

Planeta Ziemia jest bardzo dynamiczna i niespokojna. Zachodzą na jej powierzchni różne procesy związane z ruchami płyt tektonicznych, wulkanizmem, topnieniem lodowców, zmianami poziomu wód oceanicznych, itp. Czasami nie jesteśmy w stanie zaobserwować tych procesów w sposób bezpośredni; dlatego często uciekamy się do innych wielkości pomiarowych. Przykładowo, ubytek masy lodowców na biegunach można oszacować na podstawie zmiany parametru spłaszczenia Ziemi (gdy pokrywa lodowa pojawia lub znika z biegunów Ziemia staje się bardziej lub mniej "spłaszczona"). Spłaszczenia Ziemi nie można zmierzyć w sposób bezpośredni, ponieważ nie można wywiercić otworu przez skorupkę Ziemi z jej biegunami. Ale wiemy, jakie efekty wywołuje spłaszczenie Ziemi na ruch sztucznych satelitów, można w łatwy sposób oszacować jego wartość obserwując anomalie w "zachowaniu" satelitów. Spłaszczenie Ziemi powoduje cofanie się (precesję) płaszczyzny orbit satelitów, która zależy od nachylenia płaszczyzny orbity względem równika i wysokości satelity nad powierzchnią Ziemi. Analizując wartość tych precesji dla satelitów znajdujących się na różnych orbitach jesteśmy w stanie co tydzień podać wartość spłaszczenia planety z bardzo wysoką dokładnością. Obserwacje Ziemi muszą być precyzyjne, ponieważ każda dodatkowa milimetr rocznie w poziomie oceanów lub każda centymetr mniej w pokrywie lodowej Grenlandii odgrywa kluczową rolę dla przyszłości naszej planety.

Wyznaczanie precyzyjnych orbit sztucznych satelitów stanowi zatem nieodzowny element w badaniach Ziemi, ponieważ dokładne wyznaczenia trajektorii ruchu satelitów znacząco wpływa na dokładność parametrów uzyskanych w wyniku analizy obserwacji satelitarnych. Do wyznaczania orbit sztucznych satelitów stosuje się zazwyczaj techniki oparte na obserwacjach mikrofalowych (np. sygnały satelitarnych systemów nawigacyjnych GPS, Galileo i GLONASS) oraz techniki oparte na obserwacjach laserowych (ang. Satellite Laser Ranging, SLR). Zaletą obserwacji laserowych jest to, że posiadają wysoką dokładność na poziomie kilku milimetrów oraz są wolne od wielu błędów systematycznych, którymi obciążone są obserwacje mikrofalowe, np. błędów związanych z opóźnieniem jonosferycznym, błędami zegara satelity, nieoznaczonością fazową, czy też zmiennością centrum fazowego anten odbiorczych. Z drugiej strony, pomiary laserowe ograniczone są ze względu na warunki atmosferyczne, ponieważ satelity mogą być obserwowane jedynie przy bezchmurnym niebie. Biorąc pod uwagę wspomniane wyżej aspekty, najlepsze rezultaty oraz orbity satelitów pozbawione błędów systematycznych mogą zostać wyznaczone poprzez integrację obserwacji laserowych i mikrofalowych.

Laserowe pomiary odległości SLR do sztucznych satelitów Ziemi polegają na pomiarze czasu pomiędzy momentem emisji impulsu laserowego na stacji laserowej a momentem powrotu tego samego impulsu po odbiciu się od dedykowanych reflektorów umieszczonych na satelitach. Mnożąc różnicę czasu przez prędkość światła otrzymuje się podwójną odległość pomiędzy stacją laserową na powierzchni Ziemi a sztucznym satelitą. Na wiecie znajduje się około 50 stacji laserowych regularnie prowadzących obserwacje SLR do sztucznych satelitów Ziemi. Obecne systemy laserowe pozwalają na dokonywanie pomiarów z niesamowitą precyzją zaledwie kilku milimetrów. Dzięki takim dokładnym pomiarom, możliwe są badania Ziemi takie jak: wyznaczenie parametru spłaszczenia Ziemi oraz współrzędnych środka ciężkości masy tzw. współrzędnych geocentrum, stałej grawitacji oraz czasowych zmian pola grawitacyjnego Ziemi, które odgrywają kluczową rolę w badaniach nad procesami związanymi ze zmianami klimatu, np. wzrostem poziomu wód w morzach i oceanach oraz procesami deglacjacji i ubytku lodowców.

Obecna dokładność pomiarów laserowych jest znacznie ograniczona poprzez modele używane w procesie przetwarzania obserwacji. W momencie przejścia wiązki laserowej przez dolną warstwę atmosfery – troposferę – impuls laserowy ulega opóźnieniu. W chwili obecnej istniejące modele opóźnienia troposferycznego dla obserwacji SLR, ale wszystkie istniejące modele zakładają symetryczną atmosferę nad stacją laserową. Pominięcie modelowania asymetrycznego opóźnienia troposferycznego wprowadza w rozważaniach SLR systematyczne efekty, które wynoszą nawet do 50 mm dla niskich obserwacji SLR nad horyzontem. Przykładowo stacja Yarragadee w Australii (obecnie najbardziej produktywna stacja SLR) znajduje się 50 km od wybrzeża Oceanu Indyjskiego w kierunku zachodnim, natomiast w kierunku wschodnim stacja sąsiaduje z obszarem pustynnym. Takie położenie generuje znaczne różnice w opóźnieniu wiązki laserowej, gdy satelity są obserwowane w kierunku wschodnim lub zachodnim od stacji. Inna stacja obserwacyjna w szwajcarskim Ziemwaldzie leży pomiędzy Płaskowyżem Bernejskim (w kierunku północnym) a Alpami Wysokimi (w kierunku południowym). Różnice w deniwelacji terenu sięgają na tym obszarze nawet 4000 m, co ma również swoje odzwierciedlenie w gradientach horyzontalnych opóźnienia troposferycznego, które obecnie nie są uwzględniane w analizie danych laserowych.

W ramach tego projektu zostanie zbadana możliwość poprawy jakości rozważań SLR i parametrów opartych na laserowych pomiarach odległości do sztucznych satelitów Ziemi poprzez modelowanie horyzontalnych i wertykalnych gradientów opóźnienia troposferycznego. Analiza obserwacji laserowych z wykorzystaniem detektorów laserowych różnego typu pozwoli ponadto na poznanie struktury wiązki laserowej po odbiciu przez reflektory zwrotne umieszczone na satelitach. Wyniki badań dotyczących kluczowych aspektów dla rozwoju geodezji satelitarnej poprzez wymowny wkład w poznanie błędów systematycznych orbit oraz w związanie dokładności wyznaczenia trajektorii ruchu satelitów oraz w lepszą definicję geodezyjnych układów współrzędnych. W rezultacie, poprawiony układ współrzędnych pozwoli na związanie dokładności w badaniach nad procesami związanymi ze zmianami klimatu, np. wzrostem poziomu wód w morzach i oceanach oraz procesami deglacjacji i ubytku lodowców.