vrty pro kalibrační in situ zkoušky.

V roce 2015 bylo dokončeno podrobné geologické mapování testovacího polygonu, vodními tlakovými zkouškami byly ověřeny hydraulické vlastnosti puklinového prostředí polygonu. Pro stopovací in situ experimenty bylo zařízení společnosti ISATech (chráněné patentem) doplněno o nádobu pro stopovací roztok a další nezbytné příslušenství.

## Migrace plynu v prostředí (zhuťných) smektitických jílu



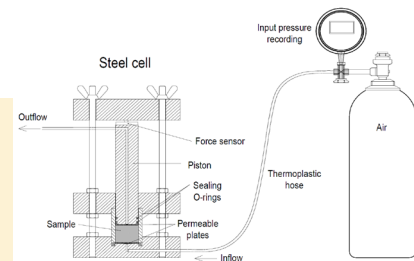
**Doba trvání:**  
**Poskytovatel dotace:**

**2014 – 2016**  
**GA ČR**

Projekt je zaměřený na výzkum migračních vlastností plynů v českých bentonitech spojený zejména s konstrukcí hlubinného úložiště radioaktivních odpadů. V hlubinném úložišti se předpokládá vývoj plynů, které by mohly negativně ovlivnit funkci a bezpečnost těsnicích vrstev. V prostředí těsnicích bariér úložiště (nasycený bentonit s vysokou objemovou hmotností) dochází k transportu plynů především sítí dilatačních cest, které se v bentonitu začínají tvořit při překročení určité vstupní hranice tlaku plynu. Při poklesu tlaku plynu je bentonit schopen díky své samohojící schopnosti vzniklé cesty zacelit. Cílem tohoto projektu je především výzkum stability dilatačních cest v bentonitu a samohojící schopnosti bentonitu.

Migrační vlastnosti se zkoumají na laboratorních vzorcích z lisovaného bentonitu různých rozměrů a různých objemových hmotností. Využívají se homogenní vzorky ze dvou druhů materiálu – vápenato-hořečnatého Bentonitu 75 a sodného bentonitu Sabenil 65. Dále je testována série vzorků připravená ze směsi prachu a drceného lisovaného bentonitu s vysokou objemovou hmotností. Záměrem je zkoumat vliv nehomogenit v materiálu na výše zmíněné jevy. Vzorky jsou při testování střídavě zatěžovány tlakem vody a plynu. Pro měření je využíváno laboratorních propustoměrů a speciálně navržené sestavy pro plynové tlakové zkoušky.

Kompletní rozsah testů byl proveden na 8 vzorcích, u dalších 12 vzorků dosud testy probíhají. Dosavadní výsledky poukazují na složitost preferenčních cest pro proudění plynu v nasyceném bentonitu. Opakované fáze sycení a zatěžování bentonitu tlakem plynu ukazují na dobrou samohojící schopnost testovaných českých bentonitů.



*Schéma sestavy pro tlakové zkoušky*



*Tlakové zkoušky nenasyčeného bentonitu*



*Vzorek bentonitu po tlakové zkoušce*



## Inovace předmětu Geotechnika se zaměřením na praktickou část ve štolě Josef



*Princip měření konvergence*



*Práce s geologickým kompasem*



*Jádrové vrtání ve štolě*

**Doba trvání:** 2015  
**Příjemce:** Fakulta stavební ČVUT (katedra geotechniky a CEG)  
**Poskytovatel dotace:** ČVUT – projekt RPMT

Tento jednoletý projekt byl zaměřen na inovaci náplně cvičení povinného předmětu Geotechnika navazujícího magisterského studia pro obor Konstrukce a dopravní stavby. Na řešení projektu spolupracovali zástupci dvou kateder – katedry geotechniky, která předmět standardně vyučuje, a CEG, které provozuje štolu Josef.

Inovace předmětu Geotechnika vycházela z potřeby seznámit studenty v in situ prostředí štoly Josef s úlohami, jejichž výuka v učebnách je značně omezená a nenabízí praktickou možnost přímo si řešení zadané úlohy vyzkoušet. V rámci projektu se v zimním semestru uskutečnily tři jednodenní výukové bloky.

Studenti si nejprve vyslechli stručný teoretický výklad k jednotlivým tématům a poté rozdělení do skupin řešili postupně na čtyřech stanovištích praktická zadání. Metody geologického mapování si vyzkoušeli v oblasti Čelina východ, kde měli za úkol pomocí rozvinuté projekce zmapovat geologickou situaci v několika rozrážkách. Další zadání se týkalo dokumentace vrtného jádra a klasifikace horninového masivu indexem RQD, při kterém si studenti sami vyzkoušeli vrtání na jádro, následně zmapovali určitý úsek vrtu a pro část jádra vypočítali index RQD. Princip metody konvergenčního měření si studenti vyzkoušeli na části konstrukce TOM přesypávaného tunelu v areálu štoly Josef. Poslední zadání se týkalo zjišťování pevnosti hornin v tlaku pomocí Schmidtova kladívka. Pozitivní zpětná odezva od studentů potvrdila, že byl projekt úspěšný a úlohy mohou být použity i v příštích letech.

## Výzkum stability bentonitu v in situ podmínkách při teplotách do 95 °C (Bentonity 95)



**Doba trvání:** 2012-2015  
**Příjemce:** WATRAD s.r.o.  
**Spolupříjemci:** ARCADIS CZ a.s., divize Geotechnika, Česká geologická služba, Fakulta stavební ČVUT  
**Poskytovatel dotace:** MPO – Program TIP

Projekt Bentonity 95 byl zaměřený na výzkum chemických a fyzikálních interaktivních procesů, které jsou vyvolané umístěním experimentálního bentonitového tělesa do zvodnělého prostředí hostitelské horniny (granodiority v oblasti Mokrsko západ). Tyto procesy byly navíc urychlovány tepelným zatížením. Posuzovaly se rovněž interakce ušlechtilé oceli, bentonitu, tepla a horninového prostředí.

Od ledna 2013 probíhalo kontinuální měření a odečítání definovaných veličin. V únoru 2015 bylo topidlo vypnuto a po ustálení teploty v experimentu začal dismantling modelu. Rozebírání modelu probíhalo podle přesně stanoveného plánu, jednotlivé vzorky byly pečlivě zdokumentovány, zavakuovány a uloženy. Část vzorků byla ihned vyhodnocena, ostatní zůstaly uchovány pro další analýzy.

Po rozebrání experimentu následovala fáze vyhodnocování. V průběhu dvouletého provozu experimentu byla odečítána data z čidel umístěných uvnitř modelu i v okolním prostředí – hlavními sledovanými veličinami byl tlak a teplota v bentonitovém tělese. Vyhodnocování se týkalo rovněž hydrochemického, hydrodynamického, geotechnického monitoringu, monitoringu teploty v hydrogeologických vrtech. V průběhu experimentu se pravidelně prováděl i geoelektrický průzkum a georadarová měření. Zajímavé výsledky byly získány i z testů v laboratorii – např. vyhodnocení ocelových tělísek umístěných v bentonitu, mikrobiologické studium bentonitu, geochemie bentonitu a další.

Výstupy úspěšně provozovaného a ukončeného experimentu jsou také funkční vzorek a užitečný vzor (Tepelně odolný těsnící stavební díl), jehož schvalovací řízení probíhá.



*Rozebírání experimentu*



*Pečlivá evidence vzorků z bentonitové vrstvy*








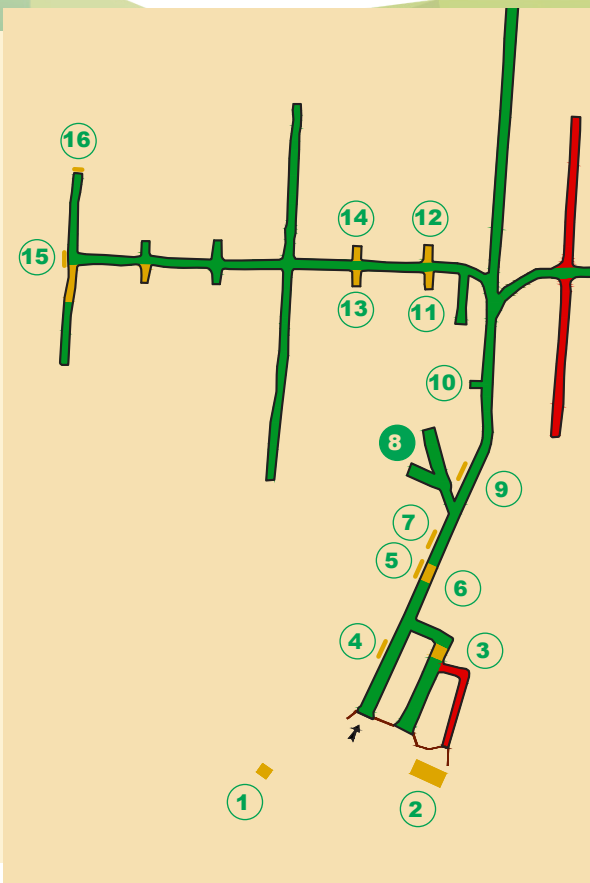
*Mapování rozrážky georadarem*

## Čelina západ

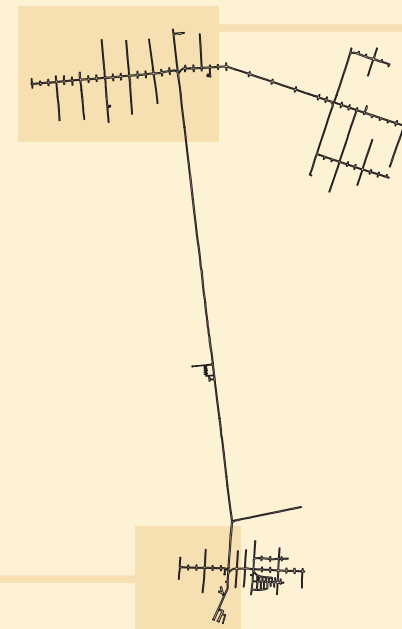
### LEGENDA

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. Laboratoř projektu „Stopovače“
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

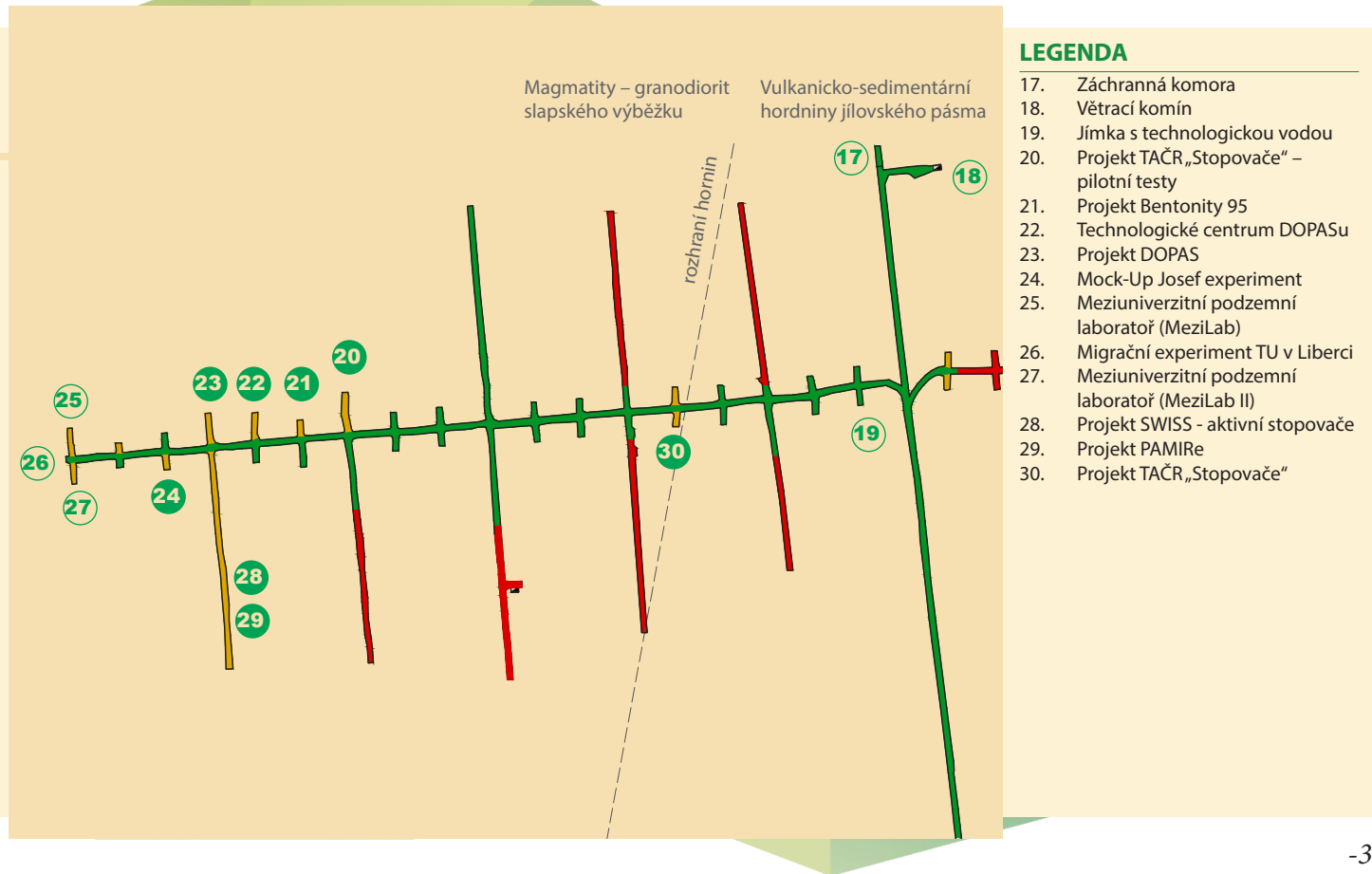
-  Zpřístupněné části
-  Nepřístupné části
-  Experiment, stanoviště výuky
-  24 Projekty uvedené v ročence
-  25 Ostatní



### Schéma podzemí štoly Josef



## Mokrsko západ



*Svou práci  
děláme rok  
od roku  
lépe...*







*... a máme  
z toho radost!*

## Vybrané publikace 2015

Vaněček, M. - Bílý, P. - Frydrych, V. - Stibitz, M. - Pacovský, J. - et al.

### **Laboratorní měřicí zařízení pro zkoušení vlastností hornin**

Patent Úřad průmyslového vlastnictví, 304978. 2015-01-14.

Svoboda, J. - Smutek, J.

### **The experimental in-situ study of gas migration in crystalline rock with a focus on the EDZ**

In: Geological Society Special Publication. 2015, vol. 415, no. 415, art. no. 15, p. 95-105. ISSN 0305-8719.

Smutek, J. - Hausmannová, L. - Svoboda, J.

### **The gas permeability and self-healing ability of Czech Ca-Mg bentonite**

In: Clay Conference Brussel 2015 - Book of Abstracts. 2015, p. 603-604.

Svoboda, J. - Pacovský, J. - Dvořáková, M. - Hanusová, I. - Večerník, P. - et al.

### **DOPAS EPSP experiment**

In: Clay Conference Brussel 2015 - Book of Abstracts. 2015, art. no. P-17-07, p. 750-751.

Pacovský, J. - Štáštka, J. - Hausmannová, L. - Vašíček, R. - Svoboda, J.

### **Dílčí zpráva č.10 - Výstavba, provozování a vyhodnocení demonstračního experimentu Mock-up Josef**

[Výzkumná zpráva]. Praha: ČVUT v Praze, Fakulta stavební, Centrum experimentální geotechniky, 2015. 42 s.

Svoboda, J.

### **Česká experimentální zátka v rámci evropského projektu DOPAS**

In: BETON-technologie, konstrukce, sanace. 2015, roč. 2015, č. 6, s. 74-77. ISSN 1213-3116.

Štáštka, J. - Skálová, J. - Franěk, J. - Sosna, K.

### **Těsnící váleček z materiálu o ověřené receptuře**

[Funkční vzorek]. 2015.

Štáštka, J. - Smutek, J.

### **Experimental Works with Bentonite Pellets at the CEG**

In: Proceedings of the LUCOEX Conference and workshop. Stockholm: SKB, 2015, p. 179-184.

# České vysoké učení technické v Praze Fakulta stavební



## CENTRUM EXPERIMENTÁLNÍ GEOTECHNIKY

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

● N 50°06'15.909"  
E 14°23'21.581"

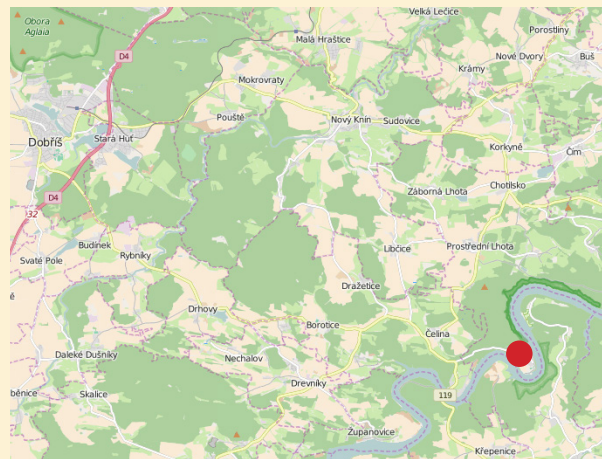
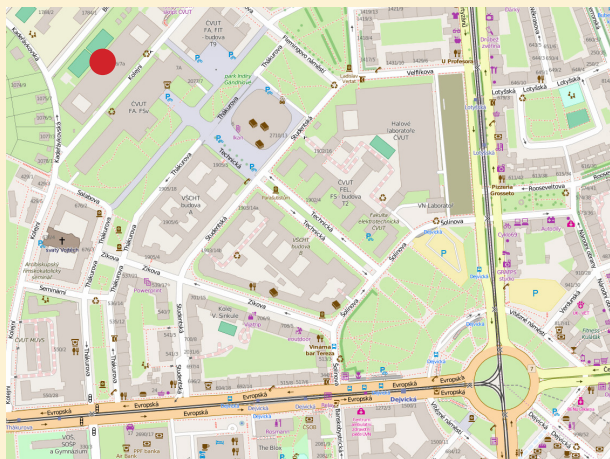


## REGIONÁLNÍ PODZEMNÍ VÝZKUMNÉ CENTRUM URČ JOSEF

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

● N 49°43'50.145"  
E 14°20'54.591"

e-mail: [ceg@fsv.cvut.cz](mailto:ceg@fsv.cvut.cz)  
web: <http://ceg.fsv.cvut.cz>



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

---

tel. : (+420) 224 355 507  
e-mail: [ceg@fsv.cvut.cz](mailto:ceg@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 Chotilsko

---