

„Tak” dla energetyki jądrowej – Debata Oksfordzka

Praca zbiorowa¹

Debata Oksfordzka jest jedną z metod aktywizujących, która uczy metod skutecznego porozumiewania się w różnych sytuacjach, prezentacji własnego punktu widzenia, efektywnego współdziałania w zespole, przygotowania do publicznych wystąpień oraz podejmowania decyzji.

W debacie występują na przemian mówcy broniący i oponujący tezę. Pierwszy występuje mówca broniący tezy i jednocześnie ją definiujący. Następni mówcy powinni odnosić się do tak zdefiniowanej tezy. Ostatni mówcy podsumowują argumenty strony. Kończy mówca oponujący tezę. Po wystąpieniach głównych mówców następuje debata z sali, czyli każdy z uczestników spotkania będzie miał szansę zabrania głosu na temat energetyki jądrowej. Mówcy z sali reprezentują na przemian stronę broniącą i oponującą tezę. Rozpoczyna mówca broniący tezy. Debata trwa do chwili, gdy wyczerpie się ilość chętnych do zabrania głosu lub do zarządzenia Marszałka. Uczestnicy debaty mają prawo zgłaszać pytanie i informację poprzez uniesienie prawej ręki w górę i powiedzenie: „pytanie lub informacja”. Mówca może gestem ręki odrzucić dane pytanie lub informację i wtedy zgłaszający bez słowa zajmuje z powrotem swoje miejsce. Mówca i Marszałek mają prawo w dowolnym czasie przerwać wystąpienie. Na zakończenia debaty Marszałek zarządza głosowanie, podczas którego słuchacze i uczestnicy debaty oceniają trafność argumentów przedstawianych przez obie strony. Szczegółowy regulamin prowadzenia debaty został przedstawiony na zajęciach z dydaktyki chemii². Na jego mocy debatę prowadziła Marszałek – Izabela Żukowska.

¹ Materiał opracowały: Ewa Stępniewska, Małgorzata Rejdych-Martyniak.

² Debatę przygotowali uczestnicy studiów podyplomowych „Nauczyciel chemii w gimnazjum” prowadzonych przez Centrum Edukacji Nauczycielskiej Uniwersytetu Wrocławskiego. Jej inicjatorką była dr Krystyna Chmieleńska, dydaktyk chemii (Wydział Chemii).

Debata miała miejsce podczas VI Dolnośląskiej Konferencji Naukowo-Metodycznej „Nauczyciel z pasją – szansą edukacji” pt. „Prezentacje nauczy-

I MÓWCA PROPOZYCJI³:**„Czy w moim mieście powinna powstać elektrownia jądrowa?
Ależ tak, tak, tak!!!”**

Rozwój cywilizacyjny i ekonomiczny łączy się nierozzerwalnie ze wzrostem zapotrzebowania i zużycia energii. Kraje wysoko rozwinięte technologicznie, jak również kraje III świata, wykazują tendencje wzrostowe na posiadanie dużej ilości energii, szczególnie energii elektrycznej. Źródłami energii są energia słoneczna, energia wiatru, energia geotermiczna czy energia z biomasy.

Użytkownikami energii są ruch mechaniczny, ciepło i światło. Aby dostarczyć energię do użytkowników należy przetworzyć nośniki energii pierwotnej, którymi głównie są kopalne paliwa organiczne (węgiel, gaz, ropa) oraz energia jądrowa.

Ponieważ najcenniejszą postacią energii finalnej jest energia elektryczna, na całym świecie powstają elektrownie i inne źródła produkcji energii elektrycznej. W Polsce zainstalowana moc w elektrowniach (2004 r.) to 30540 MW, która w 94 % pochodzi z elektrowni węglowych.

Elektrownie węglowe stwarzają olbrzymie problemy i zagrożenia. Zagrożenie ze strony elektrowni węglowej o mocy 1 GW w ciągu 10 lat bezawaryjnej pracy:

- śmierć 32 górników przy wydobywaniu węgla,
- 12 śmiertelnych wypadków podczas transportu,
- kilkaset przypadków kalectwa,
- napromieniowanie górników w kopalni radonem i innymi substancjami (3 razy większe niż przy pracy w elektrowni jądrowej),
- emisja 1 mln ton SO₂, co powoduje ok. 15 % strat dochodu narodowego,
- emisja 0,25 mln ton NO_x i rakotwórczej nitrozoaminy,
- emisja rakotwórczych węglowodorów policyklicznych powoduje skrócenie życia od 700 do 3600 osób rocznie,
- emisja 1 mln ton pyłów (selen, ołów, rtęć, kadm, wanad),
- spalanie 5 mln ton węgla powoduje zużycie 8 mln ton powietrza, co stanowi 22 % produkcji roślinnej,
- rozwój efektu cieplarnianego o 4°C temperatury atmosfery,

cielskie”. Odbędzie się ona 4-5.11.2006. r. w salach Wydziału Fizyki i Astronomii Uniwersytetu Wrocławskiego.

³ Tomasz Wojciechowski przy współpracy Katarzyny Zięby.

- występowanie kwaśnych deszczy, które do 2008 zniszczą 70 % lasów iglastych,
- 80 % dzieci chorujących na choroby dróg oddechowych,
- stężenie dwutlenku siarki przekraczające w pobliżu elektrowni 19 razy normy dopuszczalne.

Innym, bardzo cennym źródłem energii elektrycznej, są budowane na całym świecie elektrownie wykorzystujące paliwo jądrowe. W Europie, w samej tylko Francji jest ich 78, Szwecji – 12, W. Brytanii – 42, Hiszpanii – 10, Niemczech – 16, na Węgrzech – 4, Czechach (wraz ze Słowacją) – 9. Na całym świecie istnieje ponad 500 elektrowni jądrowych. Wiadomo, że dotychczas (2006) było na świecie ponad 600 awarii reaktorów jądrowych. Oczywiście nie można zaprzeczyć, że najbardziej tragiczną i niechlubną była awaria w Czarnobylu, w 1986 r. Wybudowanie wprawdzie, elektrowni jądrowej jest ok. 10 % droższe niż tradycyjnej (ze względu na rozwój technologii zapewniających maksymalne bezpieczeństwo) oraz dłuższy czas budowy (ok. 72 miesiące), ale korzyści są nie porównywalne do budowy elektrowni węglowej.

Porównując pracę elektrowni jądrowej o mocy 1 GW bezawaryjnego działania w ciągu 10 lat, można stwierdzić, że zagrożenia dla ludzi to:

- dawka promieniowania w odległości 100 m od reaktora to 10^{-8} Si, tj. 3000 razy mniejsza niż przy prześwietleniu płuc,
- ryzyko powstania nowotworu to 1 przypadek na 1000000 osób (w ciągu 10 lat),
- przeciętna ekspozycja zawodowa; 3–5 Si/rok, a więc rzędu tła,
- awaryjność reaktora, nawet ze stopieniem rdzenia, stwarzająca potrzebę ewakuacji ludności to 1 awaria na 100000 reaktorolat,
- samoczynnie działające układy bezpieczeństwa,
- strefa bezpośredniego zagrożenia, nawet po maksymalnej awarii, to promień 2 km od reaktora,
- wyłączenie reaktora, zmniejszenie mocy, rozpuszczenie jodu i cezu we wodzie,
- wzrost liczby przepisów dotyczących budowy, eksploatacji, bezpieczeństwa i innych dziedzin, z 6 (od roku 1970) do 2000 w ciągu ostatnich 10 lat.

Powtórzę jeszcze raz pytanie:

Czy w moim mieście powinna powstać elektrownia jądrowa?

Ależ tak, tak, tak!!!

Źródła:

Dane udostępnione przez Instytut Fizyki Jądrowej Uniwersytetu Opolskiego. Szczególne podziękowanie dla Pana prof. J. Musieloka – Rektora UO, prof. T. Góreckiego oraz prof. M. Szuszkiewicza.

I MÓWCA OPOZYCJI⁴

„Śmiercionośny wynalazek”

Każdy wynalazek może być wykorzystany w sposób ułatwiający życie człowieka, ale i jako czynnik to życie unicestwiający. Ludzi potrafią prawie każde dobrodziejstwo przemienić w czynnik bardzo niekorzystny, a nawet śmiertelny. Tak właśnie stało się z energią jądrową, którą to wykorzystano do produkcji bomby atomowej.

Bomba atomowa została skonstruowana podczas II Wojny Światowej w USA. Celem ataku bomby atomowej 6 sierpnia 1945 roku była Hiroszima. W promieniu około 1,5 km od miejsca wybuchu nikt nie przeżył. Temperatura w epicentrum była tak wysoka, że wszystko wyparowało. Dziesiątki tysięcy ludzi zmarło od razu, podobną liczbę zgonów odnotowano do końca 1945 roku. W ciągu 45 sekund miasto przestało istnieć. Choroba popromienna, kalectwo i zmiany chorobowe w organizmach ludzkich występują w następnych pokoleniach, wiele lat po tym strasznym wydarzeniu. Następną bombę zrzucono na Nagasaki 9 sierpnia 1945 roku. Zginęło 50 tysięcy ludzi, a straty były podobne do tych w Hiroszynie. Najpotężniejszą bombą atomową była Bomba Cara. Eksplozji dokonał Związek Sowiecki 30 października 1961 r. na wyspie Nowa Ziemia położonej na Morzu Arktycznym, na północnych krańcach obecnej Rosji. Była to bomba termojądrowa, czyli oparta na syntezie lekkich jąder atomowych. Miała moc 58 megaton. Mimo że zmniejszono jej moc (mogła ona osiągnąć 150 megaton), część skalistych wysepek, w otoczeniu, których dokonano detonacji wyparowała, a sam wybuch był odczuwalny nawet na Alasce. Bomba ta nazywana była także żłowieszczę "Zabójcą Miast".

Broń jądrowa to rodzaj broni masowego rażenia wykorzystującej energię wydzielaną podczas łańcuchowej reakcji rozpadu izotopów uranu i plutonu (tzw. broń atomowa) albo podczas syntezy jąder izotopów wodoru (tzw. bomba wodorowa – o sile wybuchu znacznie większej niż broni atomowej). Dzięki istnieniu tej broni powstało przekonanie o możliwości pokonania przeciwnika bez użycia ogromnych armii, do zadania dużych zniszczeń na obszarze przeciwnika wystarczy samo-

⁴ Ewa Reformat przy współpracy Jolanty Zapędzkiej.

lot bombowy, pocisk artyleryjski lub rakieta przenosząca atomowe głowice bojowe.

Mocarstwami nuklearnymi są Stany Zjednoczone, Rosja, Wielka Brytania, Francja, Chińska Republika Ludowa, Indie i Pakistan. Ponadto w posiadaniu broni atomowej najprawdopodobniej jest Izrael, którego władze nie potwierdzają ani nie zaprzeczają tym podejrzaniom. Korea Północna ogłosiła, że posiada arsenał nuklearny, ostatnio dokonano próbnych wybuchów. Ukraina może posiadać głowice atomowe, które w wyniku pomyłki nie zostały zabrane przez Armię Radziecką. Prace nad budową broni atomowej prowadzi Iran. Prace nad budową broni atomowej prowadziła swego czasu RPA oraz Irak. W wyniku powstawania energii jądrowej wysyłane jest promieniowanie jonizujące, szkodliwe dla organizmów żywych a szczególnie dla ludzi. Pochłaniana przez ciało ludzkie energia promieniowania powoduje zakłócenie procesów fizycznych i chemicznych zachodzących w organizmie, uszkodzenie komórek lub zmiany genetyczne i nowotworowe.

Uszkodzenia popromienne, ze względu na rodzaj ich następstw dzielimy na uszkodzenia somatyczne tj. wpływające na procesy odpowiedzialne za utrzymanie organizmu przy życiu oraz genetyczne tj. naruszające zdolność organizmu do prawidłowego przekazywania cech swemu potomstwu. Skutkiem uszkodzeń somatycznych jest ostra choroba popromienna. Jej objawami są bóle głowy, mdłości, osłabienie, zmiany we krwi, biegunka, niedokrwistość, wrzodziejące zapalenie gardła, obniżenie odporności organizmu i wypadanie włosów. Choroba popromienna może zakończyć się śmiercią lub przejść w fazę przewlekłą ze stopniowym wyniszczeniem organizmu zakończonym najczęściej białaczką lub anemią aplastyczną i ostatecznie spóźnioną śmiercią. Mimo, że skutki choroby popromiennej były słabe i pacjent wyzdrowiał, mogą wystąpić jej późniejsze, groźniejsze skutki: przedwczesna starzenie, krótsze życie, nowotwory, niedokrwistość, białaczka i zaćma. Uszkodzenia genetyczne polegają na zmianie struktury chromosomów wchodzących w skład komórek rozrodczych. Ich następstwem są mutacje przejawiające się w zmianie dziedziczonych przez potomstwo cech ustroju. Uszkodzenia chromosomów, a właściwie zmiany w składających się na nie genach, są kopiowane przez następną generację komórek. Zmieniony nieprawidłowy kod genetyczny może być tak samo stabilny i czynny jak jego poprawny odpowiednik. Powoduje to różnego rodzaju wady dziedziczne potomstwa w kolejnych pokoleniach.

Wystawienie na sztuczną radioaktywność spowodowało na świecie wiele zachorowań na raka. Oficjalne dane ONZ mówią o 1,17 mln ofiar śmiertelnych od 1945 r. Europejski komitet do spraw ryzyka radiacji mówi o 61 mln.

Źródła:

Z. Jaworowski, *Dobroczynne promieniowanie*. Wiedza i Życie, 3/97.

Z. Jaworowski, *Radioaktywność a zdrowie ludzkie*. Wiedza Powszechna, Warszawa 1971.

E. Booda, *Energia jądrowa – groza czy nadzieja?* Wiedza Powszechna, Warszawa 1956.

Internet: WWW. Wikipedia.pl

www.atomowe.kei.pl – doniesienia prasowe dotyczące elektrowni jądrowych i użycia energii jądrowej na świecie.

www.atominform.org – historia powstania, działanie i efekty uboczne stosowania broni jądrowej.

www.nuclear.pl – zagadnienia dotyczące napędu nuklearnego jako przyszłości dla środków transportu.

II MÓWCA PROPOZYCJI⁵

„Budowa reaktora jądrowego. Składowanie odpadów radioaktywnych”

Reaktor jądrowy to urządzenie służące do wytwarzania kontrolowanej reakcji łańcuchowej, tj. ciągłego pozyskiwania energii z rozszczepiania jąder atomowych.

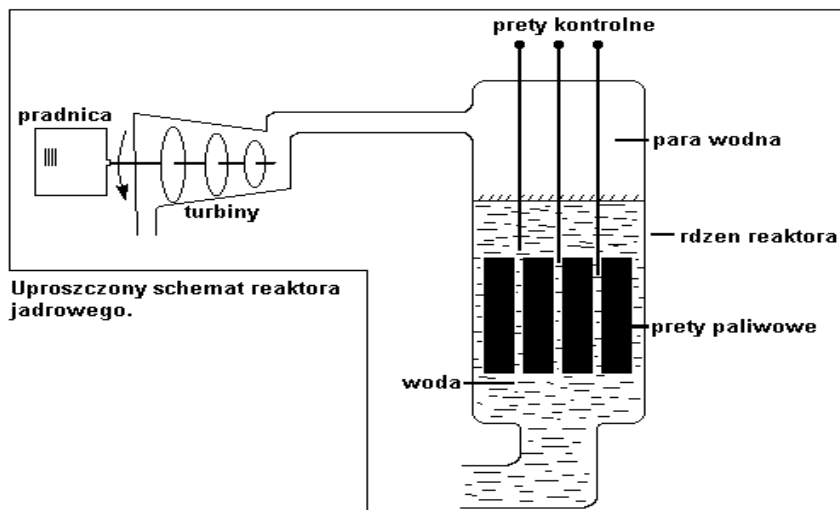
Tabela 1 Elementy budowy reaktora jądrowego i ich funkcje

ELEMENT BUDOWY		PEŁNIONA FUNKCJA
RDZEŃ	Pręty paliwowe	Zawierają paliwo jądrowe (zwykle granulowany tlenek uranu)
	Pręty regulujące i pręty bezpieczeństwa	Zbudowane są z substancji pochłaniających neutrony (np. bor, kadm); Pręty regulacyjne służą do precyzyjnej zmiany strumienia neutronów. Pręty bezpieczeństwa mają za zadanie całkowite przerwanie reakcji łańcuchowej w sytuacji awaryjnej (oba te rodzaje prętów wsuwa się i wysuwa z rdzenia w miarę potrzeby). Pełny wsad paliwa do przeciętnego reaktora składa się z kilkuset takich prętów. Pręty pozostają w reaktorze 4-5

⁵ Łukasz Rusiniak przy współpracy Ewy Sokołowskiej.

		lat. Po tym czasie wypalone paliwo jądrowe jest przesyłane do jego dostawcy, który składa je, odzyskując zwykle wcześniej wytworzony pluton i niespalony uran.
	Chłodziwa	Reaktory należy chłodzić, by odbierać produkowaną w nich energię. Chłodziwo w wymiennikach ciepła grzeje wodę w drugim obiegu, nie stykając się bezpośrednio z reaktorem. Chłodziwem może być zarówno zwykła jak i ciężka woda. Niekiedy buduje się reaktory, w których ciśnienie wody chłodzącej dobrano w ten sposób, że wrze ona, gdy przechodzi przez rdzeń reaktora. W innych woda pod ciśnieniem 100-140 atmosfer ogrzewa się nawet do 300°C, co pozwala na znaczne podniesienie sprawności urządzenia. Chłodziwem może być również powietrze, gazy, tj. wodór czy hel, lub ciekły metal - sód, potas bądź bizmut
	Kanały badawcze	Służą do kontrolowania poziomu strumienia neutronów, wykonywania nawiązań itp.
	Moderator	Jego zadaniem jest spowolnianie neutronów. Jeżeli szybkie neutrony zderzą się z jądrami lekkich pierwiastków, następuje ich spowolnienie. Obecnie stosuje się trzy jego rodzaje: <ul style="list-style-type: none"> • grafit • wodę • ciężką wodę Na początku najczęściej stosowano grafit. Obecnie wykorzystujemy go w niektórych rodzajach reaktorów, w tym w wysokowydajnych grafitowo-sodowych, chłodzonych ciekłym sodem. Reaktory, w których rolę moderatora pełni ciężka woda, charakteryzują się najmniejszymi stratami neutronów.
REFLEKTOR NEUTRONÓW		Celem reflektora neutronów jest zwiększenie strumienia neutronów w wewnętrznych częściach rdzenia lub ładunku dzięki rozpraszaniu neutronów wstecz, do obszaru zachodzenia reakcji łańcuchowej.
OSŁONY BIOLOGICZNE		Stanowią zabezpieczenie przed wydostaniem się promieniowania na zewnątrz.

Rysunek poniżej przedstawia uproszczony schemat budowy reaktora jądrowego.



Biorąc za kryterium zastosowanie, można wyróżnić następujące rodzaje reaktorów:

- reaktory jądrowe badawcze – o małej, tzw. zerowej mocy, wykorzystywane w badaniach naukowych jako silne źródła neutronów,
- reaktory jądrowe produkcyjne – służą do wytwarzania sztucznych pierwiastków promieniotwórczych na drodze aktywacji, głównie do produkcji plutonu – szczególną klasę tych reaktorów stanowią tzw. reaktory jądrowe powielające, w których paliwo jądrowe w trakcie wypalania przekształca się w inny rodzaj paliwa jądrowego,
- reaktory jądrowe energetyczne – wytwarzają energię cieplną przekształcaną w energię mechaniczną w napędach nuklearnych okrętów lub w energię elektryczną w energetyce jądrowej
- reaktory jądrowe doświadczalne – prototypy służące do badania nowych rozwiązań technicznych stosowanych w reaktorach jądrowych.

Biorąc za kryterium klasyfikacji reaktorów rodzaj zastosowanego moderatora i chłodziwa, można wyróżnić następujące rodzaje reaktorów:

- reaktory jądrowe wodno-wodne LWR (ang. light-water cooled and moderated reactor)
 - reaktory wodno-cisnieniowe PWR (ang. pressurized light-water-cooled and moderated reactor)

- reaktory wrzące BWR (ang. boiling light-water-cooled and moderated reactor)
- ciężkowodno-wodne ciśnieniowe (ciężka woda) PHWR (ang. pressurized heavy-water-cooled and moderated reactor)
 - reaktor CANDU (ang. CANadian Deuterium-Uranium reactor)
- grafitowo-wodne LWGR (ang. light-water-cooled graphite-moderated reactor)
- grafitowo-powietrzne
- grafitowo-sodowe itp.

Ze względu wykorzystywaną energię neutronów lub wielkość ich strumienia (cechy te określają rodzaj paliwa i wiele innych parametrów reaktora) wyróżnia się:

- reaktory jądrowe wysoko-strumieniowe (o strumieniu neutronów przekraczającym 10^{14} cząstek/cm²s);
- reaktory jądrowe prędkie (gdy reakcja rozszczepienia zachodzi dzięki neutronom prędkim, nie ma w nim moderatora, chłodziwo musi być odpowiednie by nie spowalniać neutronów);
- reaktory jądrowe pośrednie (gdy stosuje się neutrony pośrednie);
- reaktory jądrowe termiczne (wykorzystywane są neutrony termiczne);
- reaktory jądrowe epitermiczne (reakcja zachodzi dzięki neutronom epitermicznym).

Składowanie odpadów radioaktywnych

Miejsca, gdzie składowane są odpady radioaktywne nazywane mogiłnikami. Duża elektrownia jądrowa (tj. o mocy około 1300MW lub większej) zużywa rocznie około 30 ton paliwa jądrowego. Jednakże zanim odpad trawi do mogilnika, czeka go jeszcze długa droga. Zaraz po wyjęciu z reaktora paliwo jest bardzo silnie promieniotwórcze, więc wkłada się je do specjalnych basenów przy elektrowniach. Woda bardzo dobrze absorbuje promieniowanie i ciepło. Po około roku składowania pod wodą odpady są transportowane w specjalnych pojemnikach na składowisko pośrednie. Po określonym czasie trafiają do zakładu przeróbki. Odpady z elektrowni jądrowych zawierają, oprócz bezużytecznych produktów rozpadu również Uran-235 i Pluton-239, które można odzyskać, chroniąc przy tym środowisko, jak również przyczyniając się do większej opłacalności całego przedsięwzięcia. Nie wszystkie odpady są tak samo aktywne, dlatego podzielono je na trzy grupy; słabo, średnio i wysokoaktywne. Dla wszystkich tych grup przewidziano różne sposoby utylizacji.

Odpady słabo aktywne, w stanie ciekłym lub stałym, poddaje się zagęszczaniu poprzez stężanie, ściskanie czy spalanie, następnie zacementowuje się je w beczkach, umieszcza w komorach wydrążonych w pokładach soli kamiennej i przekłada warstwami soli. Po wypełnieniu komory, zostaje ona uszczelniona. Pokłady soli kamiennej nadają się szczególnie dobrze jako mogilniki. Sól w pokładach jest według obecnego stanu naszej wiedzy absolutnie szczelna, więc żadne zanieczyszczenie promieniotwórcze nie przedostanie się do środowiska, np. do wód gruntowych. Średnio aktywne odpady (na przykład rozdrobnione koszulki prętów paliwowych) również zacementowuje się w beczkach, są jednak głębiej składowane (wrzuca się je do specjalnej komory, niedostępnej dla ludzi i monitorowanej kamerami).

Inna procedura dotyczy wysokoaktywnych odpadów. W tym przypadku potrzebna jest jeszcze większa ostrożność, ponieważ to od nich pochodzi 99% promieniowania. Na początku odpady są zagęszczane i chemicznie przetwarzane, następnie stapiane w temperaturze 1150°C z proszkiem szklanym tworząc w ten sposób nierozłączny składnik szklawa. Następnie wypełnia się nim grubościenne beczki ze stali nierdzewnej. Dla nich jest również przewidziany inny sposób składowania. Umieszcza się je na głębokości 1000 m w otworach wiertniczych, które następnie są czopowane. Z jednej tony uranu powstaje 130 litrów wysokoaktywnych odpadów, 5 beczek po 400 litrów średnioaktywnych i 15 beczek słabo aktywnych odpadów.

Źródła:

S. Latak, *Postawy społeczeństwa polskiego wobec energetyki jądrowej*, PTJ, vol.42, z.1 1999, s. 16.

Materiały z wycieczki do Świerku i CLOR-u, *W poszukiwaniu energii przyjaznej ludziom i środowisku, Promieniowanie w środowisku człowiek*, Wyd. Departament Szkolenia i Informacji Społecznej Państwowej Agencji Atomistyki

Dane o reaktorach: WNA z 4/1/06 i inne:

http://www.atm.com.pl/COM/GAZETA_BANKOWA/9618/N18K1617C.html,

[http://www.rzeczpospolita.pl/PL-](http://www.rzeczpospolita.pl/PL-asc/gazeta/wydanie_990714/nauka/nauka_a_1.html)

[asc/gazeta/wydanie_990714/nauka/nauka_a_1.html](http://www.rzeczpospolita.pl/PL-asc/gazeta/wydanie_990714/nauka/nauka_a_1.html)

[http://www.rzeczpospolita.pl/PL-](http://www.rzeczpospolita.pl/PL-asc/gazeta/wydanie_990312/nauka/nauka_a_4.html)

[asc/gazeta/wydanie_990312/nauka/nauka_a_4.html](http://www.rzeczpospolita.pl/PL-asc/gazeta/wydanie_990312/nauka/nauka_a_4.html)

http://www.rzeczpospolita.pl/PL-asc/gazeta/wydanie990119/nauka_a_1.html

<http://www.forumkad.pl/archiwum/99/5/artykuly/24-okolice.htm>

II MÓWCA OPOZYCJI⁶

⁶ Agnieszka Witczak przy współpracy Aleksandry Szydelko.

„Niebezpieczna energia”

W każdej elektrowni atomowej może, wskutek usterek technicznych lub błędów ludzi, dojść do poważnej awarii i skażenia środowiska. Nigdy nie ma 100 % gwarancji bezpieczeństwa.

- W roku 1979 w amerykańskiej elektrowni Three Mile Island z instalacji chłodzącej wyciekła woda, przez co stopiły się pręty z paliwem jądrowym.
- Błąd pracowników japońskiej fabryki Tokaimura doprowadził do niekontrolowanej reakcji łańcuchowej. Zginęło dwóch pracowników, a setki okolicznych mieszkańców uległy napromienowaniu.
- Najgroźniejsza katastrofa po Czarnobylu miała miejsce w roku 2003 w węgierskiej elektrowni Paks, gdzie na skutek błędów pracowników pękły pręty z paliwem jądrowym. Jeden pracownik został poparzony i napromieniowany, a uszkodzone pręty do dziś stwarzają zagrożenie.
- 26 kwietnia 2006 r. minęło 20 lat od katastrofy w Czarnobylu. Eksplozja i pożar czwartego reaktora uwolniły do atmosfery ogromne ilości substancji radioaktywnych. Dawka promieniowania była setki razy większa niż po zbombardowaniu Hiroszimy i Nagasaki. Radioaktywna chmura szybko rozprzestrzeniła się nad Europą, gdzie skażyła potężne obszary ziemi w siedemnastu państwach, w tym w Polsce. Prawdziwe piekło powstało jednak w regionach zlokalizowanych najbliżej Czarnobyla: na Białorusi, Ukrainie i w Rosji. W akcji likwidowania skutków awarii brało udział od 600 000 do 800 000 osób, tzw. likwidatorów. Zostali oni wystawieni na działanie ogromnej dawki promieniowania. Wielu z nich zmarło. Oficjalne dane z Białorusi, Rosji i Ukrainy mówią o 25 000 zmarłych. Wielu z tych, którzy przeżyli do dziś boryka się z nieuleczalnymi chorobami. Wkrótce po katastrofie ewakuowano ze strefy o promieniu 30 km wokół elektrowni 130 tysięcy ludzi. Do dziś jest to strefa zamknięta. Skażona ziemia, która według europejskich standardów bezpieczeństwa powinna zostać uznana za niebezpieczny odpad radioaktywny, sięga jednak znacznie dalej, obejmując łącznie ponad 120 000 tys. km². W strefie tej mieszka 7 milionów ludzi. Skazani są na życie w strasznych warunkach. Zmuszeni przez biedę uprawiają skażoną ziemię. Nie mają perspektyw. Wielu zmaga się z

ciężkimi chorobami: nowotworami, białaczką, wadami rozwojowymi, chorobami dziedzicznymi.

Katastrofa ta była jednak ceną, z którą od początku należało się liczyć. Produkcja energii atomowej zawsze oznacza akceptację poważnych zagrożeń.

Odpady promieniotwórcze – nierozwiązany problem dla kolejnych pokoleń

Każda elektrownia atomowa w wyniku rozpadu jądrowego zmienia uranowe pręty paliwowe w wysoce radioaktywne odpady. Ze względu na radioaktywne promieniowanie są one zagrożeniem dla człowieka. Dlatego odpady atomowe przez setki tysięcy lat muszą być przechowywane w odizolowanych miejscach niedostępnych dla ludzi, zwierząt i roślin.

Nadal jednak dokładnie nie wiadomo, co robić z odpadami promieniotwórczymi. Człowiek jak dotąd nie wynalazł bezpiecznego sposobu składowania przez tysiące lat, które potrzebne są do ich rozkładu.

Ilość zanieczyszczeń z elektrowni jądrowej wydaje się relatywnie mała, lecz są to resztki paliwa jądrowego o dużej koncentracji izotopów promieniotwórczych – zużycie uranu w reaktorze sięga od 1 do 3 %. Odpady te powinny zostać przerobione i ponownie wykorzystane, co obecnie jest raczej wyjątkiem niż regułą. Składowane są czasowo w pobliżu reaktorów bądź w wyznaczonych centralnie miejscach, z założeniem, że po tym etapie zostaną przeniesione gdzie indziej. Najczęściej jako miejsce ostatecznego składowania wymienia się sztolnie wykute w litej skale na odludziu, tak, aby izotopy mogły rozpaść się, nie zagrażając otoczeniu.

G. Jezierski podaje, że do tej pory energetyka jądrowa wytworzyła ponad 150 tys. ton takich odpadów, z czego przerobiono ledwie 50 tys. ton. Do roku 2010 ilość ta powiększy się do 300 tys. ton i dalej będzie rosła. Z tego powodu określanie energii z elektrowni jądrowych jako taniej to mit – jest ona tania dopóty, dopóki nie pojawiają się odpady i nie zdarzą się awarie na miarę Czarnobyli.

Nie bez znaczenia jest również wpływ zwykłej pracy elektrowni jądrowych na życie morskie na olbrzymich obszarach, która podczas wymiany wody chłodzącej w reaktorach także podnosi poziom radioaktywności wody. Pierwiastki radioaktywne pochodzące z procesu przetwarzania paliwa w elektrowniach Francji można znaleźć w wodorostach nawet na zachodnim wybrzeżu Grenlandii i wzdłuż wybrzeża Norwegii.

Elektrownie atomowe eksploatowane są od około 50 lat, ale na całym świecie nie ma ani jednego bezpiecznego miejsca na przechowywanie wysoko radioaktywnych odpadów z tych elektrowni. Krótki epizod wykorzystywania energii atomowej pozostawia po sobie, w postaci odpadów radioaktywnych, ciężki spadek o znaczeniu globalnym i historycznym. Gdyby praczłowiek posiadał elektrownie atomowe, jeszcze dziś musielibyśmy zabezpieczać jego odpady atomowe.

Źródła:

Ł.A.Turski, *Energetyczne dylematy*, Wiedza i Życie 11/1998.

G. Jezierski, *Energia jądrowa wczoraj i dziś*, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 2005.

http://www.facts-on-nuclear-energy.info/4_waste.php?size=s&l=pl&f=635764883

<http://oceans.greenpeace.org/pl/our-oceans/pollution>

<http://www.greenpeace.pl/czarnobyl/index.php?t=11>

III MÓWCA PROPOZYCJI⁷

„Jednak energetyka jądrowa”

Energia jest niezbędna w życiu człowieka. Pozwala zaspokoić podstawowe potrzeby, osiągać coraz wyższy poziom życia, realizować nasze pragnienia. Produkcja energii i jej wykorzystanie wpływa na podniesienie poziomu naszego życia, ale jednocześnie powoduje degradację i niszczenie środowiska naturalnego. Pogodzenie sprzeczności jest możliwe tylko wówczas, gdy zostaną podjęte wszechstronne działania obejmujące podwyższenie efektywności wykorzystania energii, zastępowanie węgla paliwami mniej zagrażającymi środowisku, a więc paliwami niekopalnymi i paliwem jądrowym.

Statystyczny Polak średnio zużywa około 2,25 razy mniej energii elektrycznej niż mieszkaniec Unii Europejskiej. Wpływa na to przede wszystkim struktura zużycia energii. Aż w 34 % energii finalnej dostarczonej do odbiorców to węgiel, który spalamy w lokalnych kotłowniach, piecykach itp. Emituje z tego typu źródeł 20 % dwutlenku węgla, i ponad 35 % pyłów. Zwalczyć lokalnie rozprzestrzeniającą się szkodliwą emisję można jedynie zastępując węgiel energią elektryczną lub gazem. Gdy tego nie zrobimy pozostaniemy daleko za krajami Unii Europejskiej, w której zużycie energii ciągle rośnie. Budowa nowych jednostek wytwórczych będzie uwarunkowana głównie aspektami ekologicznymi, tak więc należy

⁷ Renata Śliżewska przy współpracy Moniki Zator.

się spodziewać powolnego odchodzenia od elektrowni opartych na spalaniu węgla. Podjęcie decyzji o likwidacji budowy elektrowni jądrowej w Żarnowcu zamknęło praktycznie perspektywę rozwoju energetyki jądrowej w Polsce. Przyniosło duże straty ekonomiczne i niewątpliwie odbiło się to na stanie środowiska naturalnego. Zmarnowano dużo ponad miliard dolarów (!), ale również zniszczono kadre specjalistów, której odtworzenie będzie trudne i długotrwałe. Najsmutniejsze jest to, że pozostał również fałszywy obraz energetyki jądrowej i nieuzasadniony strach przed jej wprowadzeniem.

Na przykładzie Francji widać najwyraźniej, że rozwój energetyki jądrowej sprzyja środowisku. Wzrostowi produkcji elektryczności towarzyszył związany z tym procesem spadek emisji dwutlenku siarki.

Dotychczas elektrociepłownie są głównie domeną energetyki opartej na spalaniu konwencjonalnych paliw kopalnych, gdyż ciepło z elektrowni jądrowych, budowanych ze względów bezpieczeństwa dużo dalej od miast, trudniej wykorzystać w ciepłownictwie komunalnym. Projektowane i już realizowane w różnych krajach reaktory jądrowe inherentnie bezpieczne znajdą w niedalekiej przyszłości zastosowanie w ciepłownictwie. Reaktory małej mocy będą prawdopodobnie używane do ogrzewania poszczególnych dzielnic w miastach i skutecznie zastąpią, tak uciążliwe dla środowiska, dzielnicowe ciepłownie węglowe lub olejowe. Na razie, zanim to nastąpi, energetyka jądrowa wytwarza więcej ciepła odpadowego niż energetyka konwencjonalna. By je odprowadzić, elektrownia jądrowa zużywa więcej wody chłodzącej niż konwencjonalna, ale różnica nie przekracza 50 %. Zagrożenie radiologiczne, spowodowane emisją do atmosfery substancji radioaktywnych, którym często szermują przeciwnicy energetyki jądrowej, jest mocno przesadzone. W reaktorach energetycznych typu PWR (z wodą pod ciśnieniem), takich które pracują w większości elektrowni jądrowych na świecie i które miały być zainstalowane w Polsce, istnieją 4 bariery zabezpieczające przed uwalnianiem się substancji radioaktywnych. Oszacowano, że normalnie pracująca elektrownia jądrowa o mocy 1000 MW(e) wprowadza rocznie do otoczenia nie więcej niż 5.9×10^{14} Bq gazów szlachetnych (^{85}Kr i ^{133}Xe) oraz $5,6 \times 10^9$ Bq jodu. Uwzględniając maksymalne dopuszczalne stężenie tych radionuklidów w powietrzu, objętość powietrza potrzebna do ich rozcieńczenia do poziomu dopuszczalnego wynosi $5,5 \times 10^{10} \text{ m}^3$. Warto podać dla porównania, że objętość powietrza potrzebna, by rozcieńczyć do dopuszczalnego poziomu stężenie dwutlenku siarki wydzielanego rocznie w gazach odlotowych

elektrowni węglowej takiej samej mocy wynosi $4.3 \times 10^{15} \text{ m}^3$, a więc jest prawie 100 000 razy większa.

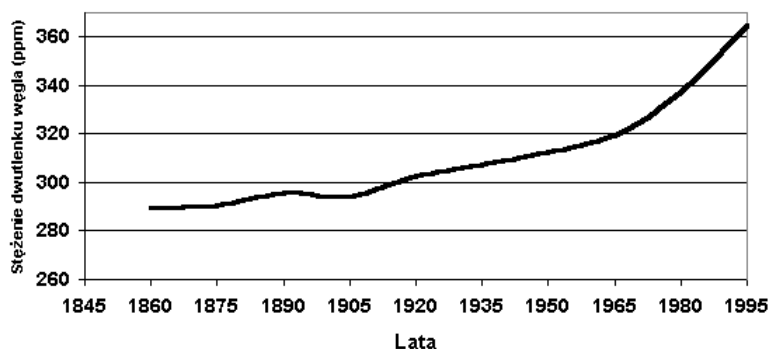
Odpady i ich unieszkodliwianie

Głównym problemem związanym z ochroną środowiska, podnoszonym przez przeciwników energetyki jądrowej, jest unieszkodliwianie i składowanie odpadów promieniotwórczych.

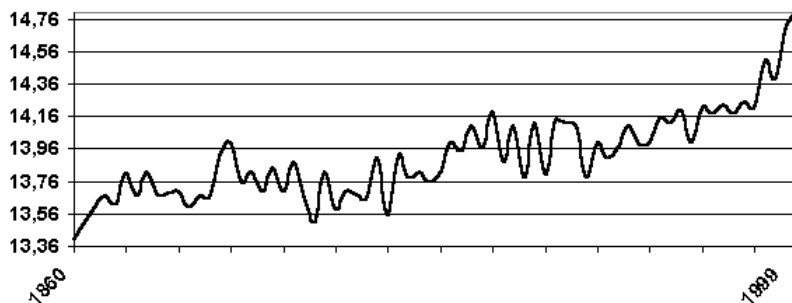
Wypalone paliwo jądrowe jest przechowywane przez około 10 lat w basenach wodnych na terenie elektrowni. W tym czasie znacznie maleje aktywność produktów rozszczepienia i ilość wydzielanego ciepła. Następnie zużyte paliwo może ulec przeróbce polegającej na odzyskaniu pozostałego w nim uranu oraz wytworzonego plutonu. Obecnie, wobec niskich cen uranu i wielkich zapasów broni jądrowej, taka przeróbka się nie opłaca, toteż paliwo jest składowane w suchych przechodniach w celu uniknięcia korozji, gdzie czeka na ewentualne zmiany na rynku paliw jądrowych. Dotychczas tylko w Szwecji, Kanadzie i w Szwajcarii podjęto decyzje o ostatecznym zagospodarowaniu u wypalonego paliwa.

Odpady towarzyszące produkcji przemysłowej stają się zmorą ludzkości. W Polsce stałych odpadów przemysłowych, uciążliwych dla środowiska, w 1995 roku było 123 mln ton, a nagromadzonych odpadów ponad 1,9 mld ton. Zawierają one wiele toksycznych (m.in. rakotwórczych) związków chemicznych i ciężkich metali. Szkodliwe substancje wymywane przez deszcze przedostają się do wód powierzchniowych i gruntowych, dewastują środowisko oraz zagrażają zdrowiu i życiu ludzi. Objętość nieoczyszczonych ścieków przemysłowych i komunalnych odprowadzonych w 1995 roku do wód powierzchniowych przekroczyła 1 mld m^3 . Większość tych odpadów jest traktowana beztrosko, bez żadnych zabezpieczeń.

Spalaniu węgla towarzyszy emisja pyłów i szkodliwych gazów. W przypadku braku urządzeń oczyszczających spalanie 1 mln ton węgla kamiennego średniej jakości powoduje emisję około 20 000 t pyłów, 35000 t SO_2 , 6000 t NO_x , a także 2 mln ton CO_2 , którego nie potrafimy się pozbyć.



Spalanie paliw kopalnych spowodowało zwiększenie stężenia dwutlenku węgla w atmosferze (rysunek powyżej) oraz podniesienie się temperatury powierzchni Ziemi (rysunek niżej).



Poza tym na wysypiska trafia około 300 000 ton popiołów. W Polsce w 1994 roku spaliliśmy 108 mln ton węgla kamiennego, w tym 32 mln ton w piecach domowych oraz lokalnych kotłowniach; ponadto 66 mln ton węgla brunatnego, który jest źródłem kilkakrotnie większej ilości popiołów niż węgiel kamienny.

O ile pyły usuwano w 97%, to całkowita redukcja szkodliwych gazów wynosiła tylko 25%, a w przypadku przemysłu paliwowo-energetycznego nie przekraczała 3%.

Warto w tym miejscu jeszcze raz przypomnieć, że w popiołach usuwanych rocznie na wysypiska z elektrowni węglowej o mocy 1000 MW(e) znajduje się średnio ponad 3 tony uranu oraz około 7 ton toru i substancje te nie są w żaden sposób zabezpieczone. Poza tym człowiek jest poddawany promieniowaniu kosmicznemu i ziemskiemu, a także promieniowaniu materiałów budowlanych w pomieszczeniach zamkniętych i promieniowaniu zawartych w jego ciele pierwiastków promieniotwórczych. Wybór lokalizacji elektrowni jądrowej następuje na podstawie ra-

portu bezpieczeństwa lokalizacji, zawierającego charakterystykę terenu lokalizacji pod względem demograficznym, meteorologicznym, geologiczno-inżynierskim, hydrogeologicznym, komunikacyjnym, hydrotechnicznym, sejsmologicznym itp. oraz dane o napromieniowaniu ludności w otoczeniu elektrowni spowodowane eksploatacyjnym odprowadzaniem materiałów promieniotwórczych z elektrowni.

Normalnie pracująca elektrownia jądrowa nie produkuje popiołów ani pyłów i nie wydała gazów spalinowych. Wprowadza do środowiska mniejsze ilości substancji radioaktywnych niż elektrownia węglowa i to głównie w postaci nie reagujących chemicznie gazów szlachetnych: $^{85}\text{Kryptonu}$ i $^{133}\text{Xenonu}$. Oprócz energii elektrycznej produkuje, jak każda elektrownia, ciepło odpadowe. Jest to czysta energetyka, prawie zupełnie nieszkodliwa dla środowiska. Elektrownia jądrowa o mocy 1000 MW(e) zużywa około 80 kg uranu dziennie, a rocznie produkuje około 30 t wysokoradioaktywnych odpadów w postaci zużytego paliwa.

Największym zagrożeniem środowiska jest emisja dwutlenku siarki i tlenków azotu powodująca kwaśne deszcze, które niszczą życie w akwenach, dewastują olbrzymie obszary lasów i powodują korozję konstrukcji metalowych i niszczenie budynków. Roczne straty z tego powodu w Europie sięgają wielu miliardów dolarów. Nie do oszacowania są ogromne straty spuścizny kulturalnej - zniszczone pomniki, rzeźby i budowle, w szczególności z piaskowca oraz marmuru.

Elektrownie i elektrociepłownie mają znaczący wpływ na powietrze atmosferyczne, glebę i wody, a za ich pośrednictwem na rośliny, zwierzęta i ludzi.

Praca w kopalniach jest jednym z najniebezpieczniejszych zajęć. Według oficjalnych statystyk w Chinach w roku 2005 prawie 6 tysięcy górników (średnio 16 dziennie) poniosło śmierć wskutek powodzi w kopalniach, zawałów, pożarów i wybuchów gazu. Nieoficjalne szacunki podają liczbę zbliżoną do 10 tysięcy. Około 600 tysięcy chińskich górników choruje na pylicę. W Stanach Zjednoczonych w tym samym roku zginęło 25 górników.

Wydobycie 3 mln ton węgla spalanych rocznie w elektrowni o mocy 1000 MW(e) powoduje średnio śmierć 3 górników pod ziemią, a podczas jego transportu również zdarzają się wypadki śmiertelne. Można powiedzieć, że jest to ryzyko zawodowe. Ile jednak osób umiera rocznie z powodu zanieczyszczenia środowiska produktami spalania węgla? Według danych zebranych w różnych krajach szacuje się, że typowa elektrownia węglowa o mocy 1000 MW(e) powoduje przed-

wczesną śmierć 100-500 osób rocznie. Liczba zgonów zależy od wielu czynników, takich jak jakość spalanego węgla, stopień oczyszczania spalin, gęstość zaludnienia w pobliżu elektrowni i warunki meteorologiczne. W USA liczbę ofiar śmiertelnych energetyki węglowej ocenia się na 25 000, a w Wielkiej Brytanii na 2000 rocznie. Największe masowe zatrucia spalinami wydarzyły się w Dolinie Mozy (Belgia, 1952 r.), w Donora (Pensylwania, 1948 r.), w Londynie (1952 r.) oraz w Nowym Jorku (lata 1953, 1963, 1966). W Londynie w grudniu 1952 roku z powodu szczególnie niekorzystnych warunków meteorologicznych (inwersja temperatury), w ciągu kilku dni zmarło 3900 osób.

Jeśli spojrzeć na energetykę jądrową jedynie przez pryzmat zagrożeń, to należy zwrócić uwagę, że każdy przemysł powoduje pewną liczbę ofiar śmiertelnych. W wypadku elektrowni chyba najlepszym wskaźnikiem jest liczba zgonów na 1 gigawatorok (tj. milion kilowatogodzin) wyprodukowanej energii elektrycznej. Wskaźnik ten, według danych z okresu 1969-2000 zebranych przez szwajcarski Instytut Paula Scherrera, dla całego świata (w nawiasie wskaźnik dla UE-15) kształtuje się następująco:

Typ elektrowni	Liczba zgonów na 1 GWh(e)- rok
Wodna	0,56 (0,003)
Ciepłna opalana gazem ziemnym	0,09 (0,08)
Ciepłna opalana ropą naftową	0,44 (0,13)
Ciepłna opalana węglem	0,69 (0,16)
Jądrowa z reaktorami typu RBMK (jak w Czarnobylu)	0,16 (nie dotyczy)
Jądrowa z dowolnym innym typem reaktorów	0,00 (0,00)

Dane te należy bardzo uważnie wziąć pod uwagę, jeśli się chce włączyć do dyskusji na temat opłacalności i ryzyka związanego z utratą zdrowia w wypadku korzystania z różnych rodzajów energetyki.

Na środowisko naturalne oddziałują przede wszystkim:

- produkty spalania paliw, a więc pochodzące z obiegu paliwowego elektrowni. Należą do nich: spaliny, zawierające popiół lotny (pył), dwutlenek siarki, tlenki azotu, tlenek i dwutlenek węgla, żużel spod kotłów, odpady i ścieki z instalacji odsiarczania spalin. (pylenie występuje również w procesach transportu, składowania i rozładunku paliw)

- hałas towarzyszący przy rozładowaniu, kruszeniu węgla, wytwarzany przez wentylatory, sprężarki
- duży wpływ na środowisko naturalne mają ścieki przemysłowe, które wytwarzane są przy uzdatnianiu wody do obiegu parowego i do obiegu chłodzącego oraz z instalacji odsiarczania spalin, a także podgrzewanie wody w rzekach (jeziorach) w przypadku otwartego obiegu chłodzenia turbin.
- obieg elektryczny poprzez hałas transformatorów i silników oraz oddziaływanie pól elektromagnetycznych ma także niekorzystny wpływ na środowisko naturalne.

W przypadku niezupełnego spalania w komorze paleniskowej, powstaje: tlenek węgla CO, sadza oraz rakotwórczy benzopiren

W spalanych rocznie około 170 mln ton węgla kamiennego i brunatnego znajduje się około 500 ton uranu i toru łącznie, które są usuwane na wysypiska w popiołach lub wydmuchiwane do atmosfery w postaci pyłu.

Na tym tle zestalone w betonie lub bitumie (asfalcie) i zamknięte w metalowych beczkach nisko- i średnioaktywne odpady promieniotwórcze stanowią nieistotne zagrożenie. Ludzi jednak przeraża fakt, że są to odpady promieniotwórcze. Wielu osobom wydaje się, że energetyka jądrowa wprowadza do środowiska szczególnie groźny, nowy, poprzednio nie spotykany element. Jest to całkowicie błędne przekonanie.

Moc dawki otrzymywanej przez górników w kopalniach węgla jest tylko 10 razy mniejsza od dawki w kopalni rudy uranu. Ponieważ taki sam efekt energetyczny otrzymuje się z 50 razy mniejszej masy rudy uranu niż węgla, górnictwo węglowe niesie pięciokrotnie większe zagrożenie promieniotwórczością niż kopalnie rudy uranu.

Rozpiętość dawek promieniowania jonizującego, jakie ludzie otrzymują z naturalnych źródeł radioaktywnych, jest bardzo duża. Na terenach o podłożu granitowym, a więc na przykład w Skandynawii, roczne dawki są kilkakrotnie wyższe niż w innych częściach Europy. W stanach Kerała i Madras, w Indiach, wskutek obecności skał monacytowych moce dawek są kilkadziesiąt razy większe niż gdzie indziej. Ludzie są zaskoczeni, jeżeli im uświadomić, że w skorupie ziemskiej występuje 61 naturalnych nuklidów promieniotwórczych, a ponad 20 dalszych wytwarzanych jest przez promieniowanie kosmiczne. W ciele każdego człowieka znajduje się promieniotwórczy 40K o aktywności około 3500 Bq, co znaczy, że w ciągu każdej sekundy w ciele ludzkim następuje 3500 rozpadów na sekundę 40K. Coraz więcej jest doniesień

naukowych skłaniających do przekonania, że małe dawki promieniowania jonizującego nie tylko nie są szkodliwe, ale wręcz korzystne dla organizmu. Jest to zjawisko zwane hormezą radiacyjną. Średnio w 1 kg skorupy ziemskiej aktywność wynosi 26 Bq. Łatwo obliczyć, że w Polsce, w warstwie powierzchniowej o grubości 500 m znajduje się około 300 ton czystego radu (7×10^{15} Bq). Ten rozproszony rad nie jest niczym zabezpieczony, a ponieważ znajduje się w równowadze radioaktywnej z uranem jego ilość jest stała, nie ubywa w czasie. I jakoś nikt się tym nie przejmuje. Wypadki związane z promieniotwórczością były bardzo nagłaśniane, gdyż pochłonęły bardzo dużą liczbę ofiar. Z terminem promieniotwórczość kojarzy się wypadek w Czarnobylu i wybuch bomby atomowej. Mimo to energia jądrowa jest obecnie najlepszym źródłem energii. Ocena następstw awarii możliwych w różnych systemach energetycznych, wykazała, że liczba ofiar śmiertelnych na jednostkę wytworzonej energii jest największa w przypadku gazu, a ryzyko związane z cyklem węglowym znajduje się na drugim miejscu. Zagrożenia związane z awarią nowoczesnych elektrowni jądrowych są znikome.

Wprawdzie promieniowanie może być szkodliwe i niebezpieczne, gdyż może powodować uszkodzenie komórek, ale nawet niszczące działanie promieniowania na żywy organizm umiemy wykorzystać dla ratowania zdrowia i życia ludzi, napromieniając w sposób zaplanowany i kontrolowany osoby, u których stwierdzono chorobę nowotworową. Źródła promieniowania stosowane w medycynie możemy podzielić na urządzenia wytwarzające promieniowanie jonizujące i źródła izotopowe. Do pierwszej grupy zalicza się wszystkie rodzaje aparatów rentgenowskich, stanowiących najliczniejszą grupę urządzeń radiacyjnych w medycynie oraz tzw. akceleratory, czyli urządzenia do przyspieszania cząstek naładowanych tak, aby nadać im dużą energię. Wyprowadzoną z akceleratora wąską wiązkę promieniowania wykorzystuje się do niszczenia komórek nowotworowych.

Przetwarzając energię jądrową w elektryczną można zbudować miniaturową baterię (zwaną baterią jądrową), wprawdzie o małej mocy, ale za to o długim czasie pracy. Stosuje się je w stymulatorach serca, dzięki którym już setki tysięcy ludzi na całym świecie, cierpiących na zaburzenia rytmu serca mogą normalnie żyć i pracować. Najczęściej wykorzystuje się w nich izotop plutonu ^{238}Pu , wytwarzany w reaktorach jądrowych.

Okazuje się, że małe dawki promieniowania, podobne do naturalnych, i większe niż czarnobylskie dawki w Polsce, przedłużają życie, poprawiają odporność na choroby zakaźne i zmniejszają śmiertelność nowotworową. Stwierdzono to m.in. wśród tej części ludności Hiroszimy i Nagasaki, która została napromieniona małymi dawkami w czasie ataku atomowego. Występowanie zjawiska dobroczynnych skutków małych dawek promieniowania potwierdził niedawno UNSCEAR - Komitet Naukowy Narodów Zjednoczonych ds. Skutków Promieniowania Atomowego, największy międzynarodowy autorytet w dziedzinie badań radiacyjnych (zjawisko, zwane hormezą radiacyjną).

Sytuacja energetyczna Polski prowadzi do wniosku, że pilnym problemem jest zastępowanie węgla, jako źródła energii finalnej, energią elektryczną i gazem ziemnym, co oznacza, że do 2010 roku należy, co najmniej podwoić wytwarzanie energii elektrycznej oraz znacznie zwiększyć dostawy gazu ziemnego. Przeprowadzane są modernizacje elektrowni i elektrociepłowni węglowych, a przede wszystkim instalowane są systemy oczyszczania spalin. Sprawność usuwania szkodliwych substancji powinna przy tym wzrastać z obecnych 3% do 80-90%. Przykładem jest nasza Elektrownia „Łaziska”.

Jednak presja sąsiednich krajów europejskich wynikająca z umów międzynarodowych dotyczących poszanowania środowiska naturalnego będzie coraz większa. Być może w dalekiej przyszłości zostaniemy zmuszeni do rezygnacji z elektrowni węglowych. Taki scenariusz choć bardzo pesymistyczny, jest też możliwy. Musimy budować elektrownie gazowe, a także gazowo-parowe, które są o wiele bardziej proekologiczne od węglowych. Niestety, ich funkcjonowanie zależeć będzie od importu gazu. Tak więc działania w celu podjęcia budowy w Polsce pierwszej elektrowni jądrowej i opracowanie program dalszego rozwoju energetyki jądrowej są za wysoce uzasadnione.

Żaden z wariantów rozwoju energetyki nie może być wprowadzany w atmosferze nieufności do ekspertów i lęku sianego przez nieodpowiedzialne wystąpienia w środkach masowej informacji. Ludzie mający wpływ na politykę gospodarczą kraju muszą być w pełni świadomi konsekwencji podejmowanych decyzji i odpowiedzialności za błędy popełnione w tej sprawie. Dlatego niezbędną jest szeroka akcja uświadamiania społeczeństwa prowadzona przez najlepszych specjalistów w dziedzinach związanych z energetyką, nawet z udziałem psychologów i socjologów oraz z uwzględnieniem strony etycznej zagadnienia.

Prof. Andrzej Hrynkiewicz – jeden z najbardziej zagorzałych zwolenników rozwoju energii atomowej: "Na całym świecie energia elektryczna jest uważana za najlepszą postać energii końcowej, czyli tej, która powinna dotrzeć do konsumentów. Tymczasem w naszym kraju tylko niewielka część energii dociera do odbiorców pod tą postacią. Aż 27 % energii dostarczanej odbiorcom to węgiel. Ale to nie koniec problemu – aż 97 % energii elektrycznej w Polsce produkowana jest z węgla kamiennego lub brunatnego. Sytuacja taka budzi niepokój, gdyż energia z węgla jest bardzo szkodliwa dla środowiska.

Wprowadzenie energetyki jądrowej byłoby korzystne. Poza tym, energetyka atomowa jest jedyną czystą postacią energii, nie emitującą żadnych szkodliwych zanieczyszczeń. Zdaniem wielu analityków, przy obecnej strukturze pozyskiwania energii możliwe jest spełnienie zobowiązań ekologicznych do ok. 2010 roku. Dalej może ono okazać się zbyt kosztowne. Wtedy jedną z opcji stanie się wybudowanie elektrowni atomowych. Panują różne opinie, jedni uważają, że będzie to rok 2010, inni przesuwają tą datę jeszcze o 10 lat.

Już w najbliższych latach musimy rozpocząć budowę nowych elektrowni, aby do 2010 roku osiągnąć zainstalowaną moc 60 000 MW(e). Jakie elektrownie budować? Jeśli pominiemy niepoważne projekty oparcia polskiej elektroenergetyki na bateriach słonecznych, wiatrakach lub spalaniu słomy i jeśli uwzględnimy fakt, że niestety nasze nizinne rzeki nie mogą stanowić znaczącego źródła energii elektrycznej, to jesteśmy skazani na elektrownie cieplne i trzy rodzaje paliw: węgiel, gaz ziemny i paliwo jądrowe.

Inne źródła energii:

Energia wiatru: W Polsce budowa takich elektrowni jest nierealna ze względów na koszty (grunty na których mają stanąć turbiny, urządzenia pozwalająca na stałe oddawanie energii ze stałą jakością) ponoszone przy uruchomieniu takich elektrowni, a także ze względów ukształtowania terenów oraz warunków 'wiatrowych'.

Energia wody: Budowa elektrowni wodnej pochłania ogromne środki. Jest nadzieja, że będzie powstawać więcej elektrowni wodnych ze względów bezpieczeństwa ludzi. Chodzi tutaj o zbiorniki retencyjne, przy okazji budowy których można budować elektrownie wodne. W Polsce istnieje wiele elektrowni wodnych w postaci zalewów lub też służących jako zbiorniki retencyjne. Działają one tylko w sytuacjach wyjątkowych i nie produkują zbyt dużo energii elektrycznej. Gdyby zmienić politykę energe-

tyczną w Polsce możliwa byłaby tańsza produkcja energii, ale wtedy elektrownie węglowe nie spalałyby takich ilości węgla i tym samym kopalnie, już mające ciężką sytuację, straciłyby dużych klientów, co doprowadziłoby je do bankructwa.

Energia słoneczna: W Polsce, ze względu na klimat i środki finansowe na energetykę, ten sposób otrzymywania energii wydaje szczególnie odległy.

Podsumowanie zalet i wady różnych źródeł energii

Rodzaj źródła	Zalety	Wady
Węgiel Ropa naftowa Gaz ziemny	Wykorzystują szeroko dostępne źródła energii.	Do atmosfery usuwane są zanieczyszczenia, które zatrują środowisko, zwiększają efekt cieplarniany, powodują kwaśne deszcze i stwarzają problemy zdrowotne. Środowisko zostaje zanieczyszczone popiołami i żużlem. W razie katastrofy podczas transportu morskiego ropy naftowej następuje zanieczyszczenie wód oraz zniszczenie flory i fauny. Spośród wszystkich paliw kopalnych, najmniejsze zagrożenie dla środowiska stwarza gaz ziemny. Źródła energii są nieodnawialne, więc w końcu ulegną wyczerpaniu.
Elektrownie jądrowe	Otrzymujemy dużą ilość energii z małej ilości paliwa - 1 kg uranu równoważy 3000 ton węgla. Podczas normalnej eksploatacji są niemal zupełnie nieszkodliwe. Niskie koszty eksploatacji po uruchomieniu.	Groźba skażeń w razie awarii, jeśli elektrownia nie ma właściwych układów bezpieczeństwa. Problemy ze składowaniem wypalonego paliwa. Wysokie koszty budowy i rozbiórki elektrowni gdy zakończy już swoją działalność.

Energia geotermiczna	Czyste źródło energii.	Drogie instalacje. Problemy techniczne przy utrzymaniu urządzeń. Odpowiednie skały występują w niewielu miejscach na świecie. Uwalnia się radon i siarkowodór.
Elektrownie wodne	Czyste odnawialne źródło energii. Możliwość szybkiego zatrzymywania i uruchamiania elektrowni. Małe problemy przy ich utrzymywaniu i eksploatacji. Sztuczne zbiorniki wodne gromadzą wodę, zmniejszając ryzyko powodzi.	Zależność od opadów deszczu. Konieczność zalania dużych obszarów i przesiedlenia ludzi. Niszczenie naturalnych siedlisk lądowych dla roślin i zwierząt. Lokalne zmiany klimatyczne.
Energia wiatru	Czyste źródło odnawialnej energii.	Wysokie koszty budowy i utrzymania. Ingerencja w krajobraz, instalacja wiatraków zajmuje rozległe obszary stracone dla rolnictwa. Hałas turbin. Zależność od wiatru. Zakłócają odbiór fal radiowych i telewizyjnych.
Energia słoneczna	Czyste źródło odnawialnej energii. Ogniwa słoneczne nie wymagają szczególnej konserwacji poza czyszczeniem, są niezawodne.	Do budowy ogniw fotowoltaicznych używa się pierwiastków toksycznych (kadm, arsen, selen, tellur). Instalacja ogniw zajmuje rozległe obszary.
Energia fal morskich	Czyste źródło odnawialnej energii.	Wysokie koszty instalacji i eksploatacji. Problemy środowiskowe-zajęcie dużych obszarów wybrzeża morskiego.

Energia płynów	Czyste źródło odnawialnej energii. Niezawodne, ponieważ woda z przypływami podnosi się i opada regularnie dwa razy w ciągu doby.	Wysokie koszty budowy zapory. Wpływ na środowisko-mogą ulec zniszczeniu naturalne siedliska mieszkańców wód. Ograniczenia w ruchu statków.
----------------	--	--

Warto jednak uświadomić sobie, że przy obecnych możliwościach technologicznych, zaspokojenie potrzeb energetycznych Europy Zachodniej przy wykorzystaniu jedynie tzw. odnawialnych źródeł energii wymagałoby:

Źródło energii	Wymagałoby
Słońce	Panele fotowoltaiczne o łącznej powierzchni 260 000 km ²
Wiatr	7 milionów wiatraków o wysokości 100 m; ustawiając je co 200 m trzeba by poświęcić teren o powierzchni 280 000 km ²
Biogaz	15,6 miliardów świń lub 200 miliardów kurcząt
Tioalkohol	2 000 000 km ² ziemniaków lub 7 000 000 km ² pszenicy
Biomasa	7 800 000 km ² lasów

Czy energia atomowa warta jest zachodu Koszty inwestycyjne są ogromne. Wybudowanie elektrowni atomowej jest o połowę droższe od wybudowania nowoczesnej elektrowni węglowej. ALE ... okazuje się, że najdroższym paliwem energetycznym jest w tej chwili gaz ziemny. Przewiduje się, że będzie on drożał w przyszłości. Najbardziej stabilna sytuacja panuje natomiast na rynku paliwa jądrowego. Ponieważ potrzeba go niewiele, łatwo jest zgromadzić zapasy paliwa na wiele lat. Tymczasem paliwa kopalne są nie tylko kosztowne, ale i ich zapasy szybko się wyczerpują. Trzeba także zwrócić uwagę na to, że transport – który jest bardzo drogi i wciąż stanowi jedno z poważniejszych źródeł emisji zanieczyszczeń atmosfery – w przypadku elektrowni atomowych ogranicza się do cyklu inwestycyjnego a do pracy elektrowni węglowych potrzeba go bardzo dużo. Dochodzą jeszcze ogromne ilości odpadów. Do pracy elektrowni gazowych trzeba miliardów metrów sześciennych gazu ziemnego, przesyłanego kosztownymi rurociągami.

Energetyka jądrowa na świecie stanowi istotne źródło pozyskiwania energii elektrycznej. Na dzisiaj zapewnia produkcję ponad 1/6 całej energii elektrycznej.

<i>Źródła energii elektrycznej:</i>	
<i>węgiel</i>	<i>39,3%</i>
<i>ropa naftowa</i>	<i>11,7%</i>
<i>gaz ziemny</i>	<i>13,3%</i>
<i>energia jądrowa</i>	<i>17,0%</i>
<i>energia wodna</i>	<i>18,1%</i>
<i>pozostałe</i>	<i>0,6%</i>

Obecnie w 31 krajach działa 441 reaktorów jądrowych, łączna moc elektryczna elektrowni atomowych: 368 496 MWe. Wytwarzają one ok. 17% energii elektrycznej.

Największą liczbę reaktorów jądrowych posiadają Stany Zjednoczone – 103, Francja ma ich 59, Japonia – 55, Wielka Brytania – 23, Rosja – 31, Niemcy – 17, Ukraina – 15. Najwyższy udział energetyki jądrowej w produkcji energii elektrycznej ma Francja – 78%, drugie miejsce zajmuje Litwa – 72%. Tylko wśród naszych sąsiadów stan posiadania w zakresie pracujących w energetyce reaktorów kształtuje się następująco:

- Rosja 31 (11 typu RBMK),
- Słowacja 6,
- Czechy 8,
- Niemcy 17,
- Ukraina 15,
- Litwa 1 (typu RBMK).



Z naszych sąsiadów reaktorów atomowych nie ma tylko Białoruś.

Rumunia	5.1	10	1	655	1	655	0	0	3	1995	176
Rosja	133.0	16	31	21743	4	3600	1	925	8	9375	3439
Słowacja	15.6	55	6	2472	0	0	0	0	2	840	356
Szwajcaria	25.4	40	5	3220	0	0	0	0	0	0	575
Szwecja	75.0	52	10	8938	0	0	0	0	0	0	1435
Ukraina	81.1	51	15	13168	0	0	2	1900	0	0	1988
USA	788.6	20	103	97924	1	1065	0	0	13	17000	19715
Węgry	11.2	34	4	1755	0	0	0	0	0	0	251
Wielka Brytania	73.7	19	23	11852	0	0	0	0	0	0	1988
ŚWIAT	2618.6	16	441	368,386	24	18,816	41	42,707	113	82,22	65,478

*Źródła:**Dane o reaktorach: WNA z 4/1/06.**IAEA- produkcja energii (% e) 7/7/05.**WNA: Global Nuclear Fuel Market (scenariusz referencyjny) - dla U.*

czynne = podłączone do sieci

w budowie = położenie kamienia węgielnego lub przygotowania w toku

planowane = zatwierdzone i posiadające fundusze;

proponowane = nadal bez funduszy i/lub bez zatwierdzenia.

MWe = megawat netto (elektryczny w odróżnieniu od termicznego)

66,658 tU = 78,610 t U₃O₈

* W Kanadzie, w rubryce 'planowane' umieszczono 2 wyłączone reaktory Bruce.

Energetyka i broń jądrowa

Bomby atomowe, które zniszczyły Hiroszimę i Nagasaki, próbne wybuchy bomb atomowych i wodorowych oraz poligony jądrowe są przez ludzi kojarzone z energetyką jądrową. Bardzo trudno jest to wykorzystać. Po pierwsze, ludzie nie zdają sobie sprawy z różnicy między paliwem jądrowym reaktorów energetycznych, którego wzbogacenie w rozszczepialny uran 235 jest rzędu kilku procent, a materiałem bomb jądrowych, gdzie to wzbogacenie wynosi powyżej 90%. W związku z tym paliwo reaktora nie może wybuchnąć jak bomba. Po drugie, za promieniotwórcze skażenia środowiska wywołane próbnymi wybuchami jądrowymi lub towarzyszące wydobywaniu plutonu z paliwa reaktorów wojskowych odpowiedzialne są militarne zastosowania energii jądrowej, które z energetyką cywilną mają tylko tyle wspólnego, że wykorzystują ten sam fizyczny proces rozszczepienia uranu lub plutonu. Można powiedzieć, że całe zło przypisywane energetyce jądrowej wiąże się z bronią jądrową. W warunkach tajności, którą otoczone są działania wojskowe, w pośpiechu współzawodnictwa w produkcji głowic jądrowych, w totalitarnym imperium sowieckim (ale nie tylko) duże obszary kraju w okolicach poligonów jądrowych w Czelabińsku, Semipałatyńsku i na Nowej Ziemi oraz wód basenu Morza Północnego zostały skażone wskutek beztroskiego składowania, odprowadzania do rzek i jezior odpadów z zakładów jądrowych oraz pozbywania się zużytych reaktorów okrętów atomowych. Należy również zdawać sobie sprawę z tego, że reaktory RBMK, a więc typu czarnobylskiego, w początkowym zamyśle były reaktorami do produkcji plutonu militarnego, choć nigdy do tego celu nie były wykorzystywane. Ich cechą jest możliwość ciągłej wymiany prętów paliwowych, co pozwala optymalizować stopień ich wypalenia tak, żeby uzyskać pluton najlepiej nadający się do produkcji broni jądrowej.

W świetle tych faktów przypisywanie energetyce jądrowej wszelkiego zła, będącego skutkiem wojskowych zastosowań nukleoniki, jest zwykłym nadużyciem. To tak, jakby ktoś domagał się całkowitej likwidacji przemysłu chemicznego na świecie, motywując to produkcją m.in. materiałów wybuchowych i trujących substancji.

Czy elektrownia nuklearna może stać się bombą atomową?

Eksplozja nuklearna w elektrowni jądrowej jest niemożliwa, nawet gdyby zawiodły wszystkie zabezpieczenia czy zawładnęliby nią terroryści. Paliwo, używane w reaktorach, składa się zaledwie w 3% z rozszczepialnego U-235. Do wywołania eksplozji jądrowej konieczny jest uran znacznie bardziej wzbogacony. Nawet prędko reaktor powielający ma za mały

stopień wzbogacenia, by eksplodować jak bomba atomowa, choć tak stale twierdzą przeciwnicy tego urządzenia. Jego elementy paliwowe zawierają tylko 20% - 30% materiału rozszczepialnego, podczas gdy bomba atomowa prawie 100%.

Awarie reaktorów

W reaktorze energetycznym nie może nastąpić wybuch jądrowy. Nie może rozwinąć się tak szybko przebiegająca łańcuchowa reakcja rozszczepienia, jak to ma miejsce w bombie atomowej. Przyczyną jest małe wzbogacenie paliwa jądrowego w rozszczepialny ^{235}U . W naturalnym uranie jest go 0.7%, w paliwie reaktorowym rzadko więcej niż 4%, natomiast w bombie atomowej znacznie powyżej 90%. Żadne zmiany konfiguracji elementów paliwowych w reaktorze, żadna akcja terrorystyczna, żadna katastrofa niszcząca budynek reaktora nie może spowodować wybuchu jądrowego. Jest to po prostu sprzeczne z prawami fizyki. Zdarzają się jednak awarie reaktorów energetycznych, z których najgroźniejsze polegają na uszkodzeniu rdzenia reaktora, co może doprowadzić do wydostania się substancji promieniotwórczych do otoczenia.

Tylko dwie awarie w elektrowniach jądrowych doprowadziły do zniszczenia rdzenia reaktora. Nastąpiło to w elektrowni Three Mile Island w Pensylwanii w marcu 1979 roku i w Czarnobylu, w kwietniu 1986 roku. Warto powtórzyć, że reaktor RBMK w Czarnobylu miał być w swym założeniu reaktorem nie tylko energetycznym, ale również wytwarzać pluton dla celów wojskowych.

Porównanie obu awarii pokazuje, jak bezpieczna jest energetyka jądrowa oparta na reaktorach PWR. Mimo że w obu przypadkach, wskutek uszkodzenia pierwotnego obiegu chłodzenia, został stopiony rdzeń reaktora, w Three Mile Island reaktor typu PWR został zniszczony, ale awaria nie zagraziła okolicznym mieszkańcom. Nie doszło do rozerwania obudowy przez parę wodną, ani nie nastąpił wybuch wodoru, który wydzielił się w wyniku reakcji z wodą cyrkonowych koszulek paliwa rozgrzanych do wysokiej temperatury. Trzech operatorów otrzymało dawki w granicach 31-38 mSv, a 12 osób obsługi podwyższone dawki, ale nie przekraczające 10 mSv.

Zupełnie inny przebieg miała podobna awaria grafitowego reaktora RBMK w Czarnobylu. Pożar 1500 t grafitu i wybuch chemiczny spowodowały wyrzucenie do atmosfery ponad 1.9×10^{18} Bq (50 mln Ci)* substancji promieniotwórczych. Skażenie radioaktywne dużych terenów Ukrainy i Białorusi wymagało ewakuacji około 200 tys. mieszkańców, a skażenie atmosfery można było wykryć we wszystkich krajach Europy.

Porównanie skutków awarii czarnobylskiej ze skutkami innych awarii i katastrof

Liczba ofiar	Katastrofa	Rok
0	Awaria reaktora jądrowego (Three Mile Island, USA)	1979
0	Przeciek chemiczny (Soveso, Włochy)	1976
0	Pożar reaktora (Windscale, Wielka Brytania)	1957
31	Pożar reaktora (Czarnobyl, ZSRR)	1986
300	Awaria w zakładach broni biologiczno-chemicznej (Nowosybirsk, ZSRR)	1979
421	Zniszczenie zapory rzecznej (Frejus, Francja)	1959
431	Wybuch w kopalni (Chasnala, Indie)	1975
452	Wybuch gazu naturalnego (Mexico City, Meksyk)	1984
562	Wybuch nawozów sztucznych (Teras City, USA)	1947
1 100	Wybuch dynamitu (Cali, Kolumbia)	1956
1 572	Wybuch pyłu węglowego w kopalni (Honkeiko, Chiny)	1947
2 600	Awaria zapory wodnej (Vaiont, Francja)	1963
15 000	Wyciek trującego gazu (Bhopal, Indie)	1984
110 000	Trzęsienie ziemi w Turkmenistanie, ZSRR	1948
138 000	Cyklon i powódź w delcie Gangesu (Bangladesz)	1991
295 000	Tsunami (Ocean Indyjski)	2004
400 000	Cyklon i powódź w delcie Gangesu (Bangladesz)	1970

Dla porównania warto też uświadomić sobie, że rocznie na świecie w wypadkach drogowych ginie około 1,2 miliona osób, zaś około 50 milionów odnosi rany (dane WHO). Nikt jednak nie kwestionuje potrzeby istnienia transportu drogowego, co więcej – większość ludzi chciałaby mieć samochód nawet bez uzasadnionej potrzeby.

WIELKIE KATASTROFY PRZEMYSŁOWE W XX WIEKU			
Rok	Rodzaj katastrofy	Miejsce	Liczba zgonów
1921	Wybuch w fabryce chemicznej	Oppau, Niemcy	561
1942	Wybuch pyłu węglowego	Kopalnia Honkeiko, Chiny	1572

1947	Wybuch nawozów sztucznych	Texas City, USA	562
1956	Wybuch dynamitu	Cali, Kolumbia	1100
1957	Pożar reaktora	Windscale, Wielka Brytania	0
1959	Zniszczenie zapory rzecznej	Fréjus, Francja	421
1963	Przelanie się 10^8 m ³ wody przez zaporę	Vaiont, Włochy	2600
1975	Wybuch w kopalni	Chasnała, Indie	431
1976	Przeciek chemiczny	Seveso, Włochy	0
1979	Wypadek w zakładach broni biologiczno-chemicznej	Nowosybirsk, Rosja	300
1979	Stopienie reaktora jądrowego	Three Mile Island, USA	0
1984	Wybuch gazu naturalnego	Mexico City, Meksyk	452
1984	Wyciek trującego gazu	Bhopal, Indie	6954
1986	Stopienie reaktora jądrowego	Czarnobyl, Ukraina	41

Korzyści wynikające z energii jądrowej

1. Jest niezależna od surowców naturalnych (węгля, ropy naftowej, gazu ziemnego) elektrownie mogą pracować bez obawy szybkiego wyczerpania się zapasów paliwa
2. Z używanego paliwa jądrowego uzyskuje się więcej energii elektrycznej niż z jakiegokolwiek źródła naturalnego.
3. Energetyka jądrowa jest nieszkodliwa dla środowiska, tzn. Nie zanieczyszcza powietrza, nie emituje pyłów i gazów (klasyczne elektrownie emitują duże stężenia dwutlenku węgla, dwutlenku siarki, i innych trujących substancji, które przyczyniają się do powstawania efektu cieplarnianego. Dobrze działające elektrownie jądrowe nie wyrządzają większej krzywdy środowisku i człowiekowi.
4. Energia jądrowa jest jedynym źródłem, jakie może zaspokoić zasadniczą część zapotrzebowania na energię wolną od CO₂. Korzystanie z energii jądrowej zapobiega bezpośrednio emisji do 2,3 mld ton dwutlenku węgla rocznie, co odpowiada prawie jednej trzeciej całkowitej ilości CO₂ emitowanej obecnie na całym świecie.
5. Nie wpływa na pogorszenie się stanu zdrowia ludzi.
6. Nie wymaga hałaśliwych urządzeń.

7. Koszty zewnętrzne dla energii jądrowej są znacznie mniejsze niż dla wszystkich paliw organicznych.
8. Można ją wykorzystać w celach medycznych (np. bomby kobaltowe, których używa się w leczeniu nowotworu).

Pomimo licznych oporów i przeszkód energetyka jądrowa w wielu krajach rozwija się nadal, chociaż nie tak szybko, jak to planowano w latach sześćdziesiątych, kiedy przewidywano wysokie i stale rosnące tempo wzrostu zapotrzebowania na energię.

Znacznym korzyściom współczesnych form uzyskiwania energii jądrowej jest przeciwstawiana możliwość olbrzymich promieniotwórczych skażeń. Prawdopodobieństwo zaistnienia takich katastrof ekologicznych jak w Czarnobylu będzie znikome, jeśli państwa wytwarzające energię jądrową, dostosują się do wysokich (np. niemieckich) standardów bezpieczeństwa. Dlatego w spojrzeniu na współczesną energetykę jądrową bezpieczeństwo, konkurencyjność oraz zaufanie społeczne są najistotniejszymi czynnikami, które zadecydują o jej przyszłości

Źródła:

1. Ł.A.Turski, *Energia i my*, Wiedza i Życie 12/1997.
2. A. Z. Hrynkiewicz, *Czy Polska potrzebuje energetyki jądrowej*, Wiedza i Życie 11/1996.
3. A. Z. Hrynkiewicz, *Skąd brać energię?*; Wiedza i Życie 11/2000 Świat Nauki - 11/1998.
4. T.Coutts, M.Fitzgerald, *Termiczne ogniwa fotowoltaiczne*, Świat Nauki. 10 (182) / 2006 numer specjalny *Energia dla przyszłych pokoleń*.
5. *Energetyka jądrowa, człowiek i środowisko* - Centrum Informatyki Jądrowej, Warszawa 1998.
6. A.Hrynkiewicz, *Co dalej z energią jądrową w Polsce? Materiały XXXVI Zjazdu Fizyków Polskich*, Toruń 2001.
7. <http://www.atomowe.kei.pl/>
8. http://chemia.viii-lo.krakow.pl/energetyka/energetyka_jadrowa.
<http://www.atm.com.pl>
9. <http://www.forumakad.pl/archiwum/99/5/artykuly/>
10. <http://kwark.if.pw.edu.pl/mtj/students/1999-2000/Ossowski/>
11. <http://szkola.gery.pl/133.html>
12. <http://sciaga.nauka.pl/>
13. <http://www.nuclear.pl/>
14. <http://www.paa.gov.pl/>
15. <http://wuwuwu.com.pl/ekologia/dabrzal.htm>
16. <http://znik.wbc.lublin.pl/ChemFan/Publikacje/energia.html>
17. <http://www.e-energetyka.pl>
18. <http://www.cire.pl>
19. <http://www.gajanet.pl>
20. <http://library.thinkquest.org>
21. <http://www.republika.pl/felkner/energia>

III MÓWCA OPOZYCJI⁸

„Energia atomowa – nie, dziękuję !”

Budowa elektrowni atomowych to temat bardzo kontrowersyjny. Zwolennicy twierdzą, że aby uniknąć kryzysu energetycznego musimy produkować więcej energii, ale przecież oszczędność energii i rozwój nauki w stronę wykorzystania proekologicznych źródeł energii (wiatru, słonecznej czy geotermicznej) mogą być lepszym rozwiązaniem.

Musimy zadać sobie pytanie – co chcemy osiągnąć?

Nauka ma służyć człowiekowi i przewidywać zagrożenia, a przecież nie zawsze tak jest!

Rozszczepienie jądra uranu przeprowadzone w roku 1939 przez dwóch niemieckich naukowców – Ottona Hahna i Fritza Strassmanna doprowadziło w latach 1943-1945 do prac nad budową bomby atomowej, a amerykański fizyk Jacob Robert Oppenheimer, który został „ojcem” bomby atomowej – postulował międzynarodową kontrolę wykorzystania energii jądrowej.

Dziś Korea Północna ma bombę, a międzynarodowa kontrola jest bezsilna.

Czy reaktor w elektrowni jądrowej może spowodować wybuch tak jak bomba atomowa – oczywiście nie, ale możliwy jest wypadek w którym następuje stopienie rdzenia reaktora i wydostanie się substancji promieniotwórczej na zewnątrz.

W marcu 1979 roku taki wypadek miał miejsce w elektrowni Three Mile Island w Pensylwanii, a w kwietniu 1986 roku w Czarnobylu.

W pierwszym przypadku nie nastąpił wybuch, w drugim nastąpiło bardzo poważne skażenie atmosfery, wielu ludzi zginęło i wielu zachorowało.

Reaktory w Czarnobylu typu RBMK-1000 posiadały pewną wadę – były niestabilne przy małej mocy. Awaria została tak naprawdę wywołana błędem obsługi czwartego reaktora – wyłączono automatyczne systemy zabezpieczające i postanowiono przeprowadzić eksperyment – zmniejszono znacznie moc reaktora, zablokowano dopływ pary do generatorów i mierzono czas ich pracy po odcięciu zasilania.

Nastąpił bardzo gwałtowny i niekontrolowany wzrost mocy reaktora.

⁸ Agnieszka Wierzycka przy współpracy Anny Szyszko.

Nie włączyły się systemy zabezpieczające – zostały przecież odłączone. Reaktor produkował ponad 100 razy więcej energii niż wynosi dopuszczalny poziom.

Jak to możliwe ? Przecież w reaktorach jądrowych nie ma niekontrolowanej reakcji łańcuchowej jak w bombie atomowej ? A jednak !

Nastąpiły dwie potężne eksplozje. Do atmosfery przedostał się radioaktywny pył!

237 osób zatrudnionych w elektrowni i przybyłych ratowników zostało poddanych ogromnym dawkom (2000-16000 mSv)

Najgroźniejszymi substancjami wyemitowanymi do atmosfery były: jod-131 i cez-137.

Dwa dni po katastrofie w Czarnobylu chmura radioaktywnego pyłu dotarła nad Polskę...

Jest pewien podstawowy argument, który uzasadnia brak zgody na budowę elektrowni atomowych – nawet przy najdoskonalszym systemie zabezpieczeń wszystko tak naprawdę zależy od człowieka – każdy system zabezpieczeń można wyłączyć, uszkodzić (błąd obsługi, atak terrorystyczny).

Pozostaje jeszcze jeden problem – mianowicie składowanie odpadów radioaktywnych.

Obecnie przez około 10 lat przechowuje się zużyte paliwo w specjalnych basenach wodnych, gdzie traci ono częściowo swoją aktywność, następnie przechowuje się w składowiskach naziemnych lub umieszczonych pod ziemią.

Nie ma opracowanej metody ostatecznego pozbycia się materiałów promieniotwórczych.

Na przykład w Stanach Zjednoczonych na składowiskach elektrowni jądrowych znajduje się ponad 30 000 ton wypalonego paliwa jądrowego, a w każdym roku przybywa 2000 ton.

Rozpatrywane są projekty składowania odpadów promieniotwórczych w specjalnych komorach wykutych w skałach 300 m pod ziemią lub zagrzebywanie ich w mulistych obszarach dna morskiego.

Problem ze składowaniem odpadów jest bardzo poważny.

Przytoczę więc kolejny argument przeciwko budowie elektrowni atomowej w Polsce.

Czy nie istnieje realne zagrożenie, że gdy będziemy mieć elektrownię atomową staniemy się przechowalnią zużytego paliwa ?!

Podsumowując – przeciw budowie elektrowni atomowej przemawiają:

- możliwość wybuchu atomowego w reaktorze,
- możliwość wydostania się substancji promieniotwórczej na zewnątrz reaktora,
- wytwarzanie szkodliwych pyłów promieniotwórczych przez urządzenie reaktora,
- konieczność składowania i unieszkodliwiania odpadów radioaktywnych,
- zagrożenia związane z czynnikiem ludzkim (np. terroryzm).

Źródła:

1. Czerwiński, *Blaski i cienie promieniotwórczości*. WSiP, Warszawa.
2. <http://library.thinkquest.org/19662/high/pol/czernobyl-poland.html>
3. M. Dakowski, *Katastrofa w Czarnobylu, a rzetelność naukowa*.

IV MÓWCA PROPOZYCJI⁹

„Zagrożenia ze strony energetyki jądrowej”

A) Zagrożenia jakie niosą klasyczne elektrownie węglowe a elektrownie jądrowe:

- **dla środowiska:**

Klimatowi Ziemi grozi zagłada, jeśli będziemy dalej spalać tyle surowców energetycznych. Klasyczne elektrownie węglowe emitują duże stężenia dwutlenku siarki, dwutlenku węgla i innych trujących substancji przyczyniając się do powstawania efektu cieplarnianego, wyniszczenia lokalnego ekosystemu i większej zachorowalności wśród ludzi oraz nadmierne i przedwczesne niszczenie budowli (w tym zabytkowych) czy korozję metali.

Elektrownia jądrowa nie emituje żadnych trujących substancji do otoczenia, przez co nie zanieczyszcza powietrza, gleby i nie wpływa na pogorszenie warunków zdrowotnych ludzi.

Elektrownia nuklearna o mocy 1000MW potrzebuje rocznie około 30 ton paliwa, podczas gdy elektrownia węglowa o takiej samej mocy potrzebuje 3 10⁶ ton paliwa, które należy dostarczyć do elektrowni. Emisja gazów powstałych podczas transportu dodatkowo wpływa na stan środowiska.

Niewątpliwie znaczącym problemem jest zmniejszanie zapasów węgla na świecie. Z różnych oszacowań wynika, że starczy ich jeszcze na kilkaset lat. Na tym tle paliwo jądrowe staje

⁹ Zyta Sendecka przy współpracy Iwony Stankiewicz.

się jednym z paliw alternatywnych – jego sytuacja rynkowa wydaje się bardzo stabilna.

- **dla człowieka**

Pyły z elektrowni węglowych są bardziej szkodliwe dla zdrowia, prowadzą one do powstawania wielu chorób, powodujących przedwczesne zgony. W przypadku energii jądrowej dawki promieniowania, któremu poddawani są pracownicy elektrowni lub okoliczni mieszkańcy nie są większe od tzw. promieniowania tła – dawek, na które jesteśmy ekspozycy w sposób naturalny.

B) Koszty energetyki tradycyjnej a jądrowej:

Okazuje się, że najdroższym paliwem energetycznym jest obecnie gaz ziemny. Przewiduje się także, że będzie on najbardziej drożał w przyszłości. Najbardziej stabilna sytuacja panuje natomiast na rynku paliwa jądrowego. Jest ono stosunkowo tanie i łatwo dostępne w wielu różnych źródłach. W elektrowni jądrowej kosztowna jest budowa samego reaktora i elektrowni, zaś cena paliwa jest znikomym kosztem. Elektrownie gazowe są natomiast relatywnie tanie w budowie, ale głównym kosztem jest zakup paliwa. 70-80% ceny energii elektrycznej wyprodukowanej z gazu ziemnego to koszt dostarczanego paliwa gazowego.

C) Bezpieczeństwo wytwarzania energii jądrowej:

Obawa związana z ewentualnym zagrożeniem wybuchem czy awarią jest nieuzasadniona, bowiem nowoczesne zabezpieczenia są tak dokładnie testowane i kontrolowane, że ryzyko prawie nie istnieje. Budowane obecnie na świecie reaktory jądrowe stosują najnowocześniejsze technologie i funkcjonują w oparciu o dużo bardziej rygorystyczne zabezpieczenia.

D) Bezpieczeństwo składowania odpadów:

Bezpiecznym miejscem składowania odpadów radioaktywnych są pokłady soli kamiennej. Są one całkowicie stabilne, zatem żadne odpady promieniotwórcze nie przedostaną się do środowiska (np. do wód gruntowych).

E) Promieniotwórcze odpady klasycznej elektrowni węglowej:

Elektrownie węglowe emitują do środowiska miliardy ton odpadów rocznie, w których znajduje się duża ilość pierwiastków promieniotwórczych!!!

F) Uzależnienie od dostawców energetycznych:

Część energii, jest produkowana na bazie gazu importowanego głównie z Rosji lub na bazie węgla importowanego z odległych krajów. W przypadku jakiegokolwiek kryzysu z tymi państwami, kraj może popaść w kryzys energetyczny.

G) Rozwój gospodarki jest związany z nieograniczonym dostępem energii:

Wraz z wysokim tempem rozwoju gospodarczego, zapotrzebowanie na energię elektryczną wzrośnie do 2050 roku prawie 8 razy i ponad 2 razy - w scenariuszach zakładających oszczędzanie. W każdym razie średni wzrost zużycia energii elektrycznej wyniesie 5 razy. Obecna ilość elektrowni nie zaspokoi wymagań coraz większej liczby ludności, zwłaszcza że według prognoz ONZ w na początku następnego stulecia ma nas być ponad 10 miliardów.

H) Syndrom NIMBY

Oprócz tego że energetyka jądrowa ma małe poparcie, występuje syndrom NIMBY (Not In My Back Yard-nie na moim podwórku). Jest w tym jednak promyk nadziei; akceptacje dla energetyki jądrowej wyrażają ludzie młodzi oraz ludzie prowadzący samodzielną działalność gospodarczą, czyli najbardziej aktywni. Mimo braku akceptacji dla elektrowni atomowych nie mamy nic przeciwko wykorzystaniu promieniowania jonizującego w medycynie, defektoskopii, czy budowie czujników dymu. Teraz należy tylko powiązać w świadomości społecznej te dwie strefy: energetykę z innymi zastosowaniami energii atomowej.

I) Broń jądrowa

Kolejnym ważnym krokiem do zdobycia akceptacji zarówno społeczeństwa, jak i polityków, jest zapobieganie rozprzestrzeniania się broni jądrowej. W tym celu prowadzone są badania nad możliwością wprowadzenia innych paliw (na przykład toru-232). Jeżeli wprowadzono by takie paliwo, to wśród produktów ubocznych nie byłoby Plutonu-239-długożyjącego transuranowca, będącego głównym składnikiem broni jądrowej.

Źródła:

1. Piotr Cieślik, *Czysta, tania i bezpieczna.*
2. http://chemia.viii.lo.krakow.pl/energetyka/energetyka_jadrowa.html
3. Joanna Ryńska, *Energetyka jądrowa w Polsce?*
4. http://www.e-instalacje.pl/146_1034.htm
5. Jacek Balcewicz, *Elektrownia jądrowa w Polsce... O tym trzeba myśleć już dziś...*
6. <http://kwark.if.pw.edu.pl/mjtj/students/1999-2000/Ossowski/Referat.htm>

7. Radek Kuca, *Energetyka jądrowa a społeczeństwo: korzyści, zagrożenia i przesady*.
8. <http://www.forumakad.pl>

IV MÓWCA OPOZYCJI¹⁰

„Energetyka jądrowa – NIE !!!”

Debata Oksfordzka przeprowadzona przez studentów Studiów Po-dyplomowych „Nauczyciel chemii w gimnazjum” poświęcona była energetyce jądrowej. Przebiegała bardzo burzliwie, gdyż każda ze stron przedstawiła swoje słuszne argumenty.

Czy energia atomowa jest dobra?

To proste pytanie nie jest pytaniem naukowym. Jest pytaniem o wybór wartości. Dokonanie rozsądnego wyboru jest tutaj szczególnie trudne, gdyż wiedzą naukową, bardziej niż w innych sprawach zakłócają względy polityczne, naciski grup interesów itp.

Prawdą jest, że elektrownie węglowe niszczą nasz kraj i wiele innych krajów, zatruwając powietrze dwutlenkiem siarki.

Prawdą jest, że w górnictwie węgla kamiennego nieszczęśliwe wypadki i katastrofy powtarzają się dość często.

Czy jednak energetyka jądrowa jest bezpieczna?

Trudno zapomnieć o awarii reaktora w Czarnobylu.

To co zwiększa cenę energii jądrowej to min. produkty uboczne – odpady radioaktywne, z których wiele pozostaje zagrożeniem przez tysiące lat (ze względu na długi okres połowicznego rozpadu). W żadnym kraju na świecie nie opracowano prawdziwie skutecznej metody ich utylizacji i przechowywania (w przypadku rozwoju energetyki jądrowej ilość odpadów wzrastałaby w szybkim tempie).

Transport materiałów radioaktywnych wzbudza dużo obaw, zwłaszcza w przypadku ewentualnego wypadku.

Elektrownie jądrowe to bardzo drogie inwestycje, które często są przykrywką dla produkcji broni atomowej. W przypadku dostania się takiej elektrowni w niepowołane ręce terrorystów może dojść do niewyobrażalnych dla ludzkości następstw.

Również czynnik bezrobocia jest tu istotny, gdyż tego typu elektrownie nie potrzebują dużego zatrudnienia.

¹⁰ Maria Wyrwał przy współpracy Moniki Wojewodzie.

Nim pojawi się pytanie, ile nowych elektrowni trzeba wybudować i czy rozwijać energetykę jądrową, trzeba odpowiedzieć na pytanie alternatywne – jakie rezerwy tkwią w racjonalizacji zużycia energii i ile energii mogą dostarczyć odnawialne, przyjazne środowisku źródła?

Do przodujących krajów szukających alternatywnych rozwiązań w zaopatrzeniu ludności w energię należą: Dania, Szwecja i Finlandia.

Austria, Norwegia a także Dania nie pobydowały ani jednej elektrowni atomowej.

Szwecja zaś po pierwszych paru doświadczeniach zrezygnowała z dalszego rozwijania energetyki jądrowej, ponieważ taka była wola większości obywateli, wyrażona w referendum.

Niemcy, Dania, Hiszpania i Indie znalazły się w końcu lat dziewięćdziesiątych w czołówce szybkiego rozwoju energetyki wiatrowej. W krajach tych społeczeństwo mocno popiera ten rodzaj energetyki.

Pocieszający jest fakt, że zainteresowanie odnawialnymi źródłami energii w ostatnich latach wzrasta również w Polsce. Na rozwój energetyki odnawialnej wpłynie konieczność realizacji zobowiązań międzynarodowych, wynikających z ramowej konwencji Narodów Zjednoczonych w sprawie zmian klimatu.

Postawmy więc na źródła energetyki odnawialnej. Zamiast ponosić ogromne koszty na energetykę jądrową przeznaczymy je na poszukiwanie energii ze źródeł bezpiecznych: biomasy, biogazów, elektrowni wietrznych, energii słonecznej, energii geotermalnej, energii prądów morskich, pływów i falowania.

Energia ta jest przyjazna człowiekowi i środowisku, w którym my żyjemy i będą żyły następne pokolenia.

Źródła:

1. D. Chwieduk, *Potencjał i wykorzystanie odnawialnych źródeł energii w kraju*, Aura 7-8/99.
2. W. Ciechanowicz, *Odnawialne źródła energii*, Aura 8/05.
3. J. Dorst, *Zanim zginie przyroda*, Wiedza Powszechna 1971.
4. E. Garścia, *Czy będziemy budować elektrownię atomową?*, Aura 3/2000.
5. A. Kalinowska, *Ekologia – wybór przyszłości*, Editions Spotkania 1992.
6. E. Koniuszy, *Energetyczne wykorzystanie biomasy*, Aura 3/05.
7. T. Umiński, *Ekologia, środowisko, przyroda*, WSiP, Warszawa 1995.
8. S. Pietruszko, *Odnawialne źródła energii w bilansie energetycznym krajów UE i USA*, Aura 7-8/99.

Po zakończeniu debaty Marszałek przeprowadziła głosowanie. W debacie wzięło udział 100 osób. 50 głosów było na tak, czyli za ko-

niecznością rozwoju energetyki jądrowej, 37 głosów przeciwnych a 13 głosów nieważnych. Tym samym strona propozycji wygrała.

W przygotowaniu i przeprowadzeniu debaty udział wzięli:

Ewa Reformat, Zespół Gimnazjów Nr 3 w Dzierżoniowie

Małgorzata Rejdych-Martyniak, Gimnazjum Nr 25 we Wrocławiu

Łukasz Rusiniak, Gimnazjum Nr 3 w Zgorzelcu

Zyta Sendeka, Gimnazjum Nr 21 we Wrocławiu

Ewa Sokołowska, Zespół Placówek Resocjalizacyjnych w Brzegu Dolnym

Iwona Stankiewicz, Gimnazjum Nr 3 przy Wojewódzkim Ośrodku Wychowawczym w Sobótce

Ewa Stępniewska, Publiczne Gimnazjum Nr 7 w Wałbrzychu

Aleksandra Szydełko, Zespół Szkół w Gromadce

Anna Szyszko, Zespół Szkół Zawodowych w Rawiczu

Renata Śliżewska, Gimnazjum w Lewinie Brzeskim

Agnieszka Wierzycka, Gimnazjum Nr 1 w Polkowicach

Agnieszka Witczak, Gimnazjum Nr 19 we Wrocławiu

Tomasz Wojciechowski, Gimnazjum Ekologiczne Nr 3 w Bielawie

Monika Wojewodzic, Zespół Szkół Nr 3 w Świdnicy

Maria Wyrwał, Niepubliczne Gimnazjum przy OHP w Namysłowie

Jolanta Zapędzka, Zespół Szkół Nr 13 we Wrocławiu

Monika M. Zator, Publiczne Gimnazjum w Budzowie

Katarzyna Zięba, Publiczne Gimnazjum Nr 1 w Wałbrzychu

Izabela Żukowska, Zespół Szkół Technicznych w Nysie