

The background image shows two large, vertical, cylindrical components of a nuclear reactor, one painted blue and the other red. They are situated in a concrete-lined room. In the foreground, several thick, braided metal cables are visible on the floor. The text is overlaid on a semi-transparent blue rectangular area.

ZPRÁVA O JADERNÉM ODPADU VE SVĚTĚ 2019

*Zaměřeno na Evropu:
stručný přehled*



HLAVNÍ PŘEHLED



KONCEPCE NAKLÁDÁNÍ S ODPADY

- **Žádná země světa nemá v provozu hlubinné geologické úložiště vyhořelého jaderného paliva.** Jedinou zemí, která v současné době trvalé úložiště buduje, je Finsko.
- **Navzdory mnoha neúspěšným procesům výběru lokalit a opuštěným úložištím trvá preference hlubinné likvidace.** Panuje silná shoda na tom, že stávající stav výzkumu ani debata s občanskou společností neodpovídají výzvam, před kterými stojíme.
- Vzhledem k tomu, že hlubinná úložiště nebudou ještě po několik desetiletí k dispozici, **se rizika stále více vztahují k meziskladům vyhořelého paliva, jejichž kapacita se pomalu vyčerpává:** například mezisklady vyhořelého paliva ve Finsku jsou již z 93 % plné.



MNOŽSTVÍ JADERNÉHO ODPADU

- **Po celé Evropě se skladuje přes 60 000 tun vyhořelého jaderného paliva** (číslo nezahrnuje Rusko a Slovensko), z toho nejvíce ve Francii. Vyhořelé jaderné palivo se považuje za vysokoaktivní odpad a představuje zdaleka největší podíl celkové radioaktivity. K roku 2016 bylo 81 % vyhořelého paliva v Evropě umístěno v mokřých meziskladech, jež představují vlastní specifická bezpečnostní rizika.
- **V Evropě dosud vzniklo zhruba 2,5 milionu m³ nízko a středněaktivního odpadu.** Okolo 20 % (0,5 milionu m³) z tohoto odpadu je uskladněno a 80 % (téměř 2 miliony m³) bylo zlikvidováno.
- Reaktory v Evropě **mohou při vyřazování z provozu vyprodukovat minimálně ještě 1,4 milionu m³ nízko a středněaktivního odpadu.**
- **Odhaduje se, že evropské jaderné reaktory za dobu své životnosti vyprodukují celkem zhruba 6,6 milionu m³ jaderného odpadu.** Pokud by se naskládal na jedno místo, zaplnil by fotbalové hřiště do výšky 919 metrů, což je o 90 metrů výše, než měří nejvyšší budova na světě, Burdž Chalífa v Dubaji. Za více než 75 % tohoto odpadu zodpovídají čtyři země: Francie (30 %), Británie (20 %), Ukrajina (18 %) a Německo (8 %).
- S výjimkou Ruska, které dosud produkuje uran, **mají Německo a Francie největší inventář jaderného odpadu z těžby uranu v Evropě.**



HLAVNÍ PŘEHLED



NÁKLADY A FINANCE

- **Vlády důsledně neuplatňují princip *znečišťovatel platí*.** Náklady na skladování a likvidaci jaderného odpadu a nakládání s ním nesou odpovědnost provozovatelé, může se ale stát, že je nakonec budou hradit daňoví poplatníci.
- **Vlády řádně neodhadují náklady na vyřazování z provozu, skladování a likvidaci jaderného odpadu** kvůli zásadním nejistotám. Mnohé vlády při odhadech nákladů vycházejí z přehnaně optimistických diskontních sazeb a zastaralých dat, což vede k závažným výpadkům financování nakládání s odpady.
- **Celkově dosud žádná země neodhadla náklady přesně a zároveň nepokryla mezeru mezi zajištěnými finančními prostředky a odhadovanými náklady.**



PŮVOD A KLASIFIKACE ODPADŮ

- **V jednotlivých zemích se výrazně liší definice a kategorizace jaderného odpadu i způsoby ohlašování množství vznikajícího jaderného odpadu.** Všechny země pravidelně zveřejňují údaje, ale ne všechny tak činí dostatečně detailně.
- **Tato nedůslednost trvá** navzdory mezinárodnímu úsilí o zavedení společných bezpečnostních zásad a postupů **a jakékoli porovnání je kvůli ní velmi složité.** V odlišnosti národních přístupů se odráží nejednotnost při nakládání s jaderným odpadem v jednotlivých zemích.



NEBEZPEČNOST PRO ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ A LIDSKÉ ZDRAVÍ

- **Jaderný odpad přináší zdravotní riziko** v důsledku běžně vznikajících plyných a kapalných emisí z jaderných zařízení a celkových globálních dávek ozáření při přepracování vyhořelého paliva.
- **Přepracování vyhořelého jaderného paliva představuje obrovské výzvy,** mimo jiné riziko šíření jaderných zbraní, velké expozice osob a kontaminace životního prostředí.
- **Celkově se nedostává komplexních kvantitativních i kvalitativních informací o rizicích spojených s jaderným odpadem.**



SHRnutí

ZPRÁVA O JADERNÉM ODPADU VE SVĚTĚ (WNWR) je dokladem toho, jak vlády po celém světě dlouhá desetiletí usilují o vytvoření a realizaci komplexních strategií nakládání s jaderným odpadem. Velká část tohoto úkolu připadne budoucím generacím.



KONCEPCE NAKLÁDÁNÍ S ODPADY

Po více než 70 letech využívání jaderné energie stále žádná země světa nemá v provozu hlubinné geologické úložiště vyhořelého jaderného paliva. Jedinou zemí, která v současné době buduje trvalé úložiště tohoto nejnebezpečnějšího druhu jaderného odpadu, je Finsko. Kromě Finska mají v rámci procesu včasné izolace odpadu fakticky určenou lokalitu úložiště vysokoaktivního odpadu pouze Švédsko a Francie. Ve Spojených státech probíhá tzv. Pilotní projekt izolace odpadu (Waste Isolation Pilot Project, WIPP). Toto úložiště však slouží pouze k ukládání transuranového odpadu s dlouhou dobou rozpadu z jaderných zbraní, a nikoli vyhořelého jaderného paliva z komerčních reaktorů.

Navzdory mnoha neúspěšným procesům výběru lokalit a opuštěným úložištím stávající národní vlády a mezinárodní organizace preferují hlubinnou likvidaci. K ní jsou zapotřebí jednoznačné a ambiciózní podmínky výběru a průzkumu lokalit a schvalovací procesy. Proveditelnost hlubinných úložišť však stále není zaručena. Proto je nutné proces vyhledávání úložišť realizovat s mimořádnou pozorností na základě praktické proveditelnosti a s náležitým monitoringem. Někteří vědci se domnívají, že zodpovědnější a mnohem rychleji dosažitelné je monitorované dlouhodobé skladování v chráněném prostředí, a mělo by se tudíž realizovat. Celkově panuje výrazná shoda na tom, že stávající stav výzkumu, vědecké diskuze a výměny názorů mezi politiky a zapojenými občany je nedostatečný vzhledem k naléhavosti této otázky.

Úprava, přeprava, skladování a likvidace jaderného odpadu ve všech jaderných zemích představují značné a stále rostoucí výzvy. Z tohoto vývoje plyne, že vlády a správní orgány stojí **před naléhavou nutností zkvalitňovat řízení programů dočasného skladování a likvidace odpadů.** V souladu s tím je nutno implementovat normy pro kvalitní řízení těchto programů, mimo jiné plánování v oblasti jakosti a bezpečnosti, zajištění jakosti, účasti občanů a bezpečnostní kultury.

Dočasné skladování vyhořelého jaderného paliva a vysokoaktivního odpadu bude pokračovat sto i více let. Vzhledem k tomu, že hlubinná úložiště nebudou ještě po několik desetiletí k dispozici, **se rizika stále více vztahují k meziskladům vyhořelého paliva.** Stávající postupy skladování vyhořelého jaderného paliva a dalších snadno se šířících forem středně a vysokoaktivního odpadu nebyly plánovány pro dlouhodobé užití. Tyto postupy proto představují rostoucí a zvláště velké riziko, zejména když jsou k dispozici jiné možnosti (ztužení, suché skladování) v protiatomových zařízeních. Prodlužovaným skladováním jaderného odpadu se dnes zvyšuje riziko, náklady rostou o miliardy a tato zátěž se přesouvá na budoucí generace.



MNOŽSTVÍ JADERNÉHO ODPADU

Evropské země dosud vyprodukovaly několik milionů krychlových metrů jaderného odpadu (bez zahrnutí odpadů z těžby a zpracování uranu). **Francie, Spojené království a Německo byly ke konci roku 2016 největšími evropskými producenty jaderného odpadu** v rámci celého jaderného palivového cyklu.

Po celé Evropě se skladuje přes 60 000 tun vyhořelého jaderného paliva (číslo nezahrnuje Rusko a Slovensko), z toho nejvíce ve Francii. V rámci EU Francie představuje 25 % stávajícího inventáře vyhořelého jaderného paliva a po ní následují Německo (15 %) a Spojené království (14 %). Vyhořelé jaderné palivo se považuje za vysokoaktivní odpad. Přestože se vyskytuje v poměrně malých objemech, tvoří převážnou většinu celkové radioaktivity. Například ve Spojeném království dosahoval vysokoaktivní odpad méně než 3 % celkového objemu jaderného odpadu, ale téměř 97 % radioaktivity celého inventáře. Většina vyhořelého paliva je přesunuta do chladicích bazénů (tzv. mokrých skladů), jež odebírají teplo a radioaktivitu. V roce 2016 se 81 % vyhořelého jaderného paliva v Evropě nacházelo v mokrých mezi-skladech. Bezpečnější by bylo přesunout vyhořelé jaderné palivo do suchých skladů v samostatných zařízeních. U velké části uskladněného vyhořelého jaderného paliva ve Francii a v Nizozemsku se počítá s přepracováním. Většina ostatních evropských jaderných zemí (Belgie, Bulharsko, Německo, Maďarsko, Švédsko, Švýcarsko a jako zatím poslední i Británie) přepracování pozastavila na dobu neurčitou nebo ukončila. Ne všechny země ohlašují množství vyhořelého paliva, které je přepracováno. Ve většině případů se hlásí pouze vitrifikovaný vysokoaktivní odpad z přepracování. Totéž platí pro obrovské množství přepracovaného uranu, plutonia, středněaktivního odpadu a vyhořelého směsného oxidického paliva (MOX), jež vyžadují další rozsáhlé kapacity pro střednědobé skladování.

V Evropě dosud vzniklo zhruba 2,5 milionu m³ nízko a středněaktivního odpadu. Jedná se pouze o částečný odhad, neboť nezahrnuje údaje ze Slovenska a Ruska. Zhruba 20 % tohoto odpadu (0,5 milionu m³) je po Evropě uskladněno a čeká na konečnou likvidaci. Toto množství se stále zvětšuje a žádný způsob likvidace neexistuje. Okolo 80 % tohoto odpadu (téměř 2 miliony m³) bylo zlikvidováno. To však neznamená, že odpad je úspěšně odstraněn na dobu mnoha staletí. Například zařízení pro likvidaci odpadu v bývalém solném dole Asse II v Německu trpí neustálým přítokem podzemní vody. Zdejších 220 000 m³ směsného zlikvidovaného odpadu a soli je nutno vyzvednout, což představuje složitý a velmi nákladný úkol. Množství je nyní kvůli smísení soli a radioaktivního odpadu pětinasobné oproti původnímu objemu odpadu. Pojem „konečná likvidace“ by se proto měl používat obezřetně.

Velké množství jaderného odpadu vznikne při vyřazování jaderných zařízení z provozu. Samotné energetické reaktory v Evropě bez zahrnutí ostatních zařízení v palivovém cyklu **mohou při vyřazování z provozu vyprodukovat minimálně dalších 1,4 milionu m³ nízko a středněaktivního odpadu**. To je přitom konzervativní odhad, protože zkušeností s vyřazováním z provozu je málo. V roce 2018 bylo v Evropě v provozu 142 jaderných elektráren (údaj nezahrnuje Rusko a Slovensko).

Pokračující produkce jaderného odpadu a připravované vyřazování jaderných zařízení z provozu je stále důležitějším tématem, protože **kapacita skladovacích zařízení v Evropě se pomalu zaplňuje, především v případě vyhořelého jaderného paliva**. Například ve Finsku je již kapacita úložišť vyhořelého paliva z 93 % zaplněná. Švédské decentralizované úložiště CLAB je plné z 80 %. Ne všechny země však hlásí využití kapacit mezikladů, takže ucelený přehled není možný.

Odhaduje se, že evropské reaktory za dobu své životnosti vyprodukují celkem zhruba 6,6 milionu m³ jaderného odpadu (není zahrnuto Rusko a Slovensko). Pokud by se naskládal na jedno místo, zaplnil by fotbalové hřiště do výšky 919 metrů, což je o 90 metrů výše, než měří nejvyšší budova na světě, Burdž Chalífa v Dubaji. Ve výpočtu je zahrnut odpad z provozu, vyhořelé jaderné palivo a odpad z vyřazení reaktorů z provozu. Tento odhad i výše uvedené odhady vycházejí z konzervativních předpokladů. Skutečné množství jaderného odpadu v Evropě je pravděpodobně větší. **Největším producentem jaderného odpadu v Evropě by s podílem 30 % byla Francie, následována Spojeným královstvím (20 %), Ukrajinou (18 %) a Německem (8 %)**. Tyto čtyři země uchovávají přes 75 % veškerého jaderného odpadu v Evropě.

S výjimkou Ruska, které dosud aktivně produkuje uran, **mají Německo a Francie největší inventář jaderného odpadu z těžby uranu v Evropě.** Bývalý průmysl těžby uranu ve Francii oficiálně vyprodukoval 50 milionů tun pozůstatků po těžbě, ale nezávislí experti odhadují mnohem vyšší čísla. V bývalé Německé demokratické republice (NDR) se těžilo mnohem více uranové rudy než ve Francii. V současnosti zbytky po těžbě představují cca 32 km² průmyslových ploch, 48 výsypek s nízkoaktivní horninou o objemu 311 milionů m³ a čtyři odkaliště, v nichž se nachází celkem 160 milionů m³ radioaktivních kalů. EU v současnosti většinu uranu dováží, čímž vzniká velké množství jaderného odpadu mimo Evropu.



NÁKLADY A FINANCE

Téměř všechny vlády tvrdí, že uplatňují princip *znečišťovatel platí*, jež odpovědnost za náklady na skladování a likvidaci jaderného odpadu a nakládání s ním přenáší na provozovatele. Ve skutečnosti však **vlády princip znečišťovatel platí neuplatňují důsledně.** Většina zemí jej vymáhá pouze u vyřazování z provozu, ačkoli v některých případech vláda za vyřazování z provozu převzala odpovědnost (například u reaktorů v bývalém Východním Německu). Bulharsko, Litva a Slovensko dostávají podporu na vyřazování z provozu z EU výměnou za odstavení svých starších jaderných elektráren sovětského typu. Většina zemí princip *znečišťovatel platí* nevyvíjí u nákladů na likvidaci jaderného odpadu. V tomto případě národní správní orgány víceméně přebírají odpovědnost i ručení za dlouhodobé nakládání s odpady a jejich likvidaci. Provozovatel má však povinnost na financování dlouhodobých nákladů přispívat. Dokonce i v zemích, kde je princip *znečišťovatel platí* povinný ze zákona, se uplatňuje neúplně. Například provozovatel jaderné elektrárny finančně neručí za případné problémy vzniklé po uzavření jaderného zařízení; to platí u zařízení k likvidaci odpadů Asse II v Německu, kde vyzvednutí velkého množství odpadu hradí daňoví poplatníci.

Vlády řádně neodhadují náklady na vyřazování z provozu, skladování a likvidaci jaderného odpadu.

U všech odhadů nákladů se vyskytují zásadní nejistoty vzhledem k dlouhým časovým úsekům, nárůstům nákladů a odhadům diskontních sazeb (tempa nárůstu prostředků). Významným důvodem těchto nejistot je nedostatek zkušeností s vyřazováním z provozu a zejména s projekty likvidace odpadů. Projekty vyřazování z provozu včetně úplné demontáže, a tedy výsledných údajů, dosud dokončily pouze tři země – Spojené státy, Německo a Japonsko. K polovině roku 2019 bylo z celkem 181 odstavených energetických reaktorů ve světě zcela vyřazeno z provozu pouze 19, z nichž pouze 10 do stadia „zelené louky“. I tyto omezené zkušenosti však doprovází široké spektrum nejistoty, a to až do výše pětinasobku. Náklady na vyřazování z provozu v USA se u jednotlivých reaktorů lišily v rozmezí od 280 do 1 500 USD/kW. V Německu byl jeden reaktor vyřazen z provozu za 1 800 USD/kW a druhý za 10 500 USD/kW.

Mnoho vlád ve svých odhadech vychází ze zastaralých údajů. Řada ze zemí, o kterých zde referujeme, například Francie, Německo a USA, ve svých odhadech vychází ze studií ze 70. a 80. let minulého století, nikoli z údajů těch několika málo skutečných případů. Použitím zastaralých údajů, ve většině případů poskytovaných provozovateli, průmyslem či státními orgány, pravděpodobně dochází k podhodnocení nákladů a přehnaně optimistickým závěrům.

Mnoho vlád používá přehnaně optimistické diskontní sazby. Jedním z klíčových faktorů, jež vedou k podhodnocování nákladů vyřazování z provozu a nakládání s jaderným odpadem, je systematické používání přehnaně optimistických diskontních sazeb. Zásadním aspektem financování vyřazování z provozu a nakládání s odpady je očekávání, že finanční prostředky v čase porostou. Například v Německu se předpokládá, že prostředky ve výši 24 miliard eur vyhrazené na veškeré činnosti související s nakládáním s odpady do roku 2099 vzrostou téměř čtyřnásobně na 86 miliard eur. Uplatňované diskontní sazby se velmi různí a ne všechny země počítají s nárůstem nákladů, přestože je pravděpodobné, že porostou rychleji než obecná inflace.

K zaručení dostupnosti dostatečných finančních prostředků na vyřazování z provozu, nakládání s odpady a jejich likvidaci je nutné, aby programy financování vytvářely bezpečné podmínky pro udržení prostředků (přísně účelové financování). Je zároveň nutno zajistit, aby ukládané prostředky byly dostatečné k pokrytí skutečných nákladů. Některé státy splňují jednu z podmínek, ale ne druhou.

Mezi zeměmi panují značné rozdíly ve způsobu plánování financování nakládání s jaderným odpadem, jeho skladování a likvidace. Ne ve všech jaderných státech je povinnost externí správy prostředků na vyřazování z provozu a jejich oddělení od osoby provozovatele či držitele licence. V některých případech je vyřazování z provozu stále financováno prostřednictvím interních oddělených či omezených fondů, přestože peníze na dlouhodobé nakládání s odpady se ve většině zemí spravují externě. Financování vyřazování z provozu a skladování je složité – ve většině případů existuje v jedné zemi několik systémů financování.

Vlády vzhledem k odlišným národním přístupům ne vždy jasně definují, co vše pojem „vyřazování z provozu“ zahrnuje. Významným aspektem vyřazování z provozu je nakládání s jaderným odpadem, stejně jako nakládání s vyhořelým palivem. Do „vyřazování z provozu“ však není vždy zahrnuto obojí, takže porovnání nákladů mezi jednotlivými zeměmi je obtížné. **Procesy vyřazování z provozu, skladování a likvidace spolu úzce souvisí. Proto se jako nejvhodnější přístup k financování budoucích nákladů na tyto procesy jeví integrovaný externí oddělený a omezený fond.** Pro toto řešení se rozhodlo jen několik zemí, především Švédsko, Spojené království a Švýcarsko, ačkoli Švýcarsko má dva fondy: jeden na vyřazování z provozu a jeden na nakládání s odpady. **Žádná země dosud nezajistila veškeré financování vyřazování z provozu, skladování a likvidace svého jaderného odpadu.** S tímto zajištěním se budou muset vypořádat všechny země využívající jadernou energii.

K dnešnímu dni dosud žádná země neodhadla náklady přesně a zároveň nepokryla mezeru mezi zajištěnými finančními prostředky a odhadovanými náklady. Ve většině případů je vyčleněn pouze zlomek potřebných finančních prostředků. Například Švédsko má zatím vyčleněno finanční prostředky na vyřazování z provozu a nakládání s odpady ve výši dvou třetin odhadovaných nákladů, Spojené království na své reaktory v provozu méně než polovinu a Švýcarsko ani ne třetinu. Totéž platí u financování likvidace odpadů. Francie a USA mají vyčleněno finanční prostředky na likvidaci, jež by pokryly pouze zhruba třetinu odhadovaných nákladů. Vzhledem k tomu, že stále větší počet reaktorů se uzavírá před plánovaným termínem kvůli nepříznivým ekonomickým podmínkám, riziko nedostatečnosti finančních prostředků roste. Tyto předčasné uzavírky, schodek prostředků a rostoucí náklady některé provozovatele jaderných elektráren nutí k odkládání dalších uzavírek a vyřazování z provozu do doby, než naspoří další finance. Některé země, například USA či Japonsko, zvažují možnosti, jak by si na sebe jednotlivá zařízení mohla vydělat prostřednictvím zvýšených poplatků, dotovaných cen a prodloužení životnosti.



PŮVOD A KLASIFIKACE ODPADŮ

Definice jaderného odpadu se v jednotlivých zemích výrazně liší. Liší se tím, zda považují vyhořelé jaderné palivo a některé z jeho separovaných složek (plutonium a přepracovaný uran) za odpad, nebo za zdroj. Ve většině zemí se vyhořelé palivo a v něm obsažené plutonium považují za odpad kvůli nebezpečnosti a nákladnosti oddělování a využívání plutonia. Francie však definuje plutonium jako potenciální zdroj a přepracování vyžaduje ze zákona. Přepracováním se však problém s odpadem pouze odsouvá, stává se složitějším a prodražuje se.

Kategorizace jaderného odpadu se v jednotlivých zemích výrazně liší. V žádných dvou zemích neplatí stejný systém. Německo rozlišuje pouze odpad uvolňující teplo a ostatní. Spojené království klasifikuje

odpady na základě úrovně radioaktivity. Francie a Česká republika zohledňují jak úroveň radioaktivity, tak i dobu radioaktivního rozpadu (poločas rozpadu). Americký systém se od evropských zemí zásadně odlišuje tím, že klasifikaci odpadů staví na původu odpadu, nikoli na jeho vlastnostech.

Ohlašování množství vznikajícího jaderného odpadu se v jednotlivých zemích výrazně liší. Všechny země pravidelně zveřejňují údaje o množství produkovaného odpadu a o programech nakládání s ním. Ne všechny země však své údaje ohlašují detailně. Z oznamovaných údajů v některých případech nelze odhadnout objem odpadu (například na Slovensku). Některá národní hlášení (například nizozemské a belgické) neobsahují aktuální inventář vyhořelého jaderného paliva. Rusko neuvádí dostatek informací o klasifikaci a stavu svého inventáře jaderného odpadu.

Nejednotnost definic, kategorizace a ohlašování jaderného odpadu ztěžují sběr dat a porovnání jednotlivých zemí. V odlišnosti národních přístupů se odráží nejednotnost při nakládání s jaderným odpadem v jednotlivých zemích. To vše se děje navzdory mezinárodnímu úsilí o zavedení společných bezpečnostních zásad a o vytvoření recenzního procesu k hodnocení národních postupů. Mezinárodní agentura pro atomovou energii (MAAE) poskytuje obecný rámec pro klasifikaci jaderného odpadu. Společná úmluva o bezpečnosti při nakládání s vyhořelým jaderným palivem a o bezpečnosti při nakládání s radioaktivními odpady z roku 2001 je pro mnoho zemí základním východiskem, ale s diametrálně odlišnými postupy při realizaci. Evropská unie se svou směrnicí Euratom z roku 2011 pokusila systémy klasifikace odpadů ve svých členských zemích harmonizovat, ale pouze s omezenou úspěšností.

NEBEZPEČNOST PRO ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ A LIDSKÉ ZDRAVÍ



Jaderný odpad nese zdravotní riziko z několika důvodů. Prvním důvodem jsou uváděné zdravotní vlivy běžně vznikajících plyných a kapalných emisí z jaderných zařízení. Druhým jsou velmi vysoké celkové globální dávky ozáření při přepracování vyhořelého paliva. Třetím je potom nevyhovující a nestabilní stav většiny již vzniklého jaderného odpadu. Více než 90 % radioaktivity v jaderném odpadu obsahuje vysokoaktivní odpad

(VAO) v podobě vyhořelého jaderného paliva a vitrifikovaného odpadu z přepracování. Přesto na světě neexistuje ani jedna plně funkční lokalita pro konečnou likvidaci VAO. Přetrvávající praxe dlouhodobého skladování vyhořelého jaderného paliva v bazénech u jaderných elektráren (mokrý mezisklady) představuje významné riziko pro veřejnost a pro životní prostředí.

Zejména přepracováním vyhořelého jaderného paliva vznikají přístupnější a snáze šířitelné formy vysoce nebezpečných radioaktivních odpadů, ale i větší problémy jako například riziko šíření jaderných zbraní, riziko vysoké expozice pracovníků a veřejnosti a radioaktivní kontaminace životního prostředí.

K řádnému posouzení rizik souvisejících s jaderným odpadem a k vypracování klasifikace nebezpečnosti jsou jen omezené informace. Pouze několik zemí zveřejňuje informace o obsahu jednotlivých nuklidů v odpadu. Za sběr a zveřejňování těchto údajů jsou odpovědné v první řadě národní vlády či státní orgány. Tyto údaje jsou nezbytné k řádnému posouzení potenciální příčinné souvislosti mezi expozicí a účinky na lidské zdraví. Dosud neexistuje žádný komplexní rámec hodnocení nebezpečnosti jednotlivých radionuklidů v jaderném odpadu.

K posouzení rizik souvisejících s jaderným odpadem je nedostatek komplexních, kvalitních studií. Rizika lze vyvozovat z epidemiologických studií, které se ale vyznačují omezenou kvalitou. Některé studie například naznačují vyšší výskyt rakoviny, vzorek obyvatel nebyl ale dostatečný na to, aby se daly vyvodit statisticky významné výsledky. Menší studie lze kombinovat pomocí metaanalýz, čímž vznikají větší soubory dat, které mohou poskytovat statisticky významná zjištění. Metaanalýzy zdravotních dopadů

jaderného odpadu se však vyznačují takřka úplnou neexistencí. K posuzování rizik je dále nutné přesné měření dávek. Tato analýza celkově odhaluje podivuhodný nedostatek kvantitativních i kvalitativních informací o rizicích spojených s jaderným odpadem.

POZNÁMKA KOORDINÁTORA K METODICE A PROGNÓZE

Zpráva o jaderném odpadu ve světě (WNWR) přináší mezinárodní porovnání způsobů nakládání s jaderným odpadem v jednotlivých zemích a v hlavních rysech popisuje současný stav a historické trendy. Zaměřením na Evropu začíná zaplňovat značné mezery ve výzkumu. Mimo Evropu panuje u postupů provozovatelů a vlád k vypořádání se s problematikou jaderného odpadu ještě větší rozmanitost. Na cestě k nalezení rozumného dlouhodobého řešení těchto konkrétních problémových odpadů existují značné společenské, politické, technické a finanční výzvy.

Autoři této zprávy, první svého druhu, museli čelit řadě překážek, aby mohli představit smysluplný přehled na základě velkého objemu ucelených faktických a číselných údajů. Jednotlivé země se liší nejen svými definicemi jaderného odpadu, klasifikací jednotlivých jeho typů a způsoby vykazování množství vznikajících odpadů. Výzkum rovněž odhalil nedostatek údajů a potýkal se s jazykovými překážkami, odlišnou terminologií v různých zemích a nejednotností zdrojů dat. Kvůli všem těmto faktorům bylo posouzení velmi složité.

Aby projektový tým tyto překážky překonal a vyhnul se chybám, vypracoval speciální přístup řízení jakosti pro přispěvatele, redaktory a korektory. K jeho prvkům patřil workshop v Bruselu (únor 2019), vypracování stylistické příručky pro autory (včetně terminologie), vytvoření šablony pro národní případové studie a zavedení podrobného recenzního procesu s několika smyčkami zpětné vazby. Hrubou verzí každé kapitoly vypracoval jediný autor s konkrétní odborností v dané oblasti; někteří z autorů zpracovali více než jednu kapitolu. K zajištění vysoce kvalitního redakčního procesu však nejsou kapitoly přisouzeny jednotlivým autorům. Pracovní verze každé kapitoly prošla čtyřstupňovým recenzním procesem:

- počáteční redigování šéfredaktorem a dvěma dalšími členy projektového týmu
- křížová recenze kapitol šéfredaktorem
- celková recenze celého textu šéfredaktorem, třemi dalšími členy projektového týmu a dvěma externími korektory
- a závěrečná recenze k vytvoření manažerského shrnutí

Vypracování zprávy představovalo ohromný úkol pro více než tucet expertů v tomto oboru po dobu jednoho a půl roku. Díky tomuto procesu se kvalita textu časem výrazně zlepšila. Autoři, redaktori i korektori se maximálně zasadili o ověření a překontrolování všech fakt. Ani tento intenzivní proces však nezaručuje, že zpráva neobsahuje chyby. Pokud je obsahuje, budeme vděční za opravy a návrhy k [zlepšení](mailto:info@worldnuclearwastereport.org) (info@worldnuclearwastereport.org).

Cílem tohoto prvního vydání zprávy **WNWR** je položit základy pro další výzkum dané problematiky. Objevily se nové otázky, z nichž některým by se mělo věnovat příští vydání této zprávy, například rizika, jež představuje prodlužování nevhodného dočasného skladování, a rizika blížícího se nedostatku kapacity meziskladů, šíření jaderných zbraní, hrozby terorismu a další bezpečnostní otázky při hodnocení rizik jaderné energie, postupy při těžbě uranu, uvolňování frakcí odpadu volným měřením a role účasti veřejnosti v procesech výběru lokalit. Další vydání by též mohlo rozšířit svůj geografický záběr o další jaderné země. Patří k nim Kanada, Čína, Finsko, Japonsko, Rusko, Jižní Korea, Španělsko a Ukrajina.



PŘÍPADOVÁ STUDIE: ČESKÁ REPUBLIKA

PŘEHLED

Historie českého jaderného sektoru sahá do 40. let 20. století. Československo bylo v dobách komunismu kvůli ložiskům uranové rudy významným producentem uranu pro Východní blok. Od roku 1946 do roku 2016, kdy byl uzavřen poslední důl, bylo vytěženo přes 112 000 tun uranové rudy.¹ V zemi se stále nachází minimálně 119 000 tun těžitelných zásob uranu. Existují plány na obnovení těžby, pokud by se v budoucnu stala nákladově efektivní.

Československo zpracovávalo uran do podoby žlutého koláče, přičemž další zpracování probíhalo v Sovětském svazu. Chemická úprava uranových rud v Dolní Rožínce je dodnes v provozu, ačkoli zpracovává pouze zbytkový uran získaný při sanacích.

Provoz první jaderné elektrárny v Dukovanech byl zahájen v letech 1985–87. Sestává ze čtyř těžkovodních reaktorů (PWR) sovětského typu VVER 440 o celkovém výkonu 2 040 megawattů (MW). Předpokládá se provoz elektrárny do roku 2035–37, ale uvažuje se o jeho prodloužení. Součástí jaderné elektrárny Temelín jsou dva reaktory VVER 1000, které byly spuštěny v letech 2000–02, každý o výkonu 1 055 MW. Dále existují dva výzkumné reaktory, LVR-15 a LR-0 v Ústavu jaderného výzkumu v Řeži a jeden školní reaktor, VR-1, na Českém vysokém učení technickém v Praze.

České jaderné elektrárny v roce 2018 vyrobily 28,2 TWh elektřiny, což byla třetina celkově vyrobené elektrické energie.² Státní energetická politika České republiky si klade za cíl postavit do roku 2040 minimálně dva další jaderné reaktory.³

SYSTÉM KLASIFIKACE ODPADU

Český systém klasifikace odpadu odpovídá doporučením MAAE. Nejnovější legislativa se zabývá kategorizací odpadu pouze velmi obecně.⁴ Tuhý odpad se klasifikuje na základě způsobu jeho uložení:⁵

- Přechodně aktivní odpad, který po skladování po dobu nejvýše 5 let vykazuje aktivitu nižší, než jsou uvolňovací úrovně.
- Velmi nízkoaktivní odpad (VNAO), jehož aktivita je vyšší než aktivita přechodného radioaktivního odpadu, ale nevyžaduje speciální opatření při uložení.
- Nízkoaktivní odpad (NAO), jehož aktivita je vyšší, než jsou uvolňovací úrovně, ale který současně obsahuje omezené množství dlouhodobých radionuklidů.

¹ NEA a MAAE 2018, *Uranium 2018: Resources, Production and Demand*, cit. 29. května 2019, <https://www.oecd-nea.org/ndd/pubs/2018/7413-uranium-2018.pdf>

² Energetický regulační úřad ČR 2019, *Čtvrtletní zpráva o provozu ES ČR, 2018*, cit. 29. května 2019, http://www.eru.cz/documents/10540/4580207/Ctvrtletni_zprava_2018_IV_Q.pdf/f47bc2a0-05e3-4402-a1db-5b6e2b0a44a4

³ Vláda České republiky 2015, *State Energy Policy*, cit. 29. května 2019, https://www.mpo.cz/assets/en/energy/state-energy-policy/2017/11/State-Energy-Policy-_2015__EN.pdf

⁴ Vláda České republiky 2016, *Decree No. 377/2016 Coll., on the requirements for the safe management of radioactive waste and on the decommissioning of nuclear installations or category III or IV workplaces*, cit. 29. května 2019, https://www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/legislativa/vyhlasaky/377_Radioactive_Waste.pdf

⁵ Vláda České republiky 2016, *Decree No. 422/2016 Coll., on radiation protection and security of a radioactive source*, cit. 29. května 2019, https://www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/legislativa/vyhlasaky/422_Radiation_safety_fin.pdf

- Středněaktivní odpad (SAO), který obsahuje významné množství dlouhodobých radionuklidů, a proto vyžaduje vyšší stupeň izolace od okolního prostředí než nízkoaktivní odpad.
- Vysokoaktivní odpad (VAO), u něhož musí být při skladování a ukládání zohledněno uvolňování tepla z přeměny v něm obsažených radionuklidů; po zpracování a úpravě musí tento odpad splňovat podmínky přijatelnosti a musí být uložen do hlubinného úložiště radioaktivního odpadu umístěného v hloubkách řádově několik set metrů pod zemským povrchem.

MNOŽSTVÍ ODPADU

Česká republika má největší objem jaderného odpadu ze všech novějších členských zemí EU. V dobách komunismu se vyhořelé jaderné palivo vracelo dodavateli, jímž byl Sovětský svaz. Rusko však již od začátku 90. let vrácený jaderný odpad nepřijímá. Provozovatel českých jaderných elektráren, firma ČEZ, ve svých elektrárnách zbudovala suché mezisklady, v nichž skladuje vyhořelé palivo po vyjmutí z chladicích bazénů. Dva suché mezisklady jsou v Dukovanech a jeden v Temelíně, jejich celková kapacita je 3 310 tun vyhořelého paliva.

Česká vláda pravidelně zveřejňuje evidenci radioaktivního odpadu. Níže uvedené údaje pocházejí z nejnovější evidence, která zahrnuje objem odpadů a jejich aktivitu ke dni 31. prosince 2016.

TABULKA 9: Jaderný odpad v České republice ke dni 31. prosince 2016

Typ odpadu	Typ skladování	Skladovací lokalita	Množství
VJP (VAO)	Mezisklad (suchý)	Dukovany a Temelín	1 174 tHM
	Bazény (mokrý)	Dukovany a Temelín	654 tHM
NSAO KAPALNÝ	Skladovací nádrže u reaktorů	Dukovany a Temelín	1 439 m ³
NSAO TUHÝ	Skladovací nádrže u reaktorů	Dukovany a Temelín	351,3 t
	Přípovrchové úložiště (zlikvidováno)	Dukovany	11 520 m ³
VNAO			n.a.

Zdroj: Zpráva Státního úřadu pro jadernou bezpečnost pro EURATOM 2018

Nízko a středněaktivní odpad vznikající v jaderných elektrárnách a výzkumných reaktorech se většinou řeší na místě; kapalný odpad se zalévá buď do bitumenů, nebo do polymerů, zatímco tuhý odpad se buď zhutňuje, nebo nejprve spaluje a poté zhutňuje do 200litrových nádob. Středněaktivní odpad nehodící se k okamžitému uložení se skladuje a ukládá v hlubinném úložišti.

Vláda odhaduje, že po 40 letech provozu elektráren Dukovany a Temelín vznikne téměř 3 500 tun vyhořelého paliva.⁶ Každým dalším rokem provozu by vzniklo dalších 35 tun odpadu z Dukovan a 36 z Temelína. Pokud by došlo k výstavbě tří dalších reaktorů, bylo by v polovině 22. století nutno uložit téměř 10 000 tun vyhořelého paliva. Kromě vyhořelého paliva by úložiště muselo přijmout i 4 200 tun odpadu z jaderných elektráren vyřazených z provozu, 140 tun odpadu z provozu a 84 tun ostatních odpadů.

⁶ Vláda České republiky 2017, „Koncepce nakládání s radioaktivními odpady a vyhořelým jaderným palivem v České republice“, 29. listopadu, cit. 29. května 2019, <https://www.mpo.cz/assets/cz/energetika/strategicke-a-koncepcni-dokumenty/2017/12/Koncepce-nakladani-s-RaO-a-VJP-v-CR.pdf>

mezi místními samosprávami a ústředními správními orgány. Platforma proti hlubinnému úložišti, mezi jejímiž členy je 32 měst a obcí a 14 sdružení, tyto plány odmítá.¹¹ Geologické plánování má v důsledku toho mnohaleté zpoždění. Uvažuje se o nových lokalitách, v nichž je menší pravděpodobnost odporu veřejnosti, ale možná horší geologické poměry. SÚRAO k roku 2019 uvažuje o devíti potenciálních lokalitách.¹²

Vhodnost zvolené lokality má být potvrzena do roku 2025, což vypadá optimisticky. V roce 2030 by měla začít výstavba podzemní laboratoře a poté by po roce 2050 měly začít práce na úložišti. Cílovým rokem zahájení provozu je 2065.

NÁKLADY A FINANCOVÁNÍ

Prvním atomovým zákonem byl zřízen státní „jaderný účet“ spravovaný Ministerstvem financí. Finanční prostředky na účtu jsou vyhrazeny na nakládání s jaderným odpadem, včetně vývoje, provozu a uzavření hlubinného úložiště v budoucnosti. Hlavním zdrojem příjmů jsou poplatky placené původci jaderného odpadu. Uplatňuje se tudíž princip *znečišťovatel platí*. V roce 2018 bylo na účtu 26,9 miliardy korun (1,24 miliardy USD).¹³ Zákon stanoví poplatek ve výši 55 Kč (cca 2,53 dolaru) za každou vyrobenou MWh elektřiny v jaderné elektrárně a 30 Kč (cca 1,38 dolaru) za každou vyrobenou MWh tepla ve výzkumném reaktoru. Ostatní původci jaderného odpadu musí platit jednorázový poplatek pokrývající náklady.¹⁴

Česká vláda vypočítala náklady na uložení nízko a středněaktivního odpadu na 4,57 miliardy Kč (210 milionů USD) a náklady na uložení vyhořelého jaderného paliva a vysokoaktivního odpadu na 111,4 miliardy Kč (5,13 mld. USD); skladování platí ČEZ ze svých provozních výdajů. Podle analýzy Českého vysokého učení technického tyto poplatky nebudou dostatečné k pokrytí skutečných budoucích nákladů.¹⁵

Další finanční mechanismus se týká vyřazování jaderných zařízení z provozu v budoucnosti. Držitelé licencí na provoz jaderných zařízení jsou povinni budovat finanční rezervy na vyřazování z provozu a vypracovat časový harmonogram, přičemž obojí podléhá minimálně každých pět let schválení Státním úřadem pro jadernou bezpečnost. SÚRAO musí potvrzovat, že provozovatelé tyto rezervy drží na zvláštním odděleném účtu.

ČEZ každoročně odkládá 209 milionů Kč (9,6 milionu USD) na vyřazování z provozu elektrárny Dukovany. Ke dni 31. prosince 2016 bylo takto vyhrazeno 6 miliard Kč (276 milionů USD); v době uzavření elektrárny by to mělo být 22,4 miliard Kč (1 miliarda USD). Celkový rezervní fond na vyřazení z provozu elektrárny Temelín by měl činit 18,4 miliardy Kč (847 milionů USD). ČEZ měl ke dni 31. prosince 2016 vyhrazeno 2,8 miliardy Kč (129 milionů USD) a ročně odkládá stranou 198,5 milionů Kč (9,1 mil. USD).¹⁶

¹¹ Seznam členů Platformy proti hlubinnému úložišti: <http://www.platformaprotiulozisti.cz/cs/clenove-platformy/>

¹² SÚRAO webová stránka, „Probíhající výzkum“, <https://www.surao.cz/pro-verejnost/pripravovane-uloziste/probihajici-vyzkum/>

¹³ SÚRAO 2018, *Zpráva o činnosti Správy úložišť radioaktivních odpadů v roce 2017*, <https://www.surao.cz/wp-content/uploads/2019/03/zprava-o-cinnosti-2017.pdf>

¹⁴ Vláda České republiky 2017, *Nařízení vlády č. 35/2017 Sb.*, <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2017-35>

¹⁵ Knápek, J., a kol. 2017, „Updated Economic Model and Fee Calculation for the Nuclear Account for LLW/ILW and HLW/SNF”, Technical University study.

¹⁶ SÚJB 2018, *Národní zpráva ČR pro účely článku č. 14.1 Směrnice Rady 2011/70/Euratom - 2018*.

SHRNUTÍ

V oblasti nakládání s jaderným odpadem je v České republice stále nutno vyřešit několik problémů. Zodpovědnost za konečnou likvidaci odpadu převzala vláda, přičemž původci tohoto odpadu odpovídají za náklady na likvidaci, a tudíž platí poplatky na státní jaderný účet, jehož smyslem je v budoucnu zajistit v plné výši financování. Poplatky hrazené původci odpadů jsou však nedostatečné k pokrytí všech předpokládaných nákladů po vyřazení z provozu.

Podle plánů vlády by mělo být hlubinné úložiště vysokoaktivního odpadu v provozu do roku 2065. Proces výběru lokality je však zpožděný a odpor potenciálně dotčených obcí roste. Dlouho slibovaný zákon o úložišti, který by proces výběru lokality lépe definoval, zatím není k dispozici. Kritéria výběru lokality jsou neurčitá, takže reálně hrozí, že lokalita nakonec bude vybrána nikoli na základě dlouhodobé bezpečnosti, ale podle ochoty některé obce tolerovat úložiště ve svém katastru. Dlouhodobé skladování vyhořelého paliva je možnost, o které se dosud nediskutuje.

Nakládání s nízko a středněaktivním odpadem je naproti tomu poměrně kvalitní. Brzy dojde k uzavření úložiště v Jáchymově, které je prakticky naplněno. SÚRAO bude provozovat dvě úložiště, tedy úložiště Richard pro institucionální radioaktivní odpad a především úložiště Dukovany pro nízko a středněaktivní odpad z jaderných elektráren.

TIRÁŽ

Vydáno pod licencí Creative Commons:

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0>. Uveďte původ — Je Vaší povinností uvést autorství, poskytnout s dílem odkaz na licenci a vyznačit Vámi provedené změny. Toho můžete docílit jakýmkoli rozumným způsobem, nicméně nikdy ne způsobem naznačujícím, že by poskytovatel licence schvaloval nebo podporoval Vás nebo Váš způsob užití díla. Neužívejte dílo komerčně — Je zakázáno užívat dílo pro komerční účely. Nezasahujte do díla — Pokud dílo zpracujete, zpracujete s jinými díly, doplníte nebo jinak změníte, nesmíte toto upravené dílo dále šířit.

ZPRÁVA O JADERNÉM ODPADU VE SVĚTĚ – ZAMĚŘENO NA EVROPU

Listopad 2019

PŘISPĚVATELÉ:

Manon Besnard, Marcos Buser, Ian Fairlie, Gordon MacKerron, Allison Macfarlane, Eszter Matyas, Yves Marignac, Edvard Sequens, Johan Swahn a Ben Wealer.

PROJEKTOVÝ TÝM:

Rebecca Harms, Mycle Schneider, Gordon MacKerron, Wolfgang Neumann, Anna Turmann a Arne Jungjohann.

ŠÉFREDAKTOR:

Arne Jungjohann

PARTNEŘI A SPONZOŘI:

Altner-Combecher Stiftung, Bäuerliche Notgemeinschaft Trebel, Bund für Umwelt und Naturschutz (BUND), Bürgerinitiative Umweltschutz Lüchow-Dannenberg e.V., Climate Core a skupina poslanců za Zelené/EFA v Evropském parlamentu, nadace Heinrich-Böll-Stiftung (HBS) a její kanceláře v Berlíně, Bruselu, Paříži, Praze a Washingtonu DC, KLAR! Schweiz, Annette a Wolf Römig a Swiss Energy Foundation.

DESIGN:

Agentura pro obnovitelné zdroje energie, Andra Kradolfer

TITULNÍ FOTO:

Sean Gallup/Getty Images News

Fotografie ukazuje kontejnery typu Castor naplněné vysoce radioaktivním odpadem z jaderných elektráren vyřazených z provozu u meziskladu Zwischenlager Nord v německém Lubminu dne 8. června 2011.

Tato publikace je ke stažení na WWW.WORLDNUCLEARWASTEREPORT.ORG



www.WorldNuclearWasteReport.org

Celá studie je k dispozici na:

www.cz.boell.org/zprava-o-jadernem-odpadu