



# SEJSMICZNE BADANIA STRUKTURY ZIEMI

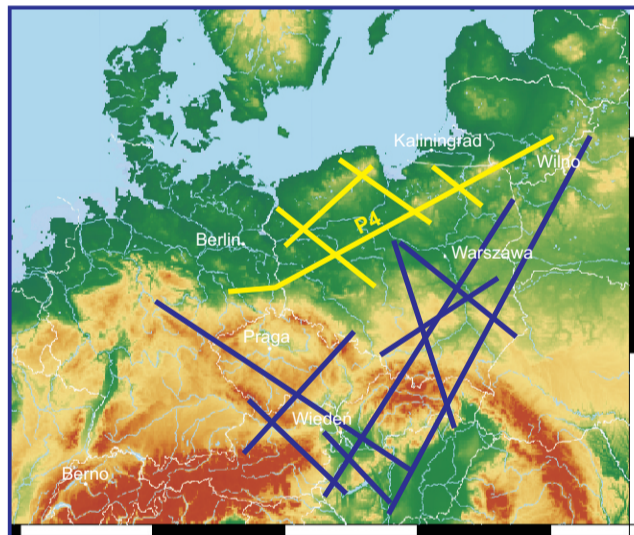
Podstawowym źródłem informacji o wnętrzu Ziemi są fale sejsmiczne wywołane trzęsieniami ziemi. Fale te rozchodzą się ze źródła wstrząsu we wszystkich kierunkach przenikając przez wnętrze ziemi a kiedy dotrą do powierzchni wywołują drgania gruntu. Drgania te rejestrowane są przez sejsmometry a ich zapis nazywamy sejsmogramem. Na podstawie sejsmogramów możemy próbować odtwarzać rozkład prędkości fali sejsmicznej w ośrodkach przez które fala przechodzi. To z kolei pozwala wydedukować jakie rodzaje skał tworzą wnętrze Ziemi. W oparciu o te dane tworzy się modele Ziemi. W celu dokładnego zbadania budowy Ziemi przeprowadza się eksperymenty sejsmiczne. Mamy dwa typy eksperymentów sejsmicznych: aktywne i pasywne.

## EKSPERYMENTY AKTYWNE

Eksperymenty aktywne to takie, w których źródło fali sejsmicznej jest generowane sztucznie przez człowieka np. przez odpalenie materiałów wybuchowych, "strzelanie" sprężonym powietrzem. Ze względu na ograniczoną siłę sztucznych źródeł fale te docierają do wnętrza Ziemi do głębokości około 150 km i dlatego eksperymenty aktywne przeprowadza się w badaniach, których celem jest możliwie najdokładniejsze odtworzenie budowy litosfery i górnego płaszczka. Zaletą takich eksperymentów jest możliwość wyboru lokalizacji źródła oraz znajomość dokładnego czasu wystąpienia wstrząsu. Głębokie badania geofizyczne prowadzone w różnych częściach naszego globu wykazały, że ewolucja skorupy ziemskiej pozostaje w ścisłym związku z budową i ewolucją jego starszego podłoża. W celu rozpoznania geologicznego i geofizycznego obszaru Polski zaprojektowano i zrealizowano dotąd dwa wielkie programy badań głębokich struktur litosfery znane jako projekty POLONAISE '97 i CELEBRATION 2000. Badania sejsmiczne w projekcie POLONAISE '97 zrealizowano na obszarze północnej, centralnej i zachodniej Polski. Eksperyment sejsmiczny CELEBRATION 2000 został przeprowadzony na obszarze południowej i wschodniej Polski, Słowacji, Czech, Węgier, Austrii, Niemiec, Białorusi i Rosji. Pracami pomiarowymi objęte zostały wszystkie najważniejsze jednostki tektoniczne i struktury geologiczne Europy Centralnej. Rekordowa ilość zgromadzonej aparatury oraz duża ilość punktów wzbudzenia fali sejsmicznej spowodowały, że obydwa projekty zaliczono do największych eksperymentów sejsmicznych jakie dotąd zostały przeprowadzone na świecie. Prace polowe to pierwszy etap takich eksperymentów, po którym przychodzi czas na bardzo żmudną pracę jaką jest stworzenie baz danych a następnie interpretacja zebranego materiału. Analiza zapisów zarejestrowanych fal sejsmicznych pozwoliła na określenie struktury i własności fizycznych badanego obszaru do głębokości ponad 100 km a następnie stworzenie trójwymiarowego modelu struktury litosfery i górnego płaszczka który może posłużyć do dalszych badań geofizycznych i geologicznych np. w poszukiwaniach surowców naturalnych.

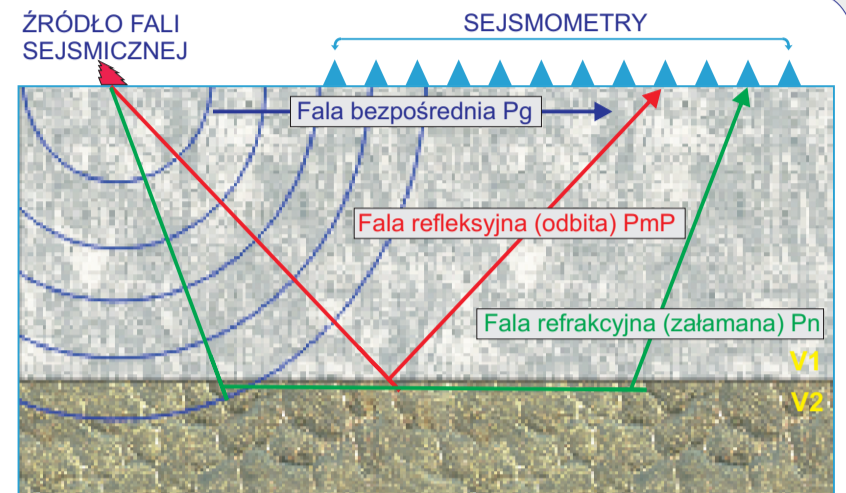


W strukturze geologicznej Europy obszar Polski ma kluczowe znaczenie dla zrozumienia budowy i ewolucji tektonicznej całego kontynentu. Na terenie Polski znajdują się trzy główne jednostki tektoniczne budujące kontynent europejski: platforma wschodnioeuropejska (prekambrzyjska), platforma zachodnioeuropejska (paleozoiczna) oraz pas młodych gór - Karpaty. Platformę wschodnioeuropejską od platformy zachodnioeuropejskiej oddziela strefa Tornquista - Teisseyre'a, która jest częścią szwu transeuropejskiego (TESZ) biegnącego od Morza Północnego po Morze Czarne.

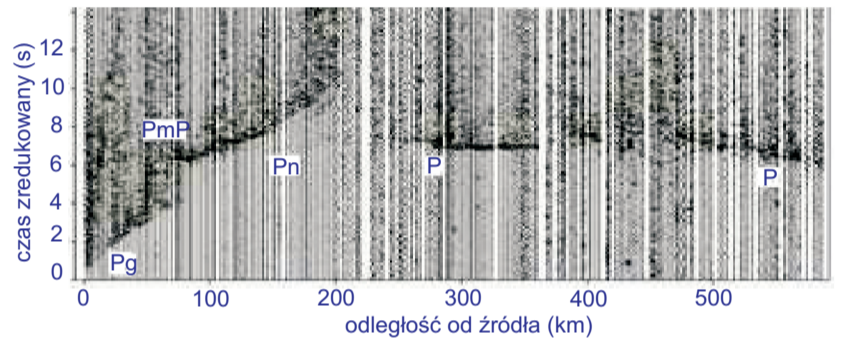


Sejsmiczny eksperyment wykonano wzdłuż 5 profili o łącznej długości około 2000 km. Najdłuższy profil (P4) miał 800 km. Ogółem na wszystkich profilach zlokalizowane 63 punkty strzałowe

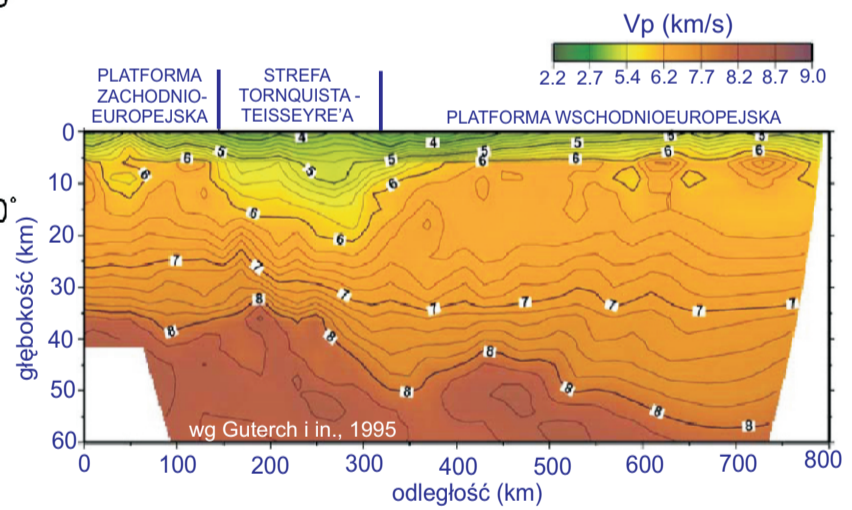
Całkowita długość profili ok. 8900 km. Do zarejestrowania 147 strzałów użyto 1230 automatycznych stacji sejsmicznych. W pracach wzięło udział 11 krajów europejskich oraz USA i Kanada



Przy powierzchni Ziemi umieszcza się źródło fal sejsmicznych, a na powierzchni wzdłuż pewnej linii - profilu - rozstawia się sejsmometry. Gdy odpalimy źródło, które generuje fale sejsmiczne, fale te po pewnym czasie docierają do powierzchni i wywołują drgania gruntu, które są rejestrowane przez sejsmometry.



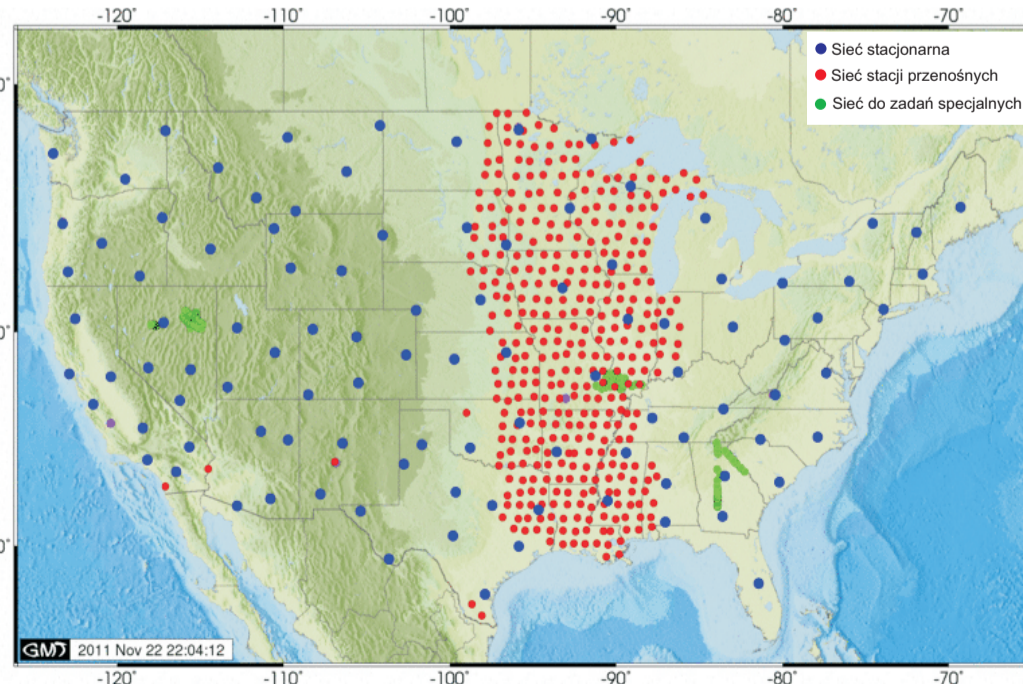
Rysunek przedstawia czasy pierwszych wstępień fal sejsmicznych rejestrowanych wzdłuż profilu P4 zestawione w zależności od odległości danego punktu rejestracyjnego od źródła fali. Na podstawie czasów pierwszych wychyleń opracowany został przedstawiony poniżej dwuwymiarowy model skorupy.



Model struktury skorupy wzdłuż profilu P4 pokazuje, że prędkości fal podłużnych (P) zmieniają się drastycznie co wskazuje na zróżnicowaną budowę geologiczną. Grubość skorupy zmienia się od 30 km na platformie zachodnioeuropejskiej do 45 km na platformie wschodnioeuropejskiej. W strefie Tornquista-Teisseyre'a obserwujemy bardzo niskie prędkości fal P (mniejsze niż 6 km/s) aż do głębokości 20 km, co sugeruje, że zalegają tam skały osadowe, metamorficzne lub pochodzenia wulkanicznego a nie skały krystaliczne, w których prędkości fal P są większe niż 6.0 km/s i zwykle są spodziewane na tych głębokościach.

## EKSPERYMENTY PASYWNE

W eksperymentach pasywnych źródłem fal sejsmicznych są naturalne trzęsienia ziemi. Zaletą tego rodzaju eksperymentów jest ich niski koszt, gdyż źródła fal mamy za darmo, a ponadto w przypadku silnych wstrząsów powstają fale, które przenikają całą Ziemię. Natomiast wadą ich jest to, że nie mamy wpływu na rozmieszczenie źródeł fali, nie zawsze są tam gdzie chcemy oraz to, że nie jesteśmy w stanie precyzyjnie wyznaczyć ich lokalizacji i czasu wystąpienia. Eksperymenty pasywne stosowane są zarówno w badaniach litosfery i górnego płaszczka jak i głębokich struktur w obszarze płaszczka - jądro. Dane z sejsmometrów postawionych dla potrzeb eksperymentu uzupełniane są danymi ze stacjonarnych stacji sejsmicznych funkcjonujących w ramach lokalnych czy regionalnych sieci sejsmologicznych. Na podstawie uzyskanych danych sejsmologicznych tworzone są 2- lub 3- wymiarowe obrazy określonego wycinka wnętrza Ziemi.



Przykładem eksperymentu pasywnego jest zainicjowany pod koniec XX wieku w Stanach Zjednoczonych 10-letni program badań litosfery Ziemi, znany jako "US Array". Program ten zmierza do opracowania 3-wymiarowego obrazu budowy litosfery Ziemi dla kontynentu amerykańskiego, opartego na ścisłych podstawach fizycznych. Jest to w Stanach Zjednoczonych jeden z priorytetowych projektów, którego zadaniem jest zbudowanie podstaw dla dalszego rozwoju cywilizacyjnego w wielu aspektach, od dokumentacji zasobów mineralnych i ich genety do określenia hazardu sejsmicznego i ewolucji Ziemi. Znaczenie i koszty programu "US Array" są porównywalne do przedsięwzięcia, jakim w badaniach kosmicznych jest teleskop Hubble'a. Podobne programy, na mniejszą skalę, są przygotowywane również w innych krajach.