

Eksplozje Nuklearne

Autor: Radosław Król

Nr albumu: 73125

1 SPIS TREŚCI

2	Opis projektu	3
3	Opis Danych Wejściowych.....	3
4	Użyte Narzędzia	5
5	Transformacja Danych.....	5
6	Analiza Danych	6
7	Podsumowanie	12
8	Spis Wykresów.....	12

2 OPIS PROJEKTU

Dane wykorzystane w projekcie stanowią listę wszystkich eksplozji nuklearnych wywołanych przez człowieka w latach 1945 – 1998. Oryginalne dane zostały zebrane i wydane przez Sztokholmski Międzynarodowy Instytut Badań nad Pokojem (SIPRI) w raporcie pod tytułem „Nuclear Explosions 1945- 1998”, którego autorami są Nils-Olov Bergkvist oraz Ragnhild Ferm. Raport miał na celu przedstawienie informacji o wszystkich testach nuklearnych mających miejsce w określonych latach.

Celem obecnego projektu jest wizualizacja i prezentacja danych wejściowych opisujących eksplozje nuklearne. Przy pomocy technik wizualizacji zaprezentowane będą wnioski płynące z danych, co umożliwi czytelnikowi raportu głębsze zrozumienie tematu oraz wychwycenie zjawisk i trendów zachodzących na przestrzeni lat.

3 OPIS DANYCH WEJŚCIOWYCH

Dane wejściowe składają się z 16 zmiennych. Aby lepiej zrozumieć przeprowadzoną analizę, najpierw należy dokładnie zapoznać się z interpretacją zmiennych oraz z jakich podgrup składają się zmienne kategoryczne.

Zmienna	Opis
Date_long	Data w formacie ymd
year	Rok eksplozji
Id_no	Unikalny klucz każdej eksplozji
country	Kraj, który jest odpowiedzialny za eksplozję nuklearną
region	Region w którym została przeprowadzona eksplozja. Składa się z następujących kategorii: AK – Alaska ALG – Algieria ARK – Archangielsk AUSTR – Australia CO – Colorado FALLON – Fallon, Nevada IS – wyspa KAZAKH – Kazachstan KRASNO – Krasnoyarsk MANGY – Mangyshlak MARALI – Maralinga MONTEB – Montebello MS – Mississippi MTR – “Missile Testing Range” (koło Kasputin Jar) MURM – Murmańsk

	NELLIS – Nellis, Nevada NM – Nowy Meksyk NTS – “Nevada Test Side” NV – Nevada NZ – Nowa Ziemia RUSS – Rosja SEMI – Semipalatinsk, Kazachstan STAVRO – Stavropol, Rosja TURKMEN – Turkmenistan UZBEK – Uzbekistan V- Dolina
source	Rzetelne źródło informacji, które podało dane dotyczące eksplozji nuklearnej.
latitude	Szerokość geograficzna eksplozji. Ujemne wartości wskazują szerokość geograficzną południową. Współrzędne geograficzne często podane są w przybliżeniu.
longitude	Długość geograficzna eksplozji. Ujemne wartości wskazują długość geograficzną zachodnią. Współrzędne geograficzne często podane są w przybliżeniu.
magnitude_body	Wielkość fali wybuchu [skala mb]
magnitude_surface	Wielkość fali powierzchniowej wybuchu [skala Ms]
depth	Głębokość detonacji ładunku [kilometry]. Dodatnie wartości świadczą o detonacji ładunku pod ziemią, ujemne świadczą o detonacji na powierzchni,
yield_lower	Dolna szacunkowa siła wybuchu [kilotony TNT]. Dla większości wybuchów jest to szacunkowa wartość. W przypadku znanej dokładnej wartości, zmienne yield_lower i yield_upper mają tę samą wartość.
yield_upper	Górna szacunkowa siła wybuchu [kilotony TNT]. Dla większości wybuchów jest to szacunkowa wartość. W przypadku znanej dokładnej wartości, zmienne yield_lower i yield_upper mają tę samą wartość.
purpose	Cel detonacji. Składa się z danych podgrup: COMBAT – eksplozje podczas II WŚ FMS – sowieckie testy, aby zbadać zjawisko eksplozji nuklearnych ME – testy wojskowe PNE – pokojowe testy nuklearne, testujące technologie SAM – sowieckie testy do badań sytuacji awaryjnych SSE – francuskie i amerykańskie testy bezpieczeństwa ładunków nuklearnych TRANSP – eksplozje dla celów transportowych WE – brytyjskie, francuskie i amerykańskie testy oceniające skutki wybuchu jądrowego WR – związane z programem rozwoju broni
name	Nazwa wydarzenia lub bomby
type	Metoda odpalenia pocisku nuklearnego, gdy nie podano dokładnej metody, przypisano jedną z 2 kategorii (ATMOSPH lub UG): ATMOSPH - atmosferyczne UG - podziemne BALLOON – zrzut z balonu AIRDROP – zrzucony z samolotu ROCKET – wyrzuty rakietą TOWER – umieszczony na szczycie zbudowanej wieży WATERSURFACE – na powierzchni zbiornika wodnego BARGE – na łodzi

	SURFACE – na powierzchni lub w płytkim kraterze UW – pod wodą SHAFT – w pionowym szybie podziemnym TUNNEL/GALLERY – w poziomym tunelu
--	--

4 UŻYTE NARZĘDZIA

Do transformacji i wizualizacji danych użyto pakietu statystycznego R oraz programu R Studio. W trakcie prac wykorzystano następujące dodatkowe pakiety:

base – bazowy zestaw poleceń wbudowany w R

dplyr – pakiet służący do obróbki danych autorstwa Hadleya Wickhama

ggplot2 – pakiet do wizualizacji graficznej danych autorstwa Hadleya Wickhama

lubridate – pakiet do zarządzania danymi o typie 'date' autorstwa Vitalie Spinu

readr – pakiet służący do wczytywania danych o rozszerzeniu .csv i .tsv autorstwa Hadleya Wickhama

tidyr – pakiet służący do uporządkowywania danych autorstwa Hadleya Wickhama

forcats – pakiet służący do zarządzania danymi o typie 'factor' autorstwa Roba Hyndmana

5 TRANSFORMACJA DANYCH

Aby prawidłowo przedstawić dane oraz pokazać ukryte zależności wprowadzono następujące zmiany

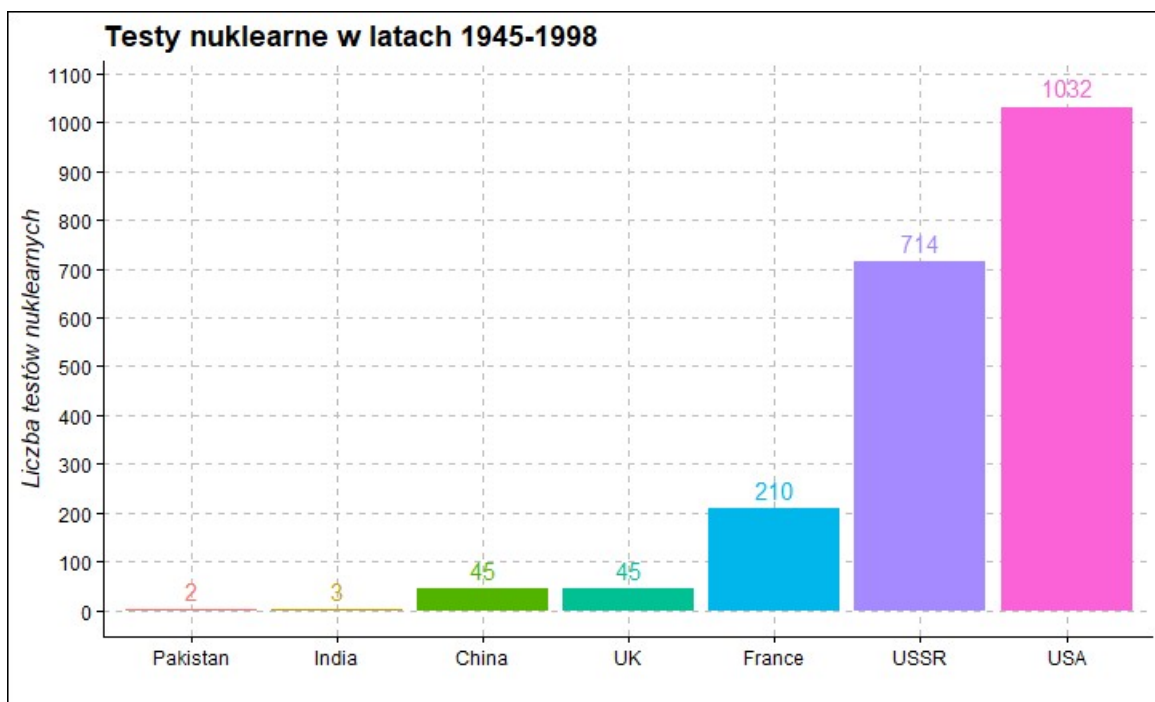
- Zmieniono typ danych kategorycznych na dane typu 'factor' co umożliwia poprawne grupowanie i przedstawianie zmiennych na wykresach
- Wprowadzono zmienną month określającą numer miesiąca dla eksplozji. Wartości dla zmiennej zostały pobrane ze zmiennej date_long
- Wprowadzono zmienną decade określającą dekadę w której miała miejsce eksplozja. Wartości dla zmiennych uzyskano ze zmiennej date_long poprzez transformatę:

$$10 * \text{fun}(\text{year}, 10),$$
 gdzie fun oznacza funkcje określającą część całkowitą z dzielenia.
- Wprowadzono zmienną president, określającą nazwę prezydenta USA, który urzędował podczas zanotowanego wybuchu nuklearnego. Dane dla zmiennej pobrano ze strony https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_presidents_of_the_United_States
- Stworzono dodatkową tabelę na potrzeby analizy danych, zawierającą informacje o starcie i końcu kryzysu atomowego pomiędzy USA i ZSRR, który zakończył się tzw. „Kryzysem Kubańskim”

- Stworzono dodatkową tabelę na potrzeby analizy danych, która zawiera zagregowane dane dotyczące głębokości i typu eksplozji. Dodatkowo stworzono zmienną `depth_type` która opisuje czy eksplozja miała miejsce na powierzchni czy pod ziemią. Ze względu na słabą jakość danych spowodowaną przypisaniem wartości 0 do głębokości wielu eksplozji, zadbane aby nowa zmienna `depth_type` była spójna z wartościami w kolumnie opisującej typy eksplozji (tj. typy eksplozji podziemne będą miały ujemne wartości `depth_type`, a eksplozje naziemne dodatnie wartości).

6 ANALIZA DANYCH

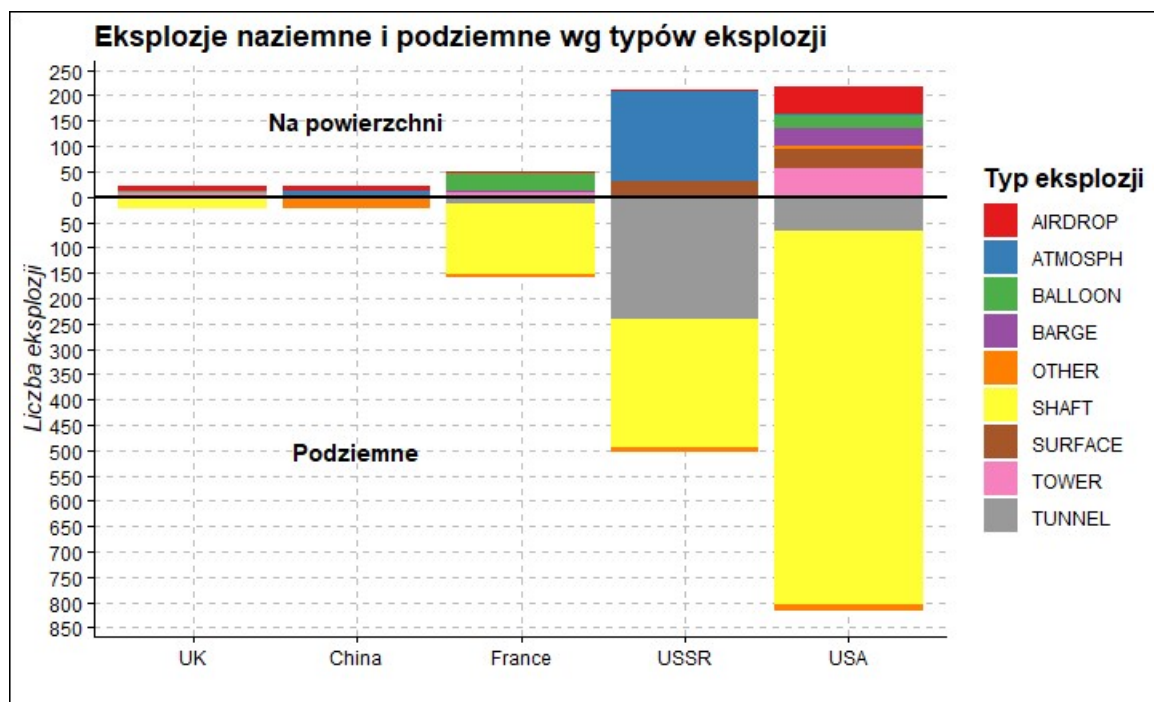
Na samym początku przyjrzymy się głównym informacjom płynącym z danych. Na wykresie 1 znajdują się wszystkie eksplozje nuklearne w rozbiciu na kraje, które te eksplozje przeprowadzały. Ze względu na przedział czasowy 1945-1998, dane dla USSR obejmują zarówno eksplozje nuklearne Związku Radzieckiego oraz Rosji (Związek Radziecki rozpadł się w 1991 roku). Dla uproszczenia w dalszej części raportu, używana będzie nazwa „Związek Radziecki” jako zastępstwo dla nazwy „Rosja”.



Rysunek 1 Testy nuklearne w latach 1945-1998 w podziale na kraje. Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych SIPRI

W ciągu analizowanego okresu 2 krajami odpowiedzialnymi za ponad 85% wszystkich eksplozji były Związek Radziecki (USSR) oraz Stany Zjednoczone (USA), gdzie drugi z tych krajów przeprowadził najwięcej, bo aż 1032 eksplozji nuklearnych. 3 w kolejności krajem jest Francja z 210 eksplozjami. Na miejscach 4 i 5 znajdują się Chiny i Wielka Brytania (UK), które wywołały taką samą ilość eksplozji. Pozostałe kraje - Pakistan i Indie odpowiadają łącznie za tylko 5 eksplozji.

Na wykresie nr 2 możemy zaobserwować jak rozkładają się typy eksplozji w podziale na 5 krajów, które wywołały najwięcej eksplozji. Wyodrębniono na wykresie 8 głównych kategorii eksplozji oraz dziewiątą o nazwie 'OTHER', która zawiera informacje o wszystkich pozostałych eksplozjach nie znajdujących się w 8 głównych kategoriach (dane zagregowano ze względu na bardzo małe liczności tych kategorii).



Rysunek 2 Eksplozje naziemne i podziemne według typów eksplozji, w podziale na 5 krajów o największej ilości eksplozji.
Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych SIPRI

W liczbie eksplozji przodowały zdecydowanie eksplozje podziemne. Ciekawym przypadkiem jest Francja, która upodobała sobie głównie eksplozje podziemne, które stanowią większą część wszystkich jej eksplozji. Może być to spowodowane brakiem terytorium do przeprowadzania naziemnych testów, w odróżnieniu do ZSRR i USA, które charakteryzują się ogromnymi niezamieszkałymi strefami, które nadają się do wspomnianych testów.

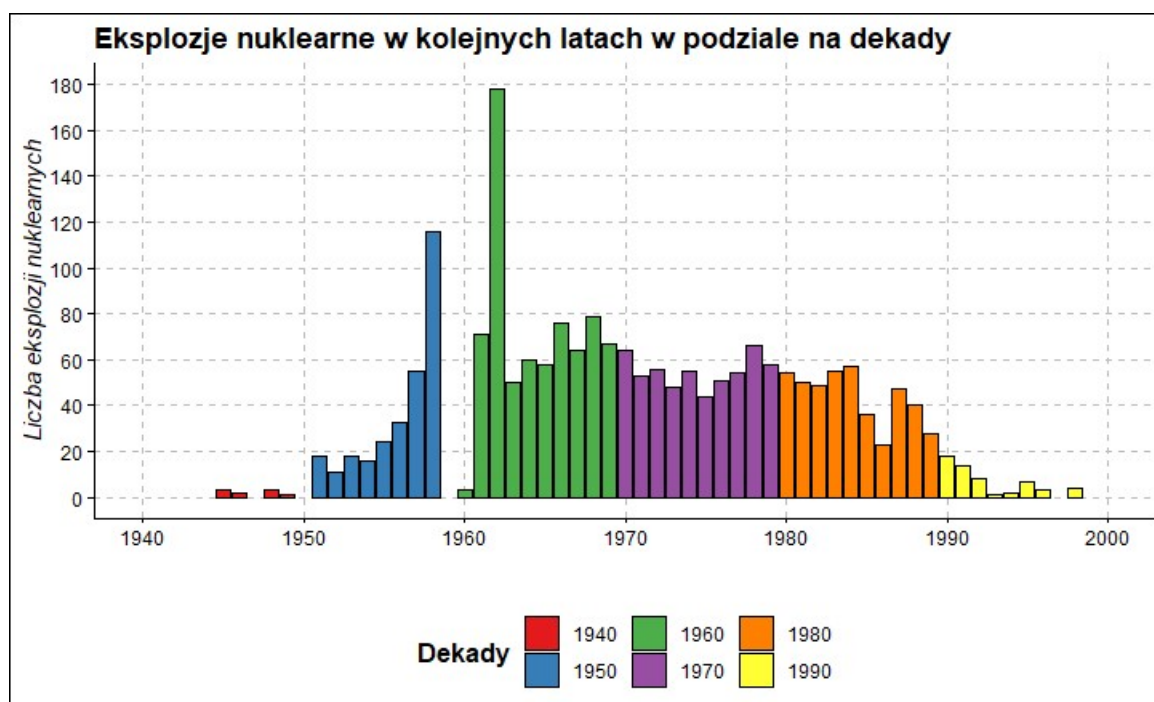
Jeśli chodzi o eksplozje podziemne, najczęstszym typem były eksplozje o typie SHAFT, czyli wywołane w pionowym szybie podziemnym. Jest to główny rodzaj eksplozji podziemnych, a pozostałe nie mają dużego znaczenia. Wyjątkiem jest jedynie ZSRR, którego większość eksplozji podziemnych stanowią eksplozje o typie TUNNEL, tj. w pionowym szybie.

W przypadku eksplozji naziemnych, gdy brakowało informacji dotyczących rodzaju eksplozji, przypisywana była ona do kategorii ATMOSPH. Widoczne jest to głównie w przypadku ZSRR, który dobrze ukrywał swoje programy nuklearne i nie dopuszczał, żeby informacje o nich przedostawały się do informacji publicznej. Z tego powodu większość eksplozji jest przypisana do najogólniejszej kategorii ATMOSPH. W przypadku USA widzimy bardzo zróżnicowane eksplozje pod względem typów. Nie da się wyłonić głównej używanej technologii, a największą eksplozji nuklearnych przypisuje się do kategorii AIRDROP i TOWER czyli odpowiednio do ładunków zdetonowanych po zrzuconiu z samolotu i umieszczonego na skonstruowanej wieży. W przypadku Francji notujemy interesujący fakt, że niemal

wszystkie naziemne ładunki zostały zdetonowane przy pomocy zrzućenia ich z balonu, co nie jest popularnym podejściem stosowanym przez resztę krajów.

Wykres ten dobrze ukazuje różnice pomiędzy podejściami, do testów nuklearnych, dwóch gigantów – ZSRR i USA, które bardzo różnią się w typie eksplozji zarówno naziemnych i podziemnych.

Wykres nr 3 ukazuje ilość wywołanych eksplozji na przestrzeni lat. Aby ułatwić odbiór informacji czytelnikowi, zastosowano kolorystyczny podział na dekady.

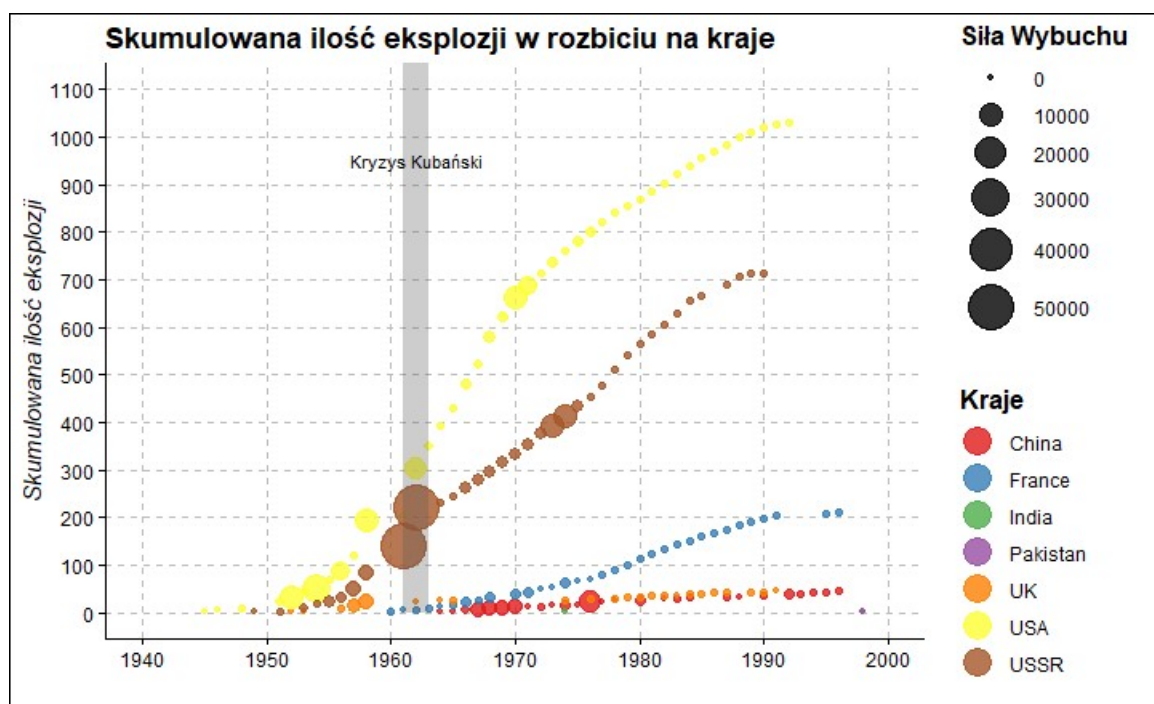


Rysunek 3 Eksplozje nuklearne w na przestrzeni lat w podziale na dekady. Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych SIPRI

Pierwsze eksplozje nuklearne miały miejsce w połowie lat 40, podczas projektu Manhattan, który skutkowało skonstruowaniem bomb, które USA w 1945 roku rzuciła na Hiroszimę i Nagasaki. W latach 50 możemy zaobserwować rosnący trend nuklearny, który jest przedstawiony przez wykładniczy wzrost eksplozji nuklearnych. Potem mamy zaskakujący całkowity zanik eksplozji w 1959 oraz tylko 3 eksplozje w 1960. Wytlumaczeniem tego jest fakt, że w 1959 ZSRR, USA oraz UK podpisały pakt o wstrzymaniu testów nuklearnych. Pakt ten trwał do 1961 roku. Nacją, która nie podpisała tego paktu była Francja, która w tym okresie była na skraju uzyskania zdolności do produkcji ładunków nuklearnych i w 1960 roku zaczęła swoje testy (wspomniane 3 testy z 1960 roku są dziełem Francji). W latach 1961 -1963 pomiędzy ZRRS, a USA trwał kryzys atomowy, którego epicentrum był tzw. „kryzys Kubański”. Był to okres nasilonych testów nuklearnych pomiędzy tymi państwami co możemy zauważyć na wykresie. Przez następne 2 dekady poziom eksplozji utrzymywał się na stałym poziomie, i zaczął powoli maleć w latach 80, ze względu na problemy ekonomiczne ZSRRR. W ostatniej dekadzie

XX wieku, liczba przeprowadzanych testów nuklearnych drastycznie spadła, ze względu na upadek ZSRR i koniec tzw. „zimnej wojny”.

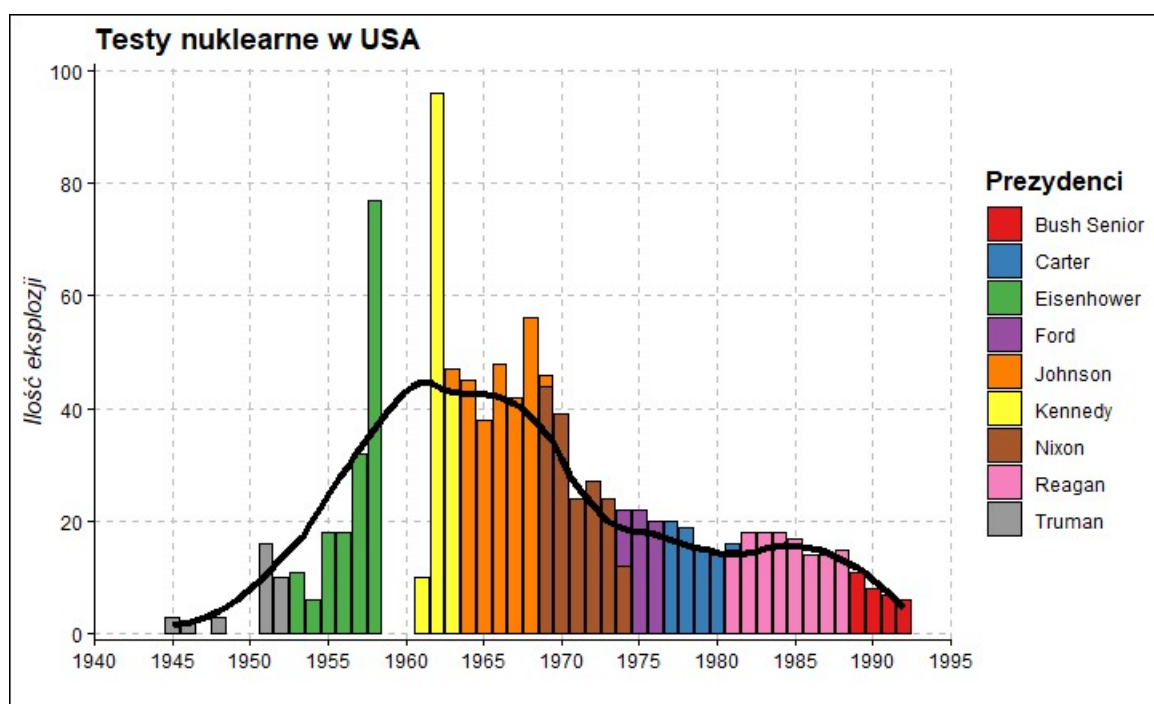
Szczegóły dotyczące ilości eksplozji nuklearnych w czasie, są zawarte na wykresie nr 4. Na wykresie zaznaczono szarym kolorem etap wspomnianego kryzysu atomowego pomiędzy ZSRR, a USA i podpisano go przełomowym wydarzeniem w tamtym okresie, jakim był „kryzys Kubański”. Na wykresie zaznaczono też siłę największej eksplozji nuklearnej w danym roku kalendarzowym w kilotonach TNT.



Rysunek 4 Skumulowana ilość eksplozji w podziale na kraje z uwzględnieniem eksplozji o największej sile wybuchu w danych roku kalendarzowym. Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych SIPRI

Na wykresie możemy zaobserwować wyścig atomowych zbrojeń pomiędzy USA i ZSRR. Początkowo Wielka Brytania też brała w nim udział, lecz z początkiem lat 60 ilość testów przez nią przeprowadzanych drastycznie spadła i została w połowie lat 60 wyprzedzona pod względem wywołanych ilości eksplozji nuklearnych, przez Francję, której najprężniejszy rozwój technologii atomowej przypadł na lata 80, oraz w latach 90 przez Chiny. Lata 1961-1963 oznaczają się najgwałtowniejszym przyrostem eksplozji nuklearnych. W tym okresie zdetonowano też dwie najpotężniejsze bomby jakie zostały skonstruowane w ludzkiej historii: Tsar Bombe o mocy około 50 megaton, oraz drugą nienazwaną bombę o mocy wahającej się pomiędzy 10, a 50 megaton. Obie z nich były zdetonowane przez Związek Radziecki.

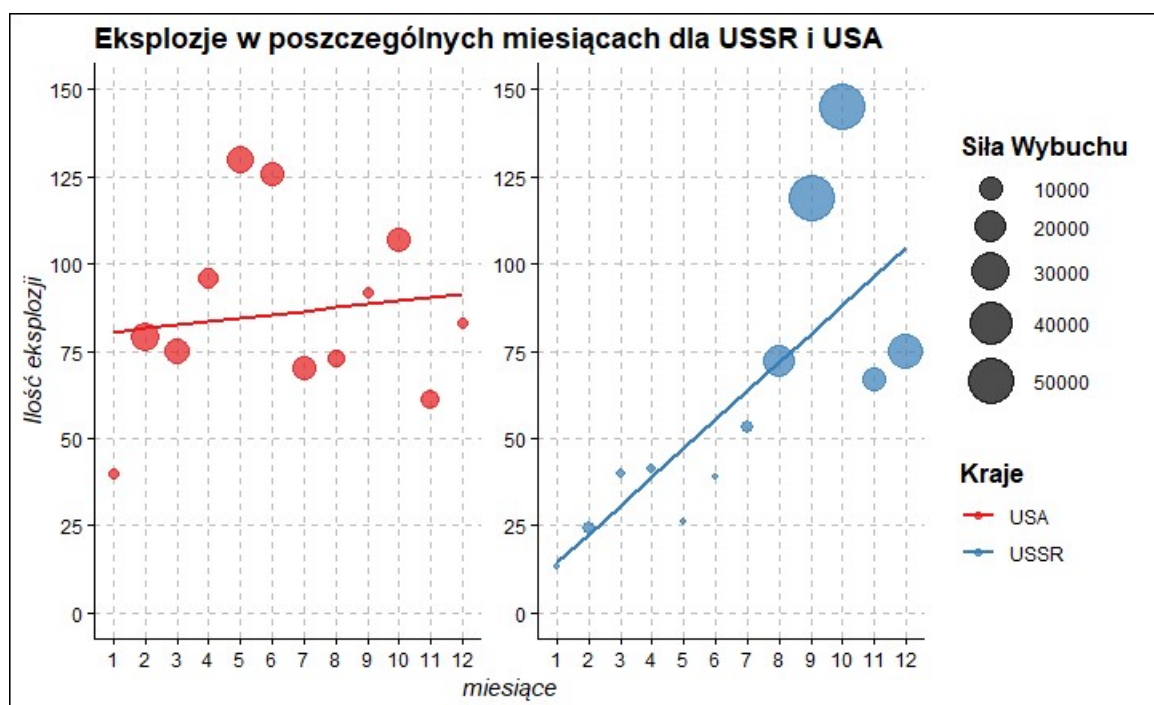
Wykres nr 5 jest uzupełnieniem wykresów 3 i 4, pokazującym ilość eksplozji nuklearnych wywołanych przez USA, przypadających na kadencje każdego prezydenta. Zdecydowano się ukazanie takich informacji, ze względu na to, że prezydenci USA, uchodzili za najważniejsze osoby na świecie, które determinowały wielokrotnie politykę atomową państwa z najbogatszą historią nuklearną.



Rysunek 5 Testy i eksplozje nuklearne przeprowadzone przez USA w podziale na kadencje urzędujących prezydentów. Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych SIPRI

Szczyt programu nuklearnego USA przypadł na kadencje Eisenhowera oraz Kennedy'ego. To właśnie za ich kadencji miały miejsce lata z największą ilością eksplozji nuklearnych. Prezydentem za którego wywołano najwięcej eksplozji był jednak Johnson. Związane jest to z tym, że jego prezydentura była długa oraz przypadła na najgorętszy okres zimnej wojny. Od początku lat 70 można zaobserwować malejący trend pod względem ilości eksplozji. Jedynym wyjątkiem jest prezydentura Ronalda Reagana, za którego zanotowano okresowy wzrost eksplozji, które przez całą jego prezydenturę utrzymywały się na prawie niezmiennym poziomie (średnio ~18 rocznie). Po odejściu Reagana i zastąpieniu go przez Busha Seniora malejący trend eksplozji powraca. Pozwala to sądzić, że prezydentura Reagana miała duży wpływ na politykę atomową USA i jest jednym z czynników, które kształtowały poziom eksplozji.

Ostatni wykres – nr 6, analizuje ciekawe zjawisko jakim jest rozłożenie eksplozji nuklearnych w poszczególnych miesiącach. Analizowane są tylko 2 kraje, jako główne siły atomowe, które prowadziły swoje testy nuklearne na przestrzeni wielu lat. Wielkość znaczników wskazuje na moc najsilniejszej eksplozji w danym miesiącu w kilotonach TNT.



Rysunek 6 Eksplozje nuklearne w poszczególnych miesiącach przeprowadzone przez USA i ZSRR, uwzględniające maksymalną siłę wybuchu w danym miesiącu. Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych SIPRI

W przypadku USA, nie widać wyraźnej korelacji pomiędzy miesiącami, a ilością eksplozji. Jedynym wyraźnym zjawiskiem jest nagromadzenie eksplozji w miesiącach maj i czerwiec, które wyraźnie dominują nad resztą. Jeśli spojrzymy na wykres prezentujący dane zebrane dla ZSRR to możemy zaobserwować ciekawy trend. Większość eksplozji nuklearnych miała miejsce w drugiej połowie roku, głównie w czasie jesieni. Aż 47% wszystkich eksplozji miało miejsce w okresie 3 miesięcy – od sierpnia do października. W tym czasie detonowano też ładunki nuklearne o największej sile rażenia. Porównując do tego pierwszą połowę roku, tj. miesiące styczeń – czerwiec, to ilość eksplozji jest średnio 3-4 razy mniejsza od drugiej części roku, oraz nie zdetonowano w żadnym z tych miesięcy żadnego ładunku o mocy większej niż 10 kiloton. Interesującym faktem jest, że miesiące w których USA wywoływało najwięcej eksplozji nuklearnych (maj i czerwiec) to zarazem miesiące najniższej aktywności Związku Radzieckiego

7 PODSUMOWANIE

Na zaprezentowanych wykresach przedstawiono najważniejsze cechy charakterystyczne analizowanego zbioru danych. Podsumowując, najważniejszym wnioskiem jest malejąca ilość eksplozji nuklearnych w czasie, które miały swój kulminacyjny punkt na początku lat 60. Cieszy fakt, że kraje na arenie międzynarodowej potrafiły dojść do porozumienia i ograniczyć ilość przeprowadzanych testów nuklearnych. Testy które nadal są przeprowadzane, nie cechują się już taką mocą ładunków, jaką miały bomby wodorowe w przeszłości. Na podstawie danych można postawić prognozę, że znaczenie takich krajów jak Rosja i USA będzie z biegiem czasu maleć, a pałeczkę przejmą od nich takie kraje jak Chiny czy Pakistan i to one będą wyznaczać przyszłą ścieżkę rozwoju programów atomowych co przełoży się na ilość wywoływanych eksplozji nuklearnych.

8 SPIS WYKRESÓW

Rysunek 1 Testy nuklearne w latach 1945-1998 w podziale na kraje. Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych SIPRI	6
Rysunek 2 Eksplozje naziemne i podziemne według typów eksplozji, w podziale na 5 krajów o największej ilości eksplozji. Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych SIPRI	7
Rysunek 3 Eksplozje nuklearne w na przestrzeni lat w podziale na dekady. Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych SIPRI	8
Rysunek 4 Skumulowana ilość eksplozji w podziale na kraje z uwzględnieniem eksplozji o największej sile wybuchu w danych roku kalendarzowym. Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych SIPRI	9
Rysunek 5 Testy i eksplozje nuklearne przeprowadzone przez USA w podziale na kadencje urzędujących prezydentów. Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych SIPRI	10
Rysunek 6 Eksplozje nuklearne w poszczególnych miesiącach przeprowadzone przez USA i ZSRR, uwzględniające maksymalną siłę wybuchu w danym miesiącu. Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych SIPRI	11