

Polskie Towarzystwo Nukleoniczne
11 marzec 2005

BEZPIECZEŃSTWO ELEKTROWNI JĄDROWYCH

Dr inż. A. Strupczewski

Instytut Energii Atomowej

05-400 Świerk, A.Strupczewski@cyf.gov.pl

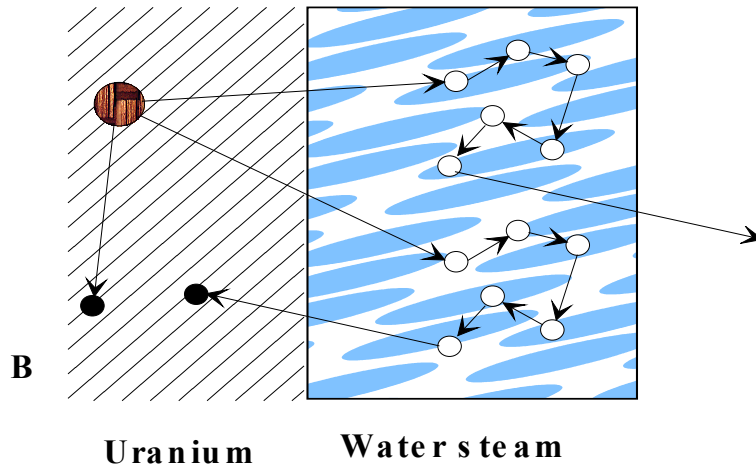
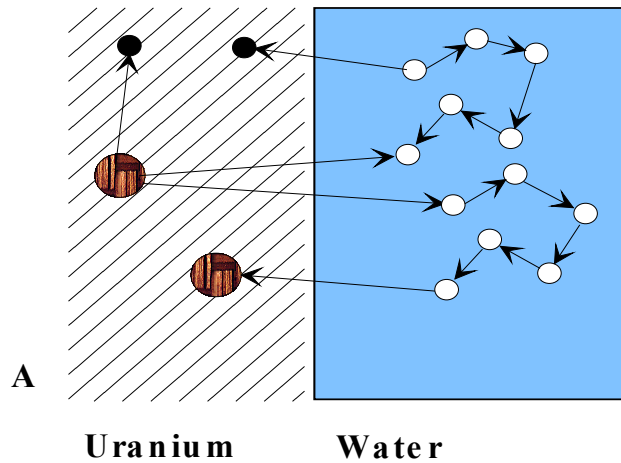
Jakie są typowe cechy bezpieczeństwa współczesnych elektrowni jądrowych?

EJ z PWR w San Onofre: Niezawodna obudowa bezpieczeństwa.



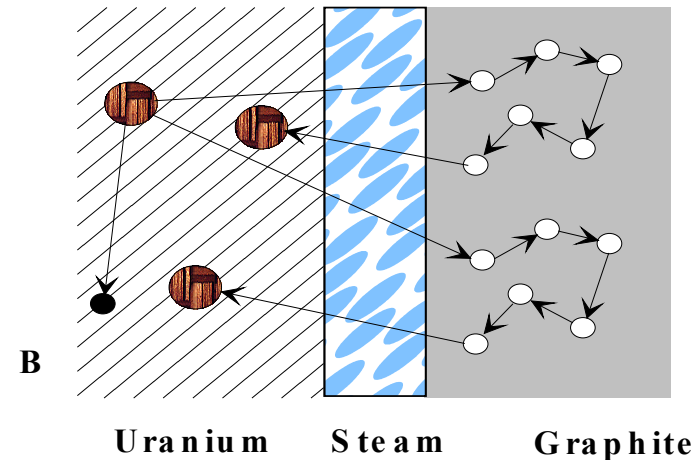
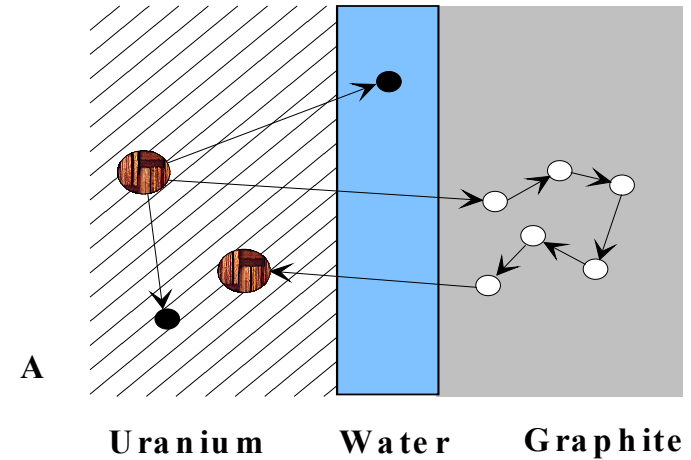
Współczynnik mnożenia neutronów

Reaktor wodny- przy grzaniu wody moc maleje



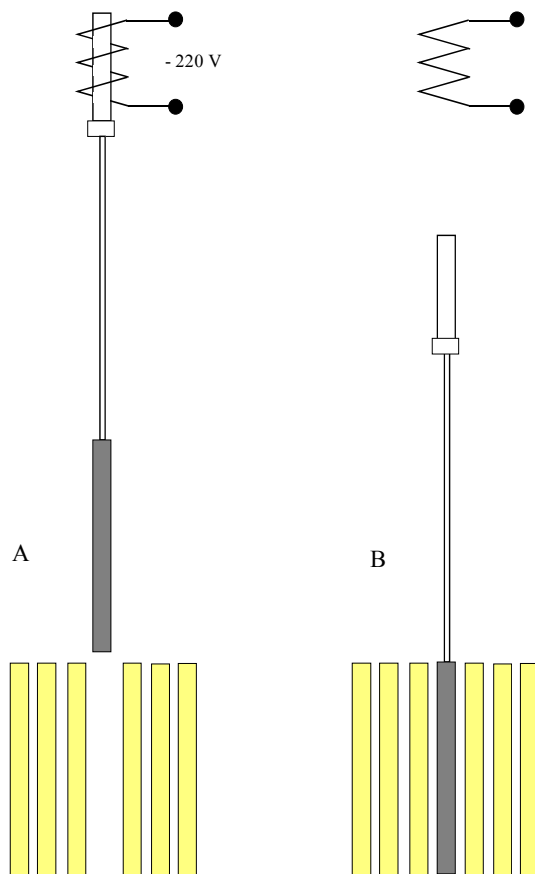
Reactors PWR and WWER

Reaktor w Czarnobylu- przy grzaniu moc rośnie



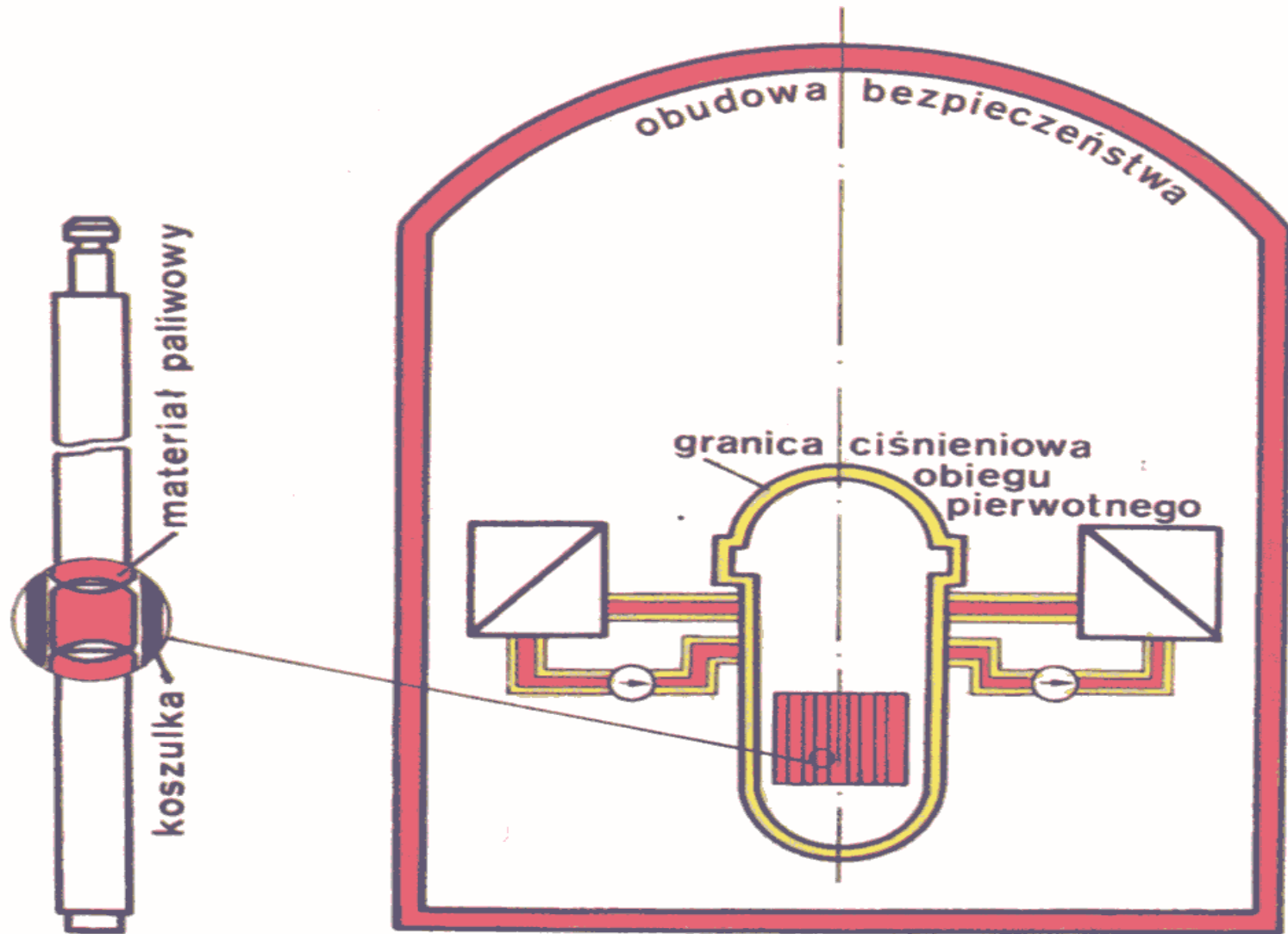
Reaktor RBMK (Chernobyl)

Naturalne cechy bezpieczeństwa EJ – wykorzystanie siły ciężkości

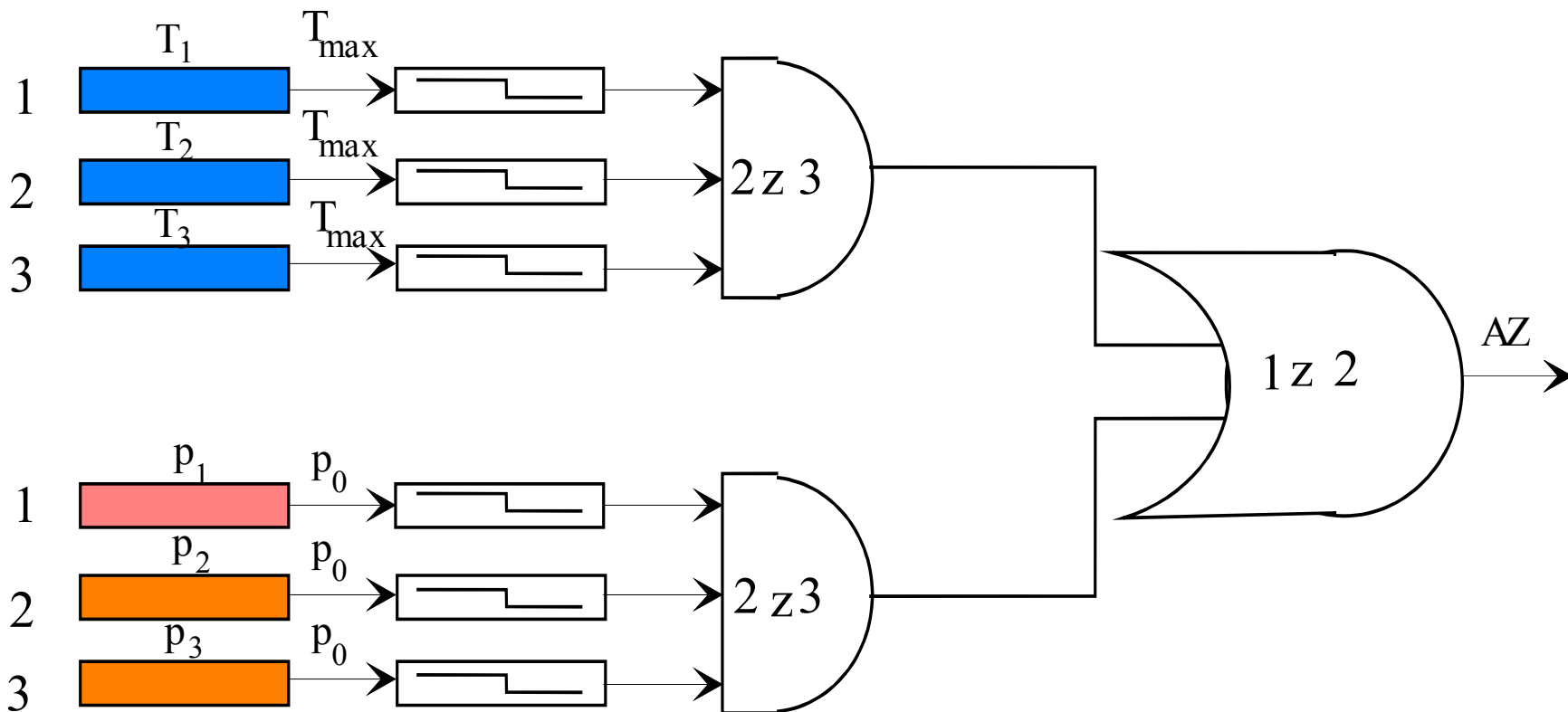


- Wykorzystanie sił przyrody by uzyskać maksymalną niezawodność układów bezpieczeństwa
- Podczas normalnej pracy pręty bezpieczeństwa wiszą nad rdzeniem, utrzymywane w górze przez elektromagnesy.
- W razie awarii, lub utraty zasilania elektrycznego, pole magnetyczne znika i pręty spadają do rdzenia pod wpływem siły ciężkości.

BARIERY OCHRONNE

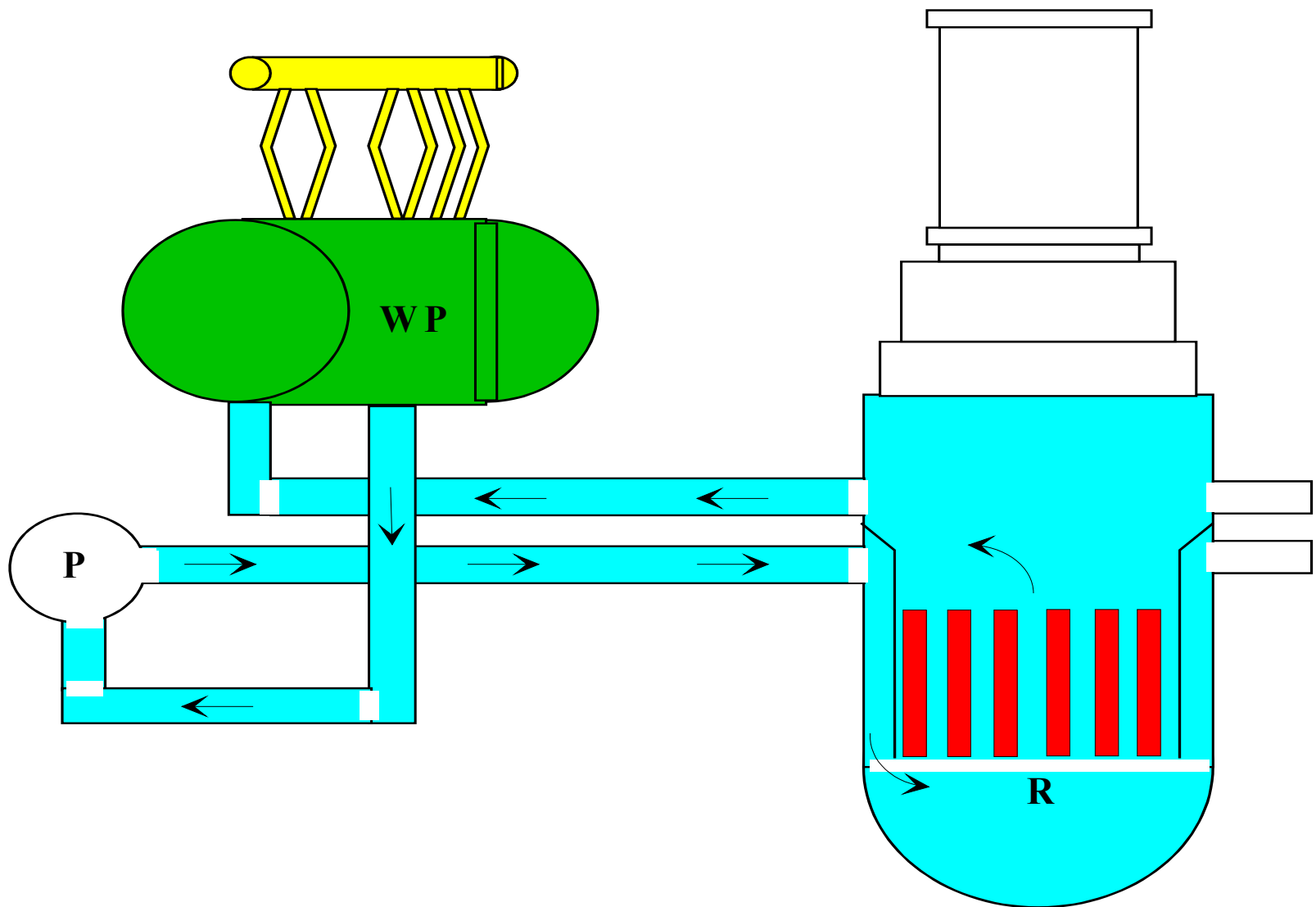


System barier w EJ: 1. Pastyłki paliwowe, 2. Koszulka paliwowa, 3. Zbiornik reaktora 4. Obudowa bezpieczeństwa



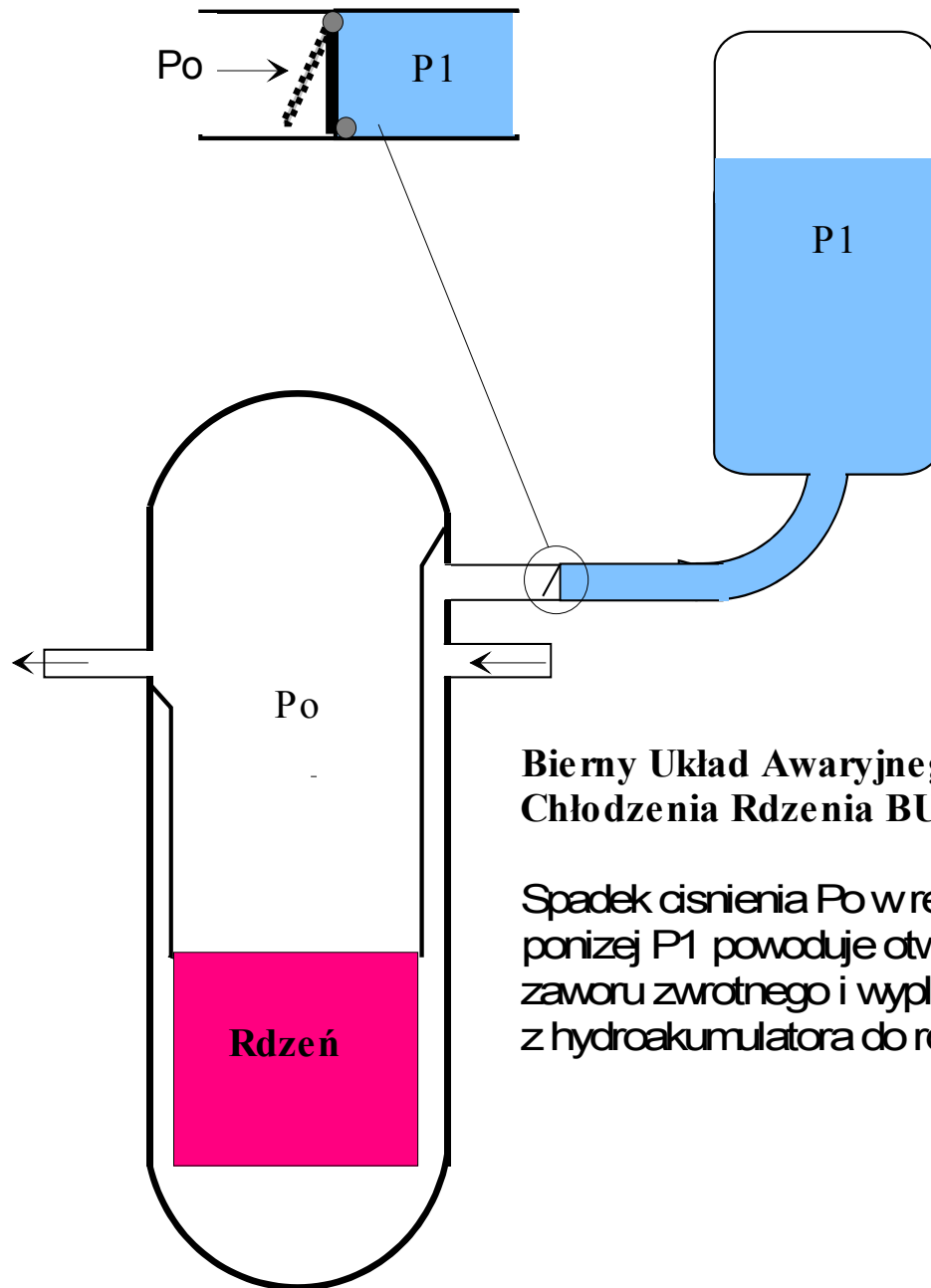
Różnorodne sygnały stosowane do awaryjnego wyłączenia reaktora.

Jeśli dwa z trzech czujników temperatury wykażą przekroczenie progu, reaktor zostanie wyłączony. Aby jednak zapewnić różnorodność, podobny układ sygnałów działa w oparciu o pomiar ciśnienia.



Wykorzystanie praw fizyki dla zapewnienia bezpieczeństwa reaktora.

Woda podgrzana w rdzeniu (R) oddaje ciepło w wytwornicy pary (WP). Dzięki różnicy poziomów WP i rdzenia reaktora konwekcja naturalna wystarcza do odbioru mocy powyłłączeniowej bez potrzeby uruchomienia pompy (P).

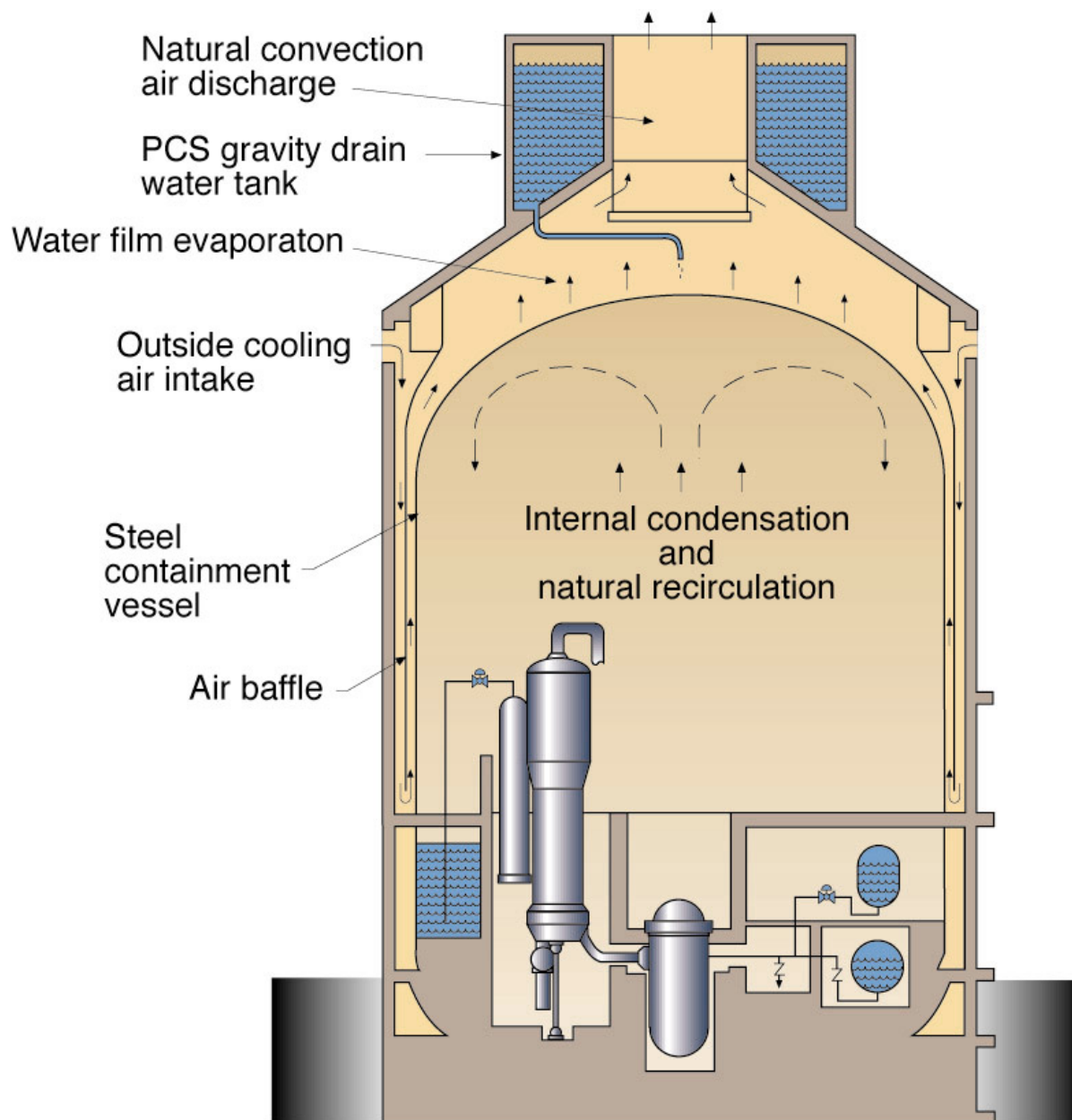


Póki rdzeń jest chłodzony, póty reaktor jest bezpieczny. Dlatego robimy wszystko, by rdzeń zawsze był zalany wodą, nawet po rozerwaniu obiegu pierwotnego.

Przykład wykorzystania różnicy ciśnień do zalania rdzenia wodą w przypadku awarii utraty chłodziwa. Zawór zwrotny otwiera się samoczynnie, gdy ciśnienie w reaktorze spadnie poniżej ciśnienia w hydroakumulatorze.

Bierny Układ Awaryjnego Chłodzenia Rdzenia BUACR.

Spadek ciśnienia P_o w reaktorze poniżej P_1 powoduje otwarcie zaworu zwrotnego i wypływ wody z hydroakumulatora do rdzenia

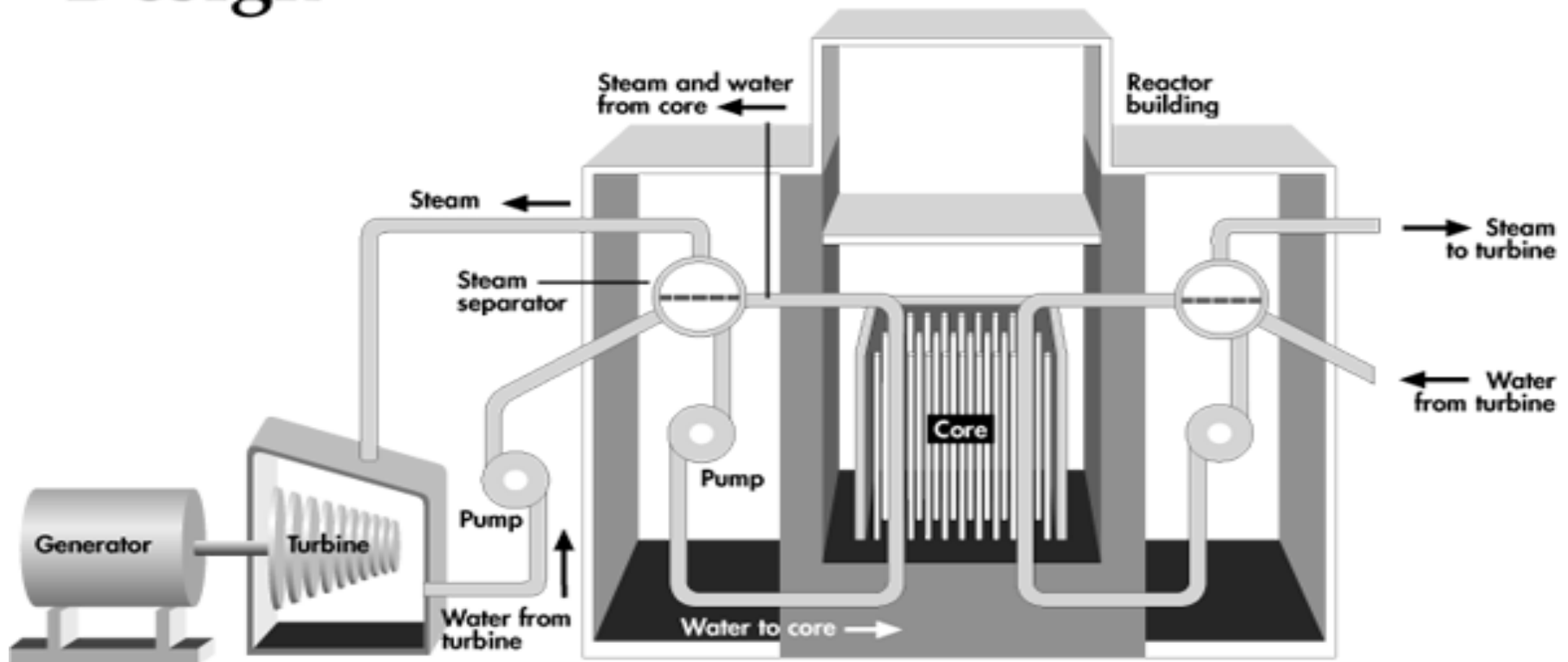


Nowe rozwiązanie chłodzenia obudowy bezpieczeństwa w AP 600 zapewnia jej trwałość bez potrzeby interwencji operatora.

Figure 3. AP600 Passive Containment Cooling System

W RBMK nie było obudowy bezpieczeństwa...

RBMK Reactor Design



Source: Nuclear Energy Institute

Niebezpieczne cechy reaktora RBMK

Wbudowana niestabilność, która po wzroście temperatury prowadzi do wzrostu mocy reaktora.

Błąd projektowy – wprowadzenie pręta regulacyjnego przejściowo zwiększało reaktywność.

Cechy te spowodowały bardzo szybki wzrost mocy do mocy wielokrotnie większej od dopuszczalnej. Paliwo reaktora musiało ulec przegrzaniu, uran stopił się i odparował, a produkty radioaktywne uwolniły się poza reaktor.

Dalsze **niebezpieczne** cechy reaktora RBMK

Układ awaryjnego chłodzenia rdzenia można było odłączyć – i operator to zrobił...

Sygnały powodujące zrzut prętów bezpieczeństwa można było wyłączyć – i operator to zrobił ...

Praca z małą liczbą prętów bezpieczeństwa rdzeniu była **niebezpieczna** – ale nie napisano tego w raporcie bezpieczeństwa ...

Nie było kultury bezpieczeństwa – chęć osiągnięcia celu przed 1 maja wystarczyła by operator złamał przepisy bezpieczeństwa...

Dyspozytor sieci energetycznej utrzymał reaktor na mocy dla zaspokojenia potrzeb sieci mimo że **powodowało to zagrożenie**

Dodatni współczynnik reaktywności doprowadził do nagłego wzrostu mocy

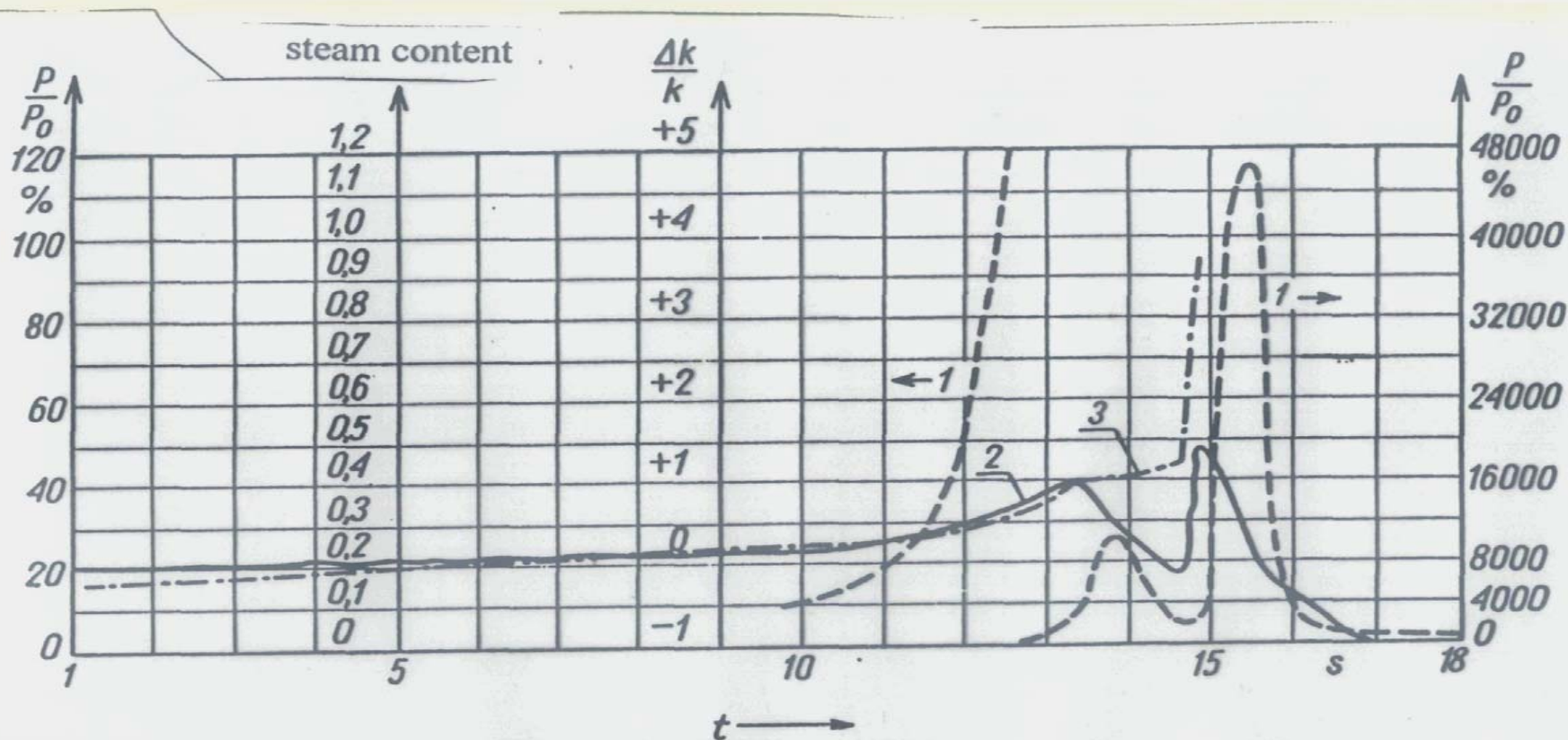


Fig. Increase of steam content, reactivity and neutron power of RBMK reactor in the last phase of Chernobyl accident

1- neutron power, 0=120%, then 0-48 000 %, 2- reactivity $\Delta k/k = -1\%$ till $+5\%$,
3 – volumetric content of steam, 0 – 1.2

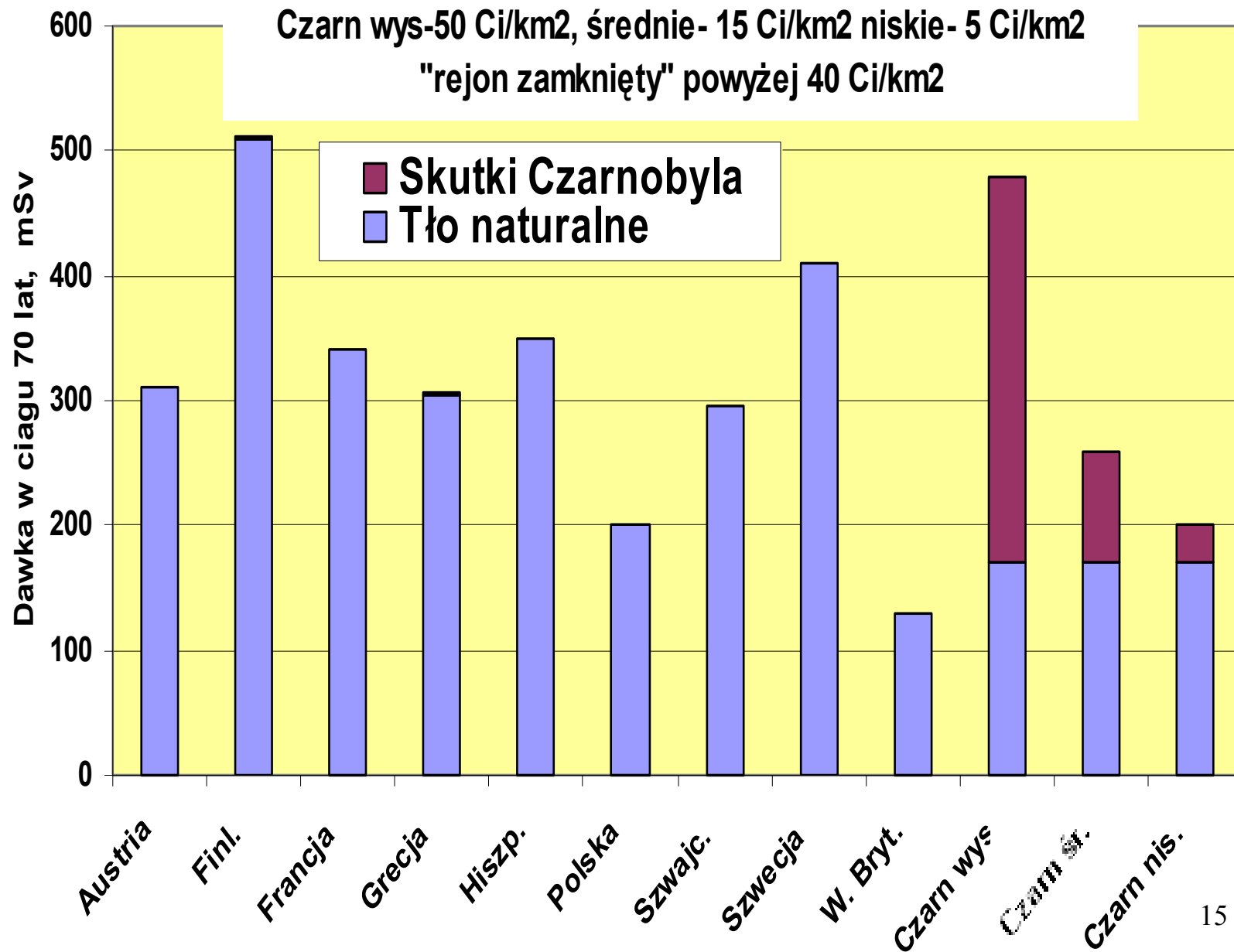
Figure 31. Radiation Hotspots Resulting From the Chornobyl' Nuclear Power Plant Accident



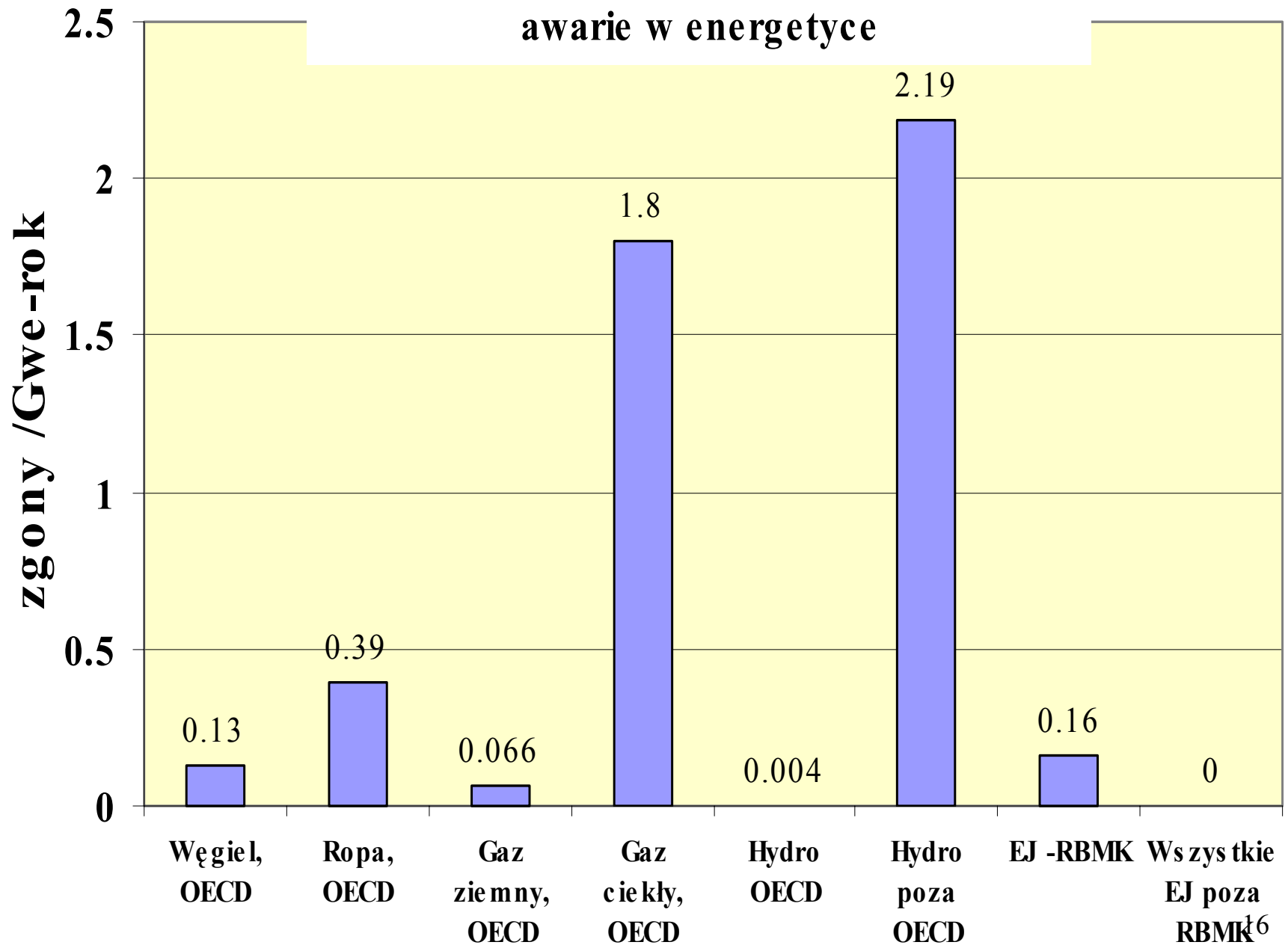
Dawki promieniowania w różnych rejonach Europy

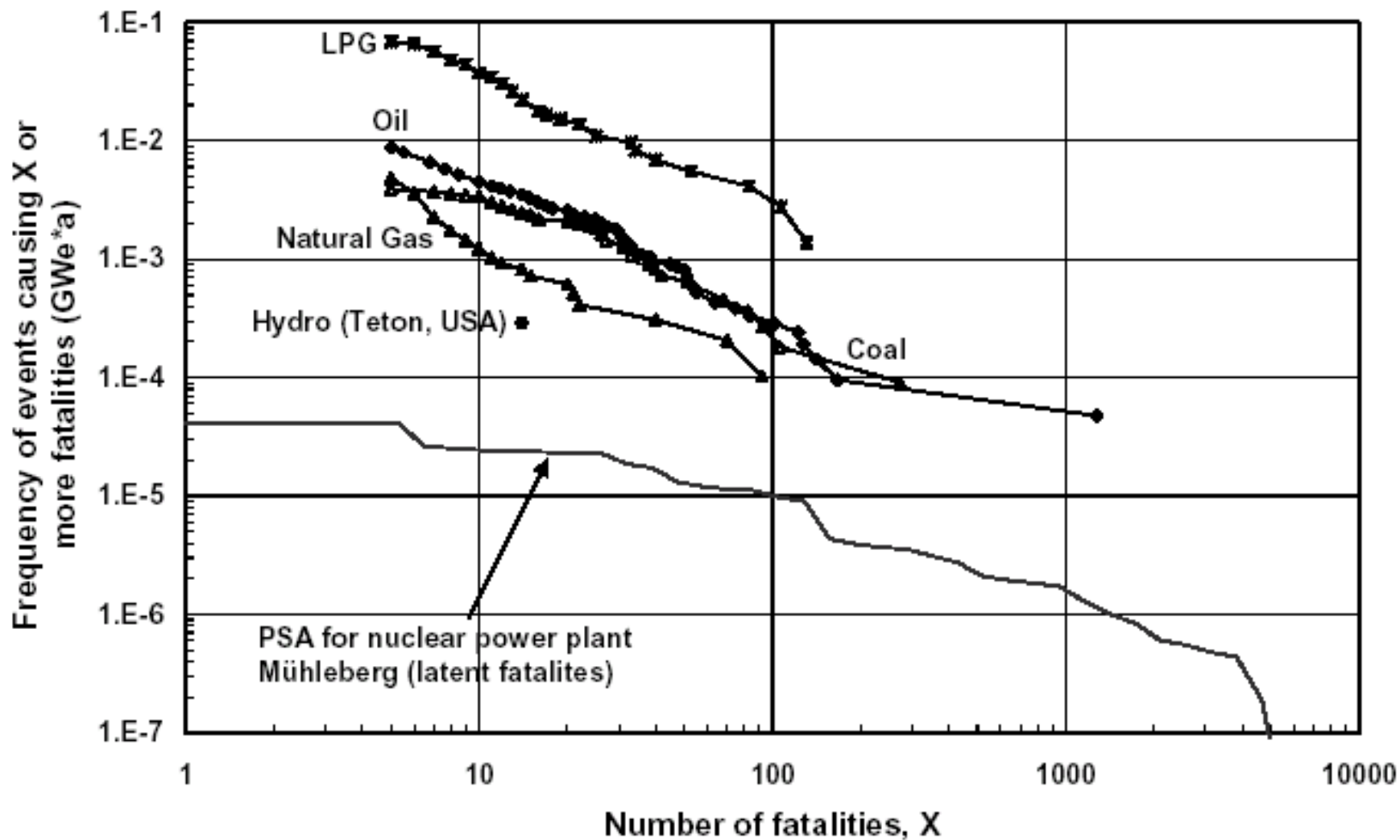
Czarn wys-50 Ci/km², średnie- 15 Ci/km² niskie- 5 Ci/km²

"rejon zamknięty" powyżej 40 Ci/km²



Wczesne zgony powodowane przez ciężkie awarie w energetyce





Częstość awarii powodujących X lub więcej zgonów wg ocen probabilistycznych [·Hirschberg S. et al. Comparison of severe accident risks..., Symp. MAEA, 2001]

Opory wobec nowych technologii w historii



Figure 2.19: Resistance to US railways: January 1838. Source: Grüber (1990a:105), courtesy of Metro-North Commuter Railroad, New York.

Protesty zawsze towarzyszyły nowym technologiom – nawet przeciwko kanalizacji – oto książka z 1900 r...

KANALIZACYA MIASTA WARSZAWY

JAKO NARZĘDzie

Judaizmu i szarlataneryi

W celu

Zniszczenia rolnictwa polskiego

Oraz

**Wyćpienia ludności słowiańskiej
nad wisłą**

Napisał

f.r.

rolnik nadwiślański

Kraków

Skład w księgarni G. Gebethnera i spółki

1900

Cytaty

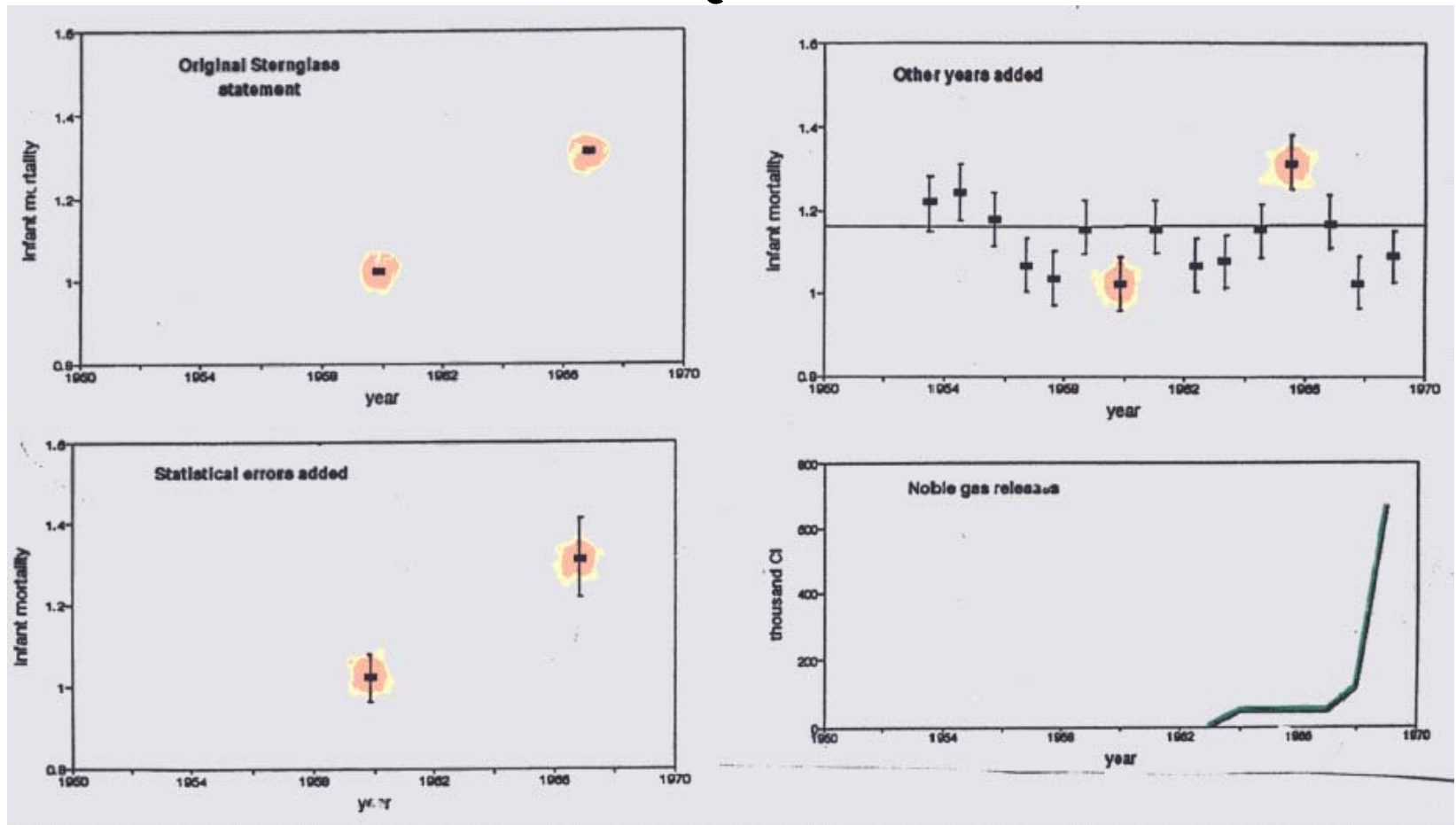
„System kanalizacyjny potępili jednozgodnie najwięksi myśliciele, mężowie stanu, ekonomiści i badacze natury zalecając miastom wywózkę nieczystości kloacnych wyłącznie na pola wiejskie, jako **jedyną rękojmię trwałego dobrobytu ludzkości** (str 20)

„Dowodzić szkodliwości nawozów organicznych dla zdrowia ludzkiego lub **nieekonomiczności dla kraju strzech słomianych**, prowokować zniszczenie odpadków miejskich za pomocą kanalizacji, **znaczyłoby sprzeciwiać się odwiecznym prawom natury i zdobyczom nauki, pokuszać się na obalenie kultury rolniczej i postępu ludzkości.**”

„...zmieniłoby to ostatecznie pola orne w chude pastwiska, a nawet w piaski lotne i zgotowało rolnikom nędzę, a ostatecznie głód, choroby i przyspieszyłoby emigrację ludności wiejskiej z siedzib ojczystych...(str 12)

Kanały warszawskie ... zubożyły ludność wiejską i miejską, **napelniły krzywdą społeczeństwa kieszenie kulturnika ... Lindleja i jego szajki...** dzisiaj z powodzeniem operujących po miastach sarmackich pod firmą dobrze opłacanych **inżynierów kanalizacyjno-wodociągowych** ... (str 17)

Dyskusje o EJ – kłamstwa o umieralności niemowląt w USA...



Umieralność niemowląt obok EJ Indian Point . a) Punkty wybrane przez Sternglassa, b) Dane z niepewnością statystyczną, c) Dane z kolejnych lat , d) Krzywa uwolnień gazów z EJ Indian Point

W Polsce atakowano nie licząc się zupełnie z prawdą



JERZY JAŚKOWSKI

Mity i fakty – o energii atomowej

Powstrzymywanie się od mówienia nie służy na dłuższą metę żadnemu dobru celowi.

B. Russell — laureat Leninowskiej Nagrody Pokojowej i Nagrody Nobla

Wszystkich ludzi możemy podzielić na zwolenników stosowania energii atomowej, jej przeciwników i olbrzymią większość ludzi nieorientowanych. Do zwolenników zaliczamy głównie ludzi z wykształceniem technicznym — technokratów całkowicie pozbawionych wyobraźni i jednocześnie zupełnie bezkrytycznych wobec swojego postępowania. Chwytając się wszelkich sposobów wprowadzają w błąd „czynniki decyzyjne” oraz osoby nieorientowane twierdzeniami o ekonomicznej konieczności stosowania energii jądrowej, jej nieszkodliwości i całkowitym bezpieczeństwie. Historia rozwoju techniki dostarcza nam bardzo licznych przykładów podobnego postępowania „technokratów”. Jednym z bardziej znanych jest sprawa „Titanica”. Technokraci zachwalali go jako najbardziej bezpieczny statek na świecie. Jak wszyscy wiemy, życie zweryfikowało pogląd inżynierów w pierwszym rejsie. Cenę tej pewności siebie konstruktorów ponieśli pasażerowie, w liczbie około 1 500, spoczywając na dnie oceanu.

Tyle historycznego przypomnienia. Współcześnie wypadki w elektrowniach jądrowych mają o wiele większy zasięg, stawiając pod znakiem zapytania egzystencję ludzi na wielkich obszarach. Trzeba więc podjąć próbę obalenia propagowanych przez technokratów mitów.

Mit pierwszy

Jednym z najczęściej powtarzanych jest MIT o WYJĄTKOWEJ NIESZKODLIWOŚCI dla środowiska elektrowni jądrowych (EJ) w porównaniu np. z wę-

ORIENTACJE

85

glowymi. Jest to oczywista nieprawda. Pogównuje się czyste niebo nad elektrowniami jądrowymi z chmurami dymu nad elektrowniami konwencjonalnymi. Natomiast w przypadku awarii elektrowni jądrowej porównuje się ją z pęknięciem tamy elektrowni wodnej. Taka niekonsekwencja to gruby błąd. Przecież niebo nad zaporą wodną też jest czyste. A w przypadku pęknięcia kotła elektrowni węglowej umiera kilka osób. Podobne pęknięcie kotła elektrowni jądrowej jest równoznaczne ze śmiercią setek tysięcy ludzi.

To, że elektrownie węglowe zanieczyszczają środowisko, jest wynikiem niechlujstwa wykonawców lub awarii. Znamy już doskonale sposoby zabezpieczania się przed tego rodzaju awariami. Przykładem jest Anglia, która po słynnym smogu w 1954 roku wprowadziła tak drastyczne egzekwowanie istniejących przepisów w zakresie ochrony środowiska, że zanieczyszczenie przemysłowe przestało być problemem, a w Tamizie pływają znowu lososie.

Wprowadzenie skutecznej walki z tego rodzaju zanieczyszczeniami w elektrowniach węglowych jest więc tylko i wyłącznie sprawą organizacyjną. Najlepsze natomiast filtry w elektrowniach jądrowych zatrzymują wprawdzie 99% par radioaktywnych, ale 1% ulatnia się w czasie pracy elektrowni do atmosfery. Ten jeden procent to między innymi krypton 85 o czasie połowicznego rozpadu 10,7 lat, jod 129 o okresie połowicznego zaniku 17 000 000 lat i oczywiście pluton 239, który jest o wiele bardziej niebezpieczny niż cyjanowodor używany w komorach gazowych. W każdej EJ po wypaleniu paliwa pozostaje 0,9% plutonu, a przeciętna elektrownia zużywa 2 000 ton uranu.

Oszacowano, że tylko w roku 1980 zostało uwolnionych z odpadów zakładów energetyki jądrowej 3×10^{17} Bq samego tylko plutonu, w tym 239 Pu — 7×10^{14} Bq. Dla przypomnienia podam, że aktywność bomby atomowej zrzuconej na Hiroszimę wynosiła około 10×10^{15} Bq. Dziesięć lat wcześniej wartości te wynosiły 100 razy mniej. W odległości 2 km od zakładu przeróbki paliwa jądrowego stężenie 239 Pu na powierzchni ziemi przekraczało 1 300 razy stężenie tego pierwiastka wykrywane po wybuchu jądrowym.

Ilość radionuklidów uwalnianych podczas bezawaryjnej pracy elektrowni jądrowej w ciągu jednego roku stanowi wartość porównywalną z 100 bombami atomowymi zrzuconymi na Hiroszimę. Należy także zdecydowanie odrzucić twierdzenie, że głównie są to gazy szlachetne, które nie ulegają metabolizmowi w organizmie człowieka. Pierwiastki te posiadają określoną energię, dużo wyższą niż energia wiązań chemicznych, trudno więc zaprzeczyć jej działaniu na komórki. Pierwiastki te powodują także wzrost jonizacji powietrza ze wszelkimi jego negatywnymi następstwami. Oprócz gazów szlachetnych stwierdza się także występowanie trytu, który ulega metabolizmowi, jak również obecność węgla radioaktywnego.

Zakłada się, że EJ w Żarnowcu będzie emitowała około 100 000 Ci pierwiastków promieniotwórczych. Zakłada się również, że większość

A uczciwi naukowcy odpowiadali...

Polskie Towarzystwo Fizyki Medycznej

Zarząd Główny - Executive Board

Warszawa, 24.04.1990

Oświadczenie Zarządu Głównego PTFM

...Rozpowszechnianie **falszywych i tendencyjnych** informacji ...stwarza warunki dla szerzenia nieuzasadnionej psychozy strachu, irracjonalnych i szkodliwych zachowań jednostkowych...

Załącznik...zawiera 10 najbardziej charakterystycznych poglądów dr Jaśkowskiego ..stanowią one **dowód braku kompetencji i rzetelności naukowej** ich autora. Zarząd Główny PTFM oświadcza, że **całkowicie dystansuje się** od poglądów głoszonych przez dr . J. Jaśkowskiego

1 "Ilość radionuklidów, uwalnianych podczas bezawaryjnej pracy elektrowni jądrowej w ciągu jednego roku stanowi wartość porównywalną z 100 bombami, zrzuconymi na Hiroszimę (J. Jaśkowski, "Orientacje" 1988, s 85)

Są to wartości zafałszowane in plus ok. 100-1000 milionów razy

Kilka przykładów innych bezsensownych twierdzeń – i odpowiedzi PTFM

2. Liczba dodatkowych zgonów w Hiroszynie i Nagasaki w wyniku uszkodzeń popromiennych wyniosła 150 000 "(J. Jaśkowski, "Polityka" nr. 11/89, "Przegląd Techniczny" nr. 39/40 i inne)
 - Wartość ta jest **zafałszowana in plus ok. 1000 razy.**
3. Po uruchomieniu EJ Żarnowiec dojdzie w Gdańsku do wzrostu umieralności na raka o 200% (J. Jaśkowski, "Morze" nr. 2/89)
 - Jest to wartość **zafałszowana in plus ok. 100 000 razy.**
5. "W 1987 roku nastąpił w całym kraju wzrost liczby martwych urodzeń o około 30 000 (Polityka" nr. 11/89, TV)
 - W roku 1986 liczba martwych urodzeń wyniosła 3703 a w roku 1987 -3475. Nastąpił **zatem spadek o 228 a całkowite liczby martwych urodzeń były w obu latach o rząd niższe niż rzekomy, podany przez dr Jaśkowskiego wzrost.**
 - Itd. –itd...

Na szczęście, prawdziwi ekolodzy w Polsce doceniają dziś zalety energii jądrowej

POSTAWY EKOLOGÓW I EKOLOGII JAKO NAUKI WOBEK ENERGETYKI JĄDROWEJ.

Wyższa Szkoła Ekologii i Zarządzania
Wydział Ekologii – Kierunek Ochrona Środowiska



16. Ocena łącznych zagrożeń – podsumowanie.

Ocena następstw awarii możliwych w różnych systemach energetycznych wykazała, że liczba ofiar śmiertelnych na jednostkę wytworzonej energii jest największa w przypadku gazu ciekłego, a ropy związane z cyklem węglowym znajduje się na drugim miejscu.

Zagrożenia od awarii normalnych, nowoczesnych elektrowni jądrowych są znikomo małe. Zmalało nie tylko prawdopodobieństwo poważnej awarii elektrowni jądrowej, zmalały także maksymalne rozmiary zagrożenia. Dodatkowym elementem mogącym wpłynąć na decyzję czy budować elektrownie jądrowe może być stwierdzenie że nie tylko łączne dawki i zagrożenia od cyklu jądrowego są małe, ale ponadto główne potencjalne zagrożenia występują w skali całego globu i wielu tys. lat.

Dla kraju mającego budować elektrownię, straty zdrowia człowieka, spowodowane „dziś i tutaj”, są niewątpliwie najmniejsze w przypadku elektrowni jądrowej.

W sumie patrząc z perspektywy zdrowia i dobrobytu społeczeństwa, energia jądrowa obok energii odnawialnych wydaje się najbardziej pożądanym źródłem energii. Przyszłości stojące na drodze do wdrożenia energii odnawialnych są znane i nie można spodziewać się, by udało się je szybko usunąć. W świetle powyżej przedstawionych rozważań wydaje się oczywiste, że ze względu na zdrowie człowieka i ochronę środowiska energia jądrowa powinna być preferowanym źródłem energii przez następne kilkadziesiąt lat.

Na świecie również największe autorytety ruchu ekologicznego wzywają do uznania energii jądrowej

James Lovelock, autor słynnej koncepcji Gaia-nasza Ziemia popiera stosowanie czystej energii jądrowej, dobrej dla środowiska: patrz przedmowa L. Lovelocka do książki ["Environmentalists For Nuclear Energy"](#). Popiera on „Towarzystwo Obrońców Środowiska Za Energią Jądrową” (EFN).

- Energia jądrowa to jedyne zielone rozwiązanie – artykuł Lovelocka w „Independent”
- Hasło z encyklopedii Wikipedia: „Ecological homeostasis” :
- „In the **Gaia hypothesis**, James Lovelock stated that the entire mass of living matter on Earth (or any planet with life) functions as a vast organism ...”

A energetyka jądrowa rok po roku jest bezpieczna i czysta

W W. Brytanii po wieloletniej analizie sądowej wydano wyrok uznający, że **nowa EJ Sizewell B jest bezpieczna.**

- W Finlandii po wielu analizach parlament ustalił bezspornie, że **rozwój energetyki jądrowej leży w interesie zdrowia** społeczeństwa.
- We Francji **Akademia Medyczna wezwała do dalszego rozwoju energetyki jądrowej.**
- W Polsce mamy pozytywną opinię fachowców i decyzję rządu – czy to wystarczy by przekonać społeczeństwo?

Nowa faza rozwoju energetyki jądrowej na świecie już się zaczęła

- Istniejące reaktory przedłużają czas pracy do 60 lat.
- Europejskie reaktory nowego pokolenia EPR budowane w Finlandii i Francji
- Licencjonowane przez US NRC projekty AP 600, AP 1000 i ABWR
- ABWR zbudowane w Japonii
- Pięć towarzystw energetycznych w USA zamierza zacząć budowę nowych EJ
- Müller (były minister energetyki w rządzie Niemiec) – **Za 50 lat w Niemczech energetyka będzie oparta na Elektrowniach Jądrowych, węgla i energii odnawialnej**



Rys. 3.17 Czyste powietrze nad EJ Gundremmingen z reaktorem z wodą wrzącą