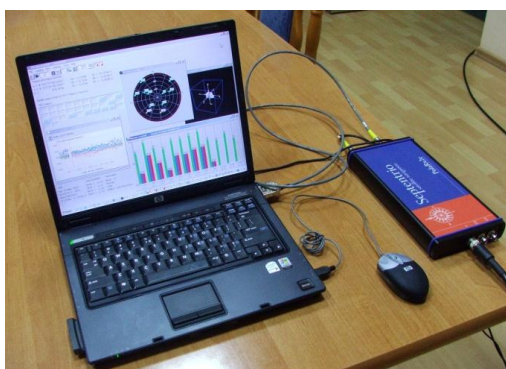


## GNSS niezbędnym etapem implementacji LUN (1)

Jest faktem znamiennym, że PAŻP jest: „zainteresowana udziałem w projektach badawczych, których celem jest wdrożenie operacyjne systemów GPS i EGNOS do zastosowań w lotnictwie<sup>1</sup>”. To w zasadzie wydające się z pozoru proste działanie, czyli lotnicza implementacja GNSS w Polsce stanowi drogę wiodącą „PER ASPERA AD ASTRA”<sup>2</sup>. Jednak podejmowane przez PAŻP projekty międzynarodowe i krajowe, uczestnictwo w konferencjach i innych przedsięwzięciach, są niezbędne w procesie certyfikacji technologii i technik satelitarnych w lotnictwie. Szczególny nacisk położony jest obecnie na europejski system wspomagający SBAS – EGNOS. Uwzględniając powyższe przesłanki, PAŻP czynnie (prezentując dwa referaty<sup>3</sup>) uczestniczyła 27 – 29.05.2010 w V Seminarium Lotniczym, zorganizowanym przez Centrum Zaawansowanych Technologii AERONET - Dolina Lotnicza oraz Katedrę Samolotów i Silników Lotniczych Politechniki Rzeszowskiej w Bezmiechowej. Z uznaniem przyjęty został plan implementacyjno – certyfikacyjny funkcjonowania w Polsce GNSS dla potrzeb lotnictwa, którego istota sprowadza się do czterech zasadniczych faz:

- **PRZYGOTOWAWCZEJ** (stacjonarna instalacja odbiornika Septentrio, sporządzanie raportów okresowych w oparciu o oprogramowanie Pegasus, związanych z funkcjonowaniem systemu SBSA – EGNOS. Również wykonywane były loty, związane z technologią SPAN (GPS plus INS). W tej fazie opanowano obsługę wymienionego odbiornika, oprogramowanie Pegasus, sprawdzanie techniczne konfiguracji sprzętowej, nabywano odpowiednich i koniecznych innych umiejętności oraz zdobywano stosowne doświadczenie).

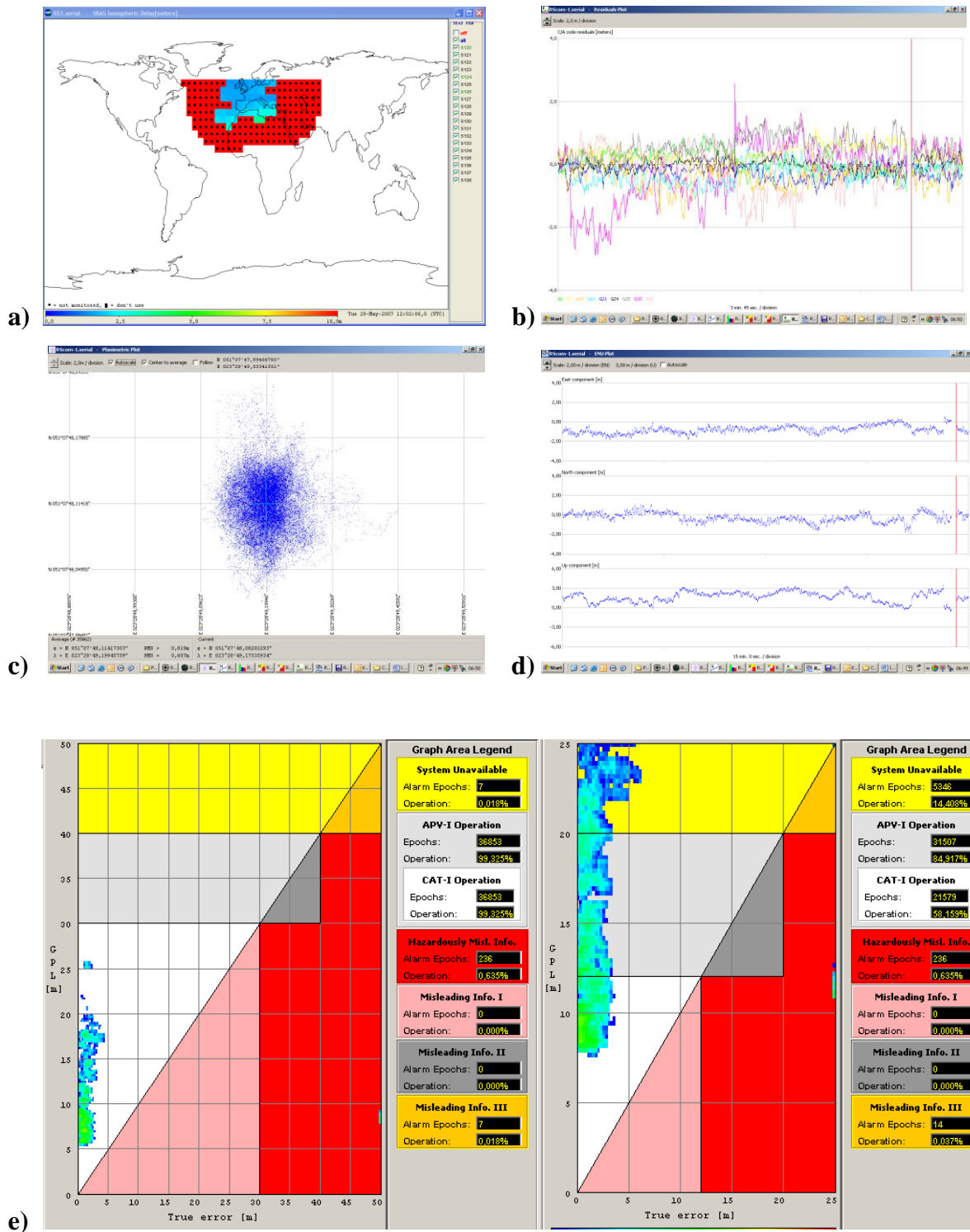


Rys. 1. Laptop, odbiornik Septentrio PolaRx2e DO-229C oraz stacjonarna antena

<sup>1</sup> Stwierdzenie Prezesa PAŻP Krzysztofa Banaszka podczas konferencji Komisji Geodezji Satelitarnej Komitetu Badań Kosmicznych i Satelitarnych PAN, BIULETYN WEWNĘTRZNY PAŻP Nr 5/2010, s.6

<sup>2</sup> W luźnym tłumaczeniu oznacza: „przez ciernie do gwiazd”

<sup>3</sup> „DOKŁADNOŚĆ POZYCJONOWANIA Z WYKORZYSTANIEM NAWIGACJI SATELITARNEJ GNSS/EGNOS I WPLYW NA PRZEPUSTOWOŚĆ LOTNISKA” oraz „WYBRANE ASPEKTY WSPÓŁPRACY NAUKOWO-BADAWCZEJ W PROCESIE CERTYFIKACJI TECHNOLOGII I TECHNIK SATELITARNYCH W LOTNICTWIE”

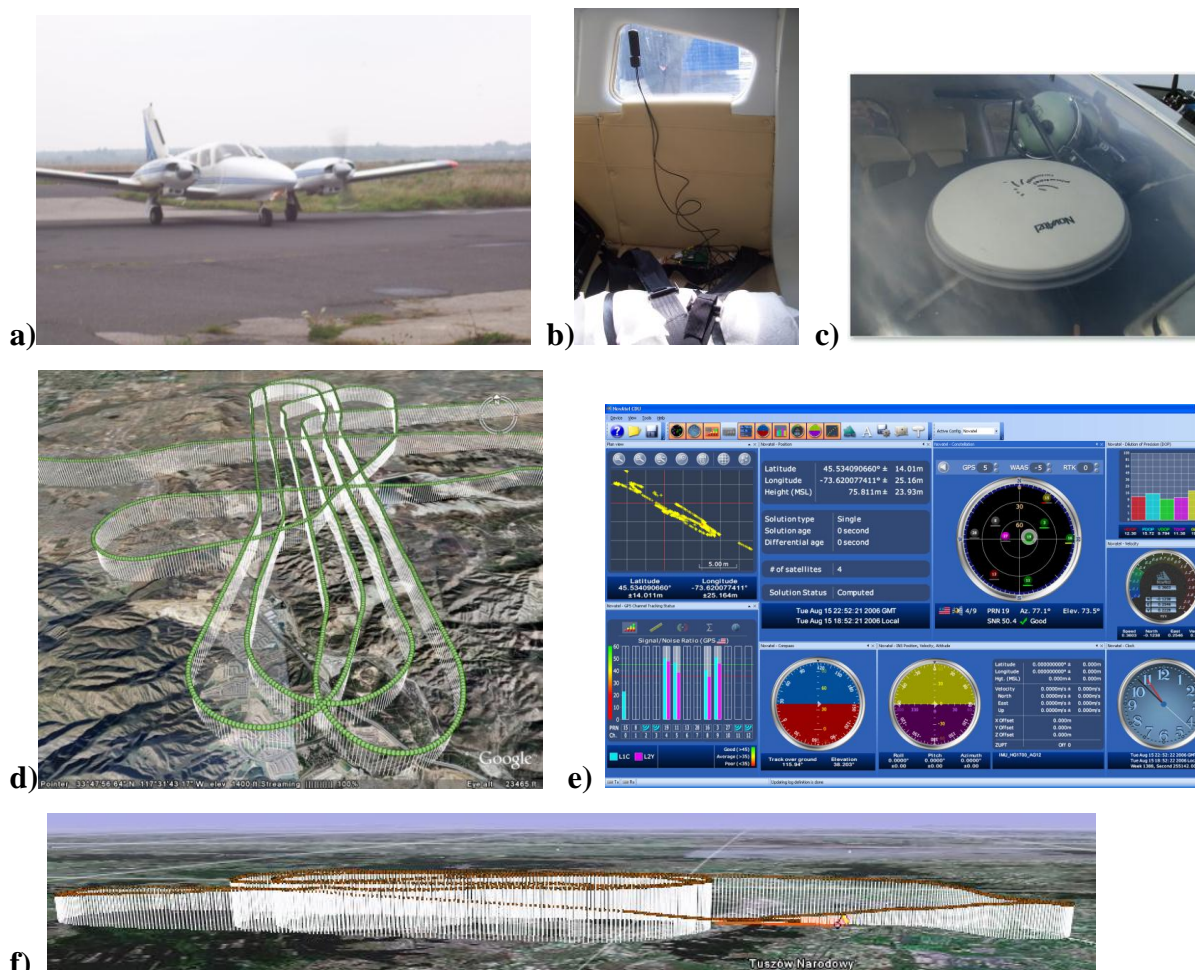


Rys. 2. Przykładowe informacje dotyczące funkcjonowania systemu satelitarnego, uzyskiwane w oparciu o oprogramowanie Pegasus, podczas sesji pomiarowych: a) dostępność systemu SBAS - EGNOS na terenie Europy wraz z skalą dokładności jaką oferuje system w danej chwili - warto zwrócić uwagę iż w danym momencie system jest nie dostępny w środkowych obszarach Polski; b) wskazania satelitów; c) położenie stacjonarnej anteny; d) wskazania w poszczególnych płaszczyznach; e) możliwości wykonywania podejść do lądowania GPS/EGNOS – APV na danym obszarze.

**Lotnicze testy SPAN (Synchronized Position Attitude Navigation)** – przeprowadzane od 2007 roku w Polsce, w celu doboru optymalnej konfiguracji sprzętowo – technicznej.

**Tabela 1: Porównawcze zestawienie GPS i INS (zasadność łączenia tych systemów)**

CECHA	CHARAKTERYSTYKA PRACY GPS	CHARAKTERYSTYKA PRACY INS
niezależność	wymaga zewnętrznego sygnału GPS	nie wymaga jakichkolwiek sygnałów zewnętrznych
dokładność rzędnej pionowej	kilkukrotnie gorsza niż poziomej	kilkukrotnie lepsza niż poziomej
dynamika dokładności	dokładność silnie waha się i zależy od śledzonych satelitów, geometrii i trybu pozycjonowania	dokładność stabilna z epoki na epokę, ale ulega stopniowej degradacji w czasie
charakterystyka wyników	może dostarczyć bezwzględnych współrzędnych	dostarcza dokładnej ale względnej współrzędnej
dane o kierunku	dane o kierunku ruchu tylko jako funkcja prędkości (azymut i nachylenie)	dostarcza pełnych dane o kierunku w 3 wymiarach
częstotliwość pozycjonowania	maksymalna częstotliwość pozycjonowania 20Hz	duża częstotliwość pracy, do 200Hz



Rys. 3. Mewa po raz pierwszy użyta do testów SPAN (a), umiejscowienie anten (b, c), uzyskiwane położenie – przekroje: poziom (d), pion (f), panel sterowania systemu (e)

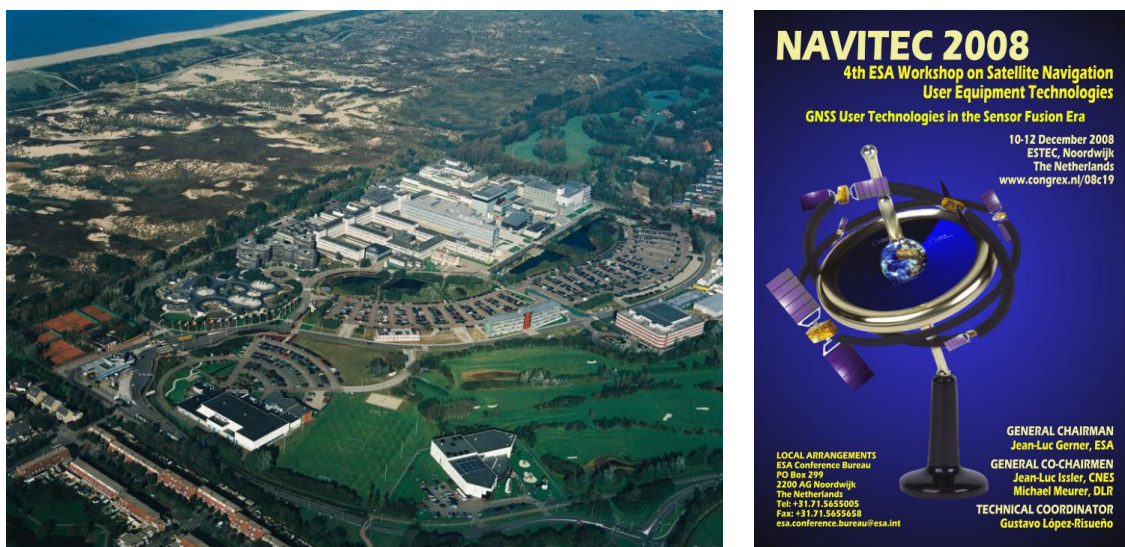
- **CZYNNEGO UCZESTNICTWA W MIĘDZYNARODOWYCH PROGRAMACH BADAWCZO – IMPLEMENTACYJNO – CERTYFIKACYJNYCH** (podejmowanie projektów wewnętrznych PAŻP oraz konsorcyjnych międzynarodowych np. „HEDGE”, „EGNOS Introduction to the European Eastern Region”. Również uzyskiwanie stosownych certyfikatów EASA i wykonywanie lotów techniczno - testowych).
- **TESTOWO – CERTYFIKACYJNA** (zainstalowanie certyfikowanych rejestratorów i wykonywanie testów, związanych z operacyjną implementacją GNSS. Gromadzenie niezbędnej dokumentacji i przygotowywanie wniosków certyfikacyjnych do ULC).
- **FUNKCJONOWANIE GNSS W LOTNICTWIE !!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!**

W pierwszej części przygotowań dokonany został podział planu implementacyjno – certyfikacyjnego, związanego z funkcjonowaniem GNSS dla potrzeb lotnictwa w naszym kraju, na cztery zasadnicze fazy i szczegółowo przedstawiono **pierwszą – przygotowawczą**. Prezentując przedstawioną w temacie problematykę, zasadne jest zwrócenie uwagi na zalecane i stosowane w lotnictwie dokumenty, przydatne podczas podejmowania działań dotyczących systemu SBAS - EGNOS, które można pogrupować:

- **ICAO: Doc 8168** – PANS-OPS, **Doc 9613** – PBN Manual, **Doc 9905** – RNP AR Procedure Design Manual;
- **EASA: AMC 20-26:** Airworthiness Approval and Operational Criteria for RNP AR Operations, **AMC 20-27:** Airworthiness Approval and Operational Criteria for RNP APPROACH (RNP APCH) Operations Including APV BARO VNAV Operations;
- **FAA: TSO C145A:** Airborne Navigation Sensors Using the Global Positioning System (GPS) Augmented by the Wide Area Augmentation System (WAAS); **TSO C146A:** Stand-Alone Airborne Navigation Equipment Using the Global Positioning System (GPS) Augmented by the Wide Area Augmentation System (WAAS); **AC 20-129:** Airworthiness Approval for Vertical Navigation (VNAV) Systems for Use in the U.S. National Airspace System (NAS) and Alaska; **AC 20-105:** Approval Guidance for RNP Operations and Barometric Vertical Navigation in the U.S. National Airspace System.

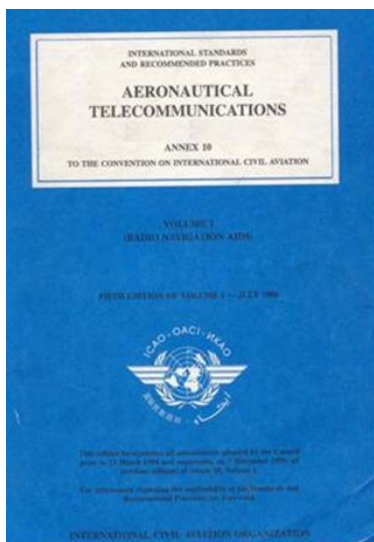
Zaznaczyć należy, że koordynatorem projektów związanych z technikami i technologiami satelitarnymi jest Europejska Agencja Przestrzeni Kosmicznej – ESA (European Space Agency), licząca 18 państw członkowskich. Taka konsolidacja umożliwia podejmowanie wspólnych projektów, nie możliwych do realizacji indywidualnej przez państwo. Te projekty generują nową wiedzę naukową i nowe praktyczne aplikacje w eksploracji kosmicznej i przyczyniają się do energicznego rozwoju europejskiego przemysłu lotniczo - kosmicznego. ESA ma swoje punkty w kilku europejskich państwach. Jednak na szczególną uwagę zasługuje Europejskie Centrum Badań Kosmicznych i Technologii – ESTEC (European Space Research and Technology Centre), znajdujące się w Noordwijk (rys. 1a). Jest to

najważniejsze miejsce i techniczne centrum ESA, również określane jako inkubator kosmicznego, europejskiego wysiłku. Tam powstaje najwięcej projektów i kieruje się nimi w różnych fazach rozwoju. Zatrudnionych jest ponad 2000 specjalistów. ESTEC jest również organizatorem, odbywających się co dwa lata, warsztatów, podczas których prezentowane są wyniki działań w zakresie GNSS (rys. 1b). Podkreślić należy, że PAŻP czynnie w nich uczestniczy, prezentując swoje osiągnięcia i w dowód uznania osiągnięć została zaproszona do uczestnictwa w międzynarodowych projektach.

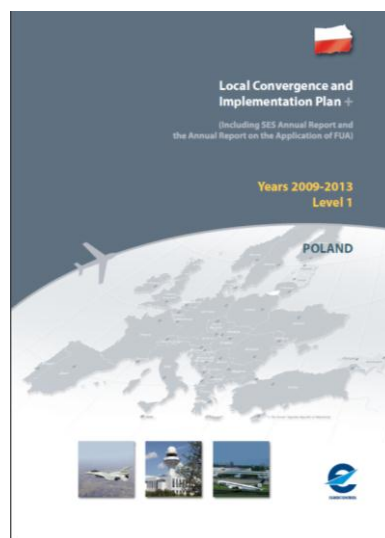


Rys. 1. ESTEC i NAVITEC: a) Europejskie Centrum Badań Kosmicznych i Technologii – ESTEC; b) Warsztaty 2008 (planowane grudzień 2010)

Na podstawie dokumentów międzynarodowych, opracowane zostały dokumenty krajowe. Wyjściowym (bazowym) dokumentem jest oczywiście Aneks 10 ICAO (rys. 2), zawierający m.in. charakterystyki, wymagania dotyczące systemów GNSS. Precyzujący cztery zasadnicze parametry związane z sygnałem satelitarnym: dokładność, dostępność, ciągłość, wiarygodność. Natomiast każde państwo posiada własny „Program Implementacji i Harmonizacji Działań” – nasz to LCIP Poland (rys. 3).



Rys. 2. Aneks 10 ICAO



Rys. 3. Program LCIP Poland

Konieczność podjęcia zdecydowanych działań spowodowała, że opracowany przez Ministerstwo Transportu „Program Rozwoju Sieci Lotnisk i Lotniczych Urządzeń Naziemnych” (rys. 4) został przyjęty Uchwałą Rady Ministrów Nr 86/2007 w dniu 8 maja 2007 r. i tym samym stał się dokumentem Rządowym. Jest to pierwszy tego typu dokument od 1989 roku. Daje on konkretne wskazania, w jakim kierunku powinna rozwijać się infrastruktura lotniskowa oraz nawigacyjna, aby polskie lotniska stanowiły spójny element infrastruktury komunikacyjnej kraju i Europy. Program dotyczy rozwoju infrastruktury krajowej i europejskiej sieci lotnisk TEN-T, nawigacyjnej do 2020. Stanowi strategiczny materiał wspomagający formułowanie wniosków aplikacyjnych o środki na rozwój infrastruktury lotniczej na lata 2007-2013 zarówno z Funduszu Spójności jak i z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego. Jednocześnie jest on dokumentem o charakterze kierunkowym i definiuje nowe, niezbędne narzędzia wpływu ministra na rozwój infrastruktury lotniczej (ustawa - Prawo lotnicze, ustawa o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym), w ścisłym powiązaniu z realizacją zadań w zakresie bezpieczeństwa państwa, spójności i komplementarności infrastruktury lotniczej, drogowej i kolejowej, zapewnienia właściwej polityki prywatyzacyjnej państwa, wykorzystania środków unijnych w ramach Programu Operacyjnego Infrastruktura i Środowisko. Program składa się z części analityczno-opisowej stanu infrastruktury lotniskowej i nawigacyjnej w Polsce oraz prezentuje perspektywy i kierunki rozwoju sieci lotnisk i infrastruktury CNS (łączność, nawigacja, dozowanie). Podkreślić należy, że z uwagi na ograniczenia rozwiązań konwencjonalnych zakłada się implementację nowych technologii, w ramach realizacji ogólnoeuropejskich programów zarządzania ruchem lotniczym (programów wykonawczych do Jednolitej Europejskiej Przestrzeni Powietrznej - SES oraz Europejskiej Strategii Zarządzania Ruchem Lotniczym). Wzrost ruchu lotniczego oraz jego „skomplikowanie” w węzłach lotnisk powoduje potrzebę stosowania w Polsce nowoczesnych rozwiązań z zakresu planowania procedur dolotu i podejścia w przestrzeni TMA zgodnie z zaleceniami EUROCONTROL. Również zostaną zaimplementowane rozwiązania nawigacyjne GNSS i RNAV w oparciu o dostępne systemy satelitarne (GPS, GLONASS, Galileo) oraz konwencjonalne. Poziom obsługi podejść kat. II/III zostanie utrzymany. Docelowo wdrożone zostaną systemy nawigacyjne i rozwiązania przestrzeni zapewniające wykonywanie operacji RNP-RNAV. Do osiągnięcia P-RNAV, zgodnie z rozwiązaniami stosowanymi w Europie, zakłada się stosowanie w Polsce rozwiązań wykorzystujących nawigację DME/DME (P-RNAV) przy zapewnieniu pełnego pokrycia DME/DME (z redundancją) oraz systemu GPS+ SBAS.

ZASTOSOWANIA	2007 do 2010	2011 do 2013	2014 do 2020
Konwencjonalne SID / STAR	VOR/DME, DME/DME, NDB		
B-RNAV (En-Route)	GPS or GPS/SBAS or DME/DME or VOR/DME		
P-RNAV SID / STAR	Zast. w głównych TMA	DME/DME GPS (+ Galileo)	
P-RNAV (En-Route)		DME/DME GPS (+ Galileo)	
RNP-RNAV SID / STAR		GPS (+ Galileo)	
RNP-RNAV (4D) (En-Route)			GPS (+ Galileo) , ADS-B
NPA - Konwencjonalne	VOR/DME/NDB		
NPA - P-RNAV i RNP-RNAV	GPS or GPS/SBAS or DME/DME		
APV - RNAV Baro-V-NAV & RNP-RNAV Baro VNAV		GPS (+ Galileo) lub GPS/SBAS	
APV III		GPS / SBAS (EGNOS)	
CAT I/II/III - ILS	ILS (Kategoria w zależności od rychu lotniczego i specyfiki lotniska/pogody)		
CAT I/II/III - MLS		MLS (szczególne przypadki)	
CAT I - GPS/SBAS (EGNOS) + Galileo			SBAS + GPS/GALILEO
CAT II / III - GBAS (GPS + Galileo)			GBAS
<b>INFRASTRUKTURA</b>	<b>2007 do 2010</b>	<b>2011 do 2013</b>	<b>2014 do 2020</b>
NDB	NDB		
VOR		VOR	
DME			DME
ILS			ILS
GPS/GLONASS		GPS/GLONASS	
GPS/SBAS (EGNOS)			EGNOS
GALILEO			GALILEO
GPS/GBAS+Galileo (kat I - 2010, CAT I/II/III - 2014)			GBAS
MLS (Uzasadnione operacyjne i ekonomiczne)			MLS

Rys. 4. Program Rozwoju Sieci Lotnisk i LUN (strona tytułowa i przyjęta cezura czasowa)

Uwzględniając powyższe przesłanki, przyjęty podział planu implementacyjno – certyfikacyjnego, związanego z funkcjonowaniem GNSS dla potrzeb lotnictwa w naszym kraju oraz fakt, że szczegółowo przedstawiono już fazę **pierwszą – przygotowawczą**, zasadne jest zaprezentowanie fazy **drugiej, czyli czynnego uczestnictwa w międzynarodowych programach badawczo – implementacyjnych**. Początek tej fazy to 2007 r. gdyż okazało się, że pojedyncze państwo nie jest w stanie samodzielnie podejmować dalszych działań implementacyjno – certyfikacyjnych, związanych z technikami i technologiami w lotnictwie. Nadzór z ramienia UE nad tego typu pracami sprawuje EUROCONTROL i GSA a tematy mogą podejmować państwowe ośrodki i instytucje, funkcjonujące jednak w powołanych do tego celu konsorcjach. W związku z tym założono, że koordynatorem w naszym kraju jest Polska Agencja Żeglugi Powietrznej, odpowiadająca za prawidłowe funkcjonowanie m.in. systemów i pomocy nawigacyjnych. Podkreślić należy, że aktualnie wiodącymi projektami międzynarodowymi, w których partycypuje PAŻP są: **HEDGE (Helicopters Deploy GNSS in Europe)** i **EGNOS Introduction to the European Eastern Region Mielec**.

**Ponieważ te zagadnienia** zasługują na znacznie szersze omówienie, zostaną zaprezentowane w odniesieniu do systemów: GNSS, SPAN, EUPOS, GIS w aspekcie bardziej szczegółowej „układanki lotniczej”, aby były przydatne podczas podejmowania w naszym kraju działań związanych z implementacją GNSS. Zgodnie z przedstawionym wcześniej podziałem, od 2007 r. realizowana jest w Polsce przez PAŻP druga faza implementacji GNSS – „**czynnego uczestnictwa w międzynarodowych programach badawczo – implementacyjno – certyfikacyjnych**”.

Podkreślić należy fakt, że z wielu wewnętrznych i zewnętrznych programów, szczególne znaczenie mają:

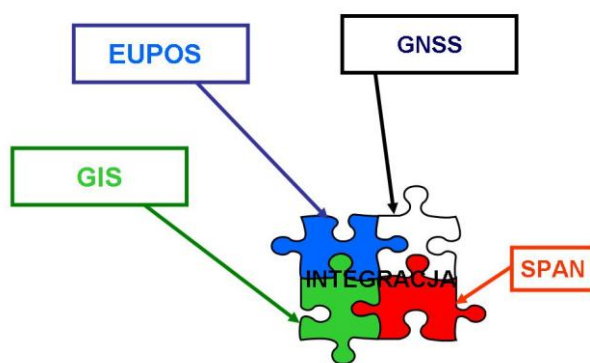
a) programy międzynarodowe:

- **HEDGE** (HElicopters Deploy GNSS in Europe);
- **EGNOS** Introduction in European Eastern Region: Mielec;
- **ACCEPTA** (ACCelerating EGNOS adoPTion in Aviation);
- **ECDN** (EGNOS Data Collection Network);
- **SESAR** (Single European Sky ATM Research);
- **EU satellite navigation programmes** (EGNOS and Galileo)

b) programy wewnętrzne (krajowe), opracowywane lub przyjęte przez PAŻP:

- **PR 15 EGNOS** (wdrożenie GNSS/EGNOS - testy i system monitorowania);
- **PR 42 NPA-GNSS** (opracowanie i implementacja procedur nieprecyzyjnego podejścia GNSS)

Uwzględniając powyższe uwarunkowania, zasadne jest zaprezentowanie realizowanego przez PAŻP projektu, związanego z europejskim systemem wspomagającym SBAS – EGNOS „HEDGE (Helicopters Deploy GNSS in Europe)”, w ramach **FP7-GALILEO-2007-GSA-1**. Podkreślić należy, że wszystkie przedsięwzięcia realizowane w lotnictwie to jedna wielka układanka, w której poszczególne elementy muszą być ze sobą ściśle połączone, aby mogły precyzyjnie funkcjonować. Natomiast do podejmowania projektów – implementowania systemów zmusza rozwój naukowo – techniczny oraz coraz bardziej nowoczesne pokładowe wyposażenie lotnicze.



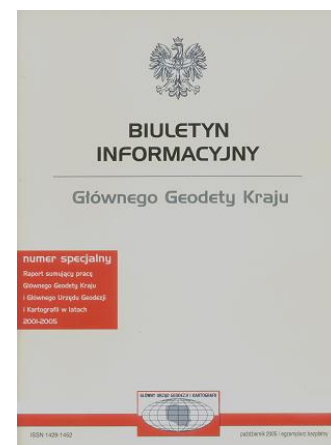
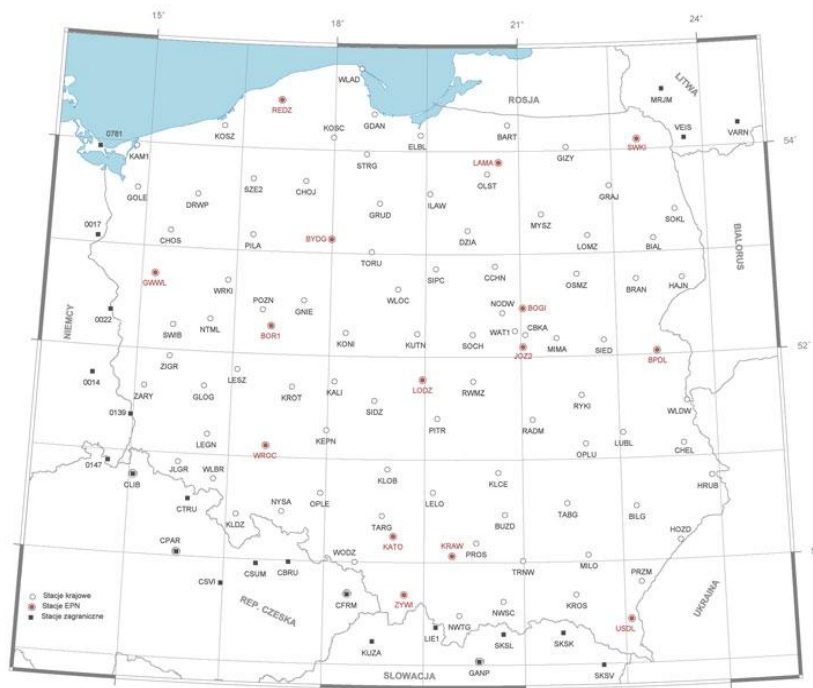
Rys. 1. Integracja systemów w zastosowaniach lotniczych: GNSS, SPAN, EUPOS, GIS.

Zasadne jest podanie, że podejmując zagadnienia związane z GNSS, należy je rozpatrywać interdyscyplinarnie, gdyż wynika to z intermodalności transportu. W perspektywie zakładanych programach międzynarodowych, lotniska powinny stanowić intermodalny węzeł



komunikacyjny (kolejowy, powietrzny, drogowy). Z tego wynika, że GNSS funkcjonuje w ścisłym powiązaniu z innymi technikami i technologiami (rys. 1):

- **System EUPOS** jest już operacyjny – dostępny (rys.2). Szkoda tylko, że obserwowane jest stosunkowo małe zainteresowanie tym systemem, chociaż jego możliwości są ogromne. Okazuje się, że rozwijana od 2002 r. Europejska Sieć Wielofunkcyjnych Stacji Referencyjnych GNSS (European Network of Multifunctional Reference Stations – EUPOS), z założenia stanowi część systemu międzynarodowego sieci stacji (IGS):
  - ❖ stacje permanentne działają jako wielofunkcyjne stacje odniesienia DGNSS;
  - ❖ przeciętna odległość pomiędzy stacjami wynosi około 70 km (większa gęstość w aglomeracjach miejskich);
  - ❖ współrzędne stacji są określane z wysoką precyzją (ETRS' 89, konwencjonalne geodezyjne systemy odniesienia);
  - ❖ sieć stacji stosuje jako podstawowy standard sygnały GPS aż do osiągnięcia operacyjności przez system Galileo;
  - ❖ wysoką jakość geodezyjną systemu GNSS zapewnią odbiorniki dwuczęstotliwościowe, znajdujące się w stacjach odniesienia sieci EUPOS.



Rys. 2. Rozmieszczenie stacji systemu ASG EUPOS (źródło: <http://www.asgeupos.pl>) oraz nadzorujący pracę polskiego segmentu GUGiK (część stacji posiada dodatkowe wyposażenie: GLO (GPS/GLONASS), MET (meteorologiczne zestawy pomiarowe), EPN (europejska), IGS (międzynarodowa).

Podkreślić należy, że związania przyjęte w systemie dają możliwość korzystania z niego także użytkownikom nie posiadającym kosztownej aparatury pomiarowej, a wyposażonym przykładowo w prosty odbiornik turystyczny GPS. Poszczególne serwisy świadczone przez

system ASG-EUPOS mogą być wykorzystane zarówno przez jedno, jak i dwuczęstotliwościowe odbiorniki GPS wyposażone w moduł komunikacyjny.

Polski podsystem wielofunkcyjnych, permanentnych stacji referencyjnych precyzyjnego pozycjonowania satelitarnego (ASG-EUPOS) zawiera 3 zasadnicze segmenty:

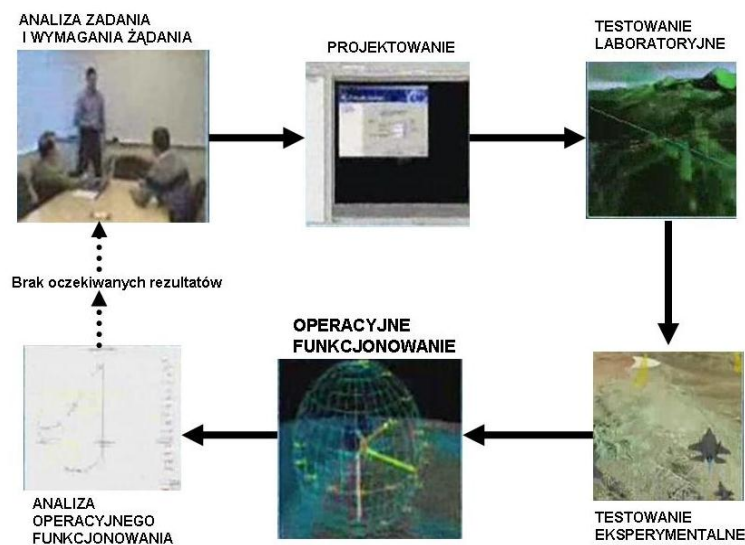
- ❖ odbiorczy (równomiernie rozłożone na obszarze Polski stacje referencyjne z modułami GPS oraz GPS/GLONASS);
- ❖ obliczeniowy (przetwarza automatycznie otrzymane dane ze stacji referencyjnych, wylicza poprawki korekcyjne dla poszczególnych serwisów i poprzez Internet, GPRS, dostarcza do użytkowników, nadzoruje ciągłość obserwacji satelitarnych, testuje poprawności działania systemu oraz kontroluje stałość punktów definiujących układ odniesienia);
- ❖ użytkownika.

W zależności od potrzeb użytkownika istnieje możliwość korzystania z następujących serwisów:

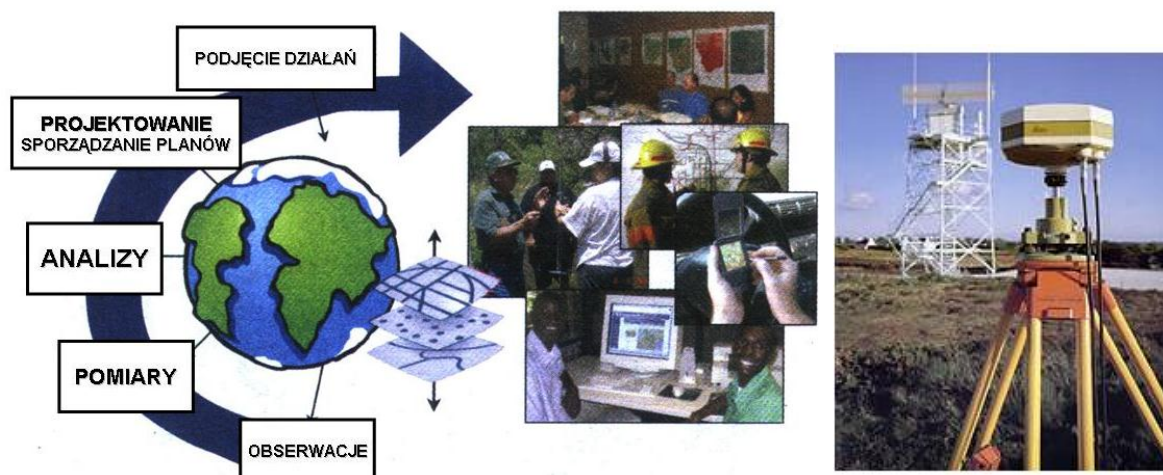
- ❖ **KODGIS** (emitowane dane korekcyjne RTCM w czasie rzeczywistym, z wybranej stacji referencyjnej, umożliwiają prowadzenie pomiarów i nawigacji z dokładnością do 0,25 m);
  - ❖ **NAWGEO** (emitowane dane korekcyjne RTCM, RTK, VRS, FKP w czasie rzeczywistym z wybranej lub wygenerowanej wirtualnej stacji referencyjnej, umożliwiają prowadzenie pomiarów i nawigacji z dokładnością: poniżej 0,03 m w poziomie oraz 0,05m w pionie);
  - ❖ **NAWGIS** (emitowane dane korekcyjne RTCM w czasie rzeczywistym, z wybranej stacji referencyjnej, umożliwiają prowadzenie pomiarów i nawigacji z dokładnością do 1,0 m);
  - ❖ **POZGEO** (przeznaczony jest do obliczeń w trybie postprocessingu obserwacji GNSS wykonywanych metoda statyczną. Do obliczeń wykorzystywane są obserwacje fazowe z odbiorników jedno i dwuczęstotliwościowych, przekonwertowane do ustalonego formatu danych obserwacyjnych);
  - ❖ **POZGEO D** (udostępnia dane obserwacyjne do samodzielnych obliczeń w trybie postprocessingu i umożliwia uzyskanie dokładności na poziomie 0.1 m dla odbiorników L1 oraz 0.01 m dla odbiorników L1/L2. Użytkownik po zakończeniu pomiaru oraz sesji pomiarowych na stacjach referencyjnych może pobrać poprzez stronę internetową pliki obserwacyjne dla wybranych lub wirtualnych stacji referencyjnych do indywidualnego opracowywania danych).
- **Systemy Informacji Geograficznej (GIS, SIP)**, szerokie zastosowanie dzięki fotogrametrii cyfrowej (softcopy photogrammetry) do automatycznego generowania

numerycznego modelu terenu (NMT) i tworzenia ortofotomap (przechowywanych w komputerowych nośnikach informacji).

Użytkownik może w łatwy sposób gromadzić te dane, zarządzać nimi i wykorzystywać do różnych celów. Rozwój fotogrametrii cyfrowej sprawił, że techniki fotogrametryczne są ściślej zintegrowane z teledetekcją i GIS. Zasadne jest podanie, że proces fotogrametryczny obejmuje trzy podstawowe etapy: pozyskiwanie obrazu, przetworzenie fotogrametryczne, opracowanie produktu. Toteż stosowany jest algorytm dotyczący przetwarzania geodanych, interpretacji i analiz przestrzennych oraz fotorealistycznej wizualizacji terenu w oparciu o dostępne systemy geograficznej informacji o terenie (rys. 3) oraz standardowa procedura pozyskania danych (rys. 4). Podkreślić należy, że w lotnictwie niemożliwe jest obecnie przygotowanie procedur podejścia i lądowania w oparciu o techniki i technologie satelitarne bez numerycznego modelu terenu (wykazał to dobitnie finalizowany przez PAŻP projekt HEDGE). Pomiarowe problemy związane są z tym, że: lotniska lokalizowane są na terenach zurbanizowanych, konieczność pomiarów punktów na lotnisku oraz w ściśle określonym promieniu wokół niego, trudne do pomiaru obiekty i przeszkody lotnicze, duży obszar pomiarów (podejścia do lądowania, strefy lotnisk), przeliczanie pomiarów.



Rys. 3. Standardowa procedura od analizy zadania do operacyjnego zastosowania (na podstawie AGI)



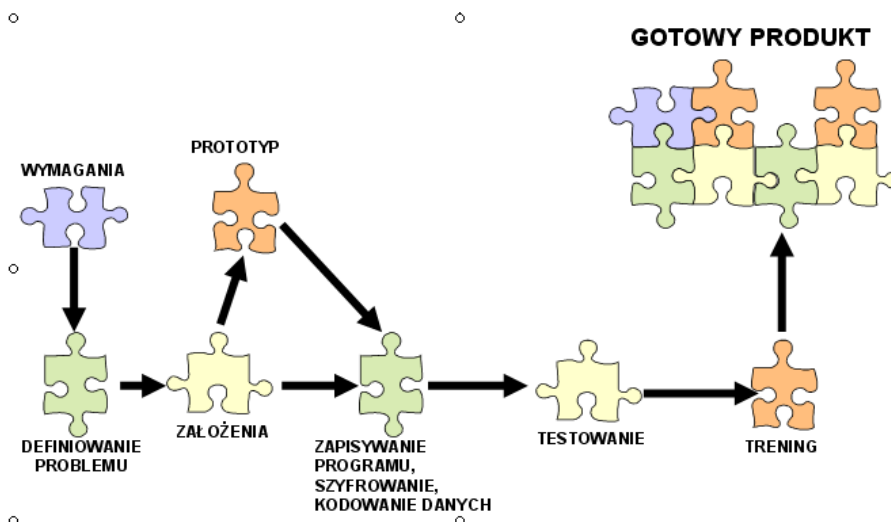
Rys. 4. Standardowa procedura od przeprowadzenia obserwacji, poprzez pomiary, analizy projektowanie do podjęcia działań, z uwzględnieniem GIS (źródło: ESRI).

Warto zwrócić uwagę, że trwają obecnie badania testowe, w ramach systemu APALS, związane z podejściem do lądowania w oparciu o zastosowanie anteny radaru pogodowego. W tym przypadku zostaje ona skierowana poziomo (w dół) i pomaga w weryfikacji pokładowej informację numerycznej o terenie z uzyskanym obrazem rzeczywistym.

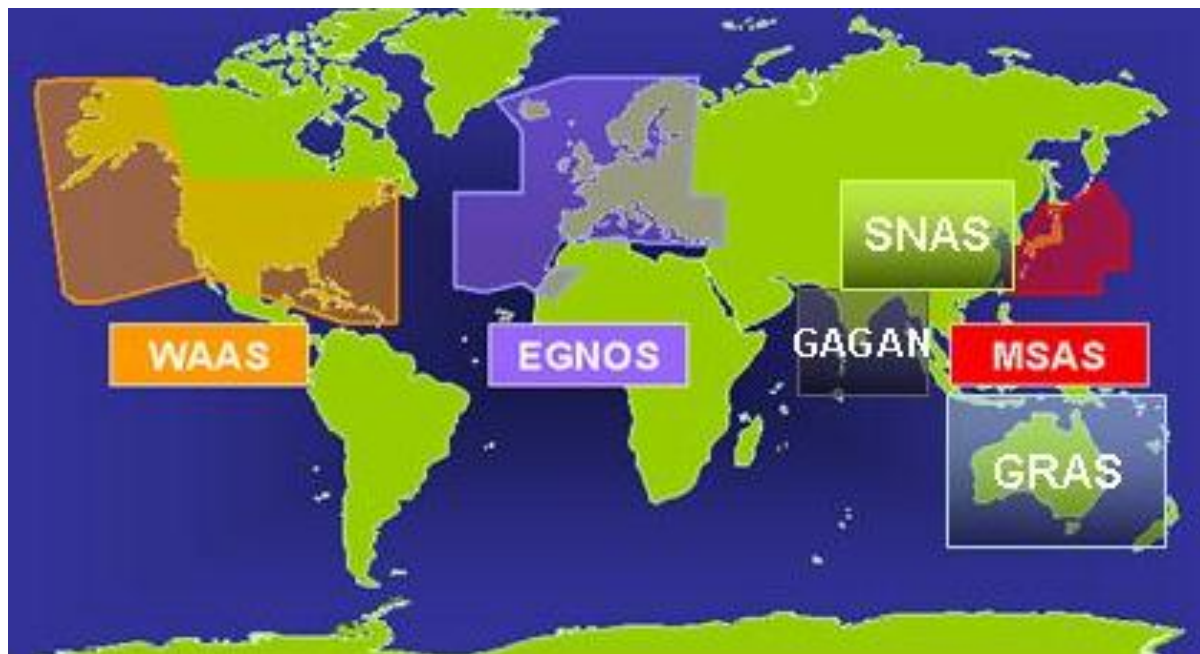
- **SPAN (GPS plus INS)** – zaprezentowana została w numerze 6/2010 „Biuletynu wewnętrznego PAŻP” i nie wymaga szerszego obecnie wyjaśnienia.
- **GNSS (Global Navigation Satellite System)** – stanowi kontynuację opracowanego (po pojawieniu się dwóch systemów: GPS i GLONASS) w 1995r. Europejskiego Programu Nawigacji Satelitarnej (European Satellite Navigation Action Programme - ESNAP). Pierwszy etap tzw. GNSS-1, zakładał konstrukcję europejskiego, cywilnego, satelitarnego systemu wspomagającego EGNOS (**E**uropean **G**eostationary **N**avigation **O**verlay **S**ervice), korzystającego z sygnałów GPS, GLONASS.

Jednak życie zweryfikowało założenia, a możliwości rozwoju gospodarki i korzyści wynikające z realizacji programu ESNAP spowodowały, że nastąpiło połączenie wysiłków: Komisji Europejskiej, Europejskiej Agencji Kosmicznej (ESA), Europejskiej Organizacji do spraw Bezpieczeństwa Nawigacji Powietrznej (EUROCONTROL) i zainicjowano prace nad wspólnym programem i w efekcie zrealizowano testową wersję systemu ESTB (EGNOS System Test Bed), która w 2000 roku rozpoczęła transmisje sygnałów nawigacyjnych (rys. 5). Jednocześnie założono, że systemu EGNOS będzie elementem niezależnego, w pełni kompatybilnego z militarnymi GPS i GLONASS, globalnego i cywilnego systemu nawigacji satelitarnej o nazwie Galileo. Stąd też system EGNOS stanowi „nakładkę ulepszającą” (z ang. overlay augmentation) na GPS i GLONASS. Zwiększając dokładność, dostępność, ciągłość i wiarygodność działania tych systemów, umożliwia bardzo szerokiego zastosowanie. Spełnia wymagania transportu lotniczego, morskiego i lądowego. Należy do kompatybilnej grupy

systemów wspomagania satelitarnego SBAS (Satellite Based Augmentation System) takich jak np. amerykański WAAS (Wide Area Augmentation System) czy japoński MSAS (Multifunctional Satellite Based Augmentation System) i inne (rys. 6). Pomimo, że są to systemy regionalne to odpowiadają międzynarodowym standardom MOPS (Minimum Operational Performance Standards) a to oznacza, że odbiorniki mogą korzystać z sygnałów niezależnie od systemu, który je emituje.



Rys. 5. Algorytm przeprowadzania symulatorowych testów laboratoryjnych zintegrowanego systemu GPS/INS/GIS



Rys. 6. Rozwijane systemy SBAS: WAAS (USA /FAA), MSAS (Japonia), SNAS (Chiny), EGNOS (Europa), GAGAN (Indie), GRAS (Australia)

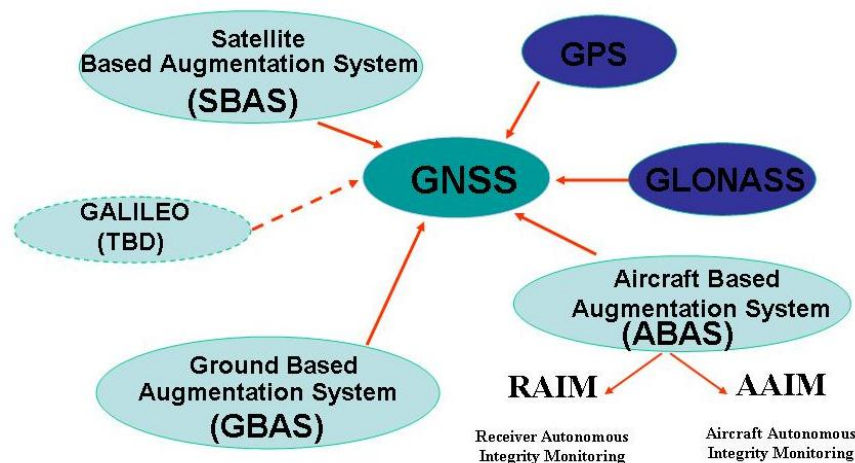
Podkreślić należy, że system GNSS nie jest jednorodny, ale pod tym pojęciem rozumieć należy kilka elementów składowych (rys. 7):

a) standardowe systemy satelitarne:

- amerykański wojskowy – GPS;
- rosyjski wojskowy – GLONASS;
- cywilny - GALILEO

b) systemy wspomagające (funkcjonujące konstelacje satelitarne nie zapewniają spełnienia wymagań lotnictwa związanych z wiarygodnością, dokładnością, dostępnością, ciągłością sygnału w różnych fazach lotu):

- **ABAS** - technika przetwarzania sygnałów awioniki lub integracji awioniki na pokładzie statku powietrznego;
- **SBAS** – wykorzystuje naziemne stacje monitorujące dla weryfikacji ważności sygnałów satelitarnych i wylicza dane korekcyjne, aby poprawić dokładność a następnie dostarcza te informacje poprzez satelitę geostacjonarną – GEO;
- **GBAS** - wykorzystuje naziemne stacje monitorujące dla weryfikacji ważności sygnałów satelitarnych i wylicza dane korekcyjne, aby poprawić dokładność a następnie dostarcza te informacje poprzez stacje naziemne w paśmie VHF - VDB.



Rys. 7. Schemat pojęcia GNSS

W prezentowanych materiałach przedstawiony został zarys wybranych zagadnień dotyczących GNSS, w świetle międzynarodowych uwarunkowań prawno – technicznych. Jednocześnie wykazano niezbicie, że cały ciężar implementacji technik i technologii w lotnictwie wzięła na siebie PAŻP. Jest to bardzo trudne i odpowiedzialne zadanie, ale konieczne. Stąd też obserwuje się aktywne uczestnictwo w międzynarodowych przedsięwzięciach, podejmowane są projekty, dzięki którym zapewniony jest stały dostęp do nowoczesnych lotniczych technologii, możliwe jest przeprowadzanie lotów technicznych i testowych a w efekcie doprowadzenie do uzyskania pożądanych certyfikatów w naszym kraju. PAŻP realizuje projekt, związany z europejskim systemem wspomagającym SBAS –

EGNOS „HEDGE (Helicopters Deploy GNSS in Europe)”, w ramach **FP7-GALILEO-2007-GSA-1**.



Rys. 8. „Układanka lotnicza” oraz schemat pokładowych systemów współczesnego statku powietrznego

*Profesor Andrzej Fellner*

*Opracowanie redakcyjne: Piotr Szmit*