

W dzisiejszych czasach społeczeństwo w coraz większym stopniu polega na sygnałach i danych GNSS (Global Navigation Satellite Systems) w szerokiej gamie gałęzi przemysłu i systemów bezpieczeństwa. Bardzo istotny jest fakt, iż sygnały satelitów nawigacyjnych przechodzące przez jonosferę są bardzo słabe i mogą być łatwo zakłócone lub przerwane w zaburzonej jonosferze. Ziemska jonosfera jest silnie zmiennym i złożonym systemem fizycznym, zależnym zarówno od promieniowania, cząstek i pola magnetycznego Słońca, jak i procesów zaangażowanych w oddziaływanie między wiatrem słonecznym a ziemską magnetosferą. Nieregularności gęstości i turbulencje plazmy jonosferycznej mogą prowadzić do poważnego pogorszenia jakości działania systemów GNSS.

Najsilniejsze nieregularności jonosferyczne pojawiają się przeważnie w strefie równikowej, w pasie między 20°S-20°N szerokości geomagnetycznej i w obszarach wysokich szerokości, ponad 65° szerokości geomagnetycznej, czyli regionach występowania zórz i czap polarnych. Tak zdefiniowane granice zmieniają się w zależności od pory dnia, roku, liczby plam słonecznych i poziomu aktywności geomagnetycznej. Na wysokich szerokościach występowanie silnych nieregularności gęstości plazmy jonosferycznej związane jest przede wszystkim z oddziaływaniami pomiędzy magnetosferą i jonosferą. Podczas zjawisk pogody kosmicznej nieregularności pojawiają się jako rezultat zwiększonego opadu cząstek energetycznych w obszarach okołobiegunowych i procesów dynamicznych, w tym szybkiej konwekcji plazmy. Występowanie i ruch wywołanych burzą zagęszczeń, jezora struktur jonizacyjnych, plam czap polarnych, a także rozszerzanie się owalu zorzowego oraz dryf w stronę równika wraz z pogłębianiem się lokalnych zmniejszeń gęstości plazmy jonosferycznej może skutkować znacznym zaostrzeniem się gradientów oraz znacznych nieregularności na wysokich i umiarkowanych szerokościach. Innymi typowymi zjawiskami są nieregularności jonosferyczne (bąble plazmowe) w regionie równikowym w porze wieczornej. Intensywność nieregularności równikowych zmienia się wraz z czasem lokalnym po zachodzie słońca, porą roku (większe prawdopodobieństwo wystąpienia podczas równonocy niż podczas przesilenia), sektorem długości magnetycznej, cyklem słonecznym (zwiększona intensywność w maksimum cyklu). Nieregularności jonosferyczne na wysokich i niskich szerokościach są spowodowane różnymi niestabilnościami i procesami i są kontrolowane przez różne konfiguracje pola elektrycznego i magnetycznego. Z reguły nieregularności są generowane w dolnych warstwach jonosfery (~100-200km) i potem osiągają większe wysokości (>1000km).

Celem projektu jest określenie głównych cech struktur plazmy jonosferycznej w strefie okołorównikowej oraz na wysokich szerokościach magnetycznych, gdzie ich wpływ na komunikację satelitarną i systemy nawigacyjne jest najbardziej niekorzystny. Strefa równikowa jest znakomitym polem testowym, ponieważ regularnie występują tam silne nieregularności jonosferyczne. Głównym celem naukowym projektu jest poprawa stanu wiedzy o fizyce i morfologii nieregularnych struktur plazmy jonosferycznej, w szczególności o ich lokalizacji, czasie trwania oraz absolutnych i względnych różnicach gęstości wewnątrz struktur plazmowych i w otaczającej je jonosferze. Drugim celem naukowym jest zbadanie i zademonstrowanie, do jakiego stopnia integracja niezależnych lecz zgodnych nowoczesnych obserwacji satelitarnych może wspomóc rozwój ponad obecny stan wiedzy o morfologii nieregularności jonosferycznych. Kolejnym celem naukowym jest zbadanie, jak silne muszą być nieregularności jonosferyczne by znacząco wpłynąć na działanie systemu GPS na pokładzie satelitów LEO (Low-Earth-Orbit).

By zrozumieć fizyczne procesy stojące za oddziaływaniami pomiędzy polami i plazmą w układzie atmosfera-jonosfera przeanalizujemy procesy powstawania i ewolucji nieregularności gęstości plazmy jonosferycznej na okołorównikowych i wysokich szerokościach używając obszernego zbioru danych z trzech satelitów z ostatniej misji SWARM Europejskiej Agencji Kosmicznej. Niewątpliwą przewagą satelitów LEO z orbitą polarną jest możliwość pozyskiwania ciągłych danych na wszystkich szerokościach, jak również nad regionami całkowicie pozbawionymi naziemnych urządzeń pomiarowych, jak oceany czy pustynie. W chwili obecnej tylko dwie misje LEO – obie złożone z wielu satelitów – Swarm (wysokość orbity H~500km) i DMSP (H~850km) – zapewniają pomiar plazmy za pomocą sondy *in situ*. Misja Europejskiej Agencji Kosmicznej Swarm została uruchomiona w listopadzie 2013 roku i składa się z trzech identycznych satelitów – Swarm Alpha, Bravo i Charlie.

Niniejszy projekt badawczy ma **interdyscyplinarny charakter**, gdyż nowa wiedza o zjawisku nieregularności jonosferycznych zostanie uzyskana z integracji różnych wyników bazujących na ideach, konceptach i technikach z różnych dyscyplin takich jak matematyka obliczeniowa, obrazowanie jonosfery, pole geomagnetyczne, nawigacja z wykorzystaniem GNSS, teledetekcja i fizyka plazmy.