

Elektrownie jądrowe są dobrymi sąsiadami

Fukushima a energetyka jądrowa

JAK DZIAŁA ELEKTROWNIA JĄDROWA?

Elektrownia jądrowa działa podobnie jak inne elektrownie ciepłownicze: wytwarza prąd dzięki turbinom napędzanym przez parę wodną. Różnica polega na tym, że para powstaje podczas odbierania ciepła generowanego przez reaktor jądrowy. Źródłem ciepła jest reakcja rozszczepienia zachodząca w paliwie jądrowym umieszczonym w rdzeniu reaktora.

Paliwem stosowanym w elektrowniach jądrowych jest uran. Znajduje się w nim nieulegający rozszczepieniu uran U-238 oraz uran U-235, który rozszczepia się po uderzeniu neutronu. Aby zapewnić odpowiednią ilość uranu U-235 w paliwie, uran musi zostać sztucznie wzbogacony. Proces ten polega na zwiększeniu udziału izotopu U-235 w paliwie do 3-5%.

Paliwo jądrowe z uranem jest uformowane w cylindryczne pastylki o średnicy i wysokości około centymetra. Pastylki są umieszczone w długich metalowych rurach (koszulkach), czyli prętach paliwowych. Cyrkonowe koszulki uniemożliwiają przedostanie się gazowych produktów rozszczepienia uranu do chłodziwa, w którym pręty paliwowe będą zanurzone w rdzeniu reaktora.

Pręty paliwowe nie trafiają do rdzenia reaktora pojedynczo, lecz w specjalnych kasetach, po kilkudziesięciu sztuk w każdej. Między kasetami w rdzeniu znajdują się przestrzenie do wsuwania i wysuwania elementów konstrukcyjnych służących do kontrolowania przebiegu reakcji jądrowej. Elementy te są wykonane z węgliku boru, który silnie pochłania neutrony.

Do rozszczepienia jądra uranu U-235 dochodzi, gdy trafi w nie neutron. Powstaje wtedy niestabilne jądro uranu U-236, które rozpada się emitując promieniowanie gamma i dwa lub trzy neutrony. Produkty rozpadu poruszają się z dużymi prędkościami, czyli mają dużą energię kinetyczną. Pozbywają się jej w zderzeniach z materią w pobliżu, co prowadzi do wzrostu temperatury paliwa, prętów paliwowych i ich chłodziwa.

Neutrony uwalniane podczas rozpadu jąder w paliwie mają tak dużą prędkość, że przelatują koło jąder uranu U-235 nie powodując kolejnych rozszczepień. Aby zostały przez nie pochłonięte, muszą najpierw zostać spowolnione w wodzie.

Woda jest niezbędna dla podtrzymania reakcji łańcuchowej. Gdy wody zabraknie — lub gdy zamieni się częściowo w parę — neutrony nie zostaną spowolnione i nie spowodują rozszczepień, a moc reaktora zacznie spadać. Takie własności fizyczne mają reaktory z moderatorem wodnym, proponowane dla Polski.



PRZEBIEG WYDARZEŃ W ELEKTROWNI FUKUSHIMA I

Fukushima I należała do starej, drugiej generacji elektrowni jądrowych. W jej skład wchodziło sześć bloków jądrowych z reaktorami wodnymi wrzącymi (Boiling Water Reactor, BWR). W dniu katastrofalnego trzęsienia ziemi pracowały trzy z nich. Paliwo jądrowe z czwartego reaktora było wyładowane do pobliskiego basenu.

11 marca 2011 roku o godzinie 14:46 czasu lokalnego u wschodnich wybrzeży Japonii doszło do rekordowo silnego trzęsienia ziemi. W jego wyniku zostały zerwane wszystkie linie energetyczne zasilające układy bezpieczeństwa elektrowni Fukushima I (było ich siedem, w tym jedna w remoncie). Automatycznie uruchomiły się procedury alarmowe i wszystkie reaktory zostały wyłączone. Równocześnie podjęły pracę agregaty prądotwórcze, odpowiedzialne za zasilanie układów bezpieczeństwa odprowadzających ciepło z reaktorów. Sytuacja była pod pełną kontrolą.

Godzinę po trzęsieniu w nabrzeże przy Fukushima I uderzyło tsunami. Betonowy falochron elektrowni był przygotowany na odparcie fal o wysokości do 6,5 m. Tsunami z 11 marca było dwukrotnie wyższe. Woda przelała się i zniszczyła agregaty dieslowskie zasilające pompy, które odprowadzały ciepło powyłączeniowe z reaktora. Ocalały tylko dwa agregaty. Jeden był jednak

niezdatny do użytku z uwagi na zalaną rozdzielnię. Drugi zasilał reaktory 5 i 6 i nie udało się go przełączyć na zasilanie układów chłodzenia reaktorów 1-3. Co gorsza, tsunami zniszczyło również część baterii, które były ostatnim źródłem prądu w elektrowni.

Wskutek braku prądu układy odbierające ciepło powyłączeniowe z wyłączonych reaktorów nie działały poprawnie i rdzenie zaczęły się przegrzewać. W temperaturze powyżej 900 stopni Celsjusza cyrkon, z którego są zrobione koszulki paliwowe, zaczął reagować z wodą. W wyniku reakcji były wydzielane duże ilości wodoru, co skutkowało wzrostem ciśnienia w obudowie bezpieczeństwa.

Wodór powinien być spalany w rekombinatorach wodoru, ale w elektrowni Fukushima I wymagały one dopływu energii elektrycznej (w nowych elektrowniach działają one pasywnie, bez dopływu energii z zewnątrz). Zawartość wodoru i ciśnienie pary wewnątrz budynków reaktorów rosły. Sytuacja pogarszała się z każdą chwilą. Próby zalania rdzeni reaktorów wodą morską skończyły się niepowodzeniem. W wyniku reakcji wodoru z tlenem zawartym w powietrzu, w budynku każdego reaktora doszło w końcu do konwencjonalnego wybuchu. Żadna z eksplozji nie uszkodziła obudowy bezpieczeństwa.

Scenariusz wydarzeń prowadzących do wybuchów w reaktorach 1-3 był ten sam. Zagadką pozostawała eksplozja pozbawionego paliwa reaktora 4. Zdalnie sterowany robot, który po pewnym czasie sfilmował paliwo w basenie reaktora 4, nie wykrył żadnych śladów stopienia prętów paliwowych. Obecnie uważa się, że wodór dostał się do wnętrza budynku reaktora 4 poprzez system wentylacyjny wspólny z reaktorem 3.

Po upływie dziesięciu godzin od wyłączenia każdy reaktor w elektrowni Fukushima I wciąż generował osiem megawatów mocy cieplnej. Taka ilość ciepła wystarcza, aby w godzinę odparować tonę wody, której nie było jak uzupełniać. Poziom wody wciąż się obniżał i w końcu doszło do odsłonięcia rdzeni reaktorów 1-3. Znajdujące się w nich pręty paliwowe zaczęły się topić. Gorące paliwo spłynęło na dno zbiornika reaktora. W reaktorach 2 i 3 nie przetopiło się, jednak przez otwory technologicznie w dnie prawdopodobnie doszło do wycieków do wnętrza obudowy bezpieczeństwa. W reaktorze 1 stopione paliwo przepaliło zbiornik i trafiło do chłodzonego wodą chwytnicy rdzenia. W żadnym reaktorze stopione paliwo nie wydostało się poza obudowę bezpieczeństwa.

29 września 2011 roku poinformowano, że wszystkie trzy reaktory osiągnęły stan zimnego wyłączenia.

Według obecnych planów zarządcy elektrowni, firmy TEPCO, usuwanie wypalonego paliwa z basenów przy reaktorze 4 zacznie się od roku 2014. Stopione paliwo jądrowe, które obecnie stygnie wewnątrz obudów bezpieczeństwa reaktorów 1-3 (obecnie przykrytych dodatkowymi konstrukcjami) będzie można usunąć dopiero po roku 2021. Całkowita rozbiórka elektrowni Fukushima I zajmie co najmniej 30 lat.

SKUTKI AWARII W ELEKTROWNI FUKUSHIMA I

Oddziaływanie promieniowania jonizującego na organizmy żywe mierzy się w jednostkach nazywanych siwertami (Sv). W Polsce średnia roczna dawka promieniowania pochodzącego ze źródeł naturalnych wynosi 2,4 milisiwerta (mSv). Podczas prześwietlenia rentgenowskiego otrzymujemy dawkę 0,7 mSv, a roczny pobyt w niewietrzonej domu na podłożu granitowym wiąże się z przyjęciem dawki 20 mSv. W irańskim mieście Ramsar (ponad 30 tys. mieszkańców) roczna dawka naturalna to 300 mSv.

Promieniowanie w bezpośrednim sąsiedztwie elektrowni jądrowej zwiększa dawkę roczną o mniej niż 0,001 mSv.

Wskutek promieniowania jonizującego uwolnionego podczas wypadku w elektrowni Fukushima I nikt nie zginął. Wydarzenie jest więc klasyfikowane nie jako katastrofa (ta musi skutkować śmiercią co najmniej sześciu osób), lecz jako poważny wypadek przemysłowy.

W energetyce jądrowej zawsze najważniejsza jest ochrona zdrowia i życia ludzkiego. Dlatego zaraz po awarii w Fukushimie zarządzono ewakuację w 20-kilometrowej strefie wokół elektrowni, a następnie rozszerzono ją do 30 km. Wśród 220 tys. osób z terenów skażonych nie stwierdzono ani jednego przypadku uszczerbku na zdrowiu wywołanego promieniowaniem jonizującym.

Dzieci w okolicy Fukushimy nie są zagrożone. W grupie 11 dzieci, które otrzymały największe dawki promieniowania, dawki na tarczycę wynosiły od 5 do 35 mSv, co odpowiada dawce na całe ciało od 0,2 do 1,4 mSv. Międzynarodowa Agencja Energii Atomowej zaleca podawanie stabilnego jodu przy dawce na tarczycę powyżej 50 mSv. Dla porównania: według przepisów stosowanych w USA dawka po awarii na granicy strefy wyłączenia nie powinna przekraczać 3000 mSv na tarczycę. W Polsce zgodnie z Rozporządzeniem Rady Ministrów z 2004 roku zaleca się podanie preparatów ze stabilnym jodem, jeżeli u dowolnej osoby z zagrożonego terenu zachodzi możliwość otrzymania na tarczycę dawki pochłoniętej równej co najmniej 100 mSv. Przy mniejszych dawkach

żadne działania interwencyjne nie są potrzebne. Z danych wynika więc, że mimo chwilowych wzrostów promieniowania podczas awarii w Fukushima, ostateczne skutki radiologiczne awarii są pomijalnie małe.

Rejestrowana poza elektrownią moc promieniowania kilkukrotnie wzrosła ponad dopuszczalne normami dawki roczne. Wzrosty te nigdy nie trwały dłużej niż dzień i dlatego nie miały wpływu na zdrowie ludności. Aby stanowiły zagrożenie, powinny utrzymywać się na poziomie przekraczającym normę przez rok.

Pierwsi mieszkańcy wrócili do strefy ewakuacji między 30. a 20. km od elektrowni już po sześciu miesiącach od awarii.

Największe skażenie na obszarach poza elektrownią Fukushima I dochodzi obecnie do 20 mSv w skali roku. Tereny skażone są poddawane dekontaminacji, polegającej na usunięciu wierzchniej warstwy gleby, pyłu oraz gruzów. Celem dekontaminacji jest obniżenie długoterminowej dodatkowej dawki rocznej poniżej 1 mSv.

Japońska Komisja Energii Atomowej oszacowała, że nawet po uwzględnieniu kosztów wydarzeń związanych z trzęsieniem ziemi i tsunami, w tym kosztów ewakuacji, odszkodowań i likwidacji elektrowni Fukushima I, energetyka jądrowa pozostaje najtańszym źródłem energii w Japonii.

Należy podkreślić, że skażenie produktami rozszczepienia z biegiem czasu maleje, ponieważ każdy atom po wyemitowaniu promieniowania przestaje być promieniotwórczy. Dlatego z czasem skażenie promieniotwórcze samoczynnie spada niemal do zera. W przypadku skażeń chemicznych zanieczyszczenia często się nie rozkładają i jeśli nie zostaną zutylizowane, mogą być śmiertelne nawet przez miliony lat.

BEZPIECZEŃSTWO ELEKTROWNI JĄDROWYCH

Elektrownia jądrowa nie może wybuchnąć jak bomba atomowa — nie pozwala jej na to sama fizyka. Aby doszło do wybuchu nuklearnego, zawartość uranu U-235 w materiale rozszczepialnym bomby jest sztucznie podnoszona w trudnym i skomplikowanym procesie technologicznym do ponad 90% (w paliwie do elektrowni jest go zaledwie 3-5%). W głowicach jądrowych mocno wzbogacony uran trzeba jeszcze przed właściwą eksplozją odpowiednio ścisnąć za pomocą konwencjonalnego ładunku wybuchowego. Warunki te nigdy nie wystąpią w żadnej elektrowni jądrowej.

Wszystkie współczesne elektrownie jądrowe są tak zaprojektowane, aby w przypadku awarii moc reaktora zawsze malała, a systemy zabezpieczeń samoczynnie przełączały się w konfiguracje gwarantujące bezpieczeństwo całej instalacji.

Odczyty kluczowych parametrów reaktora, takich jak temperatura rdzenia czy ciśnienie pary, są dokonywane przez przynajmniej trzy czujniki działające według różnych zasad fizycznych. Za poprawną uznaje się wartość wskazywaną przez co najmniej dwa czujniki.

W elektrowni jądrowej do największych skażeń dochodzi wskutek stopienia prętów paliwowych w rdzeniu reaktora. Sytuacja ta może zaistnieć, gdy reakcje rozszczepienia przebiegają za szybko lub gdy występują problemy z odbiorem ciepła generowanego przez reaktor.

Tempo reakcji rozszczepienia zależy od liczby neutronów. Kontroluje się ją wsuwając do rdzenia lub z niego wysuwając stalowe pręty z węglikiem boru, substancją silnie pochłaniającą neutrony. W reaktorach z wodą pod ciśnieniem pręty kontrolne są zawieszane za pomocą elektromagnesów. Gdy znika zasilanie, opadają do wnętrza rdzenia pod wpływem grawitacji, która działa zawsze i wszędzie. Rdzeń zostaje w ten sposób wyłączony.

Wzrost temperatury w rdzeniu nowoczesnego reaktora prowadzi do podgrzania wody i powstania pary. Para znacznie gorzej spowalnia neutrony niż ciekła woda. W efekcie neutrony wylatują poza rdzeń nie inicjując kolejnych rozszczepień. Moc reaktora zaczyna samoczynnie maleć.

Po wyłączeniu reakcji łańcuchowej rdzeń nadal się grzeje. Aby nie doszło do jego przegrzania, ciepło powyłączeniowe musi być dalej sprawnie odprowadzane. Aktywne i pasywne układy zabezpieczające, odpowiedzialne za to zadanie, są powielone nierzadko trzy, a nawet cztery razy.

Aktywne układy bezpieczeństwa to przede wszystkim zespoły pomp. Dostarczają one wodę ze zbiorników zapasowych, w ilości gwarantującej całkowite zanurzenie rdzenia. Pompy są zasilane przez kilka linii energetycznych z konwencjonalnej elektrowni. Jeśli linie ulegną awarii, zasilanie przejmuje kilka dieslowskich awaryjnych generatorów prądu, chronionych przed zagrożeniami zewnętrznymi. Jeśli i one zawiodą, do elektrowni można podłączyć mobilne generatory prądu, które zapewnią dalsze zasilanie. Pozwala to utrzymywać chłodzenie do czasu, aż generowanie ciepła nie zmaleje do wielkości bliskich zera.

Pasywne układy bezpieczeństwa w układzie chłodzenia działają dzięki naturalnym zjawiskom

fizycznym i nie wymagają akcji ze strony operatora. Przykładowo, w obiegu pierwotnym reaktora ciśnienie wody jest wyższe niż w awaryjnych zbiornikach z wodą. Jeśli wskutek awarii ciśnienie w obiegu pierwotnym spadnie, zawory zwrotne między obiegiem pierwotnym a zbiornikami otworzą się samoczynnie i rdzeń zostanie zalany wodą.

Podczas najgorszej katastrofy — stopienia rdzenia — gorący materiał promieniotwórczy opada na dno zbiornika z wodą. Nawet jeśli się przez nie przetopi, trafi do chwytacza rdzenia. Jest to specjalnie przygotowany podziemny zbiornik z żaroodpornych materiałów, chłodzony wodą. Jego konstrukcja gwarantuje, że stopiony materiał promieniotwórczy nie przedostanie się do środowiska. Pozostanie w chwytaczu, gdzie z czasem się schłodzi i zostanie usunięty.

Nowoczesne reaktory oraz ich budynki z kluczowymi układami zabezpieczającymi są otoczone podwójnymi obudowami bezpieczeństwa. Obudowy składają się z dwóch kopuł o ścianach ze zbrojonego betonu, każda grubości około półtora metra. Kopuły te są w stanie wytrzymać uderzenie dużego samolotu wypełnionego paliwem.

Gdy dochodzi do przegrzania rdzenia, cyrkon koszulek paliwowych zaczyna reagować z wodą. Produktem reakcji są duże ilości wodoru, który łącząc się z tlenem zawartym w powietrzu mógłby doprowadzić do eksplozji. W celu zapobieżenia takim sytuacjom, wewnątrz obudowy reaktora instaluje się obecnie pasywne systemy spalające wodór do pary wodnej.

Obudowy bezpieczeństwa nowoczesnych reaktorów są wyposażone w pasywne systemy chłodzenia oraz w systemy kontrolowanego uwalniania nadmiaru gazów do atmosfery. Przed uwolnieniem gazów układy filtrów usuwają z nich większość substancji promieniotwórczych. Kontrolowane uwolnienia są tak niewielkie, że nawet w przypadku najcięższych awarii nie wymagają podjęcia działań poza elektrownią.

Szacuje się, że w nowoczesnej elektrowni jądrowej do stopienia rdzenia może dojść raz na 100 tys. lat pracy reaktora, a do niekontrolowanego uwolnienia materiałów promieniotwórczych do atmosfery — zaledwie raz na milion lat pracy reaktora.

ELEKTROWNIE JĄDROWE SĄ DOBRZYMI SĄSIADAMI

Wywiad z prof. nzw. dr. inż. Andrzejem Strupczewskim, rzecznikiem do spraw energetyki jądrowej Narodowego Centrum Badań Jądrowych w Swierku.

Gdyby na terenie Polski wybudować elektrownię jak w Fukushima, czy mogłoby w niej dojść do podobnej awarii co w Japonii?

Awaria w Japonii była wywołana potężnym trzęsieniem ziemi połączonym z falą tsunami wysokości 15 m. W Polsce nie występują żadne katastrofy naturalne o podobnej sile. Nie ma więc sposobu, w jaki można byłoby u nas w jednej chwili odciąć kilka linii energetycznych, unieruchomić kilkanaście znajdujących się w różnych miejscach generatorów diesla i unieszkodliwić zespoły baterii zasilania awaryjnego. Nawet gdybyśmy mieli starą elektrownię jądrową, drugiej generacji — a więc taką jak w Fukushima — do podobnego wypadku z pewnością by nie doszło.

Elektrownia jądrowa pracuje idealnie, procedury bezpieczeństwa działają, mimo to zawsze pozostaje ryzyko ataku terrorystycznego.

Rzeczywiście. Na przykład w 1982 roku francuska elektrownia w Creys-Malville została ostrzelana z granatnika RPG-7. Dwa z pięciu pocisków trafiły w cel. Nie wyrządziły większych szkód. Co ciekawe, znacznie później się okazało, że [autor tego zamachu](http://en.wikipedia.org/wiki/Chad%27m_Nissim) ([http://en.wikipedia.org/wiki/Chad'm_Nissim](http://en.wikipedia.org/wiki/Chad%27m_Nissim)) był w latach 80. genewskim radnym z ramienia szwajcarskiej partii zielonych...

Nasze elektrownie jądrowe będą należały do trzeciej generacji, odpornej na największe występujące zagrożenia zewnętrzne. Na przykład reaktor EPR jest tak zaprojektowany, aby wytrzymać uderzenie dużego samolotu i pożar znajdującego się w nim paliwa. Bezpieczeństwo zapewnia kopuła wokół reaktora. Składa się ona z dwóch ścian wykonanych ze zbrojonego betonu. Ściana wewnętrzna ma grubość 1,2 m, zewnętrzna — 1,8 m. Razem daje to trzy metry ciężko zbrojonego betonu. Dodatkowo obie kopuły są oddzielone w taki sposób, aby wstrząs ściany zewnętrznej, spowodowany ewentualnym uderzeniem samolotu, nie zniszczył ściany wewnętrznej.

Nie trzeba atakować samego reaktora. Wypadek w Fukushima pokazuje, że wystarczy zniszczyć układy bezpieczeństwa zapewniające jego obsługę.

W elektrowni EPR układy te znajdują się w czterech budynkach w czterech narożnikach elektrowni. Do zapewnienia bezpiecznej pracy elektrowni wystarcza, aby działał jeden z nich. Zatem terroryści musieliby uderzyć czterema samolotami jednocześnie. Konstruktorzy wzięli pod uwagę nawet tak abstrakcyjny przypadek. Dlatego dwa budynki są zabezpieczone takimi samymi kopułami bezpieczeństwa, jak te wokół reaktora. Dodam tu, że elektrownie jądrowe trzeciej generacji radzą sobie także w innych ekstremalnych sytuacjach, od trzęsienia ziemi przez brak wody do chłodzenia

reaktora po utratę zasilania elektrycznego w całej prowincji.

Czy zatem elektrownię jądrową trzeciej generacji można w ogóle zniszczyć?

Można, za pomocą broni jądrowej. Ale po takim ataku awaria elektrowni będzie najmniej istotnym problemem.

Opinia publiczna żyje w przekonaniu, że jakkolwiek wypadek w elektrowni jądrowej pociąga za sobą tysiące ofiar. Czy tak jest w rzeczywistości?

Elektrownie jądrowe są dziełem człowieka. Podlegają różnego typu uszkodzeniom, dochodzi w nich do awarii. Są jednak konstruowane w taki sposób, aby na miejsce jednego uszkodzonego elementu można było zawsze wprowadzić drugi, sprawny. Albo i trzeci. Lub nawet czwarty.

Każde odbiegające od normy wydarzenie w elektrowni jądrowej jest rejestrowane, klasyfikowane i analizowane. Najmniej istotne wydarzenia mają rangę 0, najgroźniejsze — 7. W ciągu roku w elektrowniach na całym świecie zachodzi tysiąc-półtora tysiąca wydarzeń na poziomach 0 i 1, czasami 2. Na jedną elektrownię przypadają więc rocznie dwa takie zdarzenia. Żadne z nich nie stanowi najmniejszego zagrożenia dla pracowników, a tym bardziej dla ludności.

Wydarzenia sklasyfikowane na wysokich poziomach można policzyć na palcach jednej ręki. W klasie 5 mamy tylko awarię elektrowni Three Mile Island, która doprowadziła do całkowitego zniszczenia reaktora i nie spowodowała żadnego zagrożenia dla zdrowia i życia ludzi. Fukushima została sklasyfikowana przez japoński dozór jądrowy jako wydarzenie najwyższej rangi, czyli 7. Mimo to dawki promieniowania uwolnione w czasie tej awarii nie były przyczyną żadnej śmierci, ba, nie spowodowały u nikogo zagrożenia zdrowia.

Awaria w Czarnobylu doprowadziła do kilkudziesięciu ofiar śmiertelnych...

...i jest to jedyny przypadek w historii energetyki jądrowej, kiedy ludzie tracili życie i zdrowie. Jednak Czarnobyl to nieco inna historia. Tamtejszy reaktor był wzorowany na reaktorach do produkcji plutonu do celów militarnych. Aby taka produkcja była możliwa, reaktor zmodyfikowano. Przeoczono przy tym, że po modyfikacji moc reaktora w przypadku niektórych awarii może samoczynnie wzrastać. No i w pewnym momencie wzrosła, co doprowadziło do wybuchu. Był to zwykły wybuch, wynikający z gromadzenia się ciepła powstającego wskutek pracy reaktora. Gdyby była kopia bezpieczeństwa, skutki eksplozji miałyby najprawdopodobniej charakter lokalny. Ale tam nawet nie było tej kopuły...

Podkreślę w tym miejscu, że obecnie wszystkie działające elektrownie jądrowe są tak zbudowane, że w przypadku awarii moc reaktora zawsze spada — do zera lub prawie do zera.

Wiele obaw jest związanych z przechowywaniem odpadów radioaktywnych. Ile takich odpadów wytwarza elektrownia jądrowa i co się z nimi dzieje?

Efektom pracy elektrowni jądrowej są odpady o trzech poziomach aktywności: niskiej, średniej i wysokiej. Odpady nisko- i średnioaktywne potrafimy sami składować. W Różanie od ponad pół wieku działa centrum składowania odpadów radioaktywnych z medycyny i przemysłu. Mieszkańcy są tam zdrowi, nie ma żadnych skażeń ziemi ani wody. Za 100 czy 200 lat tamtejsze odpady w ogóle przestaną być radioaktywne.

Pewnym problemem są odpady wysokoaktywne. Elektrownia o mocy 1000 megawatów potrzebuje 20 t wzbogaconego paliwa rocznie. W praktyce jest to jedna ciężarówka. Gdy paliwo się wypali, mamy tyle samo odpadów — także 20 t. Odpady te można zakopywać głęboko pod ziemią. Albo przerabiać — bo w użytym paliwie jest nadal 96% bardzo dobrego materiału rozszczepialnego. Zatem wypalone paliwo można byłoby wysłać do zakładów przerobu we Francji, Wielkiej Brytanii czy Rosji, gdzie byłoby oczyszczane i wzbogacane, a następnie ponownie wykorzystywane w elektrowni. Tak dzieje się w blisko 50 elektrowniach jądrowych na świecie. Czy podobnie będziemy postępowali w Polsce — nie wiadomo, decyzja jeszcze nie zapadła.

Dlaczego odpady wysokoaktywne przechowuje się na głębokości aż kilkuset metrów pod ziemią?

W reaktorze Maria, działającym od lat w Świerku pod Warszawą, wypalone paliwo jest dużo bardziej aktywne niż to pochodzące z reaktorów w elektrowniach jądrowych. Trzymamy je w basenie, pod warstwą wody grubości zaledwie czterech metrów. Nad brzegiem tego basenu można spokojnie spacerować, poziom promieniowania jest normalny. Skąd więc te kilkaset metrów ziemi?

Z przezorności. Odpady radioaktywne są zeszkliwione, aby nie rozpuszczały się w wodze. Są zamykane w szczelnych miedzianych pojemnikach, które nie ulegają korozji. Mimo to bierzemy pod uwagę, że jakimś cudem, po wielu setkach lat, może dojść do rozszczelnienia. W takiej sytuacji odpady dostałyby się do wody. 800 metrów bierze się stąd, że proces wypływu wody z takiej

głębokości na powierzchnię trwa ok. 100 tys. lat. Jeśli więc mimo wszystkich środków ostrożności odpady dostaną się do wody, zanim trafią na powierzchnię i tak nie będą już radioaktywne.

Skoro energetyka jądrowa ma tyle zalet, dlaczego wiele państw wycofuje się z niej na rzecz odnawialnych źródeł energii?

Odnawialne źródła energii nie działają cały czas. W nocy nie ma słońca, ogniwa przestają pracować. Wiatr może przestać wiać i elektrownia wiatrowa stoi bezużytecznie. Obecne źródła energii odnawialnej są chimeryczne. Naturalnie powinniśmy je rozwijać, ale w rozsądnych granicach. Polska przyjęła zobowiązanie, że do 2020 roku źródła te będą dostarczały 15% ogółu energii. Nie da się jednak źródłami odnawialnymi zasilać całej sieci. Dlatego wciąż potrzebujemy stabilnych źródeł energii, takich jak elektrownie jądrowe.

A dlaczego państwa wycofują się z energetyki jądrowej? Cóż, energetyka jądrowa kojarzy się ludziom z bombami atomowymi, z Hiroszimą i Nagasaki. To bardzo silny straszak. Jeśli więc gdzieś jakiś rząd zaproponuje, żeby budować elektrownie jądrowe, można być pewnym, że żadna przychylności wyborców opozycja natychmiast się przeciwstawi. Modelowym przykładem są tu Niemcy. W innych krajach — Francji, Wielkiej Brytanii, Szwecji, nie mówiąc już o USA — podobne próby są na szczęście bezskuteczne. Dlaczego? Bo tam pobudowano wiele elektrowni jądrowych, działają od lat i wszyscy wiedzą, że te instalacje są po prostu dobrymi sąsiadami.

BEZPIECZEŃSTWO ELEKTROWNI JĄDROWYCH NA TLE INNYCH DZIAŁAŃ CZŁOWIEKA

W katastrofie przeznaczonego do celów militarnych reaktora w Czarnobylu oraz podczas likwidowania jej skutków, u 134 pracowników doszło do ostrej choroby popromiennej. Wskutek napromieniowania zmarło kilkadziesiąt osób (szacunki nieco się różnią z uwagi na trudności w klasyfikowaniu przyczyn niektórych zgonów, lecz zawsze są znacznie niższe od 100).

W wypadku w elektrowni Fukushima I nikt nie zginął i nikt nie poniósł uszczerbku na zdrowiu wskutek napromieniowania.

W 1984 roku w największej na świecie katastrofie chemicznej w indyjskim mieście Bhopal wskutek uwolnienia izocyjanianu metylu zginęło ponad 3000 ludzi (według szacunków Greenpeace nawet 20 tys.), a ponad 100 000 doznało ciężkiego uszczerbku na zdrowiu (niektóre szacunki mówią nawet o pół miliona poszkodowanych).

Żaden rolnik nie żąda z tego powodu zamykania fabryk pestycydów.

W 2010 roku w Zatoce Meksykańskiej doszło do eksplozji platformy wiertniczej koncernu BP. W wybuchu zginęło 11 osób, do oceanu dostało się niemal milion ton ropy naftowej, a skażony obszar miał powierzchnię 75 tys. km² (1/4 terenu Polski). Na 230 tys. km² oceanu (3/4 terenu Polski) trzeba było wprowadzić całkowity zakaz połowów.

Każdy kierowca nadal chce jak najwięcej jak najtańszego paliwa.

W jednym tygodniu w wypadkach samochodowych w samej Polsce ginie mniej więcej tyle osób, ile w katastrofie militarnego reaktora w Czarnobylu. Szacuje się, że od chwili wynalezienia samochodu łączna liczba ofiar wypadków drogowych przekroczyła 25 milionów.

Wszyscy korzystamy z samochodów.

Elektrownia jądrowa powoli uwalnia energię jądrową, która w bombie atomowej jest wyzwalana w ułamku sekundy. To czas decyduje, czy proces uwalniania energii jest bezpieczny, czy nie. Warto więc wiedzieć, że w kilogramie czekolady jest zgromadzona większa ilość energii chemicznej niż w kilogramie dynamitu.

Nie mówcie tego dzieciom :-)

KRÓTKIE ODPOWIEDZI NA PYTANIA O ENERGETYKĘ JĄDROWĄ

Reaktor w Czarnobylu był reaktorem militarnym. Pomijając go, ile osób poniosło śmierć w wyniku promieniowania pochodzącego z elektrowni jądrowych, w całej historii energetyki jądrowej?

Nikt.

Pomijając militarny reaktor w Czarnobylu, ile osób odniosło jakikolwiek uszczerbek na zdrowiu w wyniku promieniowania pochodzącego z elektrowni jądrowych, w całej historii energetyki jądrowej?

Nikt.

Czy w elektrowni jądrowej może dojść do wybuchu nuklearnego?

Nie.

Czy w Polsce występują katastrofy naturalne mogące doprowadzić do podobnego wypadku jak w elektrowni starego typu Fukushima I?

Nie.

Czy każdy nowoczesny reaktor jądrowy jest wyposażony w podwójną, żelbetonową obudowę bezpieczeństwa, zdolną wytrzymać uderzenie samolotu i zatrzymującą materiały radioaktywne?

Tak.

W przypadku najcięższej awarii, ile wynosi promień strefy ewakuacji wokół najnowszych elektrowni jądrowych EPR, które prawdopodobnie powstaną w Polsce?

1 km.

Czy są miasta, w których naturalne promieniowanie tła wielokrotnie przewyższa największe skażenie promieniotwórcze zarejestrowane w pobliżu elektrowni Fukushima I?

Tak.

Ile paliwa jądrowego zużywa rocznie elektrownia atomowa o mocy 1000 MW?

1 ciężarówkę.

Ile odpadów promieniotwórczych rocznie wytwarza elektrownia jądrowa o mocy 1000 MW?

1 ciężarówkę.

Czy tradycyjne i odnawialne źródła energii są tańsze i bezpieczniejsze od energetyki jądrowej?

Nie.

(Publikacja: 07-03-2012 Ostatnia zmiana: 02-06-2013)

[Oryginał..](http://www.racjonalista.pl/kk.php/s,7827) (<http://www.racjonalista.pl/kk.php/s,7827>)

Contents Copyright © 2000-2012 Mariusz Agnosiewicz

Programming Copyright © 2001-2012 Michał Przech

Właścicielem portalu Racjonalista.pl jest Fundacja Wolnej Myśli.

Autorem portalu jest Michał Przech, zwany niżej Autorem.

Żadna część niniejszych opracowań nie może być wykorzystywana w celach komercyjnych, bez uprzedniej pisemnej zgody Właściciela, który zastrzega sobie niniejszym wszelkie prawa, przewidziane w przepisach szczególnych, oraz zgodnie z prawem cywilnym i handlowym, w szczególności z tytułu praw autorskich, wynalazczych, znaków towarowych do tego portalu i jakiegokolwiek jego części.

Wszystkie elementy tego portalu, wliczając w to strukturę katalogów, skrypty oraz inne programy komputerowe są administrowane przez Autora. Stanowią one wyłączną własność Właściciela. Właściciel zastrzega sobie prawo do okresowych modyfikacji zawartości tego portalu oraz opisu niniejszych Praw Autorskich bez uprzedniego powiadomienia. Jeżeli nie akceptujesz tej polityki możesz nie odwiedzać tego portalu i nie korzystać z jego zasobów.

Informacje zawarte na tym portalu przeznaczone są do użytku prywatnego osób odwiedzających te strony. Można je pobierać, drukować i przeglądać jedynie w celach informacyjnych, bez czerpania z tego tytułu korzyści finansowych lub pobierania wynagrodzenia w dowolnej formie. Modyfikacja zawartości stron oraz skryptów jest zabroniona. Niniejszym udziela się zgody na swobodne kopiowanie dokumentów portalu Racjonalista.pl tak w formie elektronicznej, jak i drukowanej, w celach innych niż handlowe, z zachowaniem tej informacji.

Plik PDF, który czytasz, może być rozpowszechniany jedynie w formie oryginalnej, w jakiej występuje na portalu. **Plik ten nie może być traktowany jako oficjalna lub oryginalna wersja tekstu, jaki prezentuje.**

Treść tego zapisu stosuje się do wersji zarówno polsko jak i angielskojęzycznych portalu pod domenami Racjonalista.pl, TheRationalist.eu.org oraz Neutrum.eu.org.

Wszelkie pytania prosimy kierować do redakcja@racjonalista.pl