

Radiologiczne skutki użycia broni jądrowej

Paweł Olko

Instytut Fizyki Jądrowej PAN

POLSKIE CENTRUM



STALKER SHADOW OF CHERNOBYL



**Wszystkie informacje zawarte w tym artykule
pochodzą z powszechnie dostępnej literatury**

**Prezentacja dotyczy tylko radiologicznych skutków
użycia broni jądrowej**

**Promieniowanie jonizujące nie jest głównym
czynnikiem rażenia broni jądrowej**

The Effects of Nuclear Weapons

Compiled and edited by
Samuel Glasstone and Philip J. Dolan

Third Edition

Prepared and published by the
UNITED STATES DEPARTMENT OF DEFENSE
and the
ENERGY RESEARCH AND DEVELOPMENT ADMINISTRATION

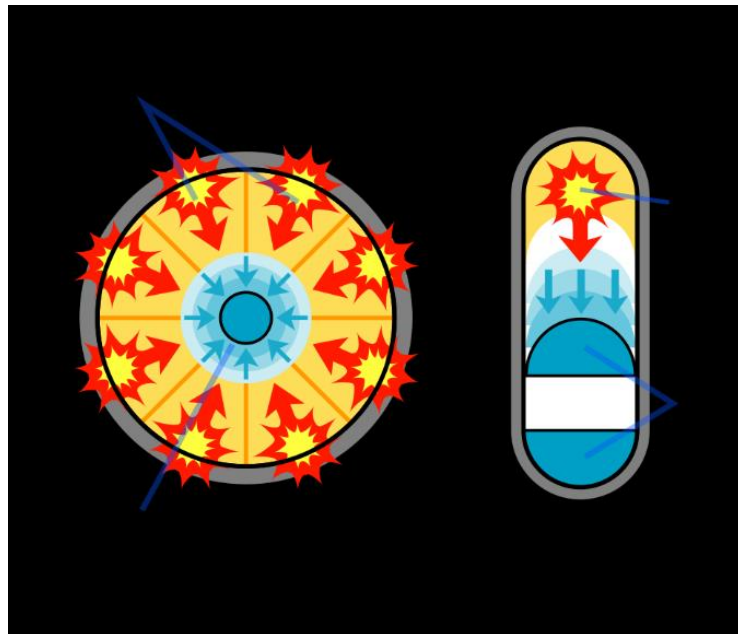


1977

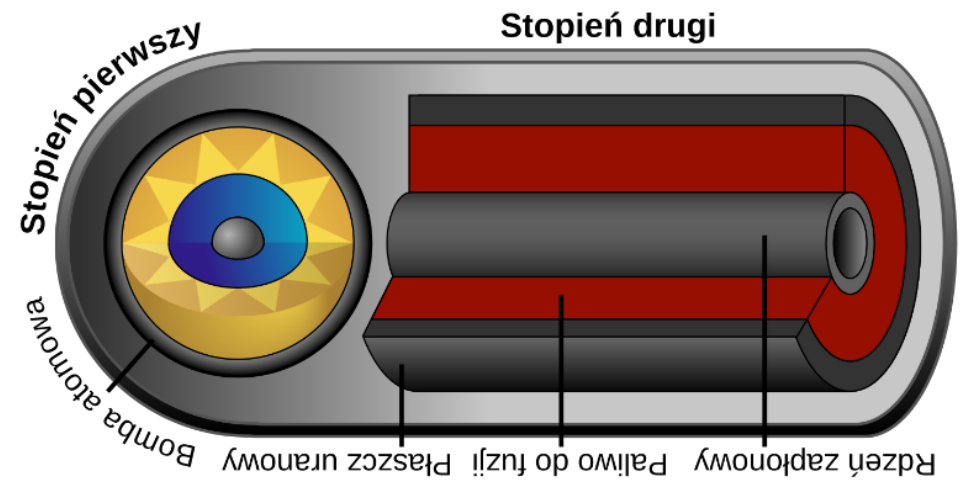
Budowa ładunku jądrowego

Fat man Pu

Little Boy U



bomba rozszczepieniowa



bomba termojądrowa
(FF, od fission-fusion) –

Moc wybuchu: zwykle do 30 kT trotylu

Moc wybuchu: zwykle do 1000 kT trotylu

Taktyczna broń jądrowa i amunicja o wzmożonym promieniowaniu - „bomby neutronowe”



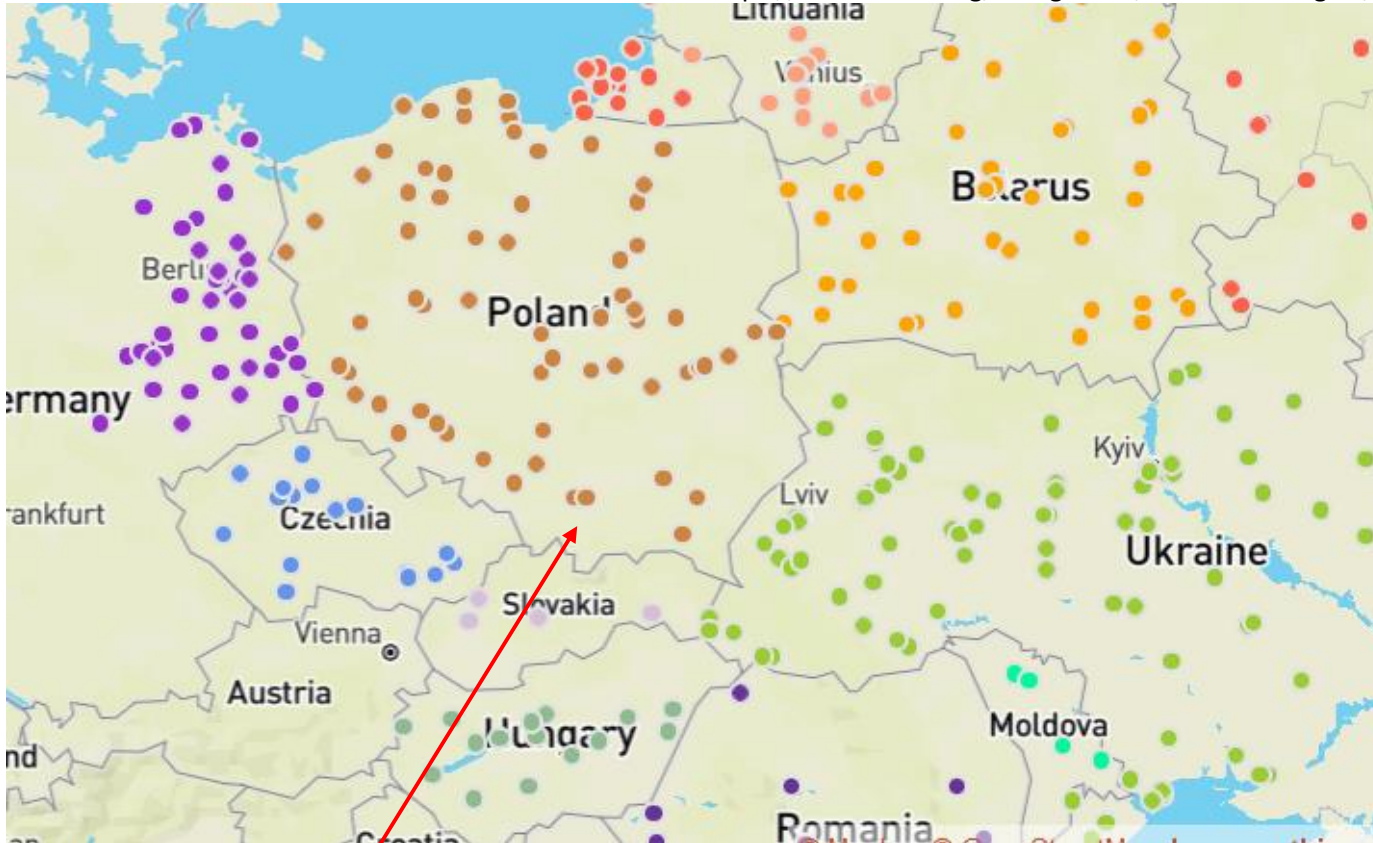
Moc wybuchu od 0.1 to 1.1 kiloton TNT (trotylu)

NATO nie posiada taktycznej broni jądrowej

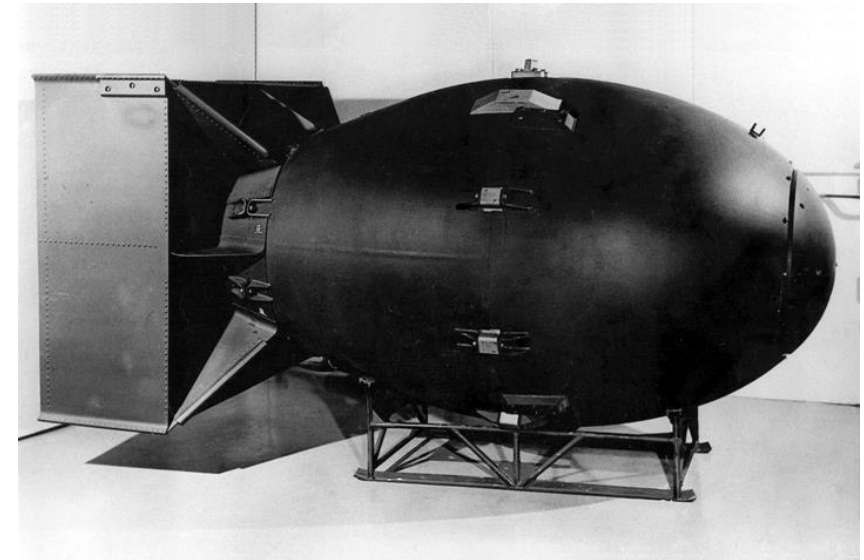
Rosja posiada

Cele ataków jądrowych NATO na Europę Wschodnią, lata 60-te

<https://futureoflife.org/background/us-nuclear-targets/>



Na Kraków przewidziano dwie bomby wodorowe



Dostępność głowic jądrowych

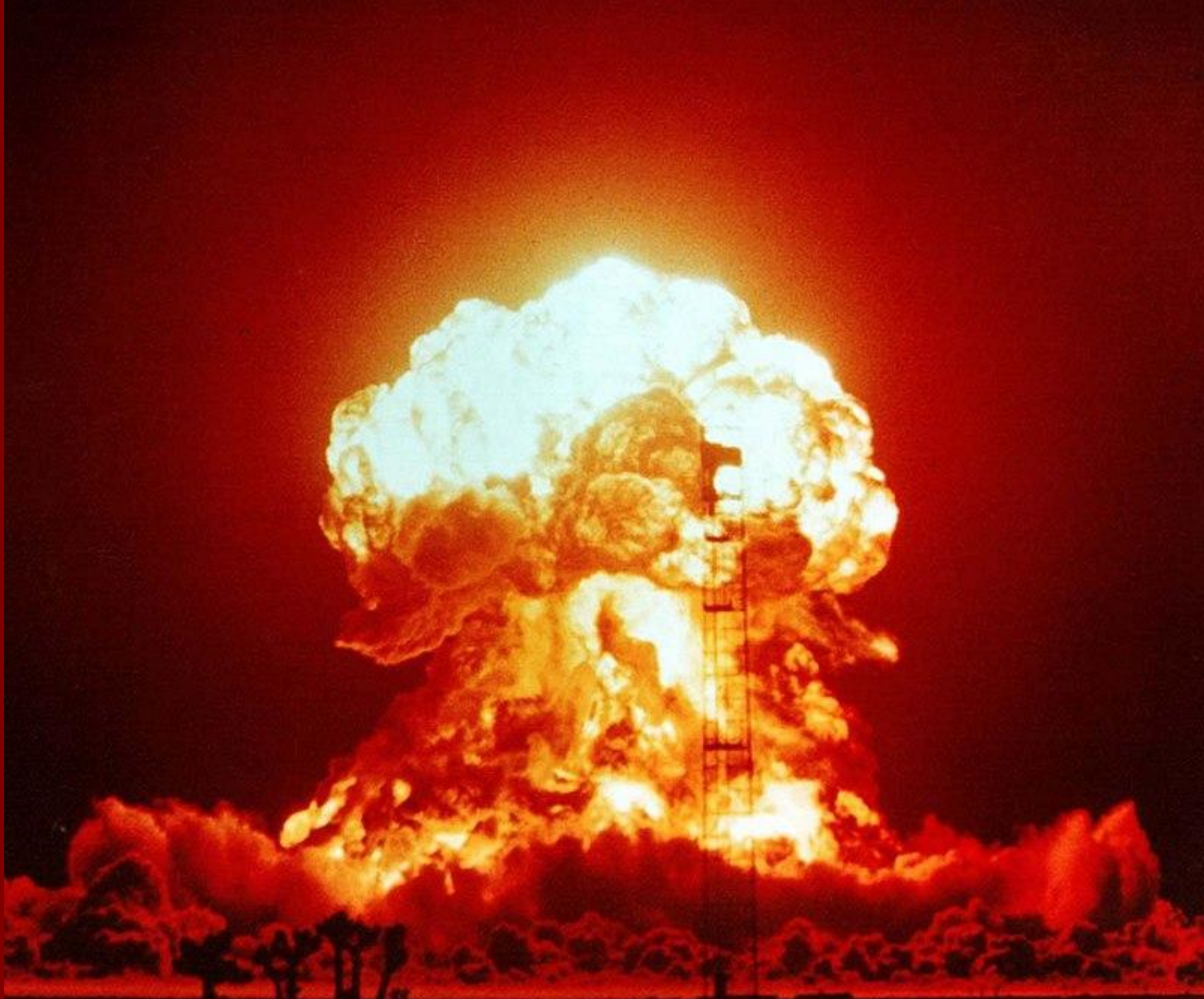
- od 1945 – USA 7260
- od 1949 – Rosja 7500
- od 1952 – Wielka Brytania 215
- od 1960 – Francja 300
- od 1964 – Chiny 260
- od 1974 – Indie 90–110
- od 1979 – Izrael 80–200
- od 1998 – Pakistan 100–120
- od 2006 – Korea Północna 6–8



W-87 (300 kT)



B-83

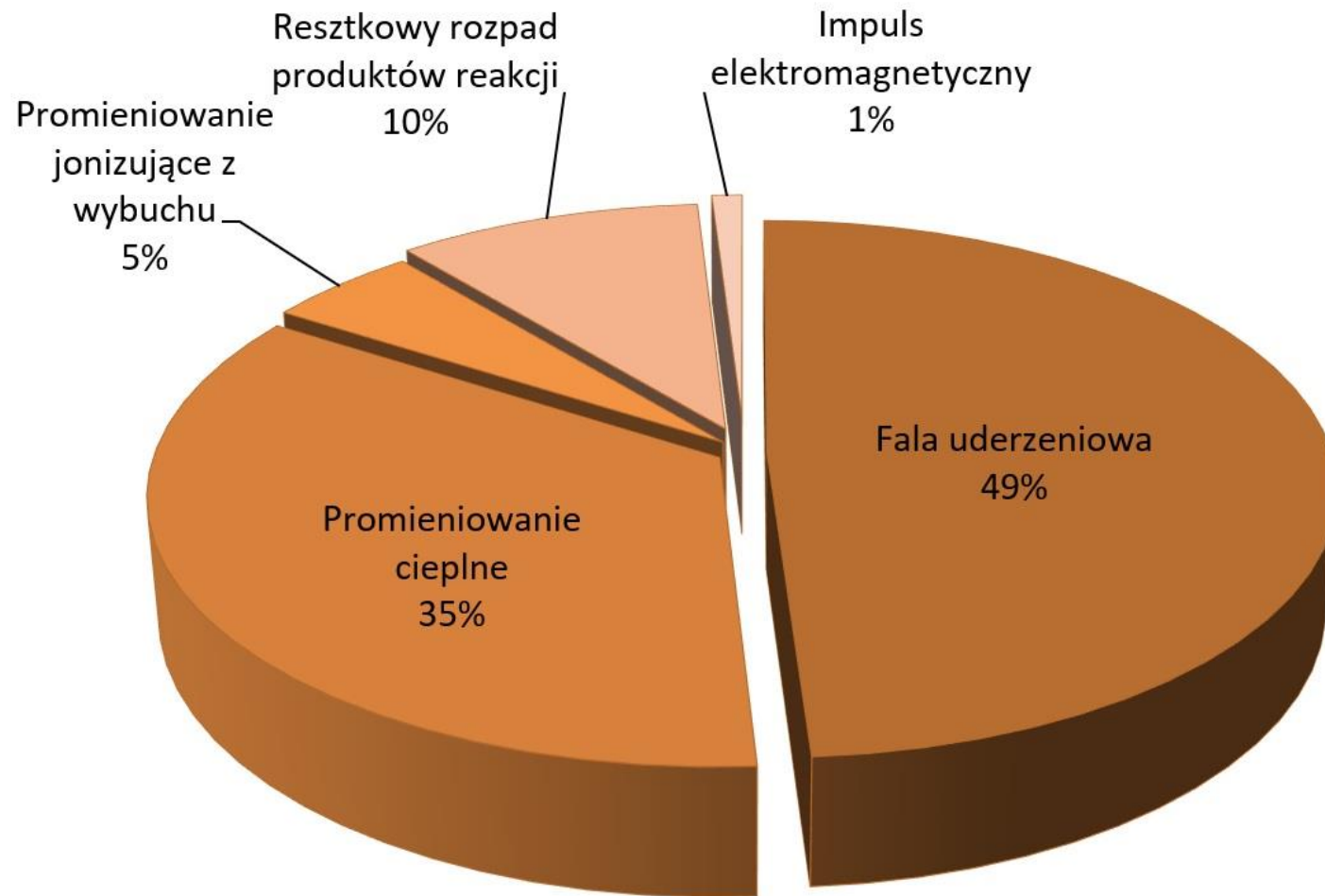


Czynniki rażenia broni jądrowej

- **fala uderzeniowa** – gwałtowne wahania ciśnienia i wywołany nimi podmuch, w wybuchu powietrznym przenosi ok. 50% energii wybuchu,
- **promieniowanie przenikliwe** – promieniowanie o właściwościach jonizujących, w wybuchu powietrznym przenosi ok. 5% energii wybuchu,
- **promieniowanie ciepłe/światłne** – promieniowanie niejonizujące, jego skutkiem jest głównie nagrzewanie, w wybuchu powietrznym przenosi ok. 35% energii wybuchu,
- **impuls elektromagnetyczny** – trwa ułamek sekundy, porusza się z prędkością światła,
- **skażenie promieniotwórcze** – w przypadku wybuchu powietrznego wyzwala ok. 10% energii wybuchu.

*

Czynniki rażenia broni jądrowej



Można wzmocnić energię przekazaną przez promieniowanie – bomba neutronowa

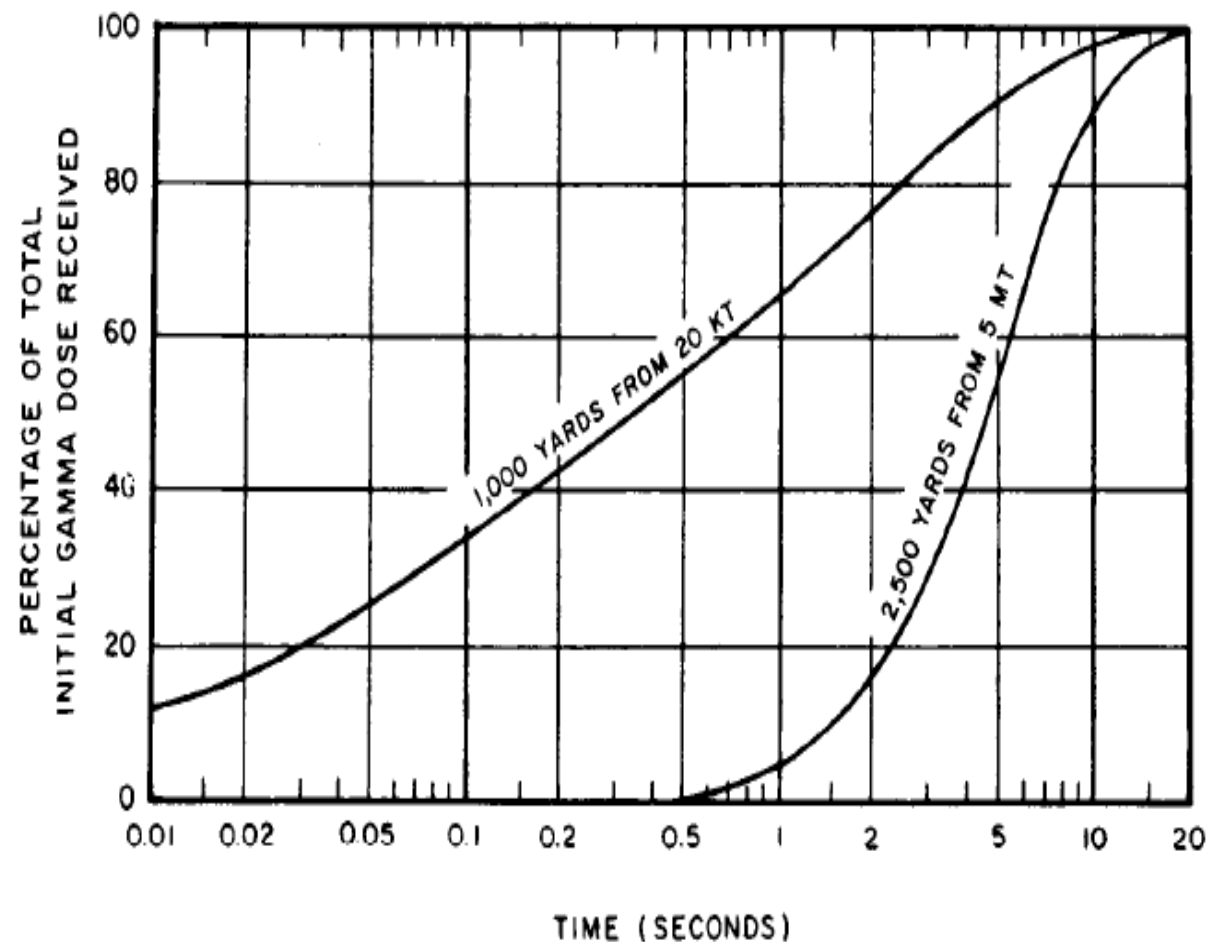
Opóźnione promieniowanie gamma

Początkowe promieniowanie gamma jest w większości zaabsorbowane w bombie, zanim się rozleci!

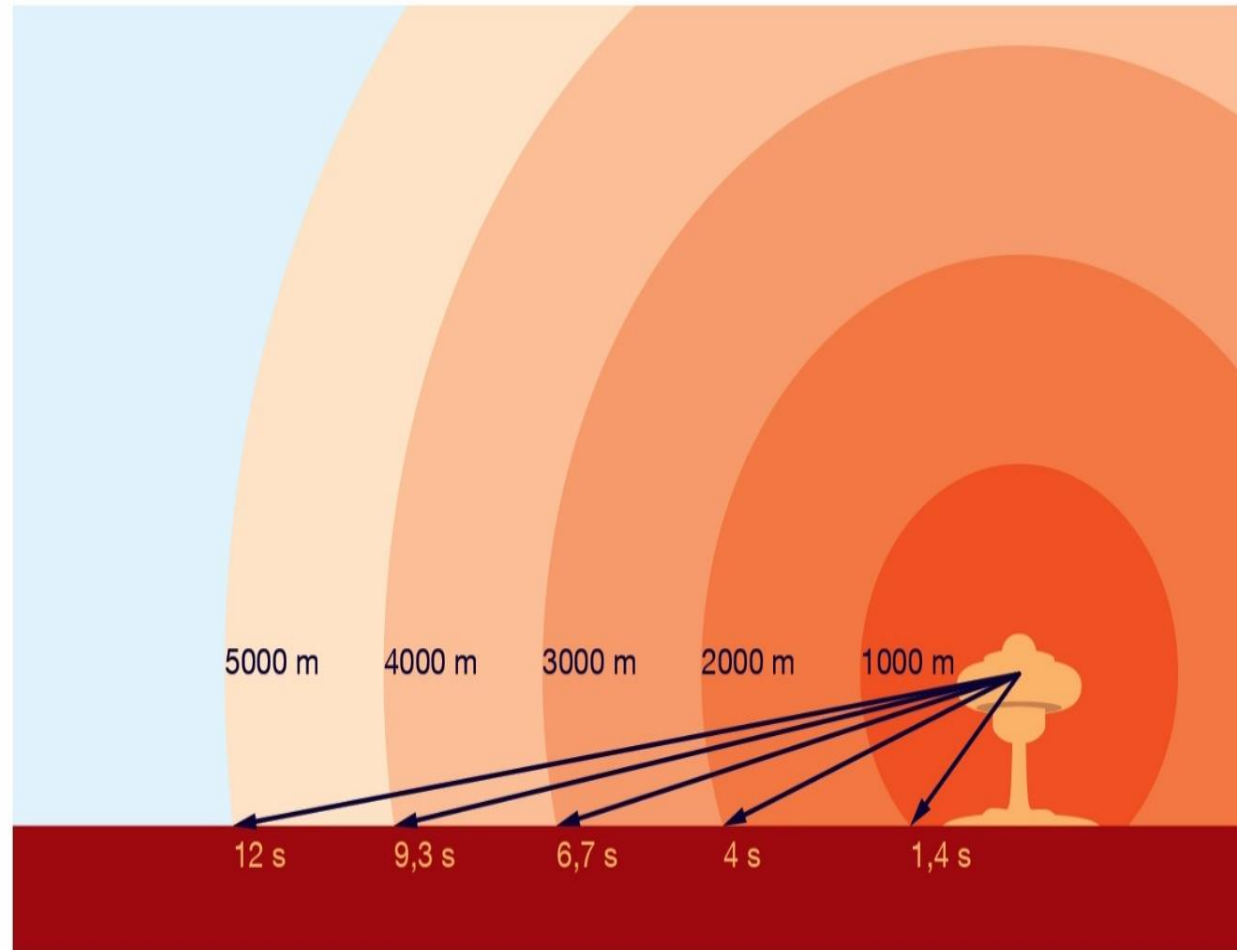
Opóźnione promieniowanie gamma powstaje w następnych sekundach! Dawka od pierwotnego promieniowania gamma to tylko 1 % całości emisji w pierwszej minucie!

Powstające promieniowanie gamma jest wysokoenergetyczne, przenikliwe

Wynika z tego, że z chwilą pojawienia się eksplozji ukrycie się w ciągu 1-5 sekund zmniejsza dawkę i może uratować życie



Czas dotarcia fali uderzeniowej



Fala uderzeniowa dociera po znacznie dłuższym czasie, rzędu kilku – kilkunastu sekund

Dawki natychmiastowe – promieniowanie gamma

Bomba jądrowa

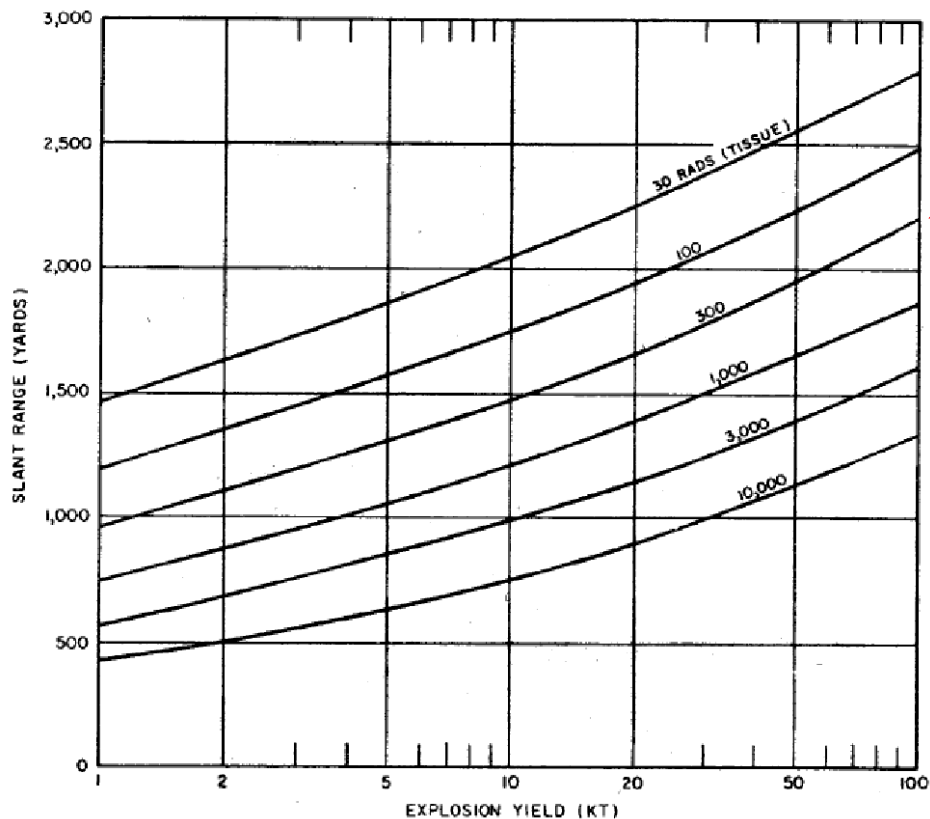


Figure 8.33a. Slant ranges for specified gamma-ray doses for targets near the ground as a function of energy yield of air-burst fission weapons, based on 0.9 sea-level air density. (Reliability factor from 0.5 to 2 for most fission weapons.)

100 radów – 1 Gy

3 Gy

Bomba termojądrowa

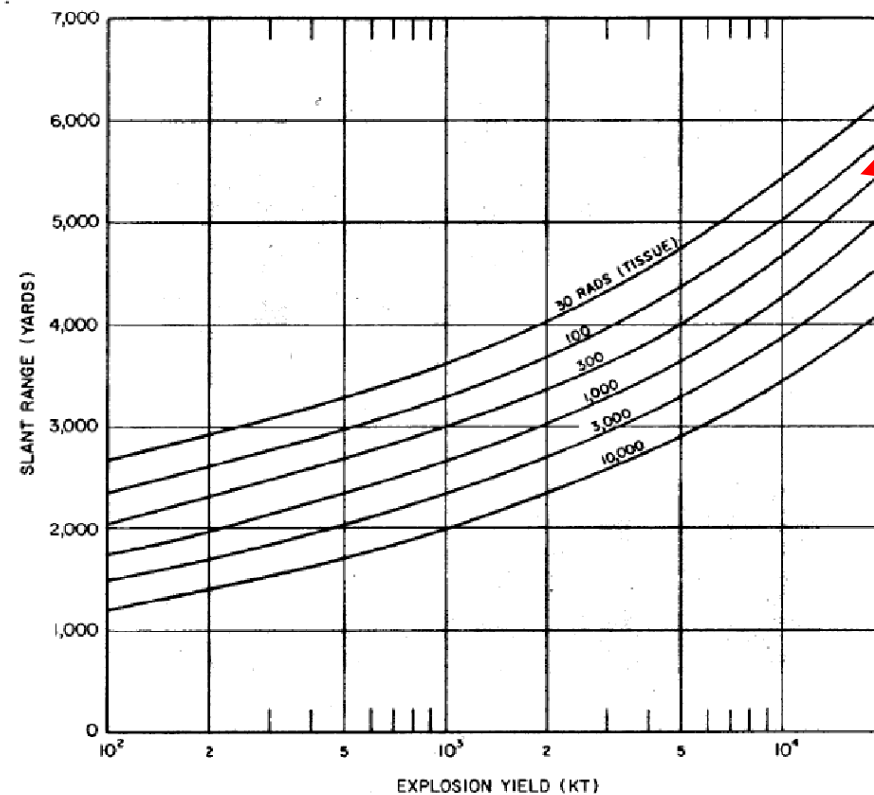


Figure 8.33b. Slant ranges for specified gamma-ray doses for targets near the ground as a function of energy yield of air-burst thermonuclear weapons with 50 percent fission yield, based on 0.9 sea-level air density. (Reliability factor from 0.25 to 1.5 for most thermonuclear weapons.)

Dawki natychmiastowe – neutrony

Bomba jądrowa

100 radów – 1 Gy

Bomba termojądrowa

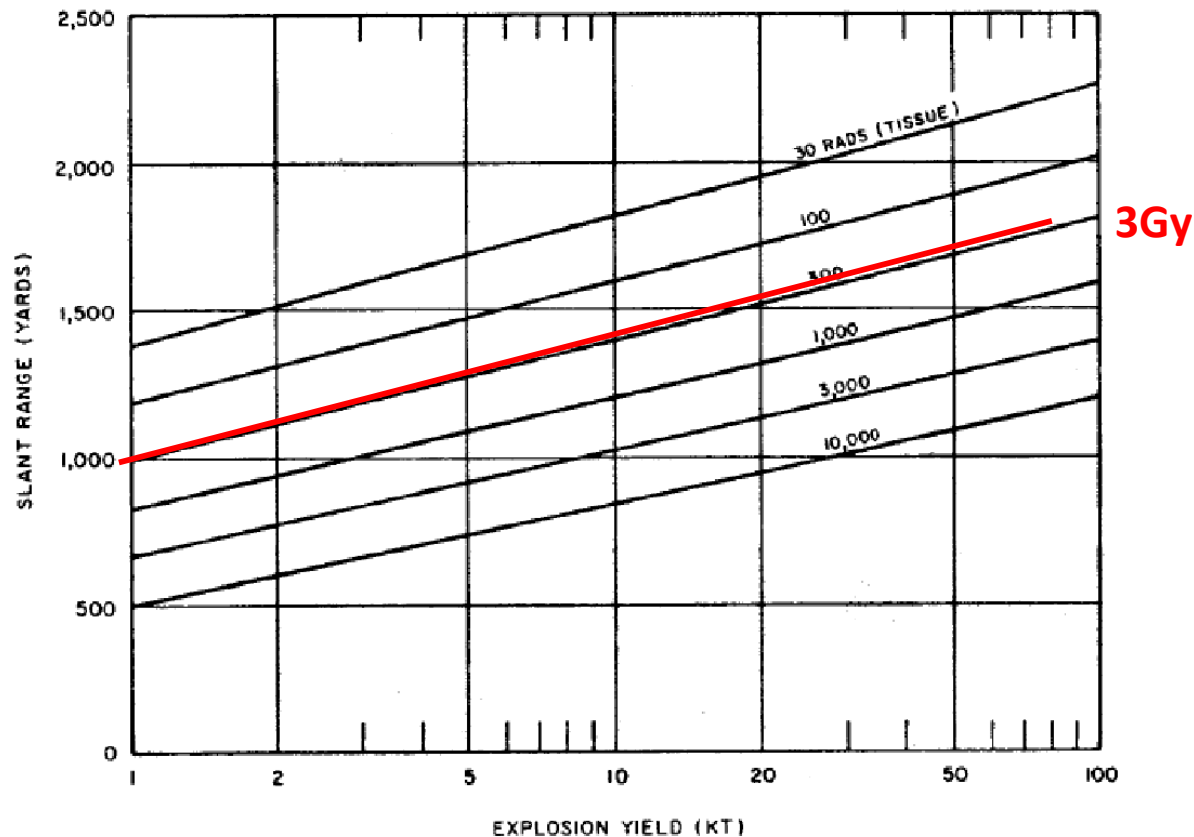


Figure 8.64a. Slant ranges for specified neutron doses for targets near the ground as a function of energy yield of air-burst fission weapons, based on 0.9 sea-level air density. (Reliability factor from 0.5 to 2 for most fission weapons.)

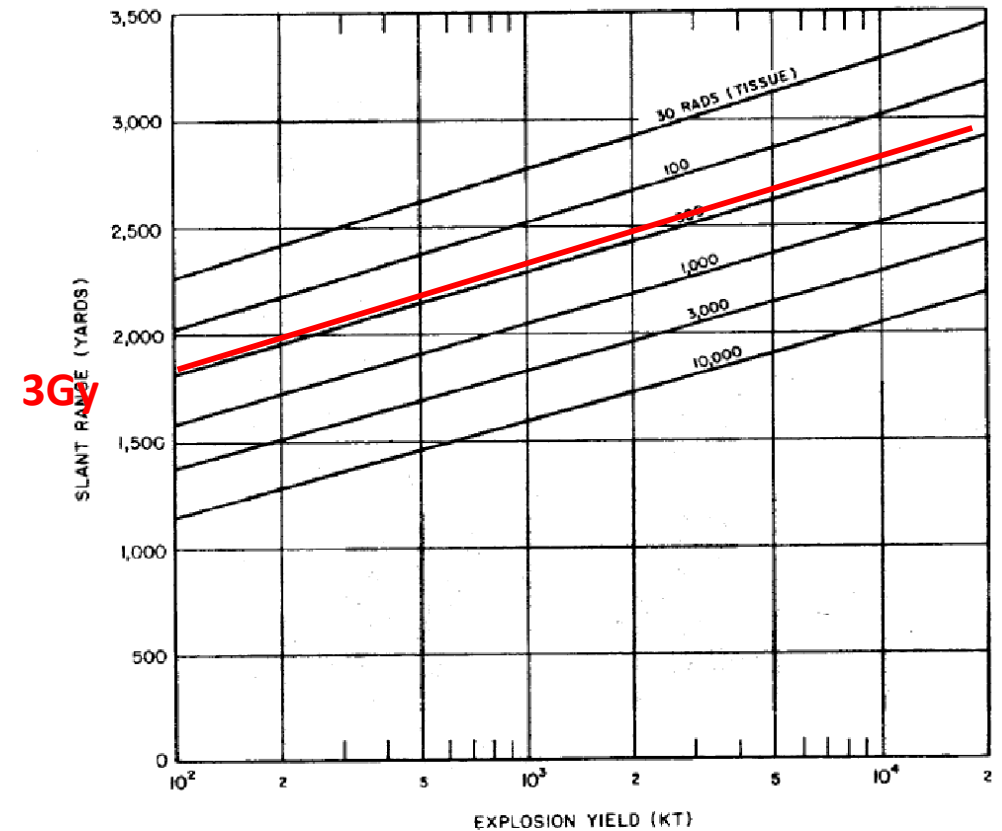


Figure 8.64b. Slant ranges for specified neutron doses for targets near the ground as a function of energy yield of air-burst thermonuclear weapons based on 0.9 sea-level air density. (Reliability factor 0.25 to 1.5 for most thermonuclear weapons.)

Redukcja dawek przez typowe budynki i schrony

DOSE TRANSMISSION FACTORS FOR VARIOUS STRUCTURES

Structure	Initial Gamma Rays	Neutrons
Three feet underground	0.002–0.004	0.002–0.01
Frame House	0.8–1.0	0.3–0.8
Basement	0.1–0.6	0.1–0.8
Multistory building (apartment type):		
Upper stories	0.8–0.9	0.9–1.0
Lower stories	0.3–0.6	0.3–0.8
Concrete blockhouse shelter:		
9-in. walls	0.1–0.2	0.3–0.5
12-in. walls	0.05–0.1	0.2–0.4
24-in. walls	0.007–0.02	0.1–0.2
Shelter, partly above grade:		
With 2 ft earth cover	0.03–0.07	0.02–0.08
With 3 ft earth cover	0.007–0.02	0.01–0.05

W piwnicy zmniejszenie dawek do 10 razy, pod 1 metrem warstwy gruntu : 100 razy



**OFERUJEMY BUDOWĘ SCHRONU W SYSTEMIE:
ZNAJDŹ DZIAŁKĘ->ZAPROJEKTUJ->WYBUDUJ**

Zejście do schronu



Magazyn



Wrota żelbetowe

zawory nadciśnieniowe



Wyjście awaryjne



Szwajcarski system wentylacji



Porównanie promieniowania do innych czynników ryzyka

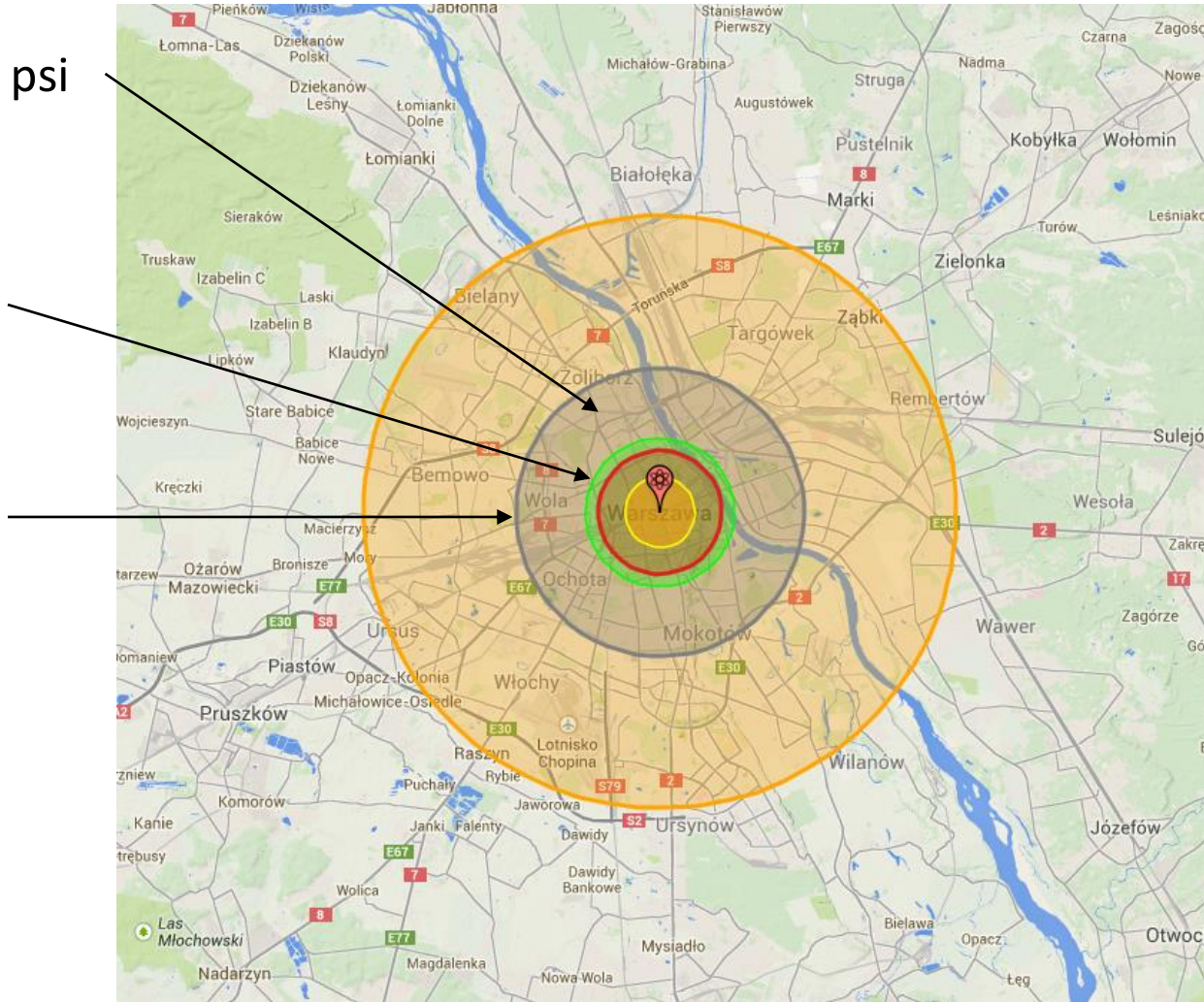
Warszawa, ładunek 800 kT

Fala uderzeniowa (obszar czerwony) – nadciśnienie 20 psi

Promieniowanie jonizujące (obszar zielony) – 5 Sv

Fala uderzeniowa (obszar szary) – nadciśnienie 5 psi

W odległościach, gdy ekspozycja prowadzi do dawek śmiertelnych fala uderzeniowa i promieniowanie cieplne są głównymi czynnikami ryzyka



Moce dawki przy promieniotwórczym skażeniu terenu

Moce dawki po depozycji opadu promieniotwórczego są wysokie

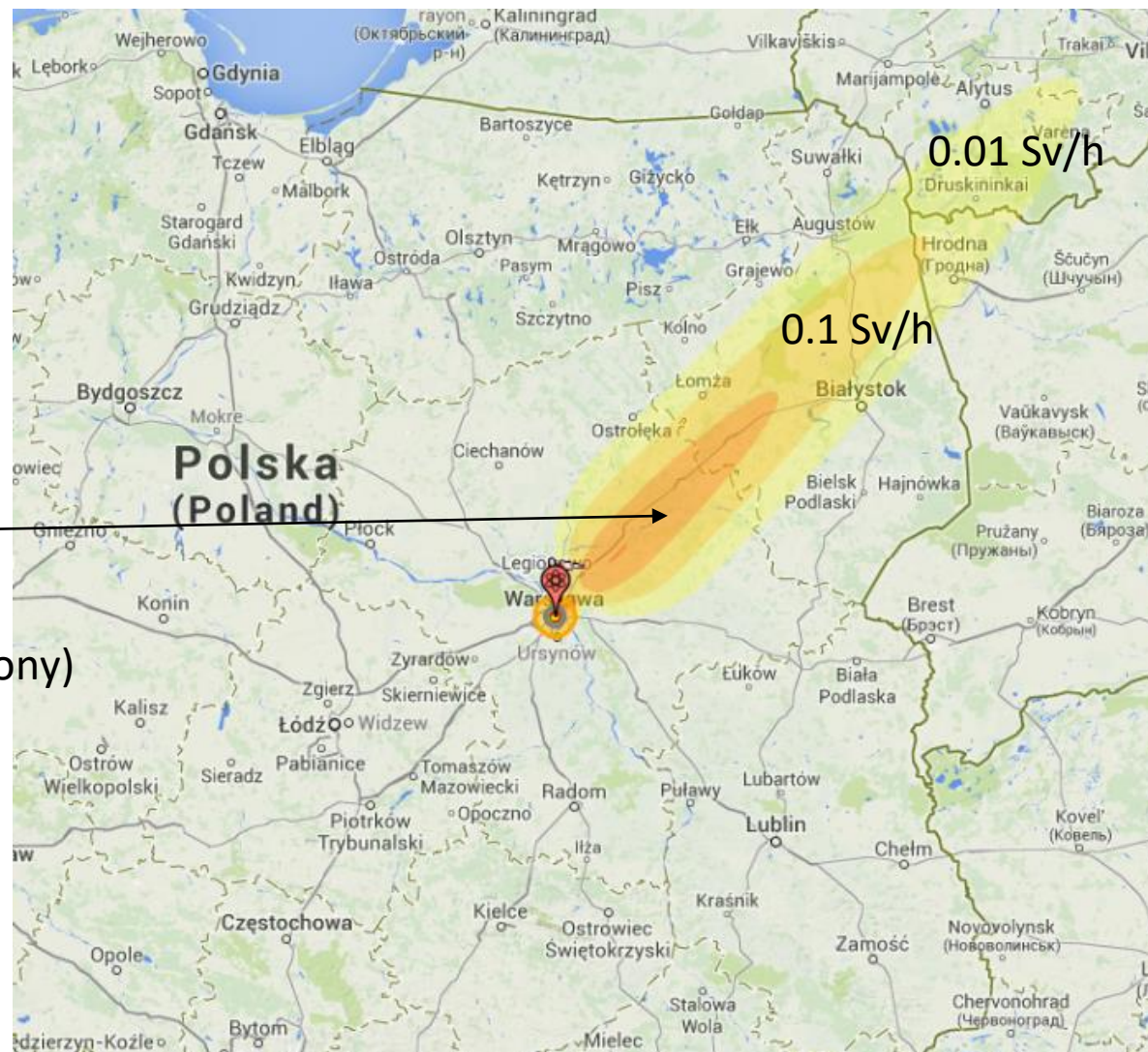
Opad następuje dość szybko po wybuchu.

Masz 10 minut czasu aby się ukryć

1.0 Sv/h

10 Sv/h (punkt czerwony)

Warszawa, ładunek 800 kT



<https://nuclearsecrecy.com/nukemap/>

Spadek mocy dawki w czasie przy promieniotwórczym skażeniu terenu

Spadek mocy dawki od opadu
promieniotwórczego zmniejsza się:

- po dobie ok. 500 razy
- po tygodniu 5000 razy

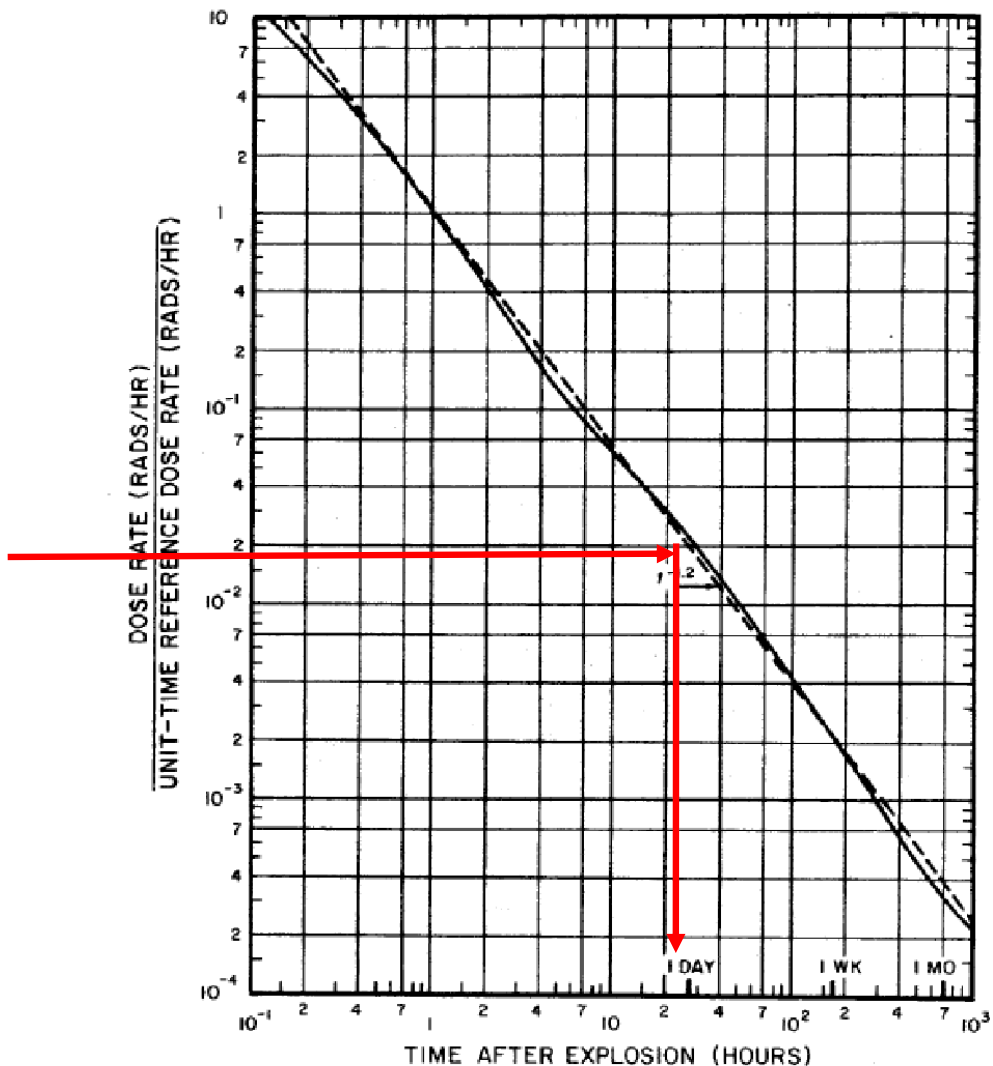
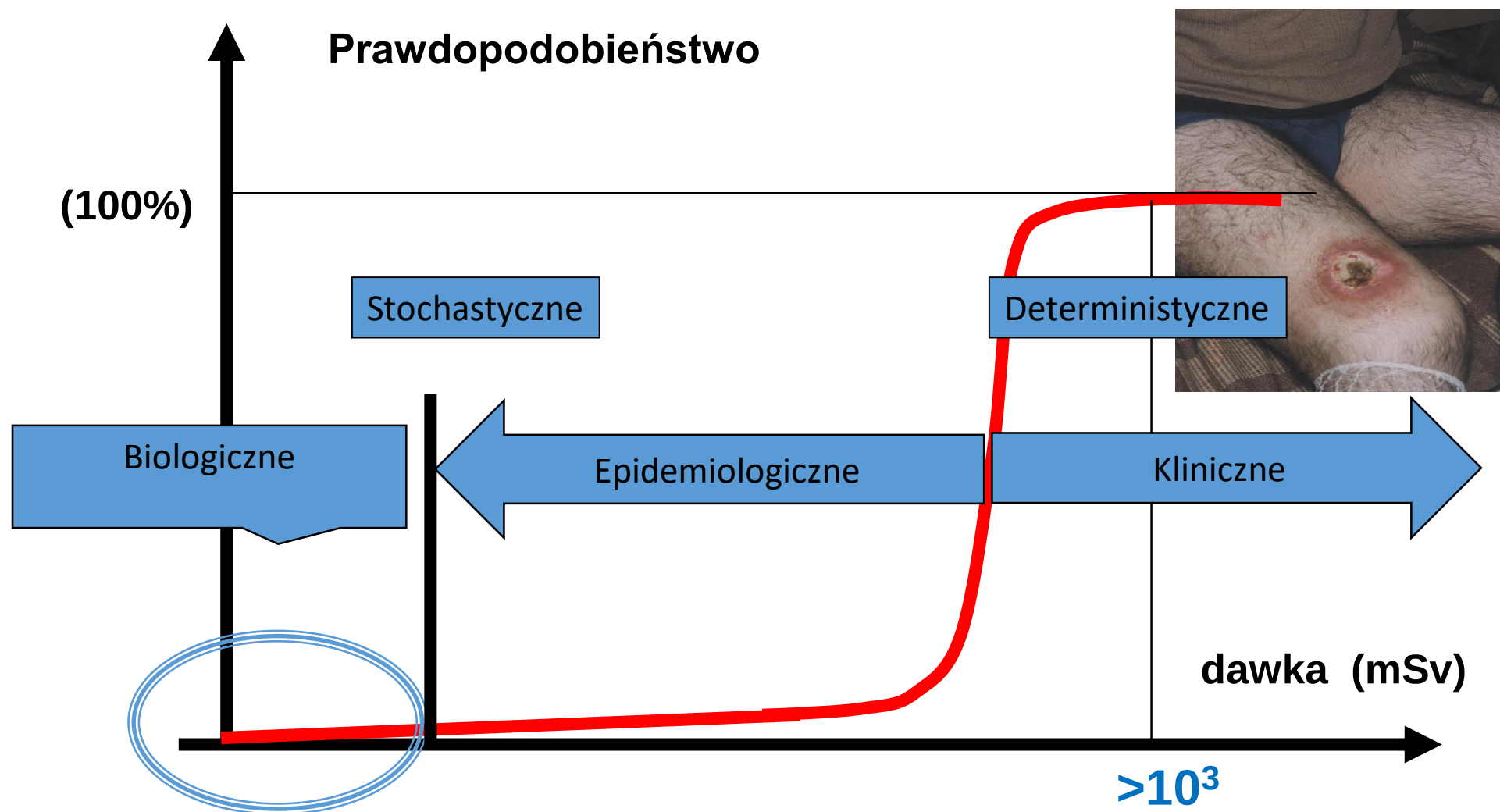


Figure 9.16a. Dependence of dose rate from early fallout upon time after explosion.

Skutki zdrowotne działania promieniowania jonizującego w funkcji dawki

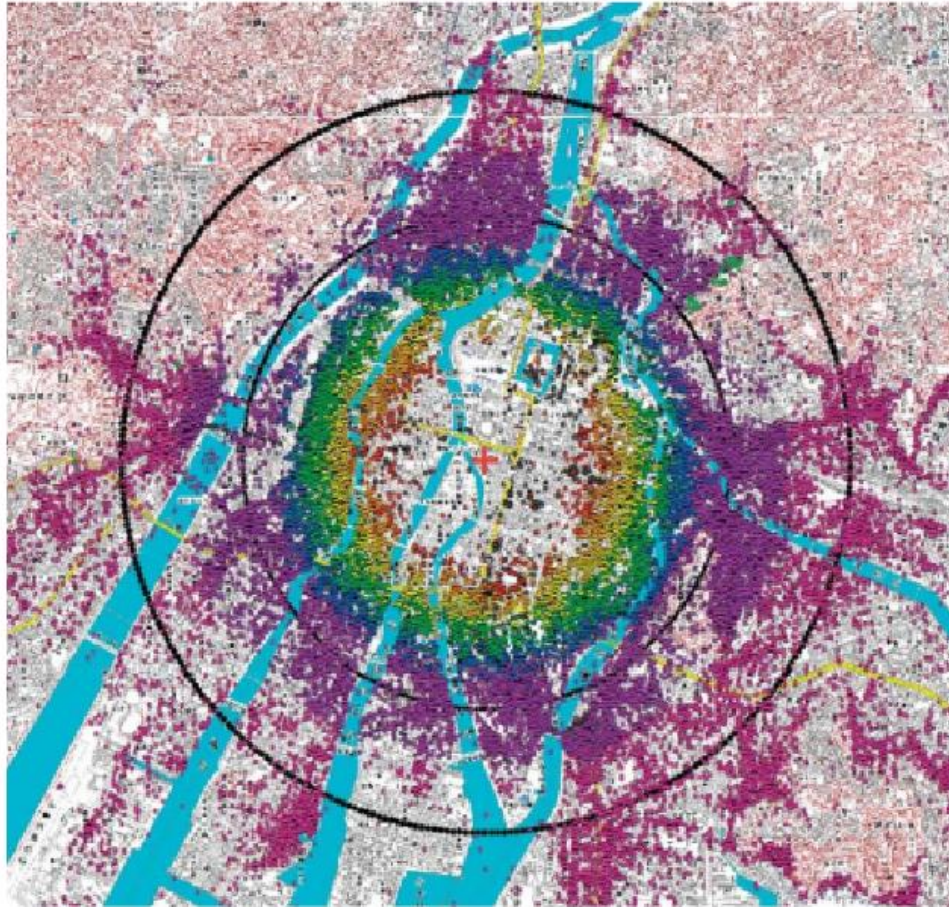


Skutki ostrego napromieniania

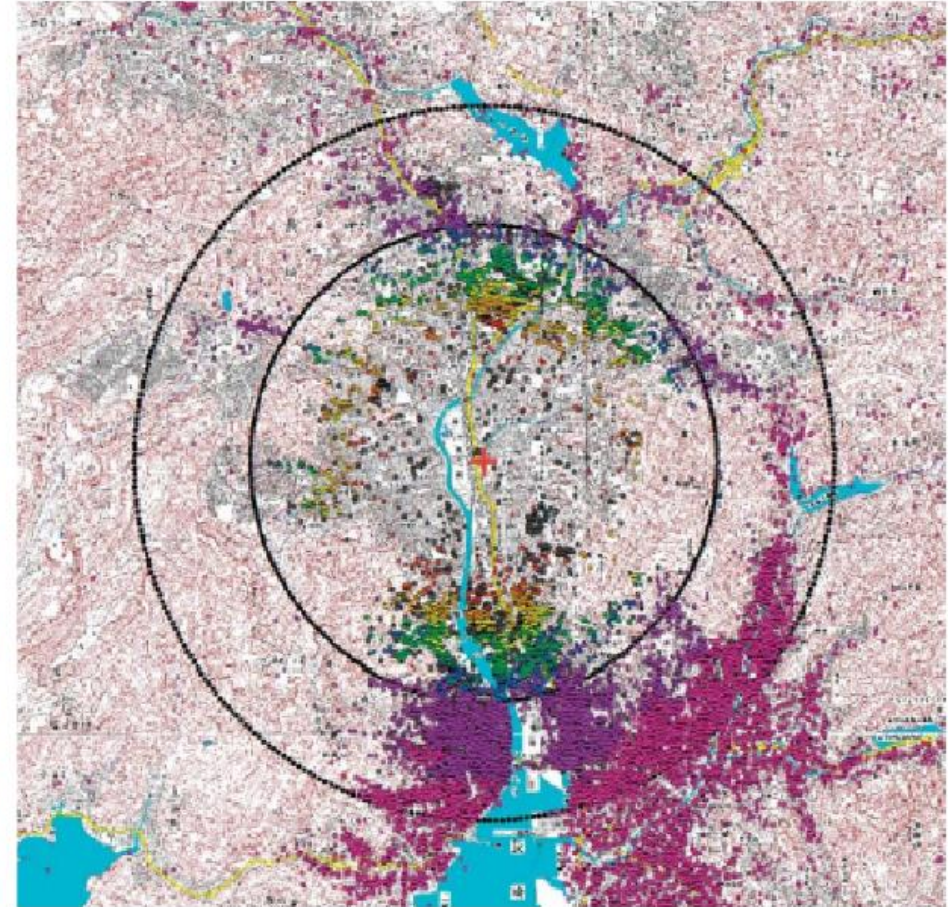
Dawka [Gy]	Skutki
0.25-0.50	Pierwsze oznaki (spadek białych ciałek krwi)
1.00	Wymioty (w ciągu paru godzin od ekspozycji)
3.20 – 3.60	~ 50% umiera w ciągu 60 dni (przy słabym wsparciu medycznym)
4.80 – 5.40	~50 % umiera w ciągu 60 dni (z zawansowanym wsparciem medycznym)
10.00	~ 100% umiera w ciągu 30 dni

Rozkład dawek w Hiroszimie i Nagasaki

Hiroshima



Nagasaki



Spatial distribution of LSS subjects with grouped radiation dose estimates. The points on the maps indicate the locations at exposure to atomic bomb explosion of LSS subjects. Color key starting with bottom layer: pink, <5 mGy weighted colon dose; purple, 5 to 100; blue, 100 to 200; green, 200 to 500; yellow, 500 to 1,000; orange, 1,000 to 2,000; red, $>2,000$; dark gray, unknown dose. Black circles at 2 and 3 km from the hypocenter.⁸

Statystyka populacji Hiroszima-Nagasaki

Dawka [mGy}	% populacji
<5	45
5-99	34.2
100-499	14.3
500-999	3.9
1000 -1,999	1.9
>2,000	0.6

Populacja:

Znana dawka :

86 720

Nieznana dawka: 7 021

Nie byli w mieście: 26 580

Razem:

120 321

Umieralność (nowotwory lite) 47 lat obserwacji(1950-1997)

- 9,335 zgonów
 - Oczekiwana liczba zgonów: ~8,895
 - dlatego ~440 zgonów (5%) przypisano ekspozycji na promieniowanie

(Preston et al, *Radiat Res* 160:381-407, 2003)

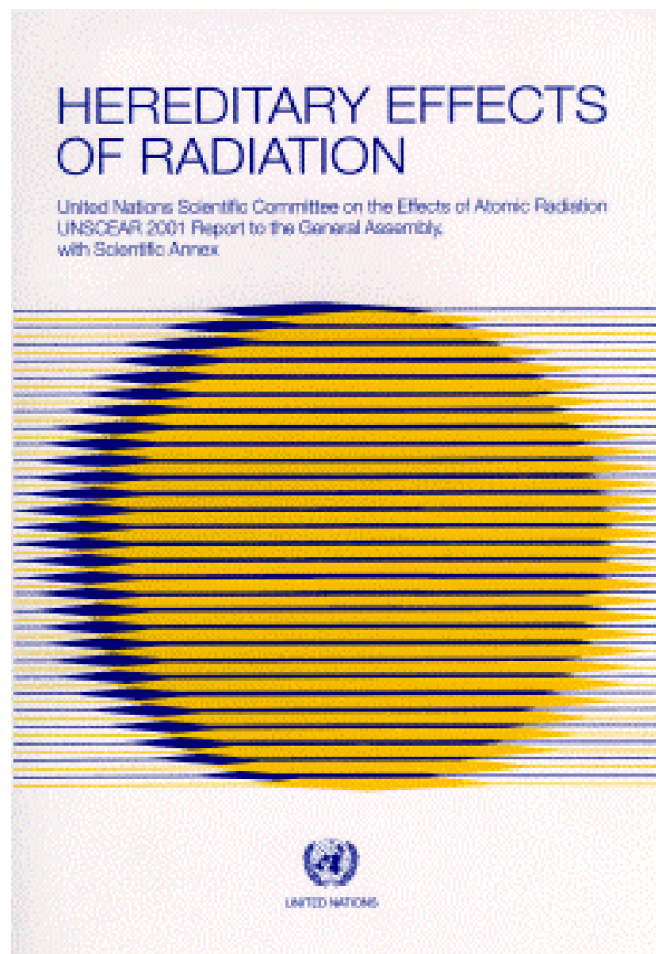
Przybliżenie dla małych dawek ekstrapolacja liniowa

(współczynnik redukcji mocy dawki DDREF=2)

.

~5% na 1000 mSv

Zmiany dziedziczne u dzieci po ekspozycji rodziców



Całkowita ekspozycja rodziców:

0.3 - 0.5% na 1000 mSv

**ponad 10 razy mniejsze prawdopodobieństwo niż
zgonu z powodu raka**

✓ „naturalne” tło zmian genetycznych to 0.4-0.6%

Podsumowanie współczynników ryzyka

~100% dla wczesnych skutków klinicznych >~1000mSv

- ~ 0.05 %/mSv dla ekspozycji prenatalnej
- ~ 0.005 %/mSv dla raka
- ~ 0.0005 %/mSv dla zmian dziedzicznych



Efekty *stochastyczne* obserwowano powyżej 200 mSv

Efekty *deterministyczne* powyżej 1000 mSv

JAK PRZYGOTOWAĆ SIĘ NA WYBUCH JĄDROWY

Znajdź możliwe dogodne miejsca na schronienie w domu, miejscu pracy, szkole i na trasach przejazdowych. Rozważ pod tym względem piwnice w twoim domu i w miejscu twojej pracy, schrony w pobliżu budynków, sklepów i przedsiębiorstw, szczególnie jeśli są usytuowane poniżej poziomu gruntu. Pojazdy, kampery, czy przyczepy kempingowe nie są wystarczającą ochroną.

Przygotuj i zgromadź następujące przedmioty w twoim schronie/ukryciu:

- [Zestaw na przetrwanie](#), zawierający latarkę z zapasowymi bateriami, power-banki i odbiornik radiowy AM zasilany bateryjnie,
- Zestaw pierwszej pomocy z narzędziami medycznymi i lekami na okaleczenia i oparzenia oraz dostatecznym zapasem lekarstw przyjmowanych codziennie.
- Zapas butelkowanej wody do picie (2 litry dziennie na osobą) i wodę dla higieny osobistej i odkażania (2-4 l litry na osobę dziennie). Usilnie zaleca się przygotowanie takich zapasów wody na okres od jednego do dwóch tygodni. Dodatkowy zapas wody należy też przewidzieć dla zwierząt domowych.
- Zapas żywności o długim okresie przechowywania, z uwzględnieniem zapasu żywności dla zwierząt.
- Zapasową bieliznę, odzież i obuwie oraz środki czystości.

Naucz się udzielania pierwszej pomocy dla [urazów mechanicznych](#) i [oparzeń](#).

Naradź się z twoją rodziną i przyjaciółmi, co do działań w przypadku wybuchu jądrowego.

Umieść na ubraniach dzieci naszywki zawierające ich imiona, nazwiska, adresy, czy telefony do kontaktu, tak aby ułatwić ich odnalezienie, jeśli zostaniecie rozdzieleni.

CO ROBIĆ W RAZIE ALARMU

Szukaj najbliższego ukrycia (schronu). Piwnica, podziemny parking, tunel metra lub centralna część nowoczesnego budynku murowanego lub betonowego powinny zapewnić dostateczną ochronę.

Jeśli jesteś na zewnątrz

- Schowaj się do schronu lub ukryj za trwałą osłoną, tak aby nie widzieć na wprost miejsca eksplozji.
- Jeśli jesteś w samochodzie, udaj się do najbliższego schronu. Jeśli w pobliżu nie ma budynku zapewniającego osłonę, zjedź z drogi i schowaj się pod wiaduktem, przepustem lub wałem przeciwpowodziowym.
- Nie próbuj uciekać samochodem. Jest spora szansa powstania zatorów na drogach, a twój samochód nie chroni cię przed skutkami wybuchu jądrowego.

Jeśli jesteś w pomieszczeniu

- Unikaj przebywania w pobliżu drzwi lub okien, ponieważ w wyniku fali uderzeniowej staną się one źródłem zagrożenia.

Zabezpiecz się przed falą uderzeniową. Jeśli zauważyłeś wybuch, natychmiast padnij na ziemię, schowaj się za jakąś solidną osłoną, zasłaniając twarz i głowę, aby uniknąć zranienia od unoszonych przez falę uderzeniową odłamków szkła, czy gruzu.

POZNAJ RODZAJE ZAGROŻENIA

Poznaj rodzaje zagrożeń wynikających z wybuchu jądrowego, przygotuj się na alarm jądrowy i postępuj rozsądnie. Poniżej wymienione są niektóre z tych zagrożeń:

Oślepiąco jasny blask światła, mogący wywołać czasową ślepotę w promieniu 10 km lub dalej, będzie sygnałem, że doszło do eksplozji jądrowej.

Impuls cieplny – Natychmiast po impulsie świetlnym, kula ognista z ekstremalnie gorących gazów powoduje impuls cieplny, który może trwać kilka sekund i w odległościach wielu kilometrów od miejsca wybuchu spowodować oparzenia skóry, porażenia oczu i pożary materiałów palnych, takich jak konstrukcje drewniane, drzewa czy rośliny.

Fala uderzeniowa – Kula ognista potrafi zniszczyć domy w wielu dzielnicach miasta, a fala uderzeniowa całkowicie zburzyć budynki w promieniu wielu kilometrów. Latające odłamki zbitych szyb i gruzu są bardzo groźne nawet w promieniu paru kilometrów od wybuchu.

Promieniowanie natychmiastowe z kuli ognistej - Promieniowanie natychmiastowe z kuli ognistej może spowodować poważne obrażenia lub śmierć osób przebywających na odkrytej przestrzeni w promieniu paru kilometrów od miejsca detonacji.

Promieniowanie z opadu promieniotwórczego – Jeśli wybuch nastąpi przy powierzchni gruntu, materiał promieniotwórczy produkowany przez wybuch jądrowy miesza się z pyłem i gruzem. Kula ognista wynosi ten materiał do atmosfery na wysokość wielu kilometrów, po czym opad ten osiada z powrotem na powierzchni ziemi po okresie około 10 minut lub dłuższym. Opad ten jest radioaktywny i najbardziej niebezpieczny w promieniu dziesiątków kilometrów od miejsca wybuchu oraz w czasie pierwszych paru godzin po wybuchu.

Dodatkowym czynnikiem rażenia jest impuls elektromagnetyczny, który prowadzi do skoków napięcia w sieci energetycznej, sieciach telekomunikacyjnych oraz do różnych uszkodzeń sprzętu elektronicznego. Dostawy elektryczności, wody pitnej i żywności mogą być silnie zakłócone przez wiele tygodni. Dotknięte mogą być również sieci telefonii komórkowej, lokalna telewizja i radio na falach ultrakrótkich (FM). Odległa stacje radiowe na falach długich, średnich i krótkich (AM) będą odbierane normalnie.



Po wybuchu jądrowym najlepiej ukryj się wewnątrz budynku. Zadbaj, aby między tobą i substancjami promieniotwórczymi na zewnątrz znalazło się jak najwięcej barier materialnych.

PIERWSZE 24 GODZINY

Jeśli uważasz, że mogłeś zostać skażony przez opad promieniotwórczy, **powinieneś zdjąć i usunąć poza miejsce schronienia skażone zewnętrzne odzienie i wytrzeć lub umyć narażoną skórę i włosy**. Każde skażone zwierzę należy wyszczotkować w pomieszczeniu oddalonym od miejsca, w którym chronią się ludzie. Jeśli to możliwe, umyj zwierzę. Dodatkowe informacje są dostępne [tutaj](#) i [tutaj](#) (video).

Żywność, napoje i lekarstwa znajdujące się już w sklepach, w ich magazynach lub w twoim schronie można bezpiecznie spożywać.

Dla uzyskania najnowszych instrukcji **śledź informacje w dostępnych mediach**, np. słuchając stacji radiowych AM/FM radioodbiornikiem zasilanym bateryjnie. Pozostań w miejscu schronienia do czasu nadejścia informacji o możliwości jego opuszczenia.

Zagrożenie opadem promieniotwórczym będzie szybko malało. **Pozostań w najlepiej chronionym pomieszczeniu (piwnica lub centrum dużego budynku), przez pierwsze 12-24 godzin, jeśli tylko nie jesteś narażony na natychmiastowe niebezpieczeństwo** (np. pożar, zawalenie się budynku, doznanie poważnych obrażeń ciała) **do czasu otrzymania oficjalnej informacji, że można już bezpiecznie opuścić schronienie.**

Ewakuacja na własną rękę jest usilnie odradzana do czasu określenia terenów szczególnie zagrożonych opadem promieniotwórczym i wyznaczenia bezpiecznych dróg ewakuacji.

Dodatkowe informacje, jak przygotować się, jak przeżyć i co należy czynić po eksplozji jądrowej można znaleźć pod tym [linkiem](#) oraz poniżej w 5 minutowym filmie z napisami w różnych językach.

Podsumowanie

Ukrycie się przed wybuchem jądrowym jest podstawowym warunkiem przeżycia.

Gdy wybuch jądrowy już nastąpi ciągle ukrycie się w ciągu kilku sekund może uratować życie.

W początkowym okresie po wybuchu należy pozostać w ukryciu przynajmniej 24 h, aby zredukować dawkę pochłoniętą od promieniowania gamma.

Ryzyko zgonu w wyniku dla ekspozycji na promieniowania podczas wybuchu jest znacznie mniejsze niż inne czynniki ryzyka, natomiast opad promieniotwórczy w pierwszych 24 h może być śmiertelny.