FOTO: autor

# Využití kontinuální betonáže při ukládání radioaktivních odpadů



**Ing. Michal Sedláček, Ph.D.**

Vystudoval Fakultu stavební ČVUT v Praze, obor konstrukce a dopravní stavby. V současné době působí jako projektant ve firmě KO-KA s.r.o. Je autorizovaným inženýrem pro geotechniku, mosty a inženýrské konstrukce.

**Spoluautor: Ing. Pavel Kacíř,** Subterra a.s.

Článek se zabývá technologií betonáže při ukládání radioaktivních odpadů v přípovrchovém úložišti Richard. V rámci stabilizace ukládacích komor byla provedena betonáž na vzdálenost 490 m.

## Ukládání radioaktivního odpadu v ČR

Za bezpečné ukládání radioaktivních odpadů v České republice odpovídá stát. Organizační složka státu, která tuto činnost zajišťuje, se nazývá Správa úložišť radioaktivních odpadů (SÚRAO). Její nejdůležitější činností je tedy bezpečné ukládání radioaktivních odpadů a bezpečný provoz stávajících úložišť.

Za radioaktivní odpad se považuje látka, materiál nebo předmět, který obsahuje radionuklidy v takovém množství, že jsou překročeny povolené limity, a zároveň se jedná o nevyužitelné produkty.

Ukládáním radioaktivních odpadů se rozumí jejich trvalé umístění do prostorů, objektů nebo zařízení bez úmyslu jejich dalšího přemístění.

V současné době jsou v České republice v provozu tři úložiště radioaktivních odpadů:

- úložiště Richard – bývalý vápencový důl u Litoměřic;
- úložiště Bratrství – vytěžený uranový důl u Jáchymova;
- úložiště Dukovany – úložiště v areálu jaderné elektrárny.

Obce, v jejichž katastru se úložiště nacházejí, dostávají zákonem stanovené příspěvky. Paušální příspěvek činí 4 000 000 Kč ročně. Dále obce obdrží příspěvek ve výši 10 000 Kč za každý metr krychlový uložených radioaktivních odpadů v daném kalendářním roce.

Činnost SÚRAO je financována z prostředků jaderného účtu, do kterého podle zákona přispívají původci radioaktivních odpadů a provozovatelé jaderných elektráren. Za jeden ukládací obalový soubor zaplatí původce odpadu cca 36 000 Kč. Obalový soubor je ocelový sud o objemu 216,5 l, v němž je radioaktivní odpad zalit betonem. Provozovatel jaderné elektrárny hradí 55 Kč za každou vyrobenou MWh.

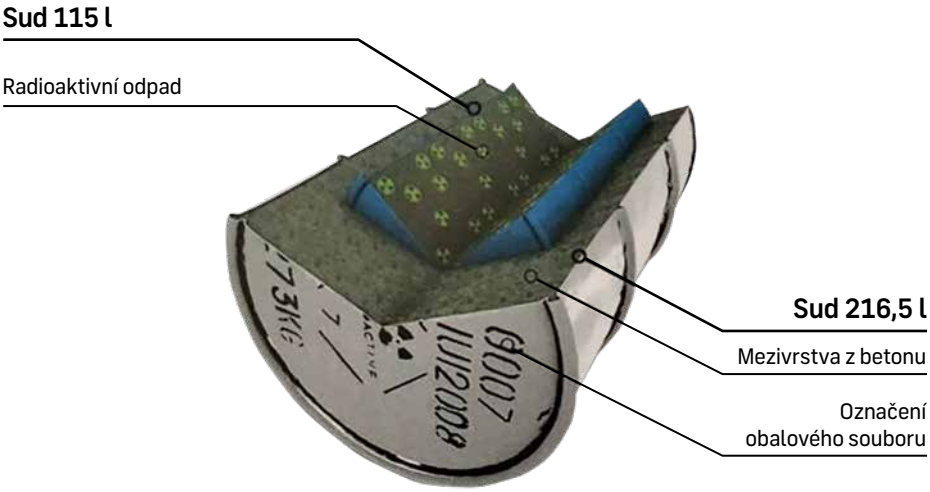
Správcem jaderného účtu je Ministerstvo financí. Finanční prostředky se vynakládají na základě vládou schváleného rozpočtu a plánu činnosti. V České republice je v současnosti více než sto organizací, které jsou původci radioaktivních odpadů.

## Úložiště Richard

Úložiště Richard se nachází nedaleko Litoměřic v podzemním komplexu bývalého vápencového dolu. Těžba tam probíhala od první poloviny 19. století. V letech 1943 až 1944 si nacisté tyto prostory vybrali pro podzemní tovární výrobu. Projekt dostal krycí jméno Richard. Po válce zůstalo podzemí v různém stadiu stavebních úprav – od zcela dokončených výrobních hal až po chodby, ve kterých teprve byly realizovány rozšiřovací hornické práce. Od roku 1964 se v místě ukládají tzv. institucionální odpady. Ty vznikají ve zdravotnictví, průmyslu, zemědělství nebo výzkumu. Jedná se např. o vyřazené požární hlásiče, hladinoměry, kontaminovanou suť nebo pracovní oděvy. Celkový objem využívaných podzemních prostor přesahuje 17 000 m$^3$. Kapacita upravených podzemních prostor určených k ukládání odpadů je 12 650 m$^3$. Zbytek tvoří obslužné chodby a další pomocné prostory. Přestože se radioaktivní materiál ukládá do podzemí, jedná se o úložiště povrchového typu.

Z hlediska bezpečnosti se musí radioaktivní odpady izolovat od člověka a životního prostředí na tak dlouho, až se v důsledku samovolných procesů radioaktivní látky přemění na látky jiné, stabilní.

Radioaktivní odpad se uloží do ocelového sudu o objemu 115 l, který se vloží do ocelového sudu o objemu 216,5 l. Meziprostor se vyplní betonem. Takto




▲ *Obr. 1 Obalový soubor*



▲ *Obr. 2 Částečně zaplněná ukládací komora*



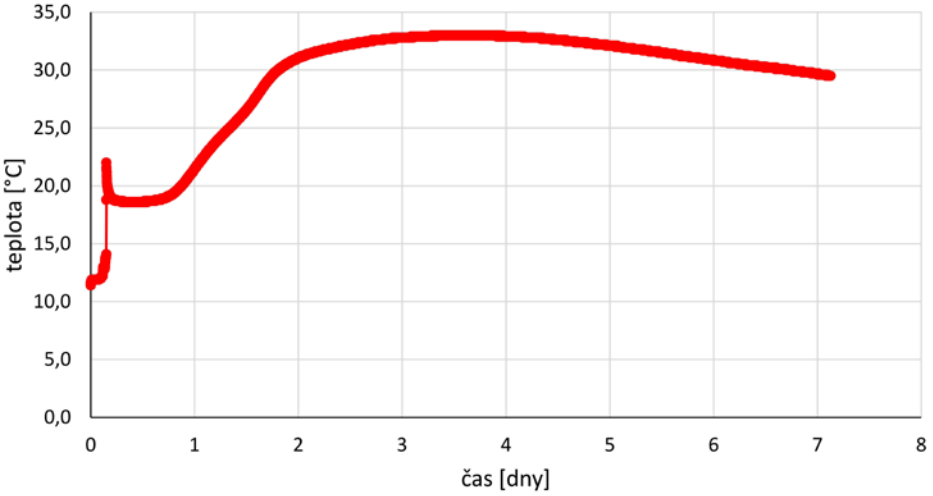
▲ *Obr. 3 Stabilní čerpadlo v místě portálu*



▲ *Obr. 4 Plnicí potrubí v místě vstupu do ukládací komory*



▲ *Obr. 5 Monitoring betonáže kamerami*




▲ *Obr. 6 Graf vývoje hydratačního tepla*

připravenému sudu se říká obalový soubor. Tyto soubory se následně ukládají do oddělených komor. Po vyčerpání kapacity příslušné komory se volný prostor vyplní betonovou směsí. Tento proces se nazývá stabilizace ukládací komory.

**Stabilizace komory 21**

Na základě požadavků stavebníka se musela betonáž komory provést kontinuálně. Z tohoto důvodu byl použit beton s nízkým vývinem hydratačního tepla, s pevnostní třídou C30/37 a stupněm vlivu prostředí XA1, XC2. Doprava betonové směsi z betonárny k portálu přístupové štoly byla zajištěna autodomíchávači o objemu 6 až 9 m$^3$. Dále byla betonová směs transportována soustavou stacionárních pístových čerpadel a ocelového potrubí. Celková délka potrubí od portálu přístupové štoly k ukládací komoře byla 490 m. Celkový objem uloženého betonu činil 183 m$^3$.

Před zahájením betonáže byly uvnitř komory instalovány tři kamery a jedno teplotní čidlo. Proces plnění komory betonovou směsí monitorovaly kamery. Průběh teploty čerstvého betonu s ohledem na vývin hydratačního tepla zaznamenávalo teplotní čidlo. Po celé délce komory byly na stropě osazeny injektážní manžetové trubky pro následnou výplňovou injektáž přístropí. Touto injektáží bylo zajištěno dokonalé vyplnění komory betonovou směsí a odstranění případných vzduchových kapes. Současně se injektáží výrazně omezily negativní účinky objemových změn betonu (smrštění). Na základě požadavku stavebníka musela být celá soustava čerpadel doplněna o záložní čerpadla pro případ technické závady.

## Závěr

Původní návrh dopravy betonové směsi od portálu přístupové štoly k ukládací komoře předpokládal využití několika kolových sklápěčů (dumperů) nebo kolových domíchávačů o kapacitě 1 m$^3$ betonu.

Tato technologie se však ve stísněných podzemních prostorech ukázala jako velmi problematická, protože vyžadovala zajištění průjezdného průřezu v celé trase. Současně by bylo nutné zajistit odpovídající počet záložních dumperů nebo domíchávačů.

Z tohoto důvodu přišel zhotovitel s inovativním řešením, jež spočívalo v dopravě betonové směsi soustavou stacionárních pístových čerpadel a ocelového potrubí. Tímto způsobem došlo k výraznému zrychlení betonáže ukládací komory a zároveň k minimalizaci časového úseku, po který byl omezen provoz v úložišti radioaktivních odpadů. ■

**Zdroje:**
[1] Informační materiály SÚRAO
[2] Projektová dokumentace P-2575/21 Stabilizace komor 3/3, segment III., a 21, segment I

**ENGLISH SYNOPSIS**

**Use of Continuous Concreting in Radioactive Waste Disposal**

The state is responsible for the safe disposal of radioactive waste in the Czech Republic. The organisational unit of the state carrying out this activity is called the Radioactive Waste Repository Authority. Three radioactive waste repositories are currently in operation in the Czech Republic: the Richard repository – a former limestone mine near Litoměřice, the Bratrství repository – a mined-out uranium mine near Jáchymov, and the Dukovany repository – a repository on the site of a nuclear power plant. The article deals with the technology of concreting in the disposal of radioactive waste in the Richard near-surface repository. Concreting was carried out over a distance of 490 m as a part of the stabilization of the disposal chambers.

**KLÍČOVÁ SLOVA:** odpad radioaktivní, úložiště, betonáž kontinuální

**KEYWORDS:** radioactive waste, repository, continuous concreting