

AKTUÁLNÍ STAV PROJEKTU HLUBINNÉHO ÚLOŽIŠTĚ V ČESKÉ REPUBLICĚ

CURRENT STATUS OF THE DEEP GEOLOGICAL REPOSITORY PROJECT IN THE CZECH REPUBLIC

MARKÉTA DOHNÁLKOVÁ, JAROMÍR AUGUSTA

ABSTRAKT

Projekt hlubinného úložiště radioaktivních odpadů je v Česku rozvíjen od 90. let 20. století. V roce 1997 byla zřízena Ministerstvem průmyslu a obchodu Správa úložišť radioaktivních odpadů, která je od roku 2001 ve smyslu § 51 zákona č. 219/2000 Sb., organizační složkou státu a jejíž úlohou je, mimo jiné, připravit projekt hlubinného úložiště v ČR. Hlubinné úložiště radioaktivních odpadů je multidisciplinární úlohou, která zasahuje od jaderné fyziky, přes jadernou chemii, geologii, materiálové inženýrství, stavebnictví, hornictví, strojírenství, environmentální oblast až po bezpečnost práce a ochranu zdraví. Legislativně je proces přípravy hlubinného úložiště zakotven zejména v oblasti atomového zákona, báňských, environmentálních a stavebních a mnoha souvisejících předpisů. Významnou roli sehrávají i mezinárodní smlouvy a standardy v oblasti mírového využívání jaderné energie.

ABSTRACT

The deep geological repository for radioactive waste project has been underway in the Czech Republic since the 1990s. In 1997, the Ministry of Industry and Trade established the Radioactive Waste Repository Authority (SÚRAO), the legal form of which was changed in 2001 to that of a state organisational unit according to Section 51 of Act No. 219/2000 Coll. SÚRAO's responsibilities include the development of the Czech deep geological repository project, the planning of which requires a multidisciplinary approach involving the fields of nuclear physics, nuclear chemistry, geology, material engineering, construction, mining, engineering, environmental considerations and occupational health and safety. The legal aspects of the development of the deep geological repository are based on the so-called Atomic Act and mining, environmental, construction, etc. regulations. International treaties and standards relating to the peaceful use of nuclear energy also play an important role.

ÚVOD

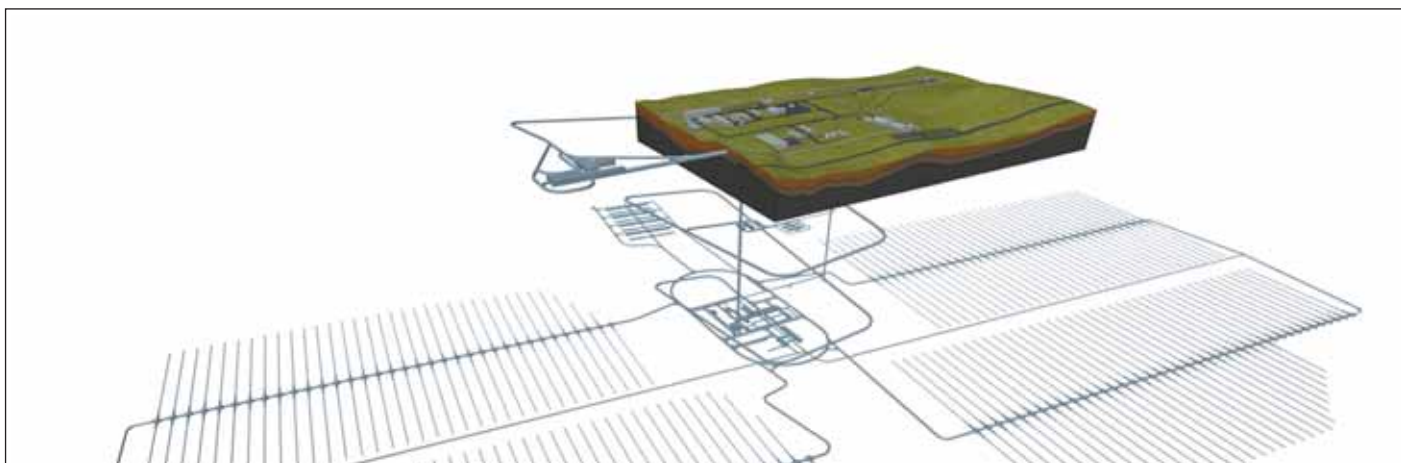
Hlubinné úložiště (HÚ) je jaderným zařízením, umístěným převážně v podzemí, jehož úkolem je bezpečně a dlouhodobě uložit radioaktivní odpady vzniklé na území České republiky. Předpokládá se, že bude určeno jak pro vyhořelé jaderné palivo, tak i pro ostatní vysoce a středně aktivní odpady, podle strategických záměrů ČR neuložitelné ve stávajících úložištích pro nízko a středně aktivní odpady.

V České republice byly rozpracovány dvě varianty technického řešení v různé hloubce zpracování (Holub et al., 1999; Pospíšková et al., 2012). Obě technická řešení jsou založena na základních vstupních předpokladech, že vyhořelé jaderné palivo se bude ukládat nepřepřacované, v ocelových ukládacích obalových souborech, v hloubce cca 500 m pod povrchem země, v horninách krystalinika. V roce 2016 na tyto práce navázal projekt „Výzkumná podpora pro projektové řešení hlubinného úložiště“, v jehož rámci byla mimo jiné optimalizována podzemní část HÚ a byly zpracovány studie umístitelnosti na jednotlivých lokalitách. Projekt byl realizován na základě nových poznatků z národních i mezinárodních výzkumů a výstupů souběžného projektu „Výzkumná podpora pro bezpečnostní hodnocení hlubinného úložiště“, zejména v oblasti geologického průzkumu a výzkumu potenciálních lokalit pro umístění HÚ. Pro účely vyhodnocení vhodnosti lokalit byla zpracována aktualizovaná projektová řešení na všech devíti vytipovaných lokalitách (Referenční řešení HÚ na lokalitě). Studie proveditelnosti (umístitelnosti) HÚ na konkrétní lokalitě byla v roce 2019 podrobena zahraniční oponentuře finské společnosti POSIVA SOLUTIONS Oy, která je nositelem stejného projektu ve Finsku, přičemž je ve fázi výstavby HÚ.

INTRODUCTION

The Czech deep geological repository (DGR) will be a nuclear facility mostly located beneath the Earth's surface, the function of which will be to provide for the safe long-term disposal of radioactive waste generated in the Czech Republic. According to the strategic plans of the Czech Republic, the repository will serve for the disposal of both spent nuclear fuel and other high- and intermediate-level waste that, due to its form, cannot be disposed of in existing repositories for low- and medium-level waste.

Two technical design variants have been developed for the Czech DGR (Holub et al., 1999; Pospíšková et al., 2012), both of which are based on the fundamental input assumption that spent nuclear fuel will be disposed of in its unprocessed form in steel disposal containers at a depth of around 500m below the surface in a crystalline rock environment. The “Research Support for the Design of the Deep Geological Repository” project, conducted in 2016, included the optimisation of the underground complex of the DGR and the preparation of siting studies for the candidate sites. The project was based on the most up-to-date knowledge available which was obtained from national and international research projects and the results of the parallel “Research Support for the Safety Assessment of the Deep Geological Repository” project, especially with respect to the geological research and investigation of potential DGR construction sites. Updated studies of all nine candidate sites were subsequently compiled for the purpose of the assessment of their suitability for DGR construction (Site Reference DGR Design Studies). In 2019, DGR feasibility studies for each of the sites were subjected to scrutiny at the request of SÚRAO by the Finnish company POSIVA SOLUTIONS Oy, the organisation responsible for the Finnish DGR project which is currently in the construction phase.



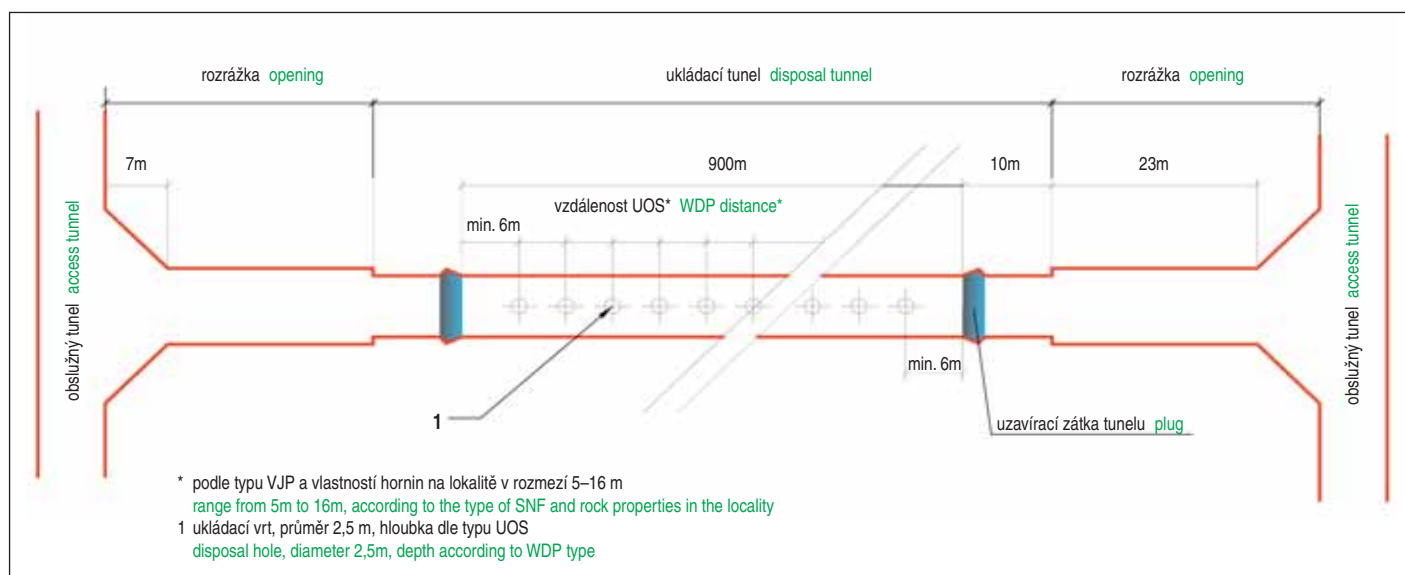
Obr. 1 Hlubinné úložiště
Fig. 1 Deep geological repository

POPIS STÁVAJÍCÍHO PROJEKTOVÉHO ŘEŠENÍ HLUBINNÉHO ÚLOŽIŠTĚ

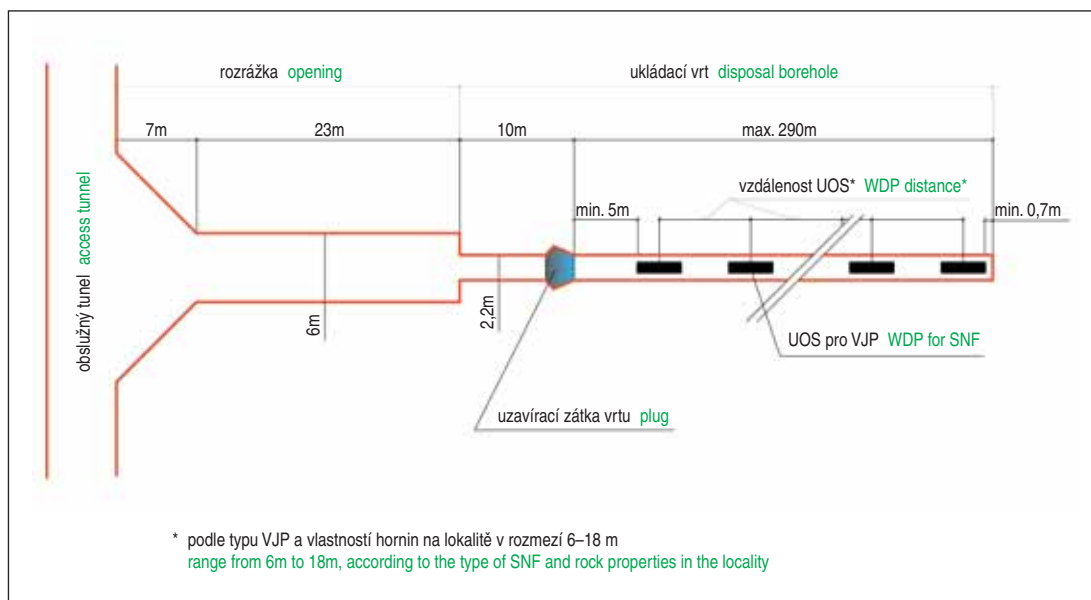
Hlubinné úložiště (obr. 1) se skládá ze dvou provozních částí s rozdílnými činnostmi při nakládání s radioaktivními látkami a rozdílnými nároky na životnost objektů a zařízení. Na ně jsou pak kladeny rozdílné nároky na provoz a životnost objektů. Povrchový areál (první provozní část), který slouží jako styčné pracoviště mezi producenty odpadu a systémem ukládacích chodeb, je tvořen objekty, zařízeními a technologiemi nezbytnými k zajištění provozu hlubinného úložiště, tj. administrativy, podpůrné technologie pro výstavbu a provoz, zajištění vnější a provozní bezpečnosti, objekty sloužící k příjmu a přeložení vyhořelého jaderného paliva (VJP) a ostatních vysoce a středně aktivních odpadů (VAO/SAO) do ukládacích obalových souborů (UOS). V povrchovém areálu budou provozovány všechny doprovodné činnosti související s provozem HÚ a zázemí pro zaměstnance. Dále slouží jako vstup do hlubinného úložiště. Povrchový areál je bezprostředně propojen s objektem horké komory, kde budou probíhat manipulace s radioaktivními odpady (RAO) a VJP od jejich převzetí po dovezení do HÚ, přes přeložení, kontrolu ukládacích obalových souborů, až po jejich expedici do ukládacího místa v podzemí. Objekty procesu příjmu a překládání radioaktivních odpadů, vč. VJP, byly uvažovány

DESCRIPTION OF THE CURRENT DEEP GEOLOGICAL REPOSITORY PROJECT

The deep geological repository (Fig. 1) will consist of two operational parts that will fulfil different roles in the management of the radioactive waste and place different demands on the service lifetimes of the buildings and equipment. The surface complex (termed the first operational part), which will serve as the “interface” between waste producers and the waste disposal system, will consist of the buildings and equipment necessary so as to ensure the efficient operation of the deep geological repository, i.e. administration, support equipment for construction and operation purposes, external and operational safety equipment and facilities for the receiving and repackaging of spent nuclear fuel (SNF) and other high- and intermediate-level waste (HLW/ILW) into waste disposal packages (WDP). The surface area will provide for all the activities related to the everyday operation of the DGR and employee requirements, and will also serve as the entrance to the deep geological repository underground complex. Moreover, the surface area will also be directly connected to the hot-chamber building, where the radioactive waste (RAW) and SNF will be handled from the time at which it is accepted to its transfer to the DGR, including repackaging, the inspection of the WDPs and their dispatching to the underground disposal complex. The complex for the receiving and repackaging



Obr. 2 Vertikální způsob ukládání – půdorys
Fig. 2 Vertical disposal method – plan

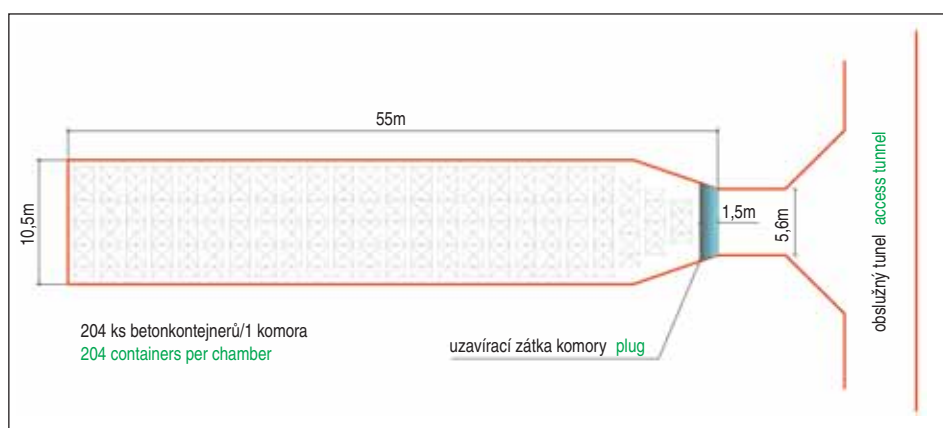


Obr. 3 Horizontální způsob ukládání – půdorys

Fig. 3 Horizontal disposal method – plan

jako přípořchové v hluboké stavební jámě, případně kaverně. V povrchovém areálu budou soustředěny i všechny řídicí technologie a procesy hlubinného úložiště od zahájení jeho výstavby až po institucionální kontrolu. Jedná se o jaderné zařízení podléhající povolení provozu podle jaderné legislativy a posouzení z environmentálního hlediska. Pro výstavbu lze aplikovat standardní stavební právo z oblasti pozemního, příp. podzemního stavitelství. Vlastní úložiště (druhá provozní část), tj. prostory, kde budou odpady uloženy, jsou umístěny v podzemí v hloubce cca 500 m (ukládacích sekcí pro VJP) a pro RAO cca 300 m pod povrchem a s povrchovým areálem jsou propojeny soustavou úpadních tunelů a svislých jam. Požadavky na umístění jsou z hlediska jaderné legislativy obecně formulovány v atomovém zákoně a souvisejících vyhláškách Státního úřadu pro jadernou bezpečnost (SÚJB) a doporučeních Mezinárodní agentury pro atomovou bezpečnost (IAEA).

Podzemní část pro VJP je v současné době projektována jak pro svislé ukládání do autonomních vrtů pro každý UOS (obr. 2), tak i vodorovně v dlouhých vrtech pro více UOS (obr. 3). Celý systém je tudíž tvořen soustavou tunelů a vrtů. Pro RAO je ukládací sekce v podzemí tvořena několika podzemními kavernami spojenými propojovacím tunelem (obr. 4). V kavernách budou ukládány jednotlivé obalové soubory systémem stohování a následně budou kaverna zaplněny betonovou směsí.



Obr. 4 Komora pro ukládání RAO – půdorys

Fig. 4 RAW disposal chamber – plan

of the radioactive waste, including SNF, will be constructed in a chamber below ground level and, thus, will be considered to be a near-surface facility. All the DGR management and process technology will be concentrated in the surface complex from the commencement of construction to the institutional control phase following the closure of the facility. The DGR will be considered to be a nuclear facility subject to a permit to operate in accordance with nuclear legislation and the relevant environmental assessment factors. The construction of the surface

complex, however, will be subject to standard building legislation governing surface and underground construction projects. The repository itself (the second operational part), i.e. the complex in which the waste will be disposed of, will be located underground at depths of approximately 500m (the SNF disposal section) and 300m (for the disposal of RAW) below the surface and will be connected to the surface complex via a system of inclined tunnels and shafts. The construction of the underground complex will be governed by nuclear legislation (the Atomic Act), the relevant decrees issued by the State Office for Nuclear Safety (SÚJB) and recommendations provided by the International Atomic Energy Agency (IAEA).

The current design of the underground section for the disposal of SNF considers both vertical emplacement in separate disposal wells for each WDP (Fig. 2) and horizontal emplacement in long boreholes that will house several WDPs (Fig. 3). The system will, therefore, consist of a series of tunnels and boreholes. The RAW underground disposal section will be made up of several underground caverns connected via an access tunnel (Fig. 4). The individual WDPs will be stacked one upon the other and, once the caverns reach capacity, they will be backfilled with a special concrete mixture.

DEVELOPMENTS IN TERMS OF THE PROJECT DESIGN

The Czech deep geological repository concept, as with the Finnish and Swedish concepts, is based on a multi-barrier system in a crystalline rock environment. The system consists of:

- the form of the fuel itself;
- the waste disposal package;
- the buffer and sealing barriers in the disposal well (between the WDP and the rock);
- the backfilling of the disposal corridors in the rock massif;
- the rock massif.

With the exception of the rock massif, all the components of the engineered barrier system, together with construction materials (linings, pressure plugs, grouting, etc.), must be in physico-chemical-mechanical equilibrium with each other in order

VÝVOJ V OBLASTI PROJEKTOVÉHO ŘEŠENÍ

Koncept hlubinného úložiště je v České republice, stejně jako např. ve Finsku a Švédsku, založen na multibariérovém systému v krystalinických horninách. Systém se skládá z:

- vlastní formy paliva;
- ukládacího obalového souboru;
- tlumicí a těsnicí bariéry v ukládacím vrtu (mezi UOS a horninou – buffer);
- výplní ukládacích chodeb v horninovém masivu (tzv. back-fillem);
- horninového masivu.

Vyjma horninového masivu jsou všechny ostatní části inženýrskými bariérami, které zároveň s konstrukčními materiály (ostění, tlakové zátky, injektáže atd.) musejí být ve vzájemné fyzikálně-chemicko-mechanické rovnováze, aby bránily, případně co nejdříve prodloužily dobu uvolnění radionuklidů do životního prostředí. Pro získání provozní licence HÚ od Státního úřadu pro jadernou bezpečnost je potřeba prokázat, že bude celý systém dlouhodobě bezpečný po dobu až stovek tisíc let.

Aktualizace referenčního projektu 2018

Jak je uvedeno dříve, současná aktualizace referenčního projektu byla postavena na nových informacích o vlastnostech horninového masivu v lokalitách a vlastnostech VJP. Díky informacím o tepelně-mechanických vlastnostech hornin byly vypočítány bezpečné vzdálenosti jednotlivých UOS a důlních děl (Kobylka, 2019), které jsou důležité pro stanovení půdorysného rozsahu ukládacích sekcí. Pro výpočty je důležité znát také hodnoty tepelného výkonu VJP v čase a jeho celkové množství. Na základě vypočtených hodnot byly stanoveny rámcové limitní délky ukládacích chodeb a vrtů. Z definovaného požadovaného hypotetického rozsahu podzemních částí úložiště a provozních technologických celků byly dále definovány rámcové požadavky na technologické vybavení, s ohledem na výstavbu a provoz podzemní části HÚ, z nichž byly odvozeny potřebné průřezné průřezy důlních děl a dispoziční uspořádání technického zázemí v podzemí. S ohledem na požadavek minimálního narušení okolí výrubu, rozvoji „Excavation damage zone“ (EDZ) byly vypracovány dvě varianty řešení podzemní části při použití plně mechanizované ražby (TBM) hlavních tunelů a ukládacích chodeb pro svislý i vodorovný způsob ukládání UOS. S ohledem na optimalizaci velikostí výrubů (příčných profilů tunelů a chodeb) byly zpracovány další dvě varianty pro ražbu konvenčním způsobem, za předpokladu použití trhacích prací s hladkým výlomek (D&B) (Grünwald et al., 2018).

Referenční řešení na konkrétních lokalitách

Pro potřeby současné fáze přípravy HÚ – vyhodnocení vhodnosti potenciálních lokalit a zúžení jejich počtu pro další etapu prací, bylo nezbytné pro každou lokalitu zpracovat „Studii umístitelnosti/proveditelnosti“ (příklad Špinka et al., 2018), které vycházejí z aktualizace referenčního projektu (Grünwald et al., 2018) a z využití průzkumných a výzkumných prací na jednotlivých lokalitách, zejména v oblasti geologické a tektonické stavby. Výsledkem je návrh umístění podzemních částí v definovaných potenciálně vhodných horninových blocích na každé lokalitě (Franěk et al., 2018). Na tento postup úzce navazuje řešení prostorových možností v území lokality z hlediska střetů zájmů a dostupnosti dopravní a technické infrastruktury, s ohledem na potenciálně možné umístění povrchového areálu. Pro potenciálně vhodné lokalizace povrchových areálů byly zpracovány inženýrskogeologické (IG) mapy ve fázi orientačního souhrnu informací s přehledným geofyzikálním řezem.

to prevent (or minimise the time of) the release of radionuclides into the environment. In order to obtain an operating licence for the DGR from the State Office for Nuclear Safety, it will be necessary to prove that the whole of the disposal system will remain safe over the long term, i.e. for up to hundreds of thousands of years.

Update of the reference project 2018

As mentioned previously, the current update of the reference project was based on new information obtained on the properties of the rock massifs at the candidate sites and the properties of the SNF to be disposed of. Safe distances between individual WDPs and the mine workings were subsequently calculated based on information on the thermo-mechanical properties of the various rock environments (Kobylka, 2019), information that is essential with respect to determining the layout of the disposal areas. Moreover, the calculations also required a detailed knowledge of the thermal output values of the SNF both in total and over time. The results subsequently allowed for the determination of the framework limits of the lengths of the disposal corridors and the boreholes. Based on the defined required hypothetical extent of the underground sections of the repository, it was then possible to define the framework requirements for the technical equipment that will be needed for the construction and operation of the underground sections of the DGR, and to determine the necessary transit cross-sections of the mine workings and the positioning of the equipment. With regard to the requirement for the minimum disturbance of the surroundings of the excavated rock, i.e. the development of the excavation damage zone (EDZ), two underground complex variants are being considered involving the fully mechanised excavation (TBM) of the main tunnels and disposal corridors for both the vertical and horizontal WDP emplacement options. Moreover, with a view to the optimisation of the dimensions of the excavated sections (tunnel and corridor profiles), a further two variants have been proposed involving conventional excavation methods employing the smooth blasting approach (D&B) (Grünwald et al., 2018).

Reference designs for specific sites

With respect to the current DGR development phase – the assessment of the suitability of potential sites and the reduction in their number prior to the next phase, it was necessary to prepare feasibility studies (example in Špinka et al., 2018) for each site based on the update of the reference project (Grünwald et al., 2018) and the use of the results of research and investigation studies of each site, especially with concern to geological and tectonic considerations. The result consisted of proposals for the location of the underground sections in defined potentially suitable rock blocks for each site (Franěk et al., 2018). This procedure was followed by the consideration of the various spatial options at each site in terms of conflicts of interest and the availability of transport and technical infrastructure in connection with the potential location of the surface complex. Engineering geology maps were prepared in the orientation information summary phase to identify a well-arranged geophysical section for the optimum positioning of the surface facilities at the sites.

The reference studies of the sites subsequently formed the basis for the assessment of operational safety and, especially, the environmental assessment of each of the sites.

The current design variants for each of the candidate sites served for the preliminary assessment of the feasibility of the repository, as the basis for subsequent model calculations for hydrogeological and transport safety certification purposes (e.g. Baier et al., 2018) and for the definition and assessment of the required compatibility properties of the candidate materials to be used in the construction of the various structures and engineered barriers of the DGR. The completion of the

Toto referenční řešení v lokalitě je podkladem pro vyhodnocení podmínek provozně-bezpečnostních a zejména environmentálního hodnocení záměru v každé lokalitě.

Současné projektové řešení na potenciálních lokalitách slouží ke zhodnocení předběžné proveditelnosti úložiště a jako vstupní podklad pro následné modelové výpočty k hydrogeologickým a transportním průkazům bezpečnosti (např. Baier et al., 2018) a definování, případně posouzení, požadovaných vlastností slučitelnosti kandidátních materiálů pro konstrukce a inženýrské bariéry. Na zpracované projektové řešení v každé lokalitě navazuje *Studie hodnocení vlivu na životní prostředí* (Marek P., 2018), která je strukturovaná podle požadavků přílohy zákona o posuzování vlivů na životní prostředí. Tyto studie v současné fázi řešení HÚ slouží jako pilotní zprávy, které mapují jednotlivé oblasti procesu posuzování a míry nejistot znalosti informací, a podklad pro další rozvoj prací a směřování získání dalších podkladů pro navazující etapu prací.

Inženýrské bariéry

Nejdůležitější inženýrskou bariérou je ukládací obalový soubor (UOS), v němž jsou uloženy palivové články s vyhořelým jaderným palivem. Návrh UOS je stále předmětem samostatného výzkumu a vývoje v ČR. Referenční variantou, která je také nejvíce testována, je dvouplášťový UOS, kde vnější vrstvu tvoří uhlíková ocel, a vnitřní pouzdra jsou z korozivzdorné oceli.

Navazující inženýrskou bariérou je buffer, který utěsňuje prostor mezi UOS a horninou v ukládacím vrtu a brání jej proti vlivu podzemní vody (Savage et al., 1999), mikrobiální korozi a účinkům seismicity. Referenčním materiálem je bentonit, který díky svým hydromechanickým a geochemickým vlastnostem prostor vyplní a celé místo dostatečně utěsí tak, aby transport vody probíhal pouze difuzí a bylo zabráněno mechanickému poškození UOS a mikrobiologické korozi. Výzkum v oblasti vývoje bufferu pro potřeby HÚ probíhá na SÚRAO již od roku 1999 a je primárně zaměřen na využití materiálů z lokálních (národních) zdrojů. V současné době probíhají v této oblasti v ČR jak menší laboratorní testy, tak i několik velkých in-situ demonstračních a materiálově interakčních experimentů v podzemních laboratořích.

Backfill je také bentonitovou inženýrskou bariérou. Tato bariéra slouží k vyplnění ukládacích chodeb a nebude tak v přímém kontaktu s UOS, ale bude v přímém kontaktu s bufferem. Bezpečnostní funkcí backfillu je utěsnění a uzavření zajištění polohy bufferu na svém místě (aby v případě nabobtnání nedocházelo ke ztrátě tlaku a tím jeho těsnicí funkce) a omezení transportu vody v zaplněných prostorách; pohyb vody by měl probíhat opět pouze difuzí. V České republice je výzkum v oblasti bentonitu v současnosti primárně zaměřen na vývoj bufferu, který je však schopný poskytnout potřebné informace využitelné i pro backfill, na něž jsou kladeny nižší požadavky než na buffer.

Konstrukční prvky

Části úložiště, které nebudou vyplněny inženýrskými bariérami (UOS, buffer), budou při procesu uzavírání úložiště trvale vyplněny vhodným materiálem – backfillem (předpokládá se bentonit, případně směs bentonitu s kamenivem). Systém výplně bude doplněn o zátky, které budou mít rozdílné funkce v závislosti na bezpečnostních požadavcích na ně kladených, na jejich charakteru a umístění (např. hydraulické, mechanické, dělicí atd.).

Pro budoucí výstavbu HÚ je také nutné zabývat se konkrétními konstrukčními materiály (beton) a prvky (např. výztuž a injektáž). Jedná se především o cementové a kovové materiály, které musí splňovat nejen požadavky z hlediska chemických a mechanických vlastností, ale také vzájemných interakcí s dalšími materiály a prvky v HÚ.

project design variants for each site were followed by the conducting of *Environmental Impact Assessment Studies* (Marek P., 2018), which were structured according to the requirements of an appendix to the Environmental Impact Assessment Act. In the context of the current DGR development phase, these studies serve as pilot reports that map out the individual areas of the assessment process and the level of uncertainty of the knowledge obtained to date, and provide the basis for further research and the determination of the approach to be adopted with respect to obtaining the documentation required for the subsequent research phase.

Engineered barriers

The most important engineered barrier consists of the waste disposal package (WDP) in which the spent nuclear fuel rods will be disposed of. The final design of the WDP has not yet been decided and remains the subject of detailed research and development in the Czech Republic. The reference, and most intensively tested, variant consists of a double-walled WDP with an outer layer made of carbon steel and an inner stainless steel container.

The next engineered barrier consists of the so-called buffer that will seal the space between the WDP and the rock in the disposal well and that will protect it from the negative effects of contact with groundwater (Savage et al., 1999), microbial corrosion and seismicity. The reference material is bentonite which, due to its unique hydromechanical and geochemical properties, will swell so as to fill the disposal space, thus ensuring that the transport of water will occur via diffusion only and preventing the mechanical damage of the WDP and microbiological corrosion. Research into the development of the DGR buffer material has been underway at SÚRAO since 1999 and is primarily focused on the use of materials from local (Czech) resources. Several small-scale laboratory experiments and large-scale in-situ demonstration and material interaction experiments (conducted at underground laboratories) are currently underway on the buffer material in the Czech Republic.

A further bentonite engineered barrier consists of the so-called backfill. This barrier will serve for the filling of the disposal corridors and, thus, while it will not be in direct contact with the WDPs, it will be in direct contact with the buffer. The safety function of the backfill will be to seal and fix the buffer in place (so as to prevent a loss of pressure in the buffer following swelling and, thus, a reduction in its sealing ability) and to reduce the transport of water in the disposal space; again, it is anticipated that the movement of water will be via diffusion only. While the research of bentonite in the Czech Republic is currently primarily focused on the development of the buffer, the research is also able to provide the information necessary for the backfill, which is subject to lower requirements than the buffer.

Structural elements

Those parts of the repository that will not contain the engineered barriers (WDPs, buffer) will be permanently backfilled with a suitable material (bentonite or a mixture of bentonite and aggregates) during the repository closure phase. The backfill system will be supplemented with plugs which will have different functions depending on the safety requirements placed on them, their character and their position in the facility (e.g. hydraulic, mechanical, separation plugs, etc.).

It is also necessary to consider the various construction (concrete) and other structural materials (e.g. reinforcement and grouting) that will be used in the future DGR. This concerns principally cement and metal materials which will be required to meet strict requirements in terms of their chemical and mechanical properties and their interaction with other materials and structural elements in the DGR.

DISKUSE PROBLEMATIKY A ZÁVĚR

V roce 2018 byl znovu aktualizován referenční projekt na základě nových poznatků, zejména parametrů horninového masivu na potenciálních lokalitách, a nových poznatků o vyhořelém jaderném palivu. Vznikla tak „*Optimalizace podzemní části HÚ*“, která byla podrobena zahraniční oponentuře finskou společností POSIVA SOLUTIONS Oy. Podpůrným podkladem byla též konkrétní zpráva *Studie umístitelnosti v lokalitě Březový potok*. Na základě této revize bylo konstatováno, že další kvalitativní posun projektového řešení HÚ v České republice může pokračit v návaznosti na postupu průzkumných prací v lokalitách, s postupným doplňováním geologických dat z hloubek (po roce 2020 na zúženém počtu lokalit, po roce 2025 daty z finální lokality) a v návaznosti na výsledky programu výzkumu a vývoje v oblasti materiálů a inženýrských bariér.

Navíc v roce 2019, v rámci procesu hodnocení vhodnosti lokalit, bylo přihlédnuto k novým výsledkům terénního geofyzikálního ověřování litologických a tektonických struktur na lokalitách a nové poznatky byly přeneseny do aktualizace studií umístitelnosti v lokalitách (po odevzdání článku; prosinec 2019 – leden 2020), které se promítly zejména do geometrického uspořádání a prostoroového umístění podzemní části úložiště a spojovacích tunelů s povrchovým areálem.

Projektové řešení HÚ je multidisciplinární projekt, a proto je nutné k němu i takto přistupovat. Oblast podzemního stavitelství je zde jednou, avšak ne jedinou oblastí, které je nutné věnovat pozornost. Důležitou roli při tvorbě projektového řešení hraje např. geochemie prostředí a vzájemná interakce použitých materiálů. Zahraniční revize poskytla také kritické zhodnocení provedené zprávy a vymezila oblasti, kterým je třeba se detailněji věnovat. Mezi ně patří především již výše zmíněné možné interakce použitých konstrukčních materiálů s materiály inženýrských bariér, konstrukce a umístění zátek a celý systém procesu uzavírání úložiště.

Těmto podnětům bude věnována zvýšená pozornost a budou zohledněny v navazujících fázích projektu.

Ing. MARKÉTA DOHNÁLKOVÁ, dohnalkova@surao.cz,
Ing. JAROMÍR AUGUSTA, Ph.D., augusta@surao.cz,
Správa úložišť radioaktivních odpadů

Recenzoval *Reviewed:* Ing. Ilona Pospíšková

DISCUSSION AND CONCLUSION

In 2018, the reference project was updated once more based on new knowledge obtained, especially with concern to the rock mass parameters at the candidate sites and the spent nuclear fuel that will be disposed of. This resulted in the compilation of the “*Optimisation of the Underground Part of the DGR*” report that was subjected to foreign scrutiny at SÚRAO’s request by the Finnish company POSIVA SOLUTIONS Oy, together with a further supporting report entitled the *Březový Potok Siting Study*”. The results of the foreign review of these reports indicated that a further qualitative shift in the progress of the DGR project in the Czech Republic should proceed with the conducting of exploration work at the sites that will provide geological data from the required depths (after 2020 from a reduced number of sites and, after 2025, from the final site) and in connection with the results of the research and development of materials and engineered barriers.

In addition, in 2019, as part of the site suitability assessment process, the latest results of the field geophysical verification of the lithological and tectonic structures at the sites were transferred to the updated siting studies (following the submission of the article; December 2019 – January 2020). The results reflected primarily the geometric arrangement and spatial location of the underground part of the repository and the tunnels that will connect the underground and surface complexes.

The DGR development project is a multidisciplinary project, concerning which the issue of underground construction is just one of a number of areas that need to be addressed; for example, the geochemistry of the underground environment and the mutual interaction of the various materials will play important roles in the determination of the final design of the DGR. The aforementioned foreign review also provided a critical assessment of the “*Optimisation of the Underground Part of the DGR*” report and identified areas that need to be addressed in more detail including, in particular, the previously mentioned potential interaction of the construction materials used for the engineered barriers, the construction and positioning of the plugs and the repository closure process.

Detailed attention will be devoted to these issues and they will be fully taken into account in the subsequent phases of the DGR development project.

Ing. MARKÉTA DOHNÁLKOVÁ, dohnalkova@surao.cz,
Ing. JAROMÍR AUGUSTA, Ph.D., augusta@surao.cz,
Správa úložišť radioaktivních odpadů

LITERATURA / REFERENCES

- [1] BAIER, J., et al. *Hydrogeologické modely horninového prostředí pro hlubinné úložiště, pasport detailního modelu – lokalita Březový potok*. MS SÚRAO TZ 340/2018
- [2] FRANĚK, J., et al. *3D strukturně geologické modely potenciálních lokalit HÚ*. MS SÚRAO TZ 229/2018
- [3] GRÜN WALD, L., et al. *Optimalizace podzemních částí HÚ referenčního projektu*. MS SÚRAO TZ, 2018, 134/2017
- [4] HOLUB, J., et al. *Referenční projekt povrchových i podzemních systémů hlubinného úložiště v hostitelském prostředí granitových hornin v dohodnuté skladbě úvodního projektu a hloubce projektové studie*. Projektová studie. Uh. Brod : EGP Invest, spol. s r. o., 1999, 1085 s.
- [5] KOBYLKA, D. *Optimalizace vzájemné vzdálenosti UOS*. MS SÚRAO TZ, 2019, 135/2017
- [6] MAREK, P. *Studie vlivů na životní prostředí – Březový potok*. MS SÚRAO TZ, 2018, 146/2017
- [7] POSPÍŠKOVÁ, I., et al. *Aktualizace referenčního projektu hlubinného úložiště radioaktivních odpadů v hypotetické lokalitě*. Závěrečná zpráva. Praha : ÚJV Řež, a. s., 2012
- [8] SAVAGE, D., LIND, A., ARTHUR, R. *Review of the properties and use of bentonite as a buffer and backfill material*. SKI report 98233, 1999, Stockholm
- [9] ŠPINKA, O., et al. *Studie umístitelnosti v lokalitě Březový potok*. MS SÚRAO TZ, 2018, 139/2017