

GNSS niezbędnym elementem w zarządzaniu lotniskiem i przestrzenią powietrzną

Andrzej Fellner

Artykuł prezentuje aktualny stan prac naukowo – badawczych związanych z implementacją GNSS oraz wyniki walidacji procedur podejścia RNAV GNSS, uzyskane podczas realizacji międzynarodowych projektów: HEDGE (Helicopter Deploy GNSS in Europe), EGNOS APV MIELEC (EGNOS Introduction in the European Eastern Region), SHERPA (Support ad-Hoc to Eastern Region Pre-operational Actions in GNSS). Na tej podstawie opracowane zostały i zostały zatwierdzone na poziomie europejskim, dokumenty precyzujące planowaną implementację GNSS w polskiej przestrzeni powietrznej: SHERPA-PANSA-NMA-D11EP, „EGNOS POLAND MAKET ANALYSIS”, SHERPA-PANSA-NSR-D21EP, „Polish National Scenario Report”, SHERPA-PANSA-ENIP-D22EP, „EGNOS National Implementation Plan”. W zakończeniu zaproponowano podjęcie wspólnych przedsięwzięć, projektów, w ramach przyjętego do realizacji od 2015 r. III etapu programu SESAR, finansowanego przez UE



prof. nzw. dr hab. inż. nawig.
Andrzej Fellner
Dyrektor Centrum Kształcenia
Kadr Lotnictwa Cywilnego
Europy Środkowo - Wschodniej
Politechniki Śląskiej
Kierownik Katedry Technologii
Lotniczych Wydziału Transportu
Politechniki Śląskiej

Wprowadzenie

Z przeprowadzonych badań wynika, że każdy milion pasażerów portu lotniczego generuje blisko tysiąc miejsc pracy oraz ponad trzy tysiące regionie i subregionie[1]. Natomiast z prognoz Urzędu Lotnictwa Cywilnego[2] wynika, że do 2020 r. potrzebnych będzie w branży lotniczej około 55 tys. specjalistów. Również z analizy Airbusa wynika, że do 2032 r. nastąpi zwiększone zapotrzebowanie na ponad 27 tys. statków powietrznych[3]. Powodem takiego stanu rzeczy jest rozwój naukowo – techniczny branży lotniczej, który generuje nowe miejsca pracy a także determinuje potrzebę przygotowania wysoko wykwalifikowanych kadr zarządzających przestrzenią powietrzną w oparciu o techniki satelitarne. W tym przypadku kluczową rolę pełnią: projekt SESAR (Single European Sky ATM Research – finansowane z europejskich funduszy techniczne wsparcie zarządzania przestrzenią powietrzną, realizowane w etapach, przedstawiono na rys. 1) oraz GNSS (Globalny Nawigacyjny System Satelitarny) złożony z podsystemów:

- satelitarnych: wojskowe (amerykański GPS, rosyjski GLONASS), cywilny: Galileo,
- wspomagających w zależności od umiejscowienia w przestrzeni: kosmicznej – SBAS, pokładzie – ABAS, na ziemi – GBAS.



1a. Projekt SESAR

Implementacja GNSS w wybranych projektach europejskich

Proces ten rozpoczął się z chwilą przyjęcia w 2007r. Rezolucji A36-23 36 ICAO, która zakładała wdrożenie do 2016 procedur podejścia APV (GNSS) dla wszystkich kierunków przyrządowych dróg startowych (podejścia precyzyjne). Jednak okazało się, że przewidziane do wykonania przedsięwzięcia przekraczają możliwości finansowe poszczególnych państw, więc uruchomione zostały fundusze UE w różnorodnych programach.

Również w naszym kraju zintensyfikowane zostały działania i pod patronatem Polskiej Agencji Żeglugi Powietrznej (PAŻP) podjęto szereg projektów UE, z których istotne znaczenie w realizacji rezolucji ICAO, miały kolejno realizowane:

EGNOS APV MIELEC (EGNOS Introduction in the European Eastern Region) – zaprojektowanie i walidacja nieprecyzyjnych procedur podejścia do lądowania GNSS dla lotnisk lotnictwa ogólnego, nie posiadających żadnych pomocy, systemów nawigacyjnych;

FAZA DEFINIOWANIA

Opracowanie centralnego planu zarządzania ruchem lotniczym (określenie etapów technologicznych, priorytetów, harmonogramów)

2005-2007

KONSORCJUM SESAR
60 MLN EURO

FAZA OPRACOWYWANIA

Działania badawczo-rozwojowe i walidacyjne, odnoszące się do nowych technologii i procedur, stanowiących podstawę systemów nowej generacji,

2008-2014

WSPÓLNE PRZEDSIĘWZIĘCIA
SESAR
2.1 MLD EURO

FAZA ROZMIESZCZANIA

Produkcja i wdrażanie nowych technologii i procedur na dużą skalę

2015-2020

PRZEMYSŁ LOTNICZY
30 MLD EURO

1b. Projekt SESAR

HEDGE (Helicopter Deploy GNSS in Europe) – zaprojektowanie i walidacja procedur podejścia LPV GNSS metodą nakładkową „overlines” na procedurę precyzyjnego podejścia według standardowego systemu ILS, umożliwiającego lądowanie według I kategorii. Również certyfikacja pokładowego odbiornika satelitarnego;

SHERPA (Support ad-Hoc to Eastern Region Pre-operational Actions in GNSS)

– powołanie krajowego zespołu, złożonego z szerokiej reprezentacji branży lotniczej, do implementacji systemu GNSS. Następnie przeprowadzone zostały badania polskich lotnisk i przewoźników pod kątem przygotowania i możliwości stosowania technik i technologii satelitarnych. Na tej podstawie opracowany został dokument SHERPA-PANSA-NMA-D 11 EP „EGNOS POLAND MAKET ANALYSIS” oraz wyselekcjonowano lotnisko i przewoźnika, które miały realizować testowe podejścia do lądowania RNAV GNSS. Walidacja tych procedur umożliwiła opracowanie kolejnych dokumentów SHERPA-PANSA-NSR-D21EP „Polish National Scenario Report” oraz SHERPA-PANSA-ENIP-D 22 EP „EGNOS National Implementation Plan”. Niewątpliwym osiągnięciem tego projektu było opracowanie 21 procedur podejścia do lądowania RNAV GNSS dla polskich lotnisk i opublikowanie ich w AIP Polska.

Podkreślić należy, że implementacja GNSS w Polsce musiała odbywać się zgodnie z zawartym w Aneksie 10 ICAO zaleceniem, że kraj, który zatwierdził procedury GNSS powinien zapewnić rejestrowanie i archiwizowanie tych danych. Stąd też konieczne było zawarcie umowy pomiędzy PAŻP i Głównym Urzędem Geodezji i Kartografii (GUGIK) o nieodpłatnym udostępnieniu naziemnej sieci stacji RTK DGPS systemu ASG EUPOS do monitorowania systemu GPS/GLONASS, zarejestrowanych danych satelitarnych oraz ich archiwizowaniu przynajmniej przez cztery tygodnie. Dostępność powyższych danych to warunek udo-

Tabela 1. Wymagania dokładności pomiaru i publikacji przeszkód lotniczych wg ICAO

Określenie	Aneks XIV – dodatek 5		Aneks XV – dodatek 7		Aneks IV – dodatek 6	
	Dokładność pomiaru		Wymagania publikacji		Wymagania publikacji	
	ϕ, λ	z	ϕ, λ	z	ϕ, λ	z
Strefa 1	-	-	1"	1 m lub 1 ft	zgodnie z mapą	3 m lub 10 ft
Strefa 2	5 m zmierzone	3 m zmierzone	1/10"	1 m lub 1 ft	1/10"	1 m lub 1 ft
Strefa 3	0,5 m zmierzone	0,5 m zmierzone	1/10"	0,1 m lub 0,1 ft	1/10"	1 m lub 1 ft
Wzniesienie lotniska	-	0,5 m zmierzone	-	1 m lub 1 ft	-	1 m lub 1 ft

stępnienia sygnału GPS jako sensora w Polsce dla potrzeb nawigacji powietrznej i jest zgodny z zaleceniem ICAO, gdyż zarejestrowane dane są istotne podczas badań wypadków i incydentów lotniczych. Natomiast w 2013r. PAŻP zawarła umowę o współpracy z European Satellite Services Provider (ESSP) „EGNOS Working Agreement (EWA)”, które otworzyło drogę do implementacji na polskich lotniskach i w polskiej przestrzeni powietrznej procedur opartych o nawigację satelitarną w Polsce. Podkreślić należy, że ESSP jest wyznaczona przez UE do zapewnienia usług żeglugi powietrznej opartych o techniki satelitarne w Europie a podpisane porozumienie EWA wpisuje się w logiczny ciąg prac prowadzonych w ramach projektów UE.

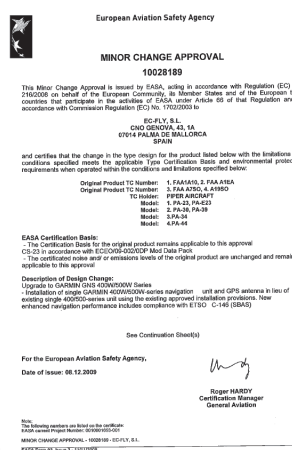
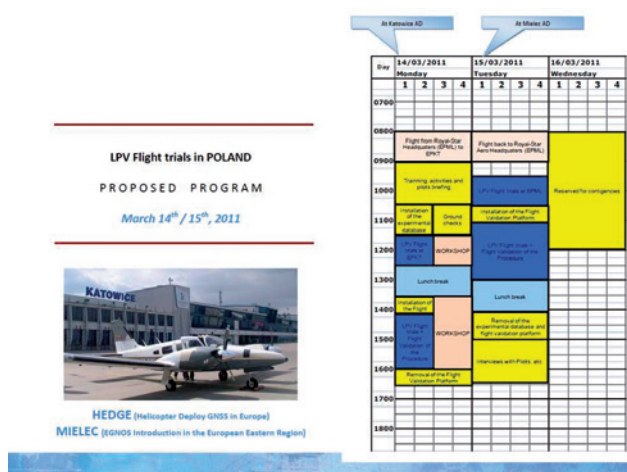
Walidacja procedur w testach lotniczych

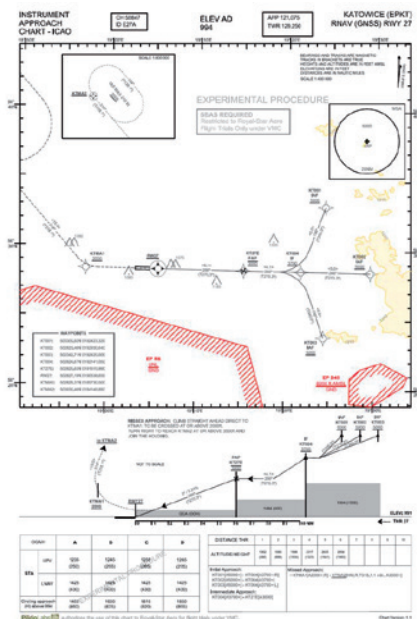
Pierwsza w Polsce walidacja procedur podejścia do lądowania LPV GNSS została wykonana metodą nakładkową „overlines”, w ramach projektu UE „HEDGE”, na standardowy system ILS, 14.03.2014r na lotnisku Katowice w Pyrzowicach, w oparciu o certyfikowany odbiornik GARMIN 430W, zaprezentowane na rys. 2. Kontynuacja lotniczych testów miała miejsce w następnym projekcie UE „SHERPA”.

Zanim jednak było to możliwe, konieczne stało się uzyskanie danych geodezyjnych (operatów) lotniska i terenów z nim zwią-

zanych zgodnie z Aneks XV ICAO, zgodnie z określonymi kryteriami dokładności wykonania pomiaru – tabela 1.

Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Infrastruktury z 25.06.2003r. w sprawie sposobu zgłaszania oraz oznakowania przeszkód lotniczych, należy określać położenie przeszkody według geodezyjnego układu odniesienia WGS-84, wysokości względnej oraz sporządzić mapę orientacji lokalizacji przeszkody. Natomiast Rozporządzenie Rady Ministrów w sprawie państwowego systemu odniesień przestrzennych obowiązującym w pracach geodezyjnych i kartograficznych wskazuje układem współrzędnych płaskich prostokątnych PL2000 a układy wysokościowe oznaczone są jako PL-KRON86-NH i PL-EVRF2007-NH. Uwzględniając kompatybilność układów możliwy jest pomiar współrzędnych geodezyjnych w układzie odniesienia WGS-84 lub zastosowanie obliczeniowej transformacji z obowiązującego układu „PL2000” na układ WGS-84. Kryterium oceny możliwości adaptacji opracowań geodezyjnych wykonywanych w zakresie pomiarów sytuacyjno – wysokościowych powinno być oparte o kompatybilność zastosowanego układu odniesienia, spełnienie warunków dokładnościowych oraz weryfikację kompletności informacji pomiarowej. Toteż zakładając, iż operaty geodezyjnych prac modernizacyjnych, aktualizacyjnych i uzupełniających sporządzane są zgodnie z wymaganiami dokładnościowymi, pomiary przeszkód lotniczych można zaadoptować na potrzeby identyfikacji i ewidencjonowania przez służby lotnicze. Natomiast w oparciu o uzyskane wyniki pomiarów, skonstruowana została procedura podejścia do lądowania, prezentuje rysunek 3, opracowano wykazy: punktów trasy i podejścia, obiektów infrastruktury lotniskowej, pomo-





3. Procedura podejścia RNAV GNSS dla lotniska Katowice - EPKT

cy nawigacyjnych, punktów ścieżki zniżania, progów drogi startowej, przeszkód/obiektów sztucznych, końcowego segmentu podejścia.

Implementacja metody wyznaczania procedur podejścia do lądowania RNAV GNSS dla dowolnego lotniska, nakłada obowiązki, do których należy:

- w zakresie dokumentacji rejestracyjnej lotniska:
 - ustalenie powierzchni ograniczenia zabudowy,
 - opracowanie wykazu przeszkód,
- opracowanie wytycznych środowiskowych dla procedur (w miarę potrzeb),
- uzgadnianie projektów procedur,
- monitorowanie powstających obiektów w otoczeniu lotniska, które mogą stanowić przeszkody lotnicze – OLS (Obstacle Limitation Surfaces).

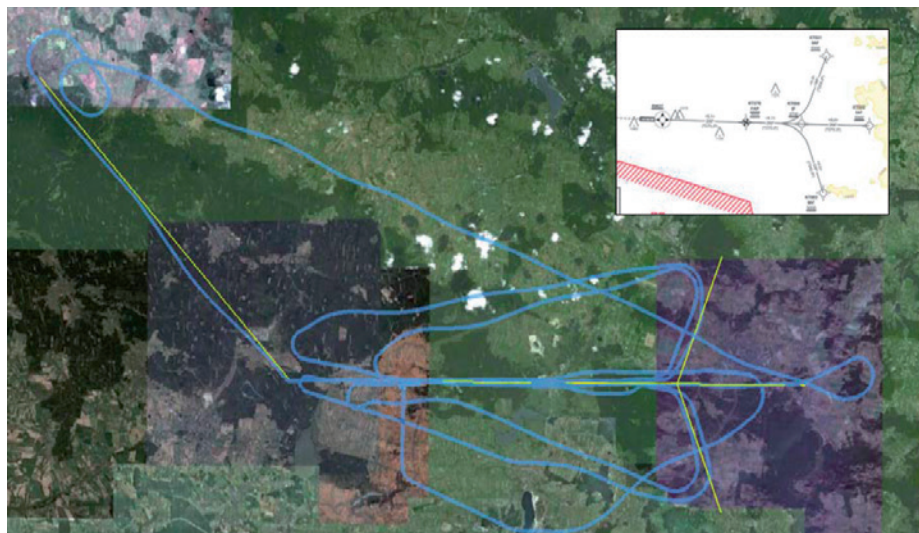
Wykonanie powyższych przedsięwzięć

umożliwiło zaplanowanie i wykonanie sześciu tras testów lotniczych, przedstawionych na rysunku 4. Również konieczne było sprawdzenie DOP (ang. Dilution of Precision), parametrów opisujących wpływ geometrii konstelacji satelitów na wyznaczenie pozycji w systemie GPS i była odpowiednia a przedstawia to rysunek 5. Możliwe było przystąpienie do walidacji procedur podejścia RNAV GNSS, gdyż statek powietrzny typu Piper Seneca II posiadał wyposażenie do wykonywania operacji LPV: odbiornik GARMIN GNS 430W połączony z wymaganą awioniką (antena, wskaźniki CDI/VDI). Także zainstalowano na pokładzie odbiornik rejestrujący badane parametry Antaris 4 GPS/SBAS. Natomiast na ziemi umieszczony został odbiornik Septentrio PolaRx2 GPS/SBAS. Dzięki temu możliwa była rejestracja danych: GPS L1/L2 i EGNOS oraz zebranie wyników, które umożliwiły graficzne zobrazowanie wykonanych profili tras lotów jak na rysunku 6 oraz określenie odchyśleń od założonych parametrów jak na rysunku 7.

Konkluzja

Przeprowadzone w ramach projektów: EGNOS APV MIELEC, HEDGE, SHERPA badania oraz loty testowe z procedurami podejścia LPV GNSS, umożliwiły wyciągnięcie następujących wniosków:

- od 2011r. system EGNOS otrzymał status „Safety of Life”, potwierdzający jego możliwość bezpiecznego wykorzystania w lotnictwie,
- atrakcyjność systemu EGNOS polega na tym, że generuje on informacje zbliżoną do kosztownego systemu ILS a jego główną zaletą jest podczas zastosowania podejść RNAV (GNSS) niski koszt świadczenia służb żegluga;
- system EGNOS podczas lotów testowych



4. Planowane i wykonane trasy lotów testowych

dostarczać personelowi latającemu niezbędnych danych do realizowania procedury podejścia do lądowania oraz spełnione są wymagania dotyczące dostępności, ciągłości, wiarygodności, dokładności według Aneksu 10 ICAO. Procedura LPV GNSS została zweryfikowana i jest bezpieczna. Przeprowadzone w ramach projektów: EGNOS APV MIELEC, HEDGE, SHERPA badania oraz loty testowe, umożliwiły dalszą realizację Rezolucji A36-23 36 ICAO z 2007r i opracowanie dokumentu **PBN (Performance Based Navigation) Polska**, który stanowi główny element koncepcji Zarządzania Przestrzenią Powietrzną a także zawiera zmiany w przyrządowych procedurach lotu, uwzględniając system satelitarny GNSS a tym samym przejście z dotychczasowej nawigacji opartej o sensor na nawigację opartą o wymagane dokładności [4].

- PBN Polska zawiera dwie zasadnicze specyfikacje nawigacyjne, niezbędne do wykonania określonej fazy lotu:

RNAV – konieczność utrzymania wymaganej dokładności (prefix oraz liczba). Inne wymagania określają: wiarygodność, ciągłość oraz związane są z pokładową bazą danych,

RNP – konieczność pokładowego monitoringu dokładności oraz alarmowania,

- Wartości RNAV, RNP nabierają szczególnego znaczenia podczas konieczności utrzymania wymaganej dokładności dla podejść do lądowania i dlatego wyróżnia się ich cztery rodzaje „RNP APCH”, charakteryzujące się minimalnymi warunkami:

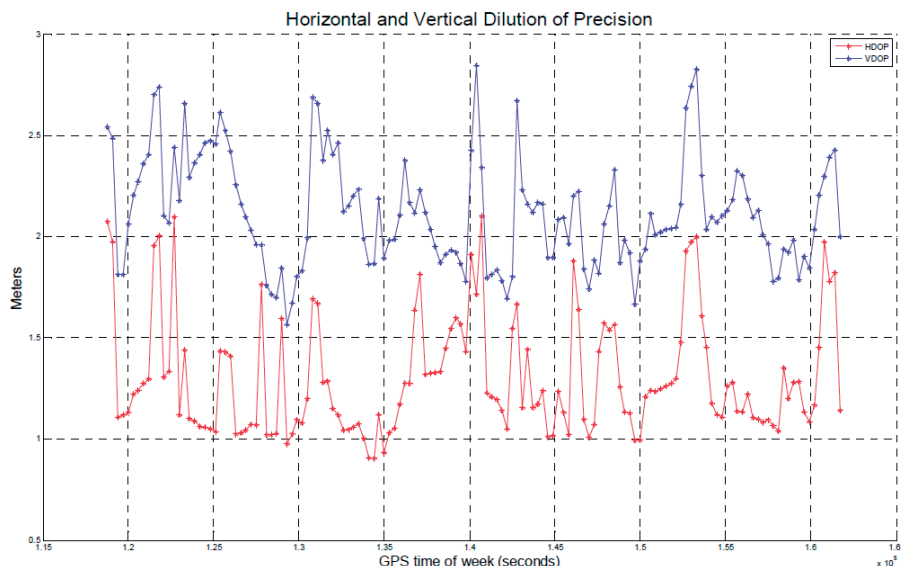
NPA GNSS (ABAS) – podejście nieprecyzyjne z prowadzeniem GNSS, z zastosowaniem minimów IFR na bazie odbiornika pokładowego GNSS i FMS).

NPA GNSS (SBAS) – podejście nieprecyzyjne z prowadzeniem GNSS wspomaganym SBAS,

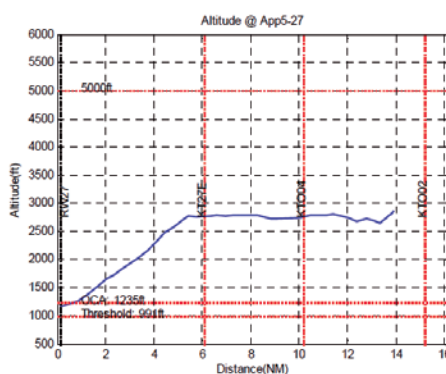
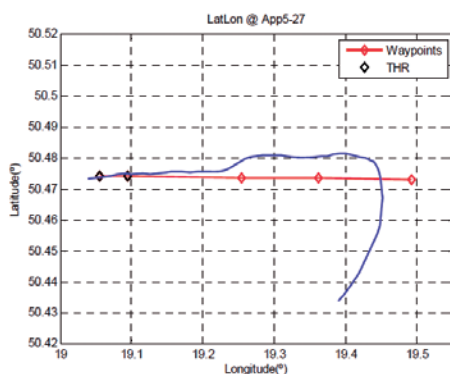
APV Baro-VNAV – podejście nieprecyzyjne z prowadzeniem GNSS: poziomym wspomaganym ABAS i pionowym wspomaganym wysokościomierzem barometrycznym, precyzyjne podobne do APV, lot do wysokości decyzji wykonywany z minimami LNAV/VNAV i z użyciem odbiornika SBAS oraz FMS z baro-VNAV,

LPV – precyzyjne podobnie podejście, lot musi być wykonywany z odbiornikiem GNSS. Minima odpowiadają I Kategorii podejścia ILS (wysokość decyzji 200 ft/60 m);

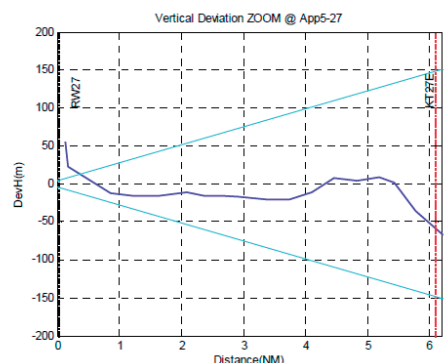
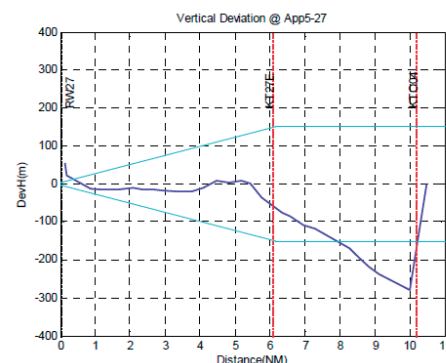
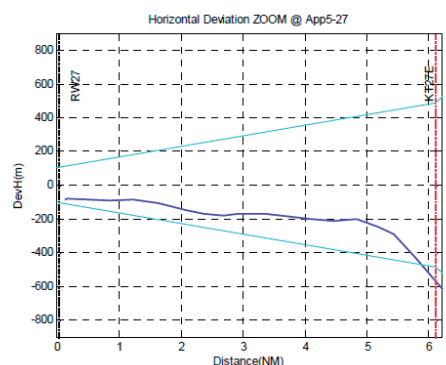
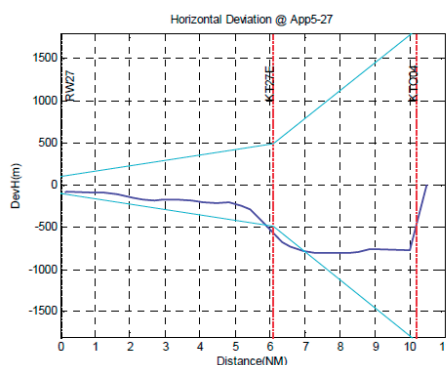
- wykonanie zadań w ramach projektów FP 7: HEDGE, EGNOS APV MIELEC, umożliwiło opracowanie dokumentów: „Flight Validation Report of the EGNOS APV approach in Mielec – Poland”, „Mielec APV SBAS (LPV) approach safety assessment”,



5. Pozioma i pionowa wartość DOP w dniu walidacji dla lotniska Katowice



6. Przykładowe graficzne zobrazowanie w poziomie i pionie trasy lotu podczas piątego podejścia do lądowania



7. Przykładowe graficzne zobrazowanie odchyleń od założonych parametrów podczas piątego podejścia do lądowania

- w wyniku zakończenia projektu SHERPA zostały opracowane analizy dotyczące możliwości implementacji systemów satelitarnych w polskiej przestrzeni powietrznej, scenariusz realizacji tego przedsięwzięcia oraz plan działania, które zostały zawarte w następujących dokumentach:
SHERPA-PANSA-NMA-D11EP „EGNOS POLAND MAKET ANALYSIS”
SHERPA-PANSA-NSR-D21EP „Polish National Scenario Report”
SHERPA-PANSA-ENIP-D22EP „EGNOS National Implementation Plan”. ◀

Materiały źródłowe

- [1] S. Huderek-Glaska, Wpływ portu lotniczego na rozwój gospodarki regionu, praca doktorska, Uniwersytet Ekonomiczny w Poznaniu, Poznań 2011, s. 164 [Dokument elektroniczny]. Tryb dostępu: <http://www.wbc.poznan.pl/dlibra/doccontent?id=184003&from=FBC> [Dostęp: 30-08-2014]. The social and economic impact of airports in Europe, ACI Europe & York Consulting, 2004, s. 8-9 [Dokument elektroniczny]. Tryb dostępu: <https://www.aci-europe.org/component/downloads/downloads/3208.html> [Dostęp: 30-08-2014].
- [2] Prognoza popytu na lotniczy ruch pasażerski w polskich portach lotniczych do 2030 roku - aktualizacja 2012, Urząd Lotnictwa Cywilnego [Dokument elektroniczny]. Tryb dostępu: http://www.ulc.gov.pl/_download/wiadomosci/04_2012/prognoza_ulc2012.pdf [Dostęp: 30-08-2014].
- [3] Future Journeys, Airbus Global Market Forecast 2013-2032, s. 51-52 [Dokument elektroniczny]. Tryb dostępu: http://www.airbus.com/company/market/forecast/?elD=dam_frontend_push&docID=33752 [Dostęp: 30-08-2014].
- [4] Dokumenty: Rezolucje Rady ICAO (A31-6, A32-19, A32-20), Załączniki do Konwencji ICAO (2, 4, 6, 10, 11, 14, 15)