



Energet jądrowa w Polsce

Bać się jej czy się nie bać? – „oto jest pytanie”



Prof. dr hab. Jan Pluta,
wykładowca Politechniki
Warszawskiej, kierownik Zakładu
Fizyki Jądrowej na Wydziale
Fizyki, koordynator prac grupy
uczestniczącej w eksperymencie
ALICE realizowanym za pomocą
wielkiego zderzacza hadronów
(LHC) w CERN

Tekst: **prof. dr hab. Jan Pluta**

Energetyka jądrowa tradycyjnie wywołuje emocje i jest przedmiotem licznych kontrowersji. Strach przed energią jądrową sięga czasu zbombardowania Hiroszimy, a spotęgowała go katastrofa w Czarnobylu. W obu przypadkach świat zobaczył ogrom niszczącej siły energii jądrowej. Ta ogromna siła oznacza także ogromne możliwości, które trzeba jednak umieć właściwie i bezpiecznie wykorzystać. Czy to jest możliwe, czy lepiej nie ryzykować?

Niedawno rząd RP podjął decyzję o budowie elektrowni jądrowych w Polsce. Starsze pokolenie pamięta, że w Polsce kiedyś już rozpoczęto budowę elektrowni jądrowej – w Żarnowcu – ale prace przerwano. Jedynymi skutkami tej akcji były ogromne straty finansowe i niepotrzebnie zdewastowany teren.

W demokratycznym społeczeństwie liczą się nie tylko decyzje rządowe, ale także opinia społeczna. Kształtuje się ona na podstawie informacji napływających z różnych źródeł. Jednym z takich źródeł jest szkoła, a w szkole tematyka energii jądrowej jest

domeną fizyki. Warto więc, aby zagadnienia związane z energetyką, także jądrową, znalazły swoje miejsce na lekcjach fizyki.

Opowiedzmy o obawach związanych z budową elektrowni jądrowych w Polsce. Słyszysz się że:

- reaktor wybuchnie na podobieństwo bomby atomowej,
- awaria podobna jak w Czarnobylu skaży ogromny obszar i zginą ludzie,
- odpady promieniotwórcze zanieczyszczą środowisko,
- terrorysta zniszczy reaktor i uwolni materiały radioaktywne,

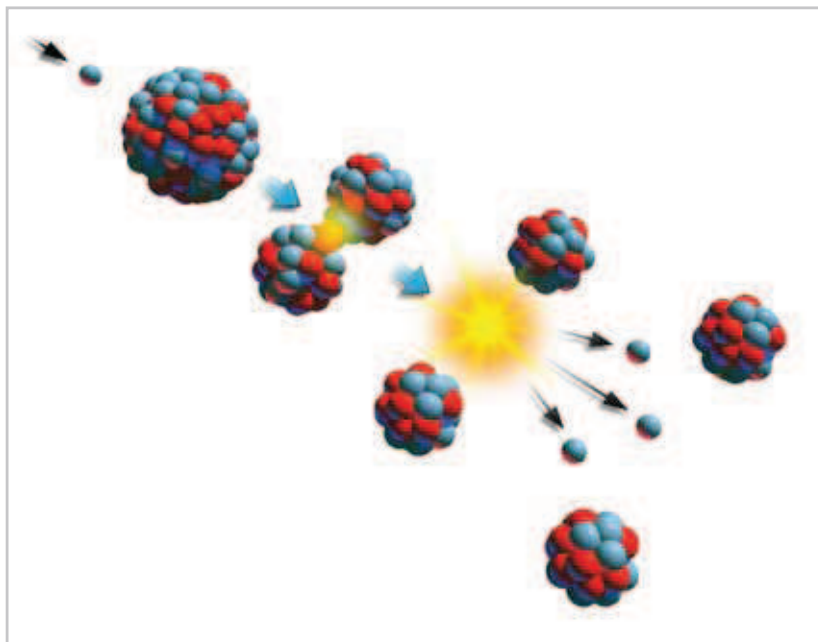
- jest to inwestycja bardzo droga, więc nieopłacalna,
 - paliwo jądrowe trzeba kupować, a węgla własnego mamy pod dostatkiem,
 - energetyka jądrowa jest gorszym rozwiązaniem niż korzystanie z odnawialnych źródeł energii,
 - energetyka jądrowa jest niepotrzebna, bo cała Polska jest zelektryfikowana.
- Aby ustosunkować się do tych obaw, przypomnijmy, jak działa elektrownia ciepła. Potężne generatory, które wytwarzają energię elektryczną, wprawiane są w ruch przez turbiny napędzane parą wodną pod

wysokim ciśnieniem. Para jest uzyskiwana w rezultacie podgrzewania wody w także potężnych piecach. Paliwem w tych piecach mogą być węgiel lub paliwa płynne albo gazowe, czyli paliwa chemiczne, ale może nim być także uran. Piec na paliwo uranowe nazywamy reaktorem jądrowym, a paliwo – paliwem jądrowym. Różnica między elektrownią na paliwo chemiczne a elektrownią na paliwo jądrowe polega na konstrukcji pieca, cała reszta jest taka sama.

Zadaniem pieca jest wytwarzanie ciepła kosztem energii chemicznej lub jądrowej. W piecach na paliwo chemiczne źródłem ciepła są reakcje spalania, w wyniku których energia zgromadzona w wiązaniach chemicznych wydziela się w postaci ciepła.

w piecu, w którym spala się paliwo chemiczne. Wydzielone ciepło podgrzewa wodę. Przy odpowiednio wysokiej temperaturze woda zamienia się w parę napędzającą turbiny, które z kolei wprawiają w ruch generatory... Jak często bywa – zasada jest prosta, ale diabeł tkwi w szczegółach.

Podajmy zatem nieco szczegółów ilustrujących różnice w energetycznej wydajności procesów spalania chemicznego i procesów rozszczepień jądrowych. Energia wydzielana w procesie spalania jednego atomu węgla wynosi około 4 elektronowoltów. Energia wydzielana w procesie rozszczepienia jednego jądra uranu wynosi około 200 megaelektronowoltów. Stosunek tej drugiej energii do pierwszej to około 50 milionów.



„Zapalnikiem” w reakcji rozszczepienia jest powolny neutron; pochłonięty przez jądro uranu 235, powoduje on jego rozszczepienie.

W reaktorach jądrowych następują procesy rozszczepienia jąder izotopu uranu 235, wskutek czego też wydziela się energia, głównie w postaci energii kinetycznej produktów rozszczepienia. W następujących później procesach ta energia jest rozpraszana w materiale reaktora, na skutek czego wzrasta temperatura, podobnie jak

Wprawdzie w reaktorze jądrowym tylko niewielką część masy prętów paliwowych stanowi właściwy materiał rozszczepialny (uran 235), ale i tak stosunek masy paliwa uranowego do masy węgla, która może dostarczyć taką samą ilość ciepła, to setne części promila. W rezultacie do pracy elektrowni jądrowej o mocy 1000 MW

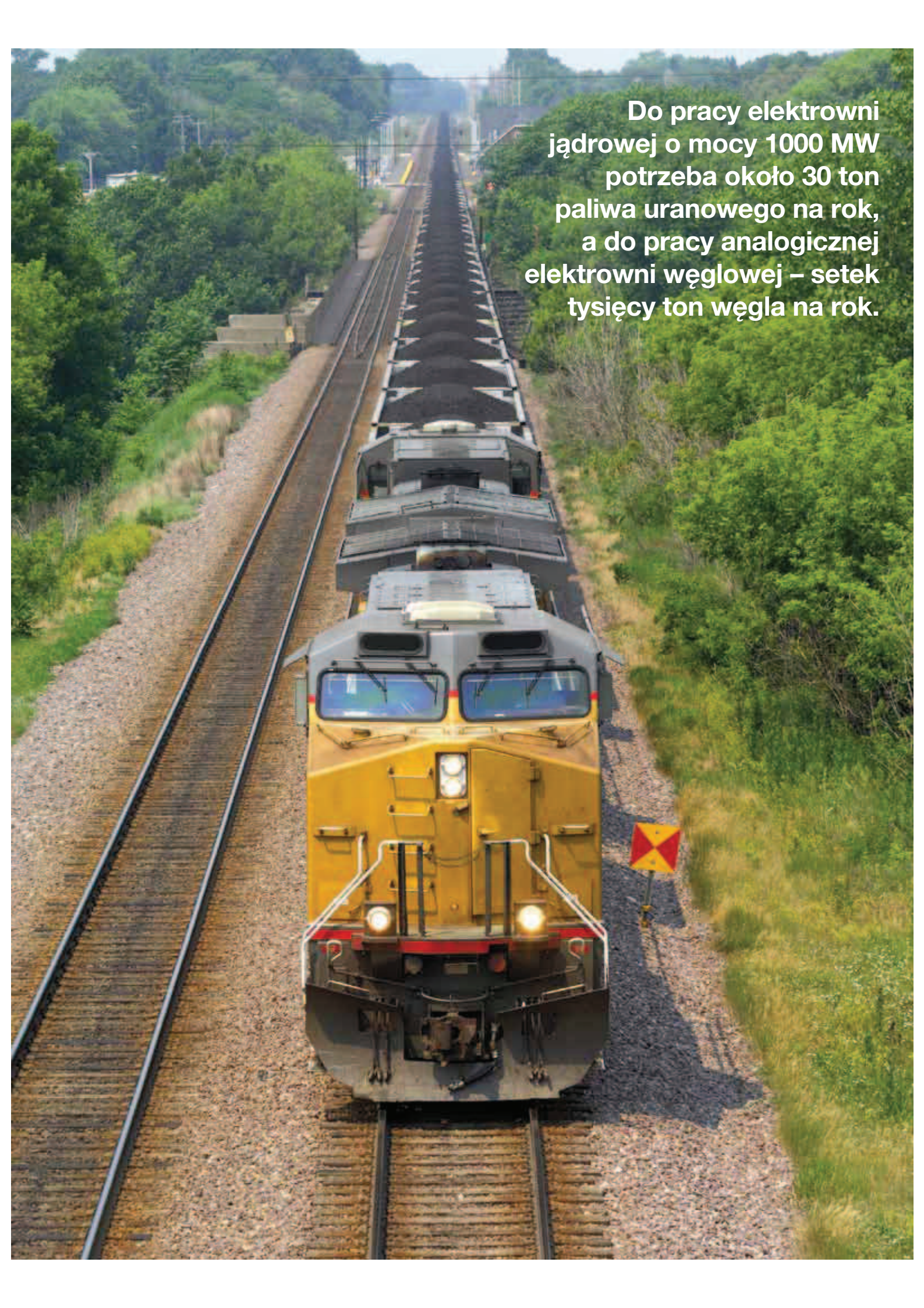
potrzeba około 30 ton paliwa uranowego na rok, a do pracy analogicznej elektrowni węglowej – setek tysięcy ton węgla na rok. Są to wielkości nieporównywalne. W elektrowni jądrowej wystarczy jedna wymiana paliwa w roku, a do elektrowni węglowej pociągi z paliwem muszą przybywać codziennie. Podobne są też ilości wypalnego paliwa, co ma swoje konsekwencje ekologiczne.

„Zapalnikiem” w reakcji rozszczepienia jest powolny neutron; pochłonięty przez jądro uranu 235, powoduje on jego rozszczepienie. Za dalszy rozwój reakcji (zwanej reakcją łańcuchową) odpowiedzialnych jest kilka neutronów emitowanych także w procesie rozszczepienia, które wywołują rozszczepienia kolejnych jąder. Aby to mogło nastąpić, neutrony te nie mogą opuścić rdzenia reaktora ani też zostać pochłonięte przez jądra nieulegające rozszczepieniu. Ponadto muszą być spowolnione, ich energie bowiem są na ogół zbyt wysokie, by wywołać efekt rozszczepienia. Umiejętne wykorzystanie tych uwarunkowań, dzięki odpowiedniej konstrukcji rdzenia reaktora i systemom sterowania jego pracą, zapewnia możliwość uzyskania samopodtrzymującej się reakcji i stabilnego działania reaktora.

Jest to oczywiście bardzo uproszczony opis procesów zachodzących w reaktorze, ale spróbujmy te informacje wykorzystać, by ustosunkować się do wymienionych wcześniej obaw.

1. Konstrukcja reaktora jądrowego ma zapewnić jego stabilną pracę. Oznacza to, że paliwo jądrowe wypala się w reaktorze systematycznie, a intensywność reakcji jądrowych nie zmienia się w czasie. Jest to zupełne przeciwieństwo procesów zachodzących przy wybuchu bomby, kiedy paliwo ma się w możliwie najkrótszym czasie wypalić całkowicie. Konstrukcja obu urządzeń jest zupełnie inna. Nie można bomby przerobić na reaktor ani reaktora na bombę. Ponadto paliwo stosowane w elektrowniach jądrowych zawiera zwykle kilka procent rozszczepialnego uranu 235; w bombach jądrowych jest go więcej niż 80%.

2. Dlaczego więc wybuchł reaktor w Czarnobylu? Czy podobny wybuch nie może wydarzyć się w polskiej elektrowni?



Do pracy elektrowni
jądrowej o mocy 1000 MW
potrzeba około 30 ton
paliwa uranowego na rok,
a do pracy analogicznej
elektrowni węglowej – setek
tysięcy ton węgla na rok.

Odpowiedź: nie może! Reaktory RBMK, czyli typu czarnobylskiego, budowane były wyłącznie w Związku Radzieckim. Konstrukcja takiego reaktora umożliwiała produkcję plutonu do celów wojskowych. Ta możliwość była jednak okupiona pewną charakterystyczną jego cechą. Jest nią to, że w przypadku awarii układu chłodzenia moc reaktora rośnie. Wynika to z jego konstrukcji (reaktor kanałowy) oraz zastosowania grafitu do spowalniania neutronów. Po awarii stwierdzono także błędy konstrukcyjne w układzie zabezpieczeń. Kiedy więc praca reaktora w Czarnobylu wymknęła się spod kontroli, nastąpił automatycznie wzrost intensywności reakcji jądrowych, w rezultacie wzrost temperatury i ciśnienia, a w konsekwencji – klasyczny wybuch, podobny do wybuchu gazu. We wszystkich innych typach reaktorów jest na odwrót. W awaryjnych sytuacjach automatycznie zmniejsza się intensywność reakcji jądrowych. Reaktor przestaje pracować, ale nie wybucha.

3. A co z wypalonym paliwem, silnie promieniotwórczym? (Uwaga! Niewypalone paliwo ma znikomą aktywność i praktycznie nie stanowi zagrożenia). Zasady postępowania z wypalonym paliwem zostały dobrze określone. Paliwo zużyte przechowywane jest przez kilka lat na terenie elektrowni, po czym umieszcza się w przechowalniku głęboko pod ziemią. Czynie tak od kilkudziesięciu lat kraje, w których pracują elektrownie jądrowe, i żadnego zagrożenia z tym związanego nie stwierdzono. Możliwy jest także zwrot wypalonego paliwa do jego dostawcy, co określa się w umowie zakupu.
4. Po 11 września 2001 roku do zagrożeń terrorystycznych dopisano jeszcze jedno – uderzenie samolotu w obiekt o wielkim znaczeniu. Konsekwencją dla reaktorów jądrowych stała się potrzeba wzmocnienia bloku reaktora i – niestety – wzrost kosztów budowy, aby ewentualne uderzenie samolotu nie spowodowało awarii.
5. Koszty budowy elektrowni jądrowej są rzeczywiście wyższe niż koszty budowy elektrowni na paliwa chemiczne. (Koszt budowy elektrowni jądrowej o mocy 1600 MW ocenia się na około



Reaktory RBMK, czyli typu czarnobylskiego, budowane były wyłącznie w Związku Radzieckim. Konstrukcja takiego reaktora umożliwiała produkcję plutonu do celów wojskowych.

3,5 miliarda euro). Kompensowane to jest jednak znacznie niższymi kosztami zakupu i transportu paliwa oraz czasem pracy elektrowni (około 60 lat). Spośród wszystkich technologii produkcji energii elektrycznej, sumaryczny koszt wyprodukowanej jednostki energii elektrycznej jest najniższy w elektrowniach jądrowych.

6. Mamy w Polsce duże zasoby węgla, więc około 93% energii elektrycznej pochodzi ze spalania tego surowca. W rezultacie spalania do atmosfery emitowane są ogromne ilości dwutlenku węgla i innych zanieczyszczeń, w tym substancji promieniotwórczych. Zgodnie z wymogami Unii Europejskiej, od 2013 roku za emisję dwutlenku węgla Polska może płacić nawet kilka miliardów euro rocznie, co warto by porównać z kosztem budowy elektrowni jądrowej. Drugi aspekt dotyczy węgla jako surowca w procesach chemicznych: węgiel jest cennym składnikiem wielu nowoczesnych materiałów i spalanie go w piecu jest zwyczajnym marnotrawstwem.

7. Pozostają jednak odnawialne źródła energii: Słońce, woda, wiatr, biomasa, źródła geotermalne. Są to ciekawe możliwości i warto je stosować tam, gdzie jest to uzasadnione potrzebami i możliwościami. Bilans możliwości i kosztów pokazuje jednak, że te źródła w polskich warunkach nie mogą się stać podstawowym zabezpieczeniem dla energetyki, mogą jedynie stanowić zasoby komplementarne.
8. Cała Polska jest zelektryfikowana i nie odczuwamy potrzeby zwiększania zużycia energii elektrycznej; warto jednak zwrócić uwagę na dwa fakty. Pierwszy: Polska zajmuje obecnie jedno z ostatnich miejsc w średnim zużyciu energii elektrycznej na mieszkańca wśród krajów Europy. Drugi: statystyki pokazują wyraźny związek długością życia w danym kraju; większe zużycie – większa długość życia. Różnica w średniej długości życia między krajami najbardziej rozwiniętymi a krajami rozwijającymi się wynosi ponad 30 lat. Dalszy komentarz wydaje się zbędny.

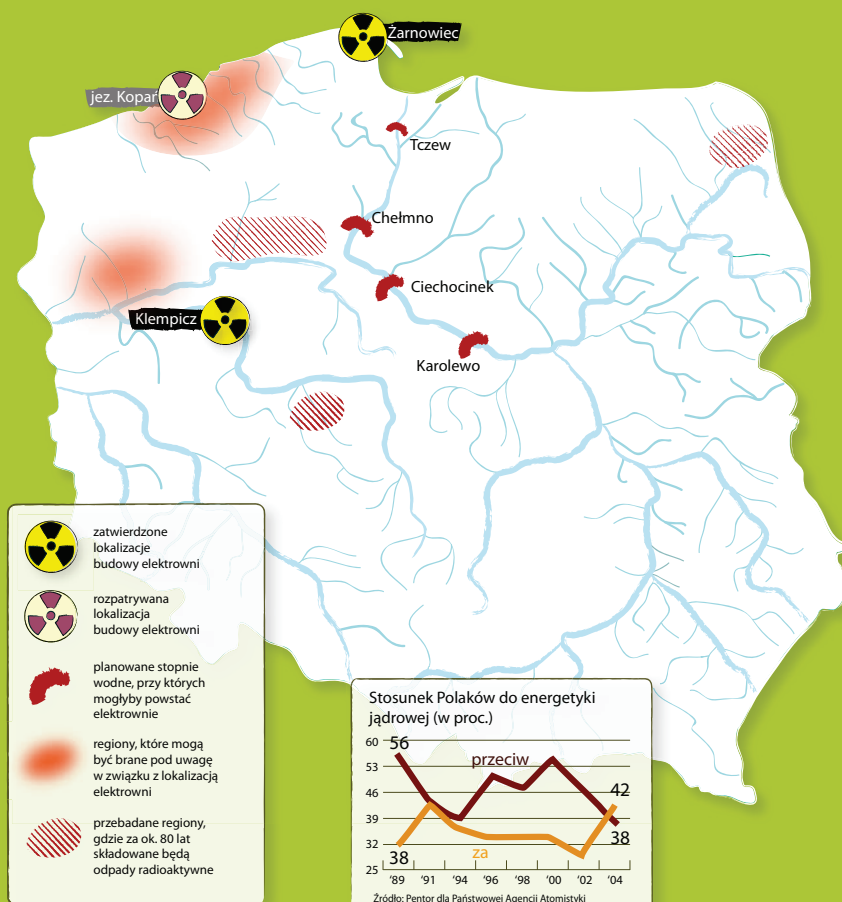
Co więc odpowiedzieć na pytanie postawione w tytule? Można przyjąć tezę, że nawet najmniejsze dodatkowe zagrożenie jest niedopuszczalne, i nie wyrażać na nie zgody. Sytuacja jest podobna jak w przypadku zgody na jazdę samochodem. Można iść piechotą, ale jak wiemy, piesi są także częstymi ofiarami wypadków drogowych. Można pozostać w domu, bo poza domem grożą niebezpieczeństwa, ale na skutek wybuchu gazu u sąsiadów może nam się zawalić dom. Można się obawiać, że jeśli w sąsiedztwie powstanie elektrownia jądrowa, to nieprzewidziany przez nikogo wypadek zagrozi naszemu zdrowiu lub życiu. Ale przecież nie jest też niemożliwe, że kiedyś strop własnej sypialni spadnie nam nagle na głowę. Skoro więc kładziemy się spokojnie spać, to możemy równie spokojnie zamieszkać

w pobliżu elektrowni jądrowej, bo prawdopodobieństwo wystąpienia obu wypadków jest podobne. W pobliżu elektrowni będziemy nawet bardziej bezpieczni niż daleko od niej, bo gdyby powstało jakieś zewnętrzne zagrożenie radiacyjne, to systemy zabezpieczeń zainstalowane w elektrowni natychmiast je wykryją. Energia jądrowa jest darem przyrody, z którego człowiek ma prawo korzystać, podobnie jak korzysta z elektryczności oraz wielu zjawisk, materiałów i urządzeń (jak fale elektromagnetyczne, półprzewodniki, lasery), poznanych i zastosowanych w praktyce dzięki badaniom naukowym. Nie boimy się włączyć lampki nocnej do kontaktu elektrycznego, chociaż wiemy, że dostępna tam energia może zabić. Nie boimy się, bo wiemy, kiedy ta energia jest użyteczna, a kiedy niebezpieczna. Tak

samo jest w przypadku energii jądrowej. Niech więc konkluzją z naszych rozważań będzie następujące stwierdzenie.

Energii jądrowej nie trzeba się bać, ale trzeba wiedzieć, kiedy jest użyteczna, a kiedy niebezpieczna. By to wiedzieć, trzeba się uczyć fizyki!

Z ostatniej chwili!



Budowa pierwszej elektrowni jądrowej w Polsce ma się rozpocząć w styczniu 2016 r. i trwać 4 lata. Prawdopodobnie do 2030 r. powstaną trzy elektrownie o łącznej mocy około 5 gigawatów. Za najlepszą lokalizację dla elektrowni atomowej uznano Żarnowiec. W wyborze lokalizacji kierowano się wieloma kryteriami, istotne były m.in.: sąsiedztwo zbiornika wody do chłodzenia reaktora, odległość od dużych skupisk ludności, sąsiedztwo obszarów chronionych, zapotrzebowanie na energię, ograniczenia systemu energetycznego, sąsiedztwo zakładów chemicznych (ze względu na zagrożenie wybuchem), obecność korytarzy powietrznych (ryzyko upadku samolotu), drogi ewakuacyjne, własność gruntu oraz akceptacja społeczna.