

### [Akceptuje](#)

W ramach naszej witryny stosujemy pliki cookies w celu świadczenia państwu usług na najwyższym poziomie, w tym w sposób dostosowany do indywidualnych potrzeb. Korzystanie z witryny bez zmiany ustawień dotyczących cookies oznacza, że będą one zamieszczone w Państwa urządzeniu końcowym. Możecie Państwo dokonać w każdym czasie zmiany ustawień dotyczących cookies. Więcej szczegółów w naszej [Polityce Prywatności](#)

[Portal](#) [Informacje](#) [Katalog firm](#) [Praca](#) [Szkozenia](#) [Wydarzenia](#) [Porównania międzylaboratoryjne](#)  
[Kontakt](#)



**[Laboratoria](#)**  
**[.net](#)**  
**[Innowacje](#)**  
**[Nauka](#)**  
**[Technologie](#)**

[Logowanie](#) [Rejestracja](#) [pl](#)

Newsletter

zapisz się



- [Nowe technologie](#)
- [Felieton](#)
- [Tygodnik "Nature"](#)
- [Edukacja](#)
- [Artykuły](#)
- [Przemysł](#)

[Strona główna](#) > [Felieton](#)

## Fiński grobowiec na odpady



Onkalo oznacza po fińsku jaskinię. Tak właśnie nazwano miejsce, do którego za kilka lat trafi wypalone paliwo jądrowe z fińskich elektrowni atomowych. Będzie to pierwsze takie składowisko na świecie. Ulokowane zostanie na głębokości 420 m pod bałtycką wyspą Olkiluoto. Na tym porośniętym tajgą skrawku lądu pracują dwa reaktory atomowe zbudowane 40 lat temu; jest też trzeci reaktor, najnowszy, którego budowa ciągnie się od ponad dekady, a jej końca nie widać. W odległości kilometra od reaktorów, oddzielony od nich lasem świerkowym, znajduje się jeszcze jeden plac budowy. Kluczowym elementem na nim jest wjazd do pięciokilometrowego tunelu wydrążonego w prastarych, liczących prawie 2 mld lat skałach. To droga do przyszłego podziemnego składowiska, które docelowo będzie liczyć 137 tuneli o łącznej długości 37 km. Do tuneli trafią kanistry z wypalonymi prętami paliwowymi. Upłyną tysiące, a potem dziesiątki tysięcy lat, a one nadal będą tam tkwiły. Tak właśnie człowiek próbuje się uchronić przed zagrożeniem, które sam wytworzył.

Reaktory atomowe produkują trzy rodzaje odpadów promieniotwórczych - o niskiej, średniej i wysokiej aktywności. Najgroźniejsze są te ostatnie, które jeszcze przez wiele tysięcy lat będą emitowały zabójcze dla człowieka dawki promieniowania jonizującego. Głównym takim odpadem są wypalone pręty paliwowe. Elektrownia o mocy 1000 MW dostarcza co roku ok. 27 t takich prętów - w skali globu jest to obecnie 12 tys. t. W ciągu minionych sześciu dekad energetyka jądrowa obdarowała nas łącznie mniej więcej 250 tys. t wysokoaktywnych odpadów. Za kolejne sześć dekad zbliżymy się do miliona ton, zakładając obecne tempo produkcji.

Co zrobić z tym brzemieniem, które ciążyć nam będzie coraz bardziej? Na razie najgroźniejsze odpady przechowuje się w tymczasowych składowiskach na powierzchni ziemi lub płytko pod nią. Zużyte pręty często trzyma się na dnie głębokich basenów - woda chłodzi je i zarazem pochłania promieniowanie. Taka sytuacja nie może jednak trwać wiecznie. Odpady pozostaną groźne jeszcze przez wiele tysięcy lat. W końcu trzeba będzie coś z nimi zrobić. Uświadomiono to sobie dopiero pod koniec lat 70., złotej ery energetyki jądrowej, kiedy zaczęło szybko przybywać reaktorów, a wraz z nimi - radioaktywnych odpadów. Niektórzy chcieli je wystrzelić w kosmos, inni - ukryć w głębinach oceanicznych lub pod lądolodem Antarktydy. Grupa geofizyków wskazała na rowy oceaniczne, w których jedna płyta tektoniczna wsuwa się pod drugą i nurkuje w głąb planety. Zaproponowano wykonanie odwiertów i umieszczenie na ich dnie kapsuł z wypalonym paliwem, które następnie zostałyby wciągnięte do wnętrza globu. Wszystkie te koncepcje były albo ryzykowne, albo niewykonalne. W końcu ostał się jeden pomysł. Polegał na umieszczeniu silnie radioaktywnych odpadów w skałach głęboko pod ziemią. To jedyny poważnie analizowany scenariusz. Jego testowanie trwa już 40 lat, czyli znacznie dłużej, niż trwało zbudowanie pierwszej bomby atomowej, a potem pierwszej elektrowni jądrowej.

Szwedzi dają przykład

Jako jedni z pierwszych zaczęli sprawdzać możliwość umieszczania odpadów wewnątrz warstw skalnych, wybierając na miejsce eksperymentów dawną kopalnię żelaza Stripa, po której pozostała sieć tuneli schodzących na głębokość 440 m. Badania prowadzili tam w latach 1976-1992 najpierw sami, potem wspólnie z naukowcami z USA, Wielkiej Brytanii, Francji, Japonii, Kanady i kilku innych krajów, w tym także Finlandii. Głównie zajmowano się obserwacją wędrówek wód gruntowych, by zobaczyć, jakie są szanse ucieczki odpadów radioaktywnych z takich głębokich skalnych magazynów. Równolegle na bałtyckiej wyspie Äspö, znajdującej się ok. 200 km na południe od Sztokholmu, Szwedzi rozpoczęli budowę niezwyklego podziemnego obserwatorium naukowego. Wybrali to miejsce, bo mieli tu dostęp zarówno do skał nieprzepuszczalnych, jak i silnie spękanych. Mogli więc równocześnie testować zarówno scenariusz idealny, jak i niekorzystny. Ten drugi polega albo na dostaniu się wód krążących w szczelinach skalnych do materiału rozszczepialnego i wyniesieniu go na powierzchnię, albo na dobraniu się do niego mikroorganizmów. Odkrycia z ostatnich lat dowiodły bowiem, że wewnątrz skał może się znajdować pokaźnych rozmiarów biosfera. Mikroorganizmy, a nawet maleńkie wielokomórkowce potrafią przetrwać na głębokości wielu kilometrów, a niektóre z nich całkiem nieźle znoszą wysokie dawki promieniowania jonizującego.

W Äspö nawiercono pionowy szyb windy o głębokości 450 m, a następnie drugi szyb spiralny dla pojazdów. Badania na dole ruszyły w połowie lat 90. Prowadzono eksperymenty geofizyczne i obserwacje mikrobiologiczne. W specjalnych komorach skalnych trwały testy prototypowych pojemników na odpady promieniotwórcze. Wszystkie te analizy dekadę później doprowadziły szwedzkich badaczy do wniosku, że radioaktywny balast da się bezpiecznie umieścić pod ziemią, ale pod warunkiem zastosowania zaproponowanej przez nich metody magazynowania.

Zamysł Szwedów polega na wykorzystaniu potrójnego systemu osłon. Pierwszą osłonę stanowi żeliwny korpus w miedzianej osłonie. Wypalone pręty są umieszczane w środku żeliwnego kanistra o średnicy ok. 1 m i długości 5 m. Następnie cały ten cylinder, ważący łącznie 25 t, jest wsuwany do pionowej komory nawierconej w podłodze tunelu. Kolejny etap polega na wypełnieniu gliną bentonitową przestrzeni pomiędzy kanistrem a skalną ścianą schowka. Chłonący wodę bentonit stanowi drugą warstwę ochronną - ma nie dopuścić wód podziemnych do pojemnika z radioaktywną zawartością. Kiedy już wszystkie krypty w tunelu zostaną wypełnione żeliwnymi sarkofagami, zamuruje się go blokami bentonitu (Szwedzi zbudowali nawet specjalnego robota do układania takich bloków), a na koniec zaleje betonem. Następnie w skale zostanie wydrążony kolejny tunel z kryptami w podłodze.

Trzecią warstwę osłonową stanowi sama skała. Dlatego musi być masywna, pozbawiona szczelin i w znikomym stopniu przepuszczalna dla wody. Podczas eksperymentów prowadzonych w Äspö w kanistrach nie było substancji radioaktywnych. Wkładano do nich elektryczne grzejniki symulujące ciepło emitowane przez odpad radioaktywny. Po upływie kilku lat zbiorniki wydobywano i sprawdzano, czy zaczęły korodować i czy dotarła do nich woda gruntowa. Pobierano próbki do analiz mikrobiologicznych, aby zobaczyć, czy w pobliżu kanistrów pojawiły się jakieś mikroorganizmy. W końcu uznano, że trójwarstwowa osłona powinna wytrzymać co najmniej kilkadziesiąt tysięcy lat.

Autor: Andrzej Hołdys

[Więcej w miesięczniku „Wiedza i Życie” nr 04/2018 »](http://laboratoria.net/felieton/28283.html) <http://laboratoria.net/felieton/28283.html>

**Informacje dnia:** [Jak poradzić sobie z końcem wakacji? Zalecenia w sprawie mpox są racjonalne i adekwatne](#) [Przydatność organów do przeszczepu](#) [Naukowcy zbadali, jak powstają nowe słowa w mediach społecznościowych](#) [Telefony komórkowe nie powodują nowotworów mózgu](#) [Ryzyko zawału i udaru mózgu u kobiet](#) [Jak poradzić sobie z końcem wakacji? Zalecenia w sprawie mpox są racjonalne i adekwatne](#) [Przydatność organów do przeszczepu](#) [Naukowcy zbadali, jak powstają nowe słowa w mediach społecznościowych](#) [Telefony komórkowe nie powodują nowotworów mózgu](#) [Ryzyko zawału i](#)

[udaru mózgu u kobiet](#) [Jak poradzić sobie z końcem wakacji?](#) [Zalecenia w sprawie mpox są racjonalne i adekwatne](#) [Przydatność organów do przeszczepu](#) [Naukowcy zbadali, jak powstają nowe słowa w mediach społecznościowych](#) [Telefony komórkowe nie powodują nowotworów mózgu](#) [Ryzyko zawału i udaru mózgu u kobiet](#)

## **Partnerzy**