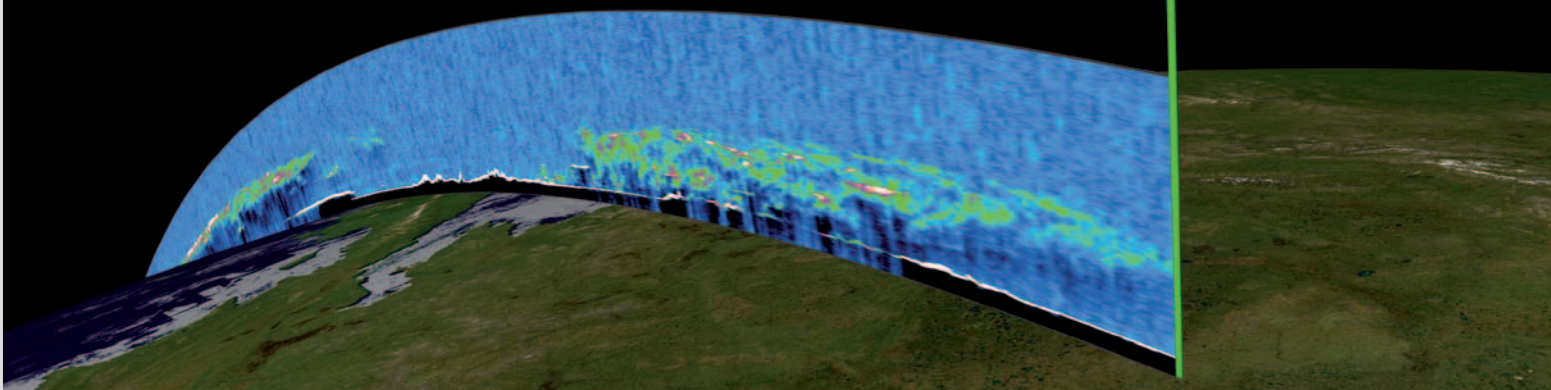
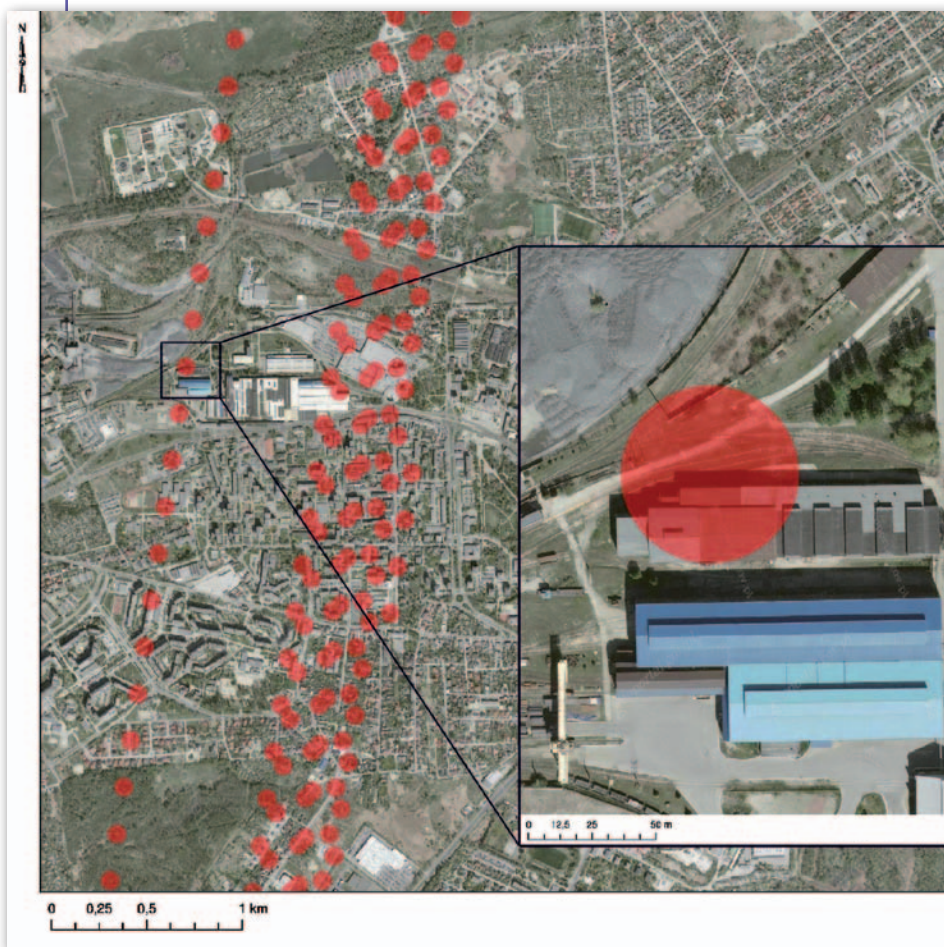




Choć technologia skanowania laserowego zdobywa coraz większą popularność oraz zyskuje nowe zastosowania, to wciąż kojarzona jest z pomiarami naziemnymi i lotniczymi. Czy możliwe byłoby jej wykorzystanie z orbity znajdującej się 600 km nad Ziemią? Odpowiedź przyniosła misja ICESat.

Do określenia współrzędnych plamki lasera wymagana była znajomość: współrzędnych instrumentu na orbicie, kierunku celowania laserem oraz odległości pomiędzy instrumentem a plamką lasera. Położenie na orbicie wyznaczone było dzięki odbiornikowi GPS oraz prowadzonym z Ziemi pomiarom laserowym SLR (*Satellite Laser Ranging*). Kierunek celowania laserem określany był m.in. z wykorzystaniem żyroskopów i na podstawie pozycji gwiazd. Odległość pomiędzy instrumentem a plamką lasera na Ziemi to natomiast – jak łatwo wy-



Rys. 1. Plamki lasera nad Dąbrową Górniczą (opracowanie własne na podkładzie danych z Geoportal.gov.pl)

liczyć – połowa czasu, w którym impuls przebył drogę od satelity do Ziemi i z powrotem, pomnożona przez prędkość światła.

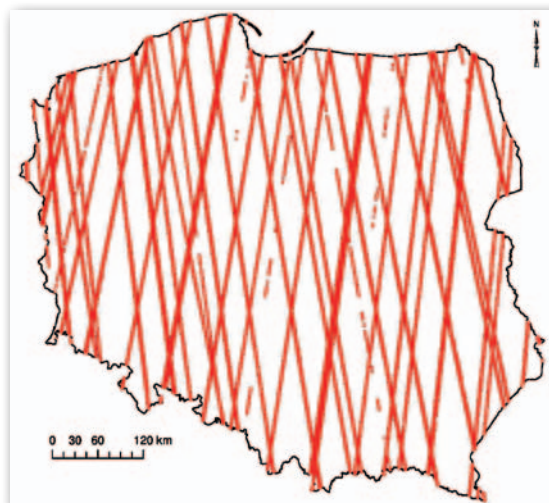
Z założenia GLAS wykonywał pomiar w nadirze, ale w praktyce występowały pewne odchylenia od tego położenia. Na wysokości 600 km nad Ziemią wychylenie o 1° połączone ze spadkiem terenu 1° powoduje pięciocentymetrowy błąd określenia wysokości plamki (Schutz B.E. i in., 2005). Dlatego bardzo ważne było wyznaczenie kierunku celowania laserem z dokładnością nie gorszą niż 1,5". Warunek ten udało się spełnić dopiero po późniejszym wprowadzeniu poprawek i pełnej kalibracji danych.

Współrzędne plamki lasera podawane są w systemie TOPEX/Poseidon, co pozwala łatwo przetransformować je do układu WGS84. Ostatecznie NASA udało się określić dokładność poziomą położenia plamki w granicach 5-15 m, a pionową – do 1 m dla terenów o małym spadku i do 10 m dla terenów o dużym spadku.

• O zbyt krótkiej historii ICESat

Satelita został wystrzelony 13 stycznia 2003 r. z bazy Vandenberg w Kalifornii. Początkowo znajdował się na orbicie,

z której ścieżka lasera na powierzchni Ziemi (*ground track*) powtarzała się co 8 dni. Taki tor satelity przyjęto na potrzeby kalibracji oraz walidacji. Umożliwiał on bowiem częste przeloty nad specjalnie dobranymi do tego celu terenami. Ścieżka orbity docelowej powtarzała się natomiast co 91 dni i służyła już do właściwych pomiarów, ponieważ zapewniała bardziej równomierne pokrycie terenu danymi.



Rys. 2. Rozmieszczenie danych GLA14 na terenie Polski (opracowanie własne)

Pierwszy laser rozpoczął gromadzenie danych 20 lutego 2003 roku nad Spitsbergenem. Niestety, po dziesięciu dniach zaczął wykazywać utratę energii dużo większą, niż oczekiwano, a 29 marca uległ awarii. NASA powołała zespół dochodzeniowy, a wykryta wada (obecna w każdym z trzech laserów) nie mogła już zostać naprawiona. W zaistniałej sytuacji plan misji musiał zostać zmieniony. Zredukowano czas pracy lasera do trzech kampanii pomiarowych w ciągu roku trwających po około 30 dni. Pozwoliło to przedłużyć misję oraz umożliwić monitorowanie zmian na powierzchni lodowców przez następne 5 lat. W czasie misji przeprowadzono 18 kampanii pomiarowych o nazwach składających się z: litery L, numeru użytego lasera oraz kolejnych liter alfabetu (np. L3A).

W lutym 2010 roku misja została przerwana z powodu awarii ostatniego lasera. Następnie NASA przystąpiła do obniżania orbity satelity, tak aby mógł zostać zniszczony w ziemskiej atmosferze. 14 sierpnia 2010 roku, po siedmiu latach pomiarów, misję ICESat ostatecznie uznano za zakończoną.

• Nie tylko o lodzie

Dane pozyskane w trakcie misji w postaci 15 zbiorów danych udostępniono za darmo w NSIDC – Narodowej Bazie Danych o Śniegu i Lodzie (nsidc.org/data/icesat). Dużo wygodniej można je pobrać, używając aplikacji Reverb (reverb.echo.nasa.gov/reverb) dostępnej dla wszystkich misji programu EOS (Earth Observation System). Listę zbiorów oraz informacje o nich można znaleźć na stronie NSIDC. Każdy zbiór dostępny jest w dwóch formatach: binarnym oraz HDF. Narzędzia do pracy z plikami binarnymi również można znaleźć na stronie NSIDC, a pliki w formacie HDF obsługiwane są np. przez darmowe oprogramowanie HDFView czy komercyjne programy obliczeniowe, jak MATLAB. Niestety, dane te nie współpracują bezpośrednio z popularnymi programami GIS-owymi, jak ArcGIS czy QGIS. Aby je do nich zaimportować, należy za pomocą wymienionych narzędzi przetworzyć pliki np. do formatu ASCII.

Badania uzyskane w trakcie misji ICESat dały unikatową możliwość połączenia zalet skaningu laserowego z wykonywaniem pomiarów dla bardzo rozległych

