

Prováděcí smlouva č. SO2021-053-11

k Rámcové smlouvě (dohodě) o poskytování služeb (Výzkumná podpora pro bezpečnostní hodnocení technického řešení hlubinného úložiště – Hodnocení bariér) ze dne 24. 6. 2021

Níže uvedeného dne, měsíce a roku smluvní strany

Česká republika – Správa úložišť radioaktivních odpadů

Sídlo: Dlážděná 1004/6, 110 00, Praha 1 – Nové Město
IČ: 66000769
DIČ: CZ66000769
Jejímž jménem jedná: RNDr. Lukáš Vondrovic, Ph.D., ředitel
Bankovní spojení: ČNB v Praze 1
Číslo účtu: 64726011/0710
E-mail: podatelna@surao.cz
Datová schránka: 6qsigjs
Manažer SÚRAO Dílčí zakázky: 
Zástupce manažera SÚRAO Dílčí zakázky: 
Osoba odpovědná za smluvní jednání: 

(dále jen "SÚRAO")

a

Technická univerzita v Liberci

právní osoba, zřízena zákonem č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů

Sídlo: Studentská 1402/2, 461 17 Liberec 1
Kontaktní adresa: Studentská 1402/2, 461 17 Liberec 1
IČ: 46747885
DIČ: CZ46747885
Zastoupená: doc. Ing. Josef Černohorský, Ph.D., děkan Fakulty mechatroniky, informatiky a mezioborových studií
Bankovní spojení: ČSOB Liberec, 1.máje 18, Liberec
Číslo účtu: 305806603/0300
Datová schránka: td7j9ft
Osoba odpovědná za technické řešení: 
Osoba odpovědná za technické řešení: 

(dále jen "Poskytovatel")

(SÚRAO a Poskytovatel dále společně jen „Smluvní strany“, jednotlivě „Smluvní strana“)

uzavřely tuto Prováděcí smlouvu (dále jen „**Prováděcí smlouva**“) k Rámcové smlouvě (dohodě) o poskytování služeb (Výzkumná podpora pro bezpečnostní hodnocení technického řešení hlubinného úložiště) – Hodnocení bariér ze dne 24. 6. 2021, č. j. SÚRAO SO2021-053 (dále jen „**Smlouva**“) ve znění dodatku č. 1, č. j. SO2021-053-01, a dodatku č. 2, č. j. SO2021-053-03, dle zákona č. 134/2016 Sb., o zadávání veřejných zakázek, v platném znění (dále jen „**ZZVZ**“) a v souladu s ustanovením § 1746 odst. 2 zákona č. 89/2012 Sb., občanský zákoník, ve znění pozdějších předpisů.

Smluvní strany vědomy si svých závazků v této Prováděcí smlouvě obsažených a v úmyslu být touto Prováděcí smlouvou vázány, se dohodly na následujícím znění Prováděcí smlouvy.

Preamble

- A. Dne 24. 6. 2021 uzavřela SÚRAO s Poskytovatelem Smlouvu, na základě které se Poskytovatel zavázal poskytovat SÚRAO Služby spočívající ve výzkumné podpoře v oblasti vymezené ve Smlouvě.
- B. Za účelem sjednání dohody o rozsahu konkrétních Služeb požadovaných ze strany SÚRAO od Poskytovatele, uzavírají Smluvní strany, v souladu s čl. 4 Smlouvy, tuto Prováděcí smlouvu na Dílčí zakázku.
- C. Smluvní strany se dohodly, že pojmy, uvedené v této Prováděcí smlouvě velkými písmeny, mají stejný význam jako tytéž pojmy, uvedené ve Smlouvě, není-li dále v této Prováděcí smlouvě stanoveno jinak. Smluvní strany se dále dohodly, že otázky, neupravené v této Prováděcí smlouvě, se řídí Smlouvou a jsou nedílnou součástí této Prováděcí smlouvy v souladu s odst. 3.2.3 Smlouvy.

I.

Předmět Prováděcí smlouvy

- 1. Poskytovatel se touto Prováděcí smlouvou, v souladu se Smlouvou, zavazuje poskytovat SÚRAO Služby na Dílčí zakázku ve smyslu a za podmínek stanovených v čl. 6 Smlouvy a v Příloze č. 3 Smlouvy. Pro plnění předmětu této Prováděcí smlouvy nejsou nezbytné Vstupy. Konkrétní popis a specifikace Služeb poskytovaných v rámci této Dílčí zakázky, respektive další náležitosti pro realizaci předmětu této Prováděcí smlouvy jsou uvedeny v Příloze č. 1 této Prováděcí smlouvy.
- 2. Maximální a nepřekročitelný rozsah Služeb tvořících předmět Dílčí zakázky stanovený touto Prováděcí smlouvou je Smluvními stranami stanoven na **8 950** (slovy: **osm tisíc devět set padesát**) člověkohodin.
- 3. Konkrétní rozložení a maximální (nepřekročitelný) rozsah jednotlivých činností realizovaných v rámci Služeb tvořících předmět Dílčí zakázky stanovený touto prováděcí Smlouvou je uveden v Příloze č. 3 této Prováděcí smlouvy.
- 4. SÚRAO se zavazuje zaplatit Poskytovateli Smluvní cenu za poskytnuté plnění, a to v rozsahu a způsobem stanoveným v čl. III této Prováděcí smlouvy.

5. Smluvní strany se zavazují poskytnout si navzájem součinnost nezbytnou k řádnému splnění jejich povinností dle této Prováděcí smlouvy.

II.

Doba a místo plnění

1. Smluvní strany se dohodly, že Poskytovatel je povinen poskytovat SÚRAO Služby dle čl. I odst. 1 této Prováděcí smlouvy v termínech uvedených v Časovém harmonogramu, jež tvoří Přílohu č. 2 této Prováděcí smlouvy, a který vychází z termínů uvedených v Příloze č. 1 Smlouvy.
2. Místem plnění Služeb dle této Prováděcí smlouvy je sídlo SÚRAO.

III.

Smluvní cena za předmět plnění Dílčí zakázky

1. Smluvní strany se dohodly, že maximální možná a nepřekročitelná Smluvní cena za poskytování Služeb tvořících Dílčí zakázku dle čl. I odst. 1 této Prováděcí smlouvy činí maximálně **9 262 500, Kč** (slovy: devět milionů dvě stě šedesát dva tisíc pět set korun českých) bez DPH, tj. **11 207 625, Kč** (slovy: jedenáct milionů dvě stě sedm tisíc šest set dvacet pět korun českých) včetně DPH.
2. Maximální Smluvní cena za poskytování Služeb tvořících Dílčí zakázku specifikovanou touto Prováděcí smlouvou je stanovena na základě maximálního rozsahu Služeb uvedeného v čl. I odst. 2 této Prováděcí smlouvy a příslušných hodinových sazeb, které jsou uvedeny v příloze č. 2 Smlouvy.
3. Pro vyloučení všech pochybností Smluvní strany uvádí, že Poskytovatel je oprávněn fakturovat
(i) Smluvní cenu pouze za skutečně realizované Služby a dále (ii) případné náklady vynaložené na Vstupy, jsou-li nezbytné k plnění předmětu Dílčí zakázky specifikovaného touto Prováděcí smlouvou.
4. Ostatní podmínky vztahující se k platbě Smluvní ceny za plnění poskytnuté Poskytovatelem dle této Prováděcí smlouvy, jakož i lhůta splatnosti, jsou uvedeny ve Smlouvě.

IV.

Ostatní ujednání

1. Veškerá ujednání této Prováděcí smlouvy navazují na Smlouvu a Smlouvou se také řídí, tj. práva, povinnosti či skutečnosti neupravené v této Prováděcí smlouvě se řídí ustanoveními Smlouvy.
2. V případě, že se ujednání obsažené v této Prováděcí smlouvě bude odchylovat od ustanovení obsaženého ve Smlouvě, má ujednání obsažené v této Prováděcí smlouvě přednost před ustanovením obsaženým ve Smlouvě, ovšem pouze ohledně plnění sjednaného v této Prováděcí smlouvě a pokud neodporuje principům stanoveným ve Smlouvě.

3. Pro vyloučení pochybností Smluvní strany uvádí, že sankční ujednání a pravidla pro trvání závazků této Prováděcí smlouvy jsou uvedeny ve Smlouvě.
4. Jestliže se ukáže jakékoliv ustanovení této Prováděcí smlouvy jako neplatné, nevymahatelné nebo neúčinné, nedotýká se tato neplatnost, nevymahatelnost nebo neúčinnost ostatních ustanovení této Prováděcí smlouvy. Smluvní strany se zavazují nahradit do 30 pracovních dnů od doručení výzvy jedné Smluvní strany druhé Smluvní straně neplatné, neúčinné nebo nevymahatelné ustanovení ustanovením platným, účinným a vymahatelným se stejným nebo obdobným obchodním a právním smyslem, případně uzavřít smlouvu novou.
5. Tato Prováděcí smlouva nabývá platnosti dnem jejího podpisu oběma Smluvními stranami a účinnosti dnem jejího zveřejnění v souladu se zákonem č. 340/2015 Sb., o zvláštních podmínkách účinnosti některých smluv, uveřejňování těchto smluv a o registru smluv (zákon o registru smluv), v registru smluv.
6. Nedílnou součástí této Prováděcí smlouvy jsou následující přílohy:
Příloha č. 1 – Popis a specifikace předmětu plnění Dílčí zakázky;
Příloha č. 2 – Časový harmonogram
Příloha č. 3 – Rozsah činností tvořících Služby
7. Na důkaz toho, že Smluvní strany s obsahem této Prováděcí smlouvy souhlasí, rozumí jí a zavazují se k jejímu plnění, připojují své podpisy a prohlašují, že tato Prováděcí smlouva byla uzavřena podle jejich svobodné a vážné vůle prosté tísně.

SÚRAO
V Praze



RNDr. Lukáš Vondrovic, Ph.D.
ředitel

Poskytovatel
V Liberci



doc. Ing. Josef Černohorský, Ph.D.
děkan Fakulty mechatroniky, informatiky
a mezioborových studií

Příloha č. 1

Popis a specifikace předmětu plnění Dílčí zakázky

Popis a specifikace předmětu plnění v následujícím textu odpovídá formulaci výzvy zadavatele k uzavření prováděcí smlouvy. Na to navazuje technický popis řešení v Příloze 3 zpracovaný poskytovatelem.

Název dílčí zakázky: **Hodnocení inženýrských bariér.**

Předmětem plnění Dílčí zakázky (DZ) je ověření funkčnosti a spolehlivosti inženýrských bariér v podmínkách českého ukládacího konceptu hlubinného úložiště (HÚ). Inženýrské bariéry je možné rozdělit do dvou skupin. Jednu tvoří ukládací obalový soubor (vnější obal a vnitřní pouzdro UOS) a druhou skupinu tvoří inženýrské bariéry na bázi bentonitu. Inženýrské bariéry mezi sebou interagují a vzájemně se ovlivňují, proto je třeba provádět hodnocení inženýrských bariér společně a zaměřit se i na jejich vzájemnou kompatibilitu. DZ bude proto rozdělena na více úkolů, které budou probíhat paralelně a budou se vzájemně doplňovat.

Řešení celé DZ bude vycházet z *Technického řešení HÚ 2023 TZ711/2023*. K ověření spolehlivosti a funkčnosti inženýrských bariér bude sloužit technická zpráva *Bezpečnostní funkce, indikátory a kritéria pro hodnocení dlouhodobé bezpečnosti HÚ VJP, TZ 813/2025*. Ze zprávy budou vybrány ty bezpečnostní funkce, které jsou relevantní k současné fázi přípravy HÚ a k úrovni znalostí procesů a událostí probíhajících v HÚ.

Úkol 1: Hodnocení funkčnosti a spolehlivosti ukládacího obalového souboru

Práce budou navazovat na výstupy z Prováděcí smlouvy č. SO2021-053-04 *Hodnocení životnosti UOS s VJP* a budou pokračovat v detailnějším řešení následujících bodů:

a) Ztráta integrity vnějšího obalu (VO)

Přesný tvar deformace nebyl v *Hodnocení životnosti UOS s VJP* identifikován. Tvar určený stabilitní analýzou vycházel z idealizované geometrie a rovnoměrného zatížení. Detailnější model zahrne reálnou geometrii UOS a změny tlakového zatížení v důsledku korozních a relaxačních jevů v okolí UOS oproti doposud uvažovanému konstantnímu tlaku 20 MPa, bude věnována i větší pozornost z hlediska mechanické pevnosti oblasti svárů. Stanoví se tak reálnější tlakové zatížení UOS, a tedy i jeho odpovídající odolnost vůči mechanickým jevům. Na základě upřesnění scénářů tlakového zatížení bude vhodné revidovat již provedené deformačně napěťové analýzy. V celkovém zhodnocení bude zohledněna i teplota, která může ovlivňovat mez pevnosti. Budou hodnoceny i externí jevy, které mohou mít vliv na funkčnost a spolehlivost UOS.

b) Posouzení odolnosti vnitřního pouzdra (VP) a vestavby

Pro celkové posouzení životnosti UOS je třeba současně provést hodnocení mechanické odolnosti a celkové konstrukční spolehlivosti vnitřního pouzdra včetně vnitřní vestavby a svárů. Případný kontakt (po selhání VO) mezi VO a VP znamená pro VP nepříznivé zatížení, pro které je třeba ukázat po jakou dobu bude toto zatížení trvat a kdy dojde k homogenizaci materiálu (zatížení) okolo VP a jaký vliv zatížení na životnost VP bude mít.

c) Transportně reakční modelování

Ukončená DZ *Hodnocení životnosti UOS s VJP* ukázala, že je třeba detailnější řešit transportně reakční modelování. Do reakčně transportního modelu koroze bude zahrnout

vliv cyklického mechanického porušení vrstvy korozních produktů, dále bude zahrnut transport plynů a jeho vliv na transport iontů v pórovém roztoku. Výpočtové práce budou sloužit k zpřesnění modelu mechanismu rozpouštění železa tak, aby model předpovídal rychlost koroze nejen na základě transportu reaktantů a produktů, ale zohlednil také výměnu a transport elektronů. To vše bude vyžadovat určitou redukci časové náročnosti výpočtů, aby bylo možné provádět simulace pro dostatečně přesnou prostorovou diskretizaci a pro řešení dostatečně dlouhého časového období.

d) Shrnutí hodnocení spolehlivosti a funkčnosti UOS

V této části budou shrnuty znalosti a výsledky získané při řešení tohoto úkolu. Hodnocení spolehlivosti a funkčnosti UOS bude provedeno v časovém období až do 1 milionu let. Výsledkem bude zpráva v českém a anglickém jazyce.

Úkol 2: Hodnocení funkčnosti a spolehlivosti inženýrských bariér na bázi bentonitu

Práce se zaměří na chování inženýrských bariér na bázi bentonitu (buffer, backfill, distanční blok) za různých podmínek v HÚ. Budou hodnoceny různé stavy bentonitu od inicializačních podmínek až do homogenizace bentonitu, dále stavy v době před poškozením a poté po poškození vnějšího obalu UOS až po možné poškození vnitřního pouzdra. Hodnocení zahrne měnící se tlak bentonitu jak nárůst bobtnací síly, tak i pokles bobtnacího tlaku bentonitu vlivem eroze bentonitu. Ke zvýšení tlaku přispějí i vznikající korozní produkty. Tlak může působit přes distanční blok směrem k backfillu. Celková doba hodnocení funkčnosti a spolehlivosti bentonitových bariér bude do 1mil. let. Řešení této části bude vycházet z výsledků projektu *Výplně a ostatní inženýrské komponenty HÚ*, č. smlouvy SO 2020-092.

Výstupem úkolu bude technická zpráva shrnující výsledky hodnocení inženýrských bariér na bázi bentonitu. Zpráva bude napsána v českém jazyce a přeložena do anglického jazyka.

Úkol 3: Hodnocení plynů – vznik a transport plynů přes bariéry

V této části bude systematicky řešen vliv různých plynů na prostředí kolem UOS a jejich transport přes inženýrské bariéry a horninu na ukládacím horizontu (nebo v poli blízkých interakcí).

V HÚ byly identifikovány tři zdroje plynů: IRF (neznáme objemy), inertní (patrně nemají vliv) a vodík z koroze VO.

- Vodík bude vznikat při korozi VO dlouhodobě a ve velkém množství. Z předchozích prací je patrné, že difuzní transport nebude stačit na odvod vodíku od UOS a pravděpodobně se objeví vodík v plyne fází. Je třeba popsat možné scénáře vzniku vodíkových bublin, jejich vliv na ostatní procesy v okolí UOS a modelovat transport vodíku ve vodní a plynné fázi přes bentonitové bariéry a horninu.
- Inertní plyny jako výplně UOS budou v konstantním množství, přesto je třeba provést hodnocení jejich vlivu (i nepříliš velkého) na inženýrské bariéry.
- V inventáři VJP se vyskytují plyny (Aktualizace vlastností VJP TZ 730/2024), které se po porušení VP uvolní. Je třeba jejich množství a vliv detailněji analyzovat a zhodnotit, než jak bylo provedeno v doposud řešených projektech.

Práce budou navazovat na výsledky vzniklé v DZ *Hodnocení vzniku a transportu plynů v HÚ*, Prováděcí smlouva č. SO2021-053-09.

Výstupem této části bude technická zpráva shrnující výsledky hodnocení plynů. Zpráva bude napsána v českém jazyce a přeložena do anglického jazyka.

Úkol 4: Hodnocení inženýrských bariér

DZ bude ukončeno závěrečnou zprávou hodnocení inženýrských bariér pro český koncept ukládání vyhořelého jaderného paliva. Jedná se o samostatnou zprávu, která bude shrnovat výsledky nejen z jednotlivých technických zpráv této DZ: technická zpráva týkající se UOS, bentonitové bariéry a hodnocení plynů, ale i ze zpráv, která vznikly během řešení celé Rámcové smlouvy č. SO2021-053. Jedná se o DZ týkající se teplotních výpočtů, hodnocení ukládacích chodeb (EDZ zón), benchmarkové úlohy relevantní k českému ukládacímu konceptu. Zpráva bude napsána v českém a anglickém jazyce a bude podrobena mezinárodní oponentuře. Oponenta(y) a oponentní řízení zajistí a zorganizuje SÚRAO. Oponentura bude součástí plnění DZ. Plánovaný časový harmonogram musí být přizpůsoben oponentuře. Na oponenturu je třeba počítat jeden měsíc a jeden měsíc na vypořádání připomínek oponenta(ů).

Vzhledem k náročnosti a koncepčnosti prací v této dílčí zakázce se během řešení předpokládá těsná spolupráce zadavatele a dodavatele. Pravidelné kontrolní dny se budou konat zpravidla jednou za měsíc, pokud nebude společně dohodnuto jinak. Za kontrolní dny bude považována i účast zadavatele na interních kontrolních dnech dodavatele.

Výstupy Dílčí zakázky:

Výstupem DZ budou 4 výzkumné technické zprávy v českém a anglickém jazyce. Jedna zpráva se bude týkat hodnocení spolehlivosti UOS, druhá hodnocení bentonitové bariéry a třetí zpráva shrne výsledky pro hodnocení vzniku a transportu plynů. Čtvrtá zpráva se bude týkat komplexního hodnocení inženýrských bariér. Zpráva bude samostatná a shrne výsledky získané při řešení Rámcové smlouvy č. SO2021-053. Zprávy budou zpracovány v šabloně SÚRAO v aktuálním znění v tištěné (1 paré) a elektronické verzi (editovatelný formát a pdf). V rámci odevzdání výstupů proběhne také odevzdání modelů a podkladových dat dle interního metodického pokynu SÚRAO MP.23.

Termín:

Drafty tří technických zpráv: hodnocení UOS, bentonitových bariér a hodnocení plynů pro interní připomínkování 30. 4. 2027. Osnova (struktura) závěrečné zprávy 30. 6. 2027.

Hodnocení dlouhodobé bezpečnosti sekce VJP na Referenční lokalitě bude provedeno v části 4 Rámcové smlouvy – Vývoj, verifikace a validace modelů a Bezpečnostní rozborů. Manažer části 2 zajistí součinnost s částí 4 pro plánované DZ Hodnocení dlouhodobé bezpečnosti sekce VJP na Referenční lokalitě. Spolupráce bude probíhat formou konzultací a účasti na kontrolních dnech, kde manažer (zástupce manažera) části 2 bude předávat průběžné výsledky získané při řešení hodnocení inženýrských bariér.

Rizika projektu

Analýza rizika byla provedena s ohledem na čtyři základní oblasti – personální, organizační, finanční a rychlost a kvalitu dosažení výsledků.

Metody a způsoby hodnocení rizik byly aplikovány ve spolupráci všech řešitelských organizací. Byla zde využita kombinace metod, zejména základní jednoduché bodové metody a metody „What if“.

Oblasti a identifikované riziko

Personální – řešitelský tým je sestaven z organizací, které dlouhodobě spolupracují při řešení projektů a zakázek zaměřených na numerické modelování procesů v HU, a jejich pracovníků zajišťujících odbornou znalost a zkušenost spojenou s předmětem zakázky. Řešitelské organizace jsou schopny tým doplnit či částečně nahradit v případě neočekávané personální změny. O něco větší dopad by mohl být způsoben tím, že projekt vyžaduje spolupráci napříč více odbornými oblastmi, a tedy určitý rozhled řešitelů i mimo vlastní oblast.

Organizační – řešitelské organizace spolupracují dlouhodobě při řešení zakázek a projektů s podobným odborným zaměřením a mají nastavené mechanismy na řízení projektů a rizik. Mezi ně patří pravidelné schůzky a jednání pracovníků projektového týmu a jednání ohledně řízení a realizace. Velká část jednání probíhá formou telekonferencí. V tomto projektu jsou hlavní úkoly řešené paralelně, s předpokládaným částečně nezávislým vedením, což usnadní dílčí organizaci, ale zároveň klade nové nároky na koordinaci mezi nimi, zajištění odborné návaznosti a předávání dat.

Finanční – oba subjekty jsou finančně stabilní a rozpočtově schopny alokovat potřebné zdroje na předfinancování zakázky.

Rychlost a kvalita dosažení výsledků – rychlost a kvalita dosažení výsledků je podmíněna schopnostmi a zkušenostmi členů týmu, dobrým odhadem náročnosti prací a dostatkem vstupních dat. Tým je sestaven z odborníků, jejichž schopnosti a zkušenosti jsou prověřené z řešení minulých projektů a zakázek. V části řešení ale budou použity dosud nevyzkoušené postupy, takže může dojít k zdržení nebo nutnosti upravit plán výsledků. Závislost vstupů jednoho týmu na výsledcích druhého je v detailech, které neznamenaají nemožnost pokračování v práci, ale např. omezenou přesnost modelu. Stejná situace je se závislostí na experimentálních datech SÚRAO z jiných projektů.

Analýza rizik ohrožujících dosažení cíle zakázky

Identifikované riziko	Pravděpodobnost	Dopad	Úroveň rizika
Personální (fluktuace důležitých pracovníků)	Nízká	Větší	5
Organizační (řízení a management)	Nízká	Malý	3
Finanční (ztráta platební schopnosti)	Velmi nízká	Velmi malý	1
Rychlost a kvalita dosažení výsledků	Střední	Střední	5

Příloha č. 2 Časový harmonogram

				2025												2026												2027											
				I	II	III	IV	V	VI	VII	##	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	##	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	##	IX	X	XI	XII
TASK	ASSIGNED TO	START	END																																				
Úkol 1: Hodnocení funkčnosti a spolehlivosti ukládacího obalového souboru																																							
Ztráta integrity vnějšího obalu (VO)		1.7.25	31.8.26																																				
Posouzení odolnosti vnitřního pouzdra (VP) a vestavby		1.7.25	31.12.26																																				
Transportně reakční modelování		1.7.25	31.12.26																																				
Shrnutí hodnocení spolehlivosti a funkčnosti UOS		1.9.26	28.2.27																																				
Zpráva - draft		1.1.27	30.4.27																																				
Úkol 2: Hodnocení funkčnosti a spolehlivosti inženýrských bariér na bázi bentonitu																																							
Dlouhodobý THM model (sycení, vliv teploty, mechanika)		1.7.25	28.2.27																																				
Interakce bentonitu s UOS a korozními produkty		1.7.25	28.2.27																																				
Eroze - číselné určení bilance bentonitu, chemických změn		1.7.25	28.2.27																																				
Zpráva - draft		1.1.27	30.4.27																																				
Úkol 3: Hodnocení plynů – vznik a transport plynů přes bariéry																																							
Shromáždění dat, koncepční modely		1.7.25	28.2.27																																				
Numerické výpočty, hodnocení		1.1.26	28.2.27																																				
Zpráva - draft		1.1.27	30.4.27																																				
Úkol 4: Hodnocení inženýrských bariér																																							
Zpracování souhrnného hodnocení		1.1.27	31.5.27																																				
Zpracování osnovy závěrečné zprávy		1.6.27	30.6.27																																				
Kompletní souhrnná zpráva vč. oponentury a překladu		1.7.27	31.12.27																																				

Příloha č. 3
Rozsah činností tvořících Služby

1. Označení subjektů, osob a jejich rolí

Označení subjektu	Hlavní řešitel (osoba)	Řešený okruh prací, řízení Dílčí zakázky, odpovědnost
Technická univerzita v Liberci (TUL)		Manažer dílčí zakázky Výpočty sdružených modelů (reakce, teplo, mechanika, plyny), vyhodnocení dat pro projekty bezpečnosti, návaznosti
Technická univerzita v Liberci (TUL)		Modelování reakčního transportu s koroze, numerická optimalizace
Technická univerzita v Liberci (TUL)		Výpočty napjatosti a deformace UOS
ČVUT v Praze, Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská (FJFI)		Koordinace týmu FJFI ČVUT, problematika transportu v pórové vodě
ČVUT v Praze, Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská (FJFI)		Modelování chemických interakcí
České vysoké učení technické v Praze, Fakulta stavební		Koordinace týmu FSv ČVUT Problematika bentonitu – vlastnosti, průniku plynu bentonitem
České vysoké učení technické v Praze, Fakulta stavební		Výpočty THM procesů v bentonitu
Vysoká škola chemicko technologická, Fakulta chemické technologie (VŠCHT)		Koordinace týmu VŠCHT Korozní procesy, vlastnosti materiálů, modelování
ÚJV Řež, a.s. (ÚJV)		Koordinace týmu ÚJV, návaznost s Částí 3 a 4
ÚJV Řež, a.s. (ÚJV)		Korozní procesy, produkce plynů
ÚJV Řež, a.s. (ÚJV)		Problematika pórové vody bentonitu, geochemické interakce
Ústav geoniky AV ČR (ÚGN)		Koordinace týmu ÚGN Modelování mechanické interakce bentonitu a UOS.
Ústav geoniky AV ČR (ÚGN)		Výpočty napjatosti a deformace UOS

2. Cena Dílčí zakázky

Druh prací	Časová náročnost v hodinách	Celkem cena (počet hodin*smluvní hodinová sazba) (tis. Kč)	
	celkem		
1. Vysoce kvalifikované a koncepční, koordinační práce	400		
2. Velmi náročné a koncepční práce	1 200		
3. Náročné práce	4 800		
4. Méně náročné práce	2 000		
5. Pomocné práce	550		
Celkem cena bez DPH (tis. Kč)			9 262,5
Celkem cena s DPH (tis. Kč)			11 207,625

3. Návrh technického řešení Dílčí zakázky

Způsob řešení bude ve velké míře navazovat na postupy, data a použité modely v DZ02 (Životnost UOS), DZ07 (Hodnocení plynů) v této rámcové smlouvě SO2021-053 a v Etapě 9 (THM modelu) projektu „Výplně“ (SO 2020-092) na jejímž řešení se podílel stejný tým FSv ČVUT, včetně spolupráce s TUL.

Popis navazuje na časový harmonogram v Příloze 2 a soustředí se především na použité modelové přístupy, návaznost dat, strukturování na dílčí věcné úkoly a zastoupení institucí na jejich řešení (poddodavatelů zajišťujících odbornou kvalifikaci pro potřeby rámcové smlouvy).

Úkol 1: Hodnocení funkčnosti a spolehlivosti ukládacího obalového souboru

Řešení se soustředí na otevřené otázky identifikované v dosavadních pracích. Níže uvedené členění je dle výzvy.

Bod 1a) Ztráta integrity vnějšího obalu (VO)

TUL: Stabilitní analýza v detailnější geometrii, výpočet v ANSYS, zahrnující reálnější zatížení než konstantně rozložená síla – parametrizace postupného snižování tloušťky VO koroze, určení podmínek kolapsu VO a tvaru deformace při kolapsu, vstupem zatížení bobtnacím tlakem a expanzí korozních produktů, dále zadané omezení kontaktem s dalšími prvky UOS (vestavba, VP, souvislost s bodem 1b), doplnkově pak posouzení možností zahnutí vlivu svaru z výpočtů ÚGN (úpravou parametrů apod.).

ÚGN s podporou TUL: Odhad efektu zbytkových napětí ve svarech (základní výpočet lineární tepelnou roztažností a pružností, se zjednodušením teplotních závislostí parametrů, bez fázových přeměn), zhodnocení efektu na pevnostní výpočet, identifikace případných potřeb podrobnějších modelů chování materiálů s fázovou přeměnou apod., řešení lokální kontaktní úlohy v místě porušeného svaru.

Bod 1b) Posouzení odolnosti vnitřního pouzdra (VP) a vestavby

TUL+ÚGN: Výpočet kontaktní úlohy VO+VP+vestavba vyplývající ze spočtené deformace VO v bodě 1a. TUL bude řešit pro deformace určené stabilitní analýzou (borcení), ÚGN bude řešit pro deformace následující po porušení v místě svaru. Vyhodnocení možnosti dalších geometrických konfigurací kontaktu a identifikace konzervativního případu.

TUL+ÚGN+FSv: Odhad homogenizace materiálů okolo VP po plném zkorodování VO – koncepční úvahy, bilanční výpočet objemové hmotnosti sušiny, oproti DZ02 se zahrnutím dalších možných vlivů (plyny, eroze, reakčně-transportní model s korozními produkty) a případných mezistavů, určení konzervativní varianty procesu

Bod 1c) Transportně reakční modelování

TUL: Řešení technických aspektů modelů, s chemismem definovaným na základě konceptů, dat a výsledků dalších pracovišť

- Zahnutí proměnné geometrie modelu vlivem formování korozních produktů (např. samostatná doména v modelu s jiným chemismem)
- Formulace a realizace reakčního modelu koroze na povrchu železa na základě elektrochemických vztahů a zahrnutí do transportního geochemického modelu
- Numerická optimalizace: umožnění výpočtu na tisíce let (celý rozsah životnosti VO)
- Model cyklického porušování vrstev korozních produktů (provázání mechanického a reakčního výpočtu)
- Hodnocení mikrobiologických vlivů, efektu na vstupy reakčních modelů

FJFI

- Vytvoření modelu pro experimentální data z projektu MaCoTe (verifikace pro predikční modely)
- Spolupráce s TUL na modelu s proměnnými transportními charakteristikami vlivem srážení korozních produktů
- Podpůrné geochemické modelování pro určení parametrů např. z nově dostupných experimentálních dat
- Pravděpodobnostní a citlivostní studie (např. může zahrnovat alternativní složení bentonitu na základě dat ÚJV, výsledků Části 3 a projektu Výplně)
- Hodnocení změn transportních vlastností bentonitu pro potřeby bezpečnostních výpočtů (model Goldsim, kooperace Část4)

VŠCHT:

Formulace modelu korozní reakce na základě reálnějších elektrochemických dějů, přesnější vyjádření mechanismů zpomalení korozní rychlosti v čase, společná implementace modelu s TUL.

Definice potřebných podmínek pro VP a spolupráce na formulaci modelu (speciační, případně transportně-reakční – mj. upřesnění výpočtu chromu v DZ UOS)

Konzultace k procesům chemicko-mechanické interakce v souvislosti s korozi

ÚJV:

Řešení geochemického modelu pórové vody bentonitu ve vazbě na další úkoly, zahrnuje sjednocení dat s podobnými modely v dalších projektech:

- aktualizace stávajících modelů tak, aby byly výchozí parametry (složení a reakce minerálů, výsledné ionty) identické v tomto projektu a v Části 4 (výsledek interakce bentonit + žulová voda),
- posouzení relevantních iontů jako koroziaktivních látek
- jako vedlejší větev práce, vývoj modelu pórové vody s reakcemi a transportem v mezivrstvích (označovaný jako „jednoporozitní“), zhodnocení efektu na další procesy v porovnání s výchozím modelem pórové vody
- zhodnocení dlouhodobého časového vývoje složení bentonitu (výsledky Výplně, společně s problematikou eroze níže)

1d) Shrnutí hodnocení spolehlivosti a funkčnosti UOS

Předpokládáme součinnost SÚRAO s upřesněním požadavků, tj. na základě dat a výsledků bodů 1a-1c bude zpracováno hodnocení, s přesnou podobou určenou na kontrolních dnech, přizpůsobenou definovaným kritériím bezpečnosti apod. Spolupracovat budou všechny zúčastněné týmy

Úkol 2: Hodnocení funkčnosti a spolehlivosti inženýrských bariér na bázi bentonitu

Řešení se bude proti dosavadním pracím soustředit na relevantnější zahrnutí vzájemných souvislostí mezi procesy v bentonitu a korozními procesy oceli a na zachycení všech potřebných případů časového měřítka (souvisejících se sycením, teplem, korozi, erozí, transport plynu a funkcí bariéry pro radionuklidy). Níže uvedené členění je vlastní, nad rámec výzvy.

Bod 2a) Dlouhodobý THM model (sycení, vliv teploty, mechanické důsledky)

Řešení FSv: Výpočty navazující na projekt Výplně a rozšiřující o souvislosti s dalšími tématy v této DZ:

- zobecnění okrajové podmínky UOS na základě výsledků deformací z Úkolu 1
- zobecnění modelu zahrnující i nesaturovanou horninu, vliv na rychlost sycení

- podrobnější studium vlivů při možném vybobtnání bentonitu z vrtu do chodby (např. tření), odhad dlouhodobější homogenizace
- odhad nasycení backfillu (alespoň extrapolací, pokud by nešlo model spustit na tak dlouhou dobu)

Bod 2b) Interakce bentonitu s UOS a korozními produkty

Koncepční úvahy a výpočty k určení vliv nárůstu objemu korozních produktů na tlakové poměry, tj. pro provázání modelů různých procesů mezi sebou.

TUL: Postprocessing modelu FSv (bod 2a) pro vyjádření změn zatížení UOS, vyjádření bilance objemu korozních produktů (postprocessing reakčních modelů, bod 1c, pro vstup do modelu bentonitu FSv), spolupráce na formulaci konstitučních vztahů bentonitu ve směsi s korozními produkty.

FSv: Parametrické změny výpočtu zahrnující změny bobtnacího tlaku v čase (zadaný vývoj, nebo nárůst objemu korozních produktů)

VŠCHT: Zhodnocení experimentálních dat a analogů pro vyjádření vlastností a chování směsi bentonitu a korozních produktů.

ÚGN: Parametrické změny modelu UOS na základě výsledků FSv, spolupráce na formulaci konstitučních vztahů bentonitu ve směsi s korozními produkty.

Bod 2c) Eroze - číselné určení bilance bentonitu, chemických změn a vlivu na bobtnací tlak

TUL: Rešerše, formulace a výpočty transportně-reakčních modelů v návaznosti na formulace určené FJFI a ÚJV.

FJFI: Geochemické hodnocení, určení návaznosti na transportně-reakční modely interakce mezi materiály.

FSv: Rešerše, zhodnocení mechanického chování bentonitu v podmínkách eroze a alternativního složení (návaznost Výplně apod), hodnocení souvislosti s THM modely.

ÚJV: Rešerše a zhodnocení možných procesů změn bentonitu (vč. alterací v rámci projektu Výplně a Částí 3 a 4 této RS), definice alternativních složení bentonitu, zhodnocení geochemických podmínek v návaznosti na transportní modely v žule v části 4.

Úkol 3: Hodnocení plynů – vznik a transport plynů přes bariéry

TUL: Výpočty navazující na difuzně transportní model (DZ07) – zahrnutí dalších vlivů a parametrů. Návrh koncepčního hodnocení vlivu průniku plynné fáze bez explicitního výpočtu průrazů, spolupráce na dvoufázových modelech voda-plyn (FSv) pro dílčí výpočty chování bublin/kapes plynné fáze zejména v místech rozhraní (ocel/bentonit, bentonit/žula).

FJFI: Geochemické hodnocení – určení parametrů v návaznosti na transportně-reakční modely.

FSv: Koncepční formulace procesů, zhodnocení dosavadních dat, výpočty dílčích dějů s potřebou modelu dvoufázového proudění.

VŠCHT: Shromáždění a upřesnění dat v souvislosti s korozními ději, spolupráce na kvantifikaci množství vznikajícího vodíku, hodnocení interakce plynů s ocelí VO a VP (vodík a inertní plyny součástí UOS).

ÚJV: Formulace procesů transportu pro potřeby modelu, zhodnocení experimentálních dat průrazů, spolupráce na kvantifikaci množství plynů, shromáždění dat a určení chování plynů, které jsou součástí inventáře.

ÚGN: Zahrnutí souvislostí s modely mechaniky UOS.

Úkol 4: Hodnocení inženýrských bariér

Obsahem je zpracování zprávy na základě předchozích výsledků. Dle zadání se jedná vesměs o předchozí práce, na nichž se řešitelé této DZ rovněž podíleli a celý tým tak bude schopen výsledky zařadit do kontextu a hodnotit komplexně. Stejně jako pro bod 1d, předpokládáme

součinnost SÚRAO s upřesněním požadavků v návaznosti na další paralelní projekty zaměřené přímo na formální procesy hodnocení bezpečnosti HÚ.