

## EUROPEJSKI SYSTEM SATELITARNY DETERMINUJĄCY MULTIMODALNOŚĆ TRANSPORTU

### Streszczenie

Artykuł ma charakter przeglądowy i opisuje wpływ europejskich nawigacyjnych systemów satelitarnych (EGNOS, Galileo) na funkcjonowanie i rozwój transportu multimodalnego. Przedstawia ramy polityczne i prawne, kluczowe dokumenty i strategie warunkujące stosowanie GNSS jako narzędzia integracji środków transportu, wspomagania systemów transportowych, standardów, metod analiz, monitorowania ich parametrów, a w efekcie - tworzenia miejsc pracy i zwiększenia europejskiej konkurencyjności w transporcie. Autorzy podjęli próbę spojrzenia na problematykę w szerszym kontekście, dlatego dokonano klasyfikacji światowych nawigacyjnych systemów satelitarnych, a do analizy włączono satelitarne systemy informacji przestrzennych oraz sieci stacji różnicowych. Opisano europejską tendencję do interdyscyplinarnych badań i integracji przedsięwzięć badawczo-rozwojowych wykorzystujących GNSS na przykładzie czterech segmentów transportu: lotniczego, drogowego, morskiego i kolejowego. Scharakteryzowano także sposoby wykorzystywania przez te branże GNSS.

### WSTĘP

Transport odgrywa kluczową rolę w modernizowaniu jednolitego rynku Unii Europejskiej, stanowi także podstawę europejskiego procesu integracji. W ostatnich latach zauważyć można wzmożone zainteresowanie transportem multimodalnym, w którym przewóz osób lub towarów odbywa się przy użyciu dwóch lub więcej rodzajów transportu [18]. Immanentną jego częścią jest interoperacyjność, czyli zdolność infrastruktury danego rodzaju transportu (wraz ze wszelkimi warunkami regulacyjnymi, technicznymi i eksploatacyjnymi) do umożliwiania bezpiecznych i nieprzerwanych przepływów ruchu, które spełniają wymagane osiągi dla tej infrastruktury lub tego rodzaju transportu [18]. Prace Komisji Europejskiej (Dyrekcji Generalnej ds. Transportu i Mobilności oraz Dyrekcji Generalnej ds. Gospodarki Morskiej i Rybołówstwa) Parlamentu Europejskiego (Komisja Transportu i Turystyki oraz Komisja Ochrony Środowiska Naturalnego, Komisja Przemysłu, Badań Naukowych i Energii), unijnych organów doradczych i agencji dążą do utworzenia jednolitego europejskiego obszaru transportu [1] składającego się z:

- jednolitego europejskiego obszaru kolejowego,
- Jednolitego Europejskiego Nieba (Single European Sky - SES) i Wspólnego Obszaru Lotniczego (European Common Aviation Area - ECAA),
- „niebieskiego pasa” na morzach wokół Europy,
- Transeuropejskiej Sieci Transportowej (Trans-European Transport Networks - TEN-T).

Usunięcie barier technicznych, administracyjnych i prawnych, uproszczenie procedur, harmonizacja przepisów ustawowych, wykonawczych i administracyjnych oraz upowszechnienie najlepszych praktyk ma doprowadzić do:

- wzrostu konkurencyjności,
- obniżenia kosztów,
- polepszenia komfortu podróży,
- intensyfikacji wymiany handlowej,
- wyeliminowania wąskich gardeł i zatorów komunikacyjnych,
- większego wyboru środków transportu,
- upowszechnienia ekologicznych technologii i zmniejszenia emisji szkodliwych gazów,
- wzrostu bezpieczeństwa.

Należy zwrócić uwagę, iż coraz częściej kryteria stawiane transportowi multimodalnemu (w tym w zakresie bezpieczeństwa) analizuje się łącznie, wiążąc wszystkie rodzaje transportu [2]. W celu ujednoczenia wymagań w zakresie bezpieczeństwa transportu na poziomie krajowym, w Katedrze Technologii Lotniczych Politechniki Śląskiej podjęto prace badawcze nad Platformą Bezpieczeństwa Transportu Polski. Ma ona na celu umożliwienie wymiany informacji w zakresie bezpieczeństwa dla różnych gałęzi transportu, oraz opracowanie systemu dobrych praktyk dających możliwość poprawy bezpieczeństwa transportu Polski. Podjęte prace wpisują się w europejską tendencję do interdyscyplinarnych badań i integracji przedsięwzięć badawczo-rozwojowych w obszarze transportu. Uczestniczą w nich przedstawiciele ośrodków akademickich, przemysłu, a na szeroką skalę stosowane są w nim systemy satelitarne. Przykładem występującej tendencji jest także zachowanie międzynarodowych pozarządowych i międzyrządowych organizacji, których działania w ramach własnej specjalizacji skupiają się już nie tylko wokół jednego środka transportu, ale również integracji jego dwóch rodzajów. Świadczą o tym prace Międzynarodowego Związku Transportu Kombinowanego Kolejowo-Drogowego oraz Międzynarodowej Organizacji Lotnictwa i Kolei.

Tab. 1. Wybrane projekty badawcze wykorzystujące GNSS i finansowane w 7. Programie Ramowym [10]

Rodzaj transportu	Transport kolejowy	Transport drogowy	Transport morski	Transport lotniczy
Projekty badawcze	GRAIL, GaLo-ROI, SATLOC, NGTC	GAIN, FOSTER ITS, SAFETRIP, TRACKBOCS	ARIADNA, COSMEMOS, SpyGLASS	SHERPA [9], FiIGAPP, GABRIEL

Nie ulega wątpliwości, że multimodalność transportu jest i będzie oparta na europejskich systemach satelitarnych. A zatem stanowią one doskonały punkt wyjścia do integracji i wspomagania systemów transportowych, standardów, metod analiz, monitorowania ich parametrów. Bardzo dobrze obrazują to działania unijnych organów.

Znaczenie globalnych systemów nawigacji satelitarnej w transporcie dostrzegła w 2006 r. Komisja Europejska publikując tzw. „Zieloną Księgę”. Zainicjowała ona dyskusję „na temat tego, co może zrobić sektor publiczny, aby stworzyć odpowiednie ramy

polityczne i prawne w celu wspierania rozwoju zastosowań nawigacji satelitarnej, poza wsparciem finansowym badań i tworzeniem infrastruktury” [26]. Dyskusja zakończyła się w 2010 r. przyjęciem „Planu działania w sprawie zastosowań globalnego systemu nawigacji satelitarnej” [11]. W następnym roku prace podjął Parlament Europejski publikując w tej sprawie rezolucję. Zaznaczył w niej, że GNSS jest nie tylko środkiem do integracji środków transportu, tworzenia miejsc pracy i zwiększenia europejskiej konkurencyjności, ale także „będzie odgrywał zasadniczą rolę we wspomaganii i promowaniu wykorzystywania inteligentnych systemów transportowych (ITS)” [15]. Nacisk organów UE na rozwój GNSS potwierdzają również badania finansowane ze środków Unii Europejskiej – zwłaszcza z 7. Programu Ramowego..

niu, badaniom naukowym, teledatce, fotografii, oceanografii czy sporcie i rekreacji. Są wykorzystywane do określania czasu i synchronizacji, nawigacji, podczas akcji poszukiwawczo-ratowniczych, w budowie aplikacji mobilnych, internetu rzeczy, inteligentnych miast. Według prognoz Europejskiej Agencji GNSS (European GNSS Agency - GSA) liczba urządzeń wykorzystujących GNSS wzrośnie z 3,6 mld w 2014 r. do ponad 7 mld w 2019 r. Tylko w Unii Europejskiej wzrost będzie równie imponujący - z 0,5 mld do ponad miliarda urządzeń w 2022 r.[7]

Bez względu na wybrany przez pasażera czy dostawcę środek transportu, ten musi stosować te same systemy satelitarne i urządzenia. A zatem muszą one być kompatybilne oraz spełniać wymagania dotyczące:

**Tab. 2. Międzynarodowe organizacje pozarządowe oraz międzyrządowe działające na rzecz transportu**

Transport morski	Transport drogowy	Transport lotniczy	Transport kolejowy
Międzynarodowa Organizacja Morska (International Maritime Organisation – IMO)	Międzynarodowa Unia Transportu Drogowego (International Road Transport Union – IRU)	Organizacja Międzynarodowego Lotnictwa Cywilnego (International Civil Aviation Organization – ICAO)	Międzynarodowa Unia Kolejowa (International Union of Railways – UIC)
Europejska Agencja Bezpieczeństwa Morskiego (European Maritime Safety Agency - EMSA)	Europejskie Obserwatorium Bezpieczeństwa Ruchu Drogowego (European Road Safety Observatory - ERSO)	Europejska Konferencja Lotnictwa Cywilnego (European Civil Aviation Conference ECAC – ECAC)	Europejska Agencja Kolejowa (European Railway Agency - ERA)
Międzynarodowe Stowarzyszenie Sygnalizacji Morskiej (International Association of Lighthouse Authorities - IALA)	Konfederacja Organizacji Kontroli w Transporcie Drogowym (Confederation of Organisations in Road Transport Enforcement - CORTE)	Europejska Organizacja ds. Bezpieczeństwa Żeglugi Powietrznej (European Organization for the safety of air navigation - Eurocontrol)	Europejskie Stowarzyszenie Przemysłu Kolejowego (Union des Industries Ferroviaires Européennes – UNIFE)
Międzynarodowe Zrzeszenie Towarzystw Klasyfikacyjnych (International Association of Classification Societies – IACS)	Międzynarodowa Federacja Drogowa (International Road Federation – IRF)	Europejska Agencja Bezpieczeństwa Lotniczego (European Aviation Safety Agency - EASA)	Europejscy Zarządcy Infrastruktury Kolejowej (European Rail Infrastructure Managers - EIM)
International Navigation Association (International Navigation Association/World Association for Waterborne Transport Infrastructure – IANU)	Euro Contrôle Route	Międzynarodowe Zrzeszenie Przewoźników Powietrznych (International Air Transport Association- IATA)	Organizacja Współpracy Kolei (Organisation for Co-operation between Railways - OSJD)
Międzynarodowy Związek Transportu Kombinowanego Kolejowo-Drogowego (International Union of Combined Road-Rail Transport Companies - UIRR)		Międzynarodowa Organizacja Lotnictwa i Kolei (International Air Rail Organisation - IARO)	
Międzynarodowe Forum Transportowe (International Transport Forum – ITF)			

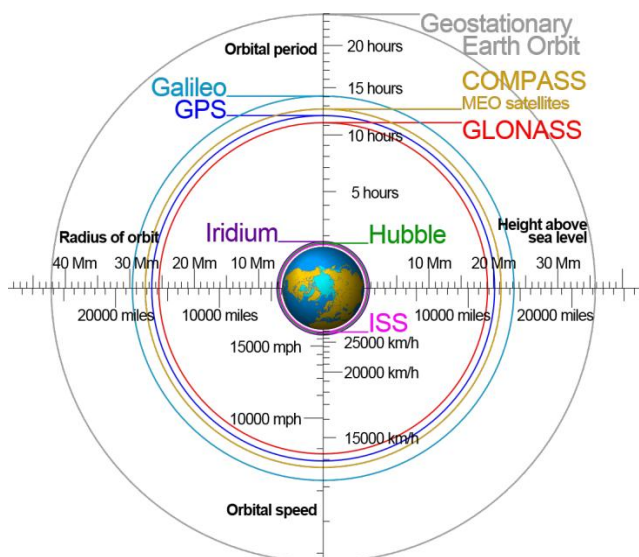
**Tab. 3. Klasyfikacja światowych nawigacyjnych systemów satelitarnych**

Światowy Nawigacyjny System Satelitarny (GNSS)			
SBAS (Satellite-Based Augmentation System - Satelitarny System Wspomagania)	GBAS (Ground-Based Augmentation System - System Naziemnych Stacji Różnicowych)	ABAS (Airborne Based Augmentation System - Pokładowy System Wspomagania)	NS (Navigation Systems – Systemy Nawigacji)
EGNOS (Europa)	LAAS (USA)	RAIM, Baro-RAIM, AAIM	GPS (Global Positioning System)
WAAS (Ameryka Północna)			GLONASS (GLObal NAVigation Satellite System)
GAGAN (Indie)			BeiDou (Běidǒu wèixìng dǎoháng xìtǒng)
MSAS (Japonia)			Galileo (European global navigation satellite system)
Ground-based Regional Augmentation System (Australia)			

## 1. CHAREKTERYSTYKA

Terminem światowy (globalny) nawigacyjny system satelitarny (Global Navigation Satellite System - GNSS) przyjęło się nazywać zbiór satelitarnych systemów radionawigacyjnych oraz ich infrastrukturę do określania pozycji, prędkości i czasu poprzez przesyłanie i przetwarzanie sygnałów z satelitów w przestrzeni. Wśród nich należy wymienić: GPS, GLONASS, WAAS, GALILEO, BeiDou (COMPASS), a także przeróżnych systemów ich wspomaganie. Systemy satelitarne znajdują zastosowanie w wielu sektorach gospodarki: od rolnictwa, przez transport, logistykę i telekomunikację, po energetykę. Towarzyszą niemal każdemu segmentowi handlu i usług: geodezji i kartografii, turystyce, geomarketingowi, mapowa-

1. dostępności (availability) – definiowanej jako procent czasu, w którym minimalna liczba satelitów jest w stanie określić położenie użytkownika i przesać sygnał,
2. dokładności (accuracy) – definiowanej jako różnica między położeniem faktycznym, rzeczywistym a wyliczonym, oszacowanym,
3. ciągłości (continuity) – definiowanej jako zdolność do zapewnienia wymaganej skuteczności nieprzerwanie od początku operacji,
4. wiarygodności, integralności (integrity) – definiowanej jako miara zaufania i zdolność dostarczania użytkownikowi ostrzeżeń o niewłaściwym funkcjonowaniu.



**Rys. 1.** Zestawienie orbit satelitów systemów: GPS, GLONASS, GALILEO, BeiDou (COMPASS), Iridium oraz Międzynarodowej Stacji Kosmicznej i Teleskopu Hubble'a [14].

## 1.1. GPS

Globalny System Pozycjonowania (Global Positioning System – GPS) to amerykański wojskowy system geolokalizacji satelitarnej. Od 1995 r. system jest w pełni operacyjny. Zgodnie z doktryną wojskową USA, amerykańska armia może używać systemu w dowolnym momencie i obszarze poprzez intensywne zakłócanie odpowiednich częstotliwości. Te używane przez wojsko są tak dobrane, aby nie podlegały zakłócaniu poprzez rozmyślnie wprowadzone błędy w sygnałach, znane jako SA (Selective Availability) i AS (Anti-Spoofing). Usunięcie wpływu SA i AS odbywa się na drodze udostępniania przez USA autoryzowanym użytkownikom modułów kryptograficznych. Jedynie 32 kraje (w tym 17 państw NATO) zostały uprawnione do odbioru precyzyjnego sygnału pozycjonującego (PPS). Inne podmioty nie mają możliwości używania wojskowych odbiorników GPS [27].

## 1.2. EGNOS

Europejski Satelitarny System Wspomagania (European Geostationary Navigation Overlay Service - EGNOS) został opracowany, aby poprawić wiarygodność i dokładność (nawet 10-krotnie) sygnałów emitowanych przez istniejące globalne systemy nawigacji satelitarnej takie, jak GPS (system de facto wojskowy) czy Glonass. Wdrożenie EGNOS okazało się również konieczne (i szybsze) w obliczu opóźnień w budowie Galileo, głównego przedsięwzięcia w ramach europejskiej polityki kosmicznej. 1 października 2009 r. Komisja Europejska ogłosiła pełną operacyjność darmowej i powszechnie dostępnej usługi EGNOS Open Service. Współcześnie w pełni operacyjne są dwa systemy: GPS oraz EGNOS

## 1.3. Galileo

Galileo jest globalnym, cywilnym systemem nawigacji satelitarnej tworzonym przez Unię Europejską i w pełni niezależnym od innych obecnych i przyszłych systemów GNSS. Ma zapewnić wysokiej jakości sygnał i usługi na całej kuli ziemskiej, w tym w rejonach o słabej naziemnej infrastrukturze satelitarnej. System będzie mógł zostać wykorzystany na lotniskach i portach lotniczych, sieciach kolejowych, systemach transportu publicznego. Będzie oferował trzy rodzaje dostępu [22]:

- otwarty (Open Service) - bezpłatny dostęp do podstawowego serwisu nawigacyjnego i sygnału czasu dla wszystkich użytkowników;

- komercyjny (Commercial) – płatny dostęp do precyzyjniejszego sygnału dedykowany przedsiębiorstwom;
- regulowany (Public Regulated Service) - z serwisem szyfrowanym przeznaczonym dla służb porządku publicznego oraz służb ratowniczych;
- bezpieczeństwa życia (Safety of life) – dedykowany m.in. lotnictwu;
- ratunkowy (Search and Rescue Service) - obsługujący sygnały SOS i zintegrowany z międzynarodowym satelitarnym systemem ratownictwa morskiego i powietrznego COSPAS-SARSAT.

Galileo składa się z konstelacji satelitów umieszczonych na średniej orbicie okołoziemskiej (Medium Earth Orbit - MEO) na wysokości 23 000 km oraz powiązanej infrastruktury naziemnej. Architekturę systemu tworzą dwa komponenty: naziemny - obejmujący sieć stacji i centrów kontroli satelitarnej; kosmiczny - składający się docelowo z 30 satelitów (obecnie na orbicie MEO jest 10 satelitów). Pierwszy satelita testowy GALILEO został wystrzelony w 2005 r. Do 2020 r. system ma być operacyjny.

Programy GALILEO i EGNOS stanowią narzędzie polityki przemysłowej i wpisują się w ramy strategii „Europa 2020”. Szacuje się, że w latach 2014-2034 aplikacje, produkty i usługi wykorzystujące systemy GALILEO oraz EGNOS przyniosą unijnej gospodarce skumulowaną wartość ok. 130 mld euro [19].

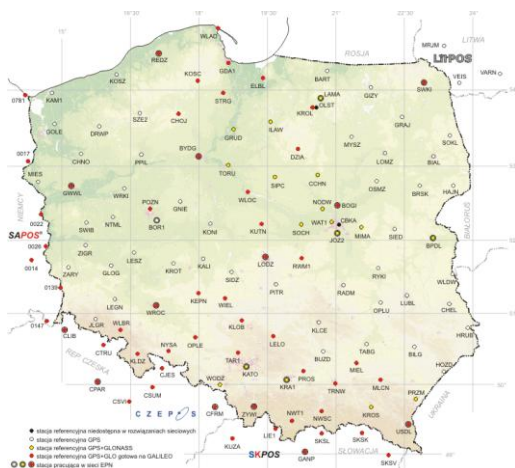
## 2. ASG EUPOS

Elementami wspomagającymi funkcjonowanie transportu są oparte na systemach satelitarnych systemy informacji przestrzennych oraz sieci stacji różnicowych.

### 2.1. ASG EUPOS

ASG-EUPOS (Aktywna Sieć Geodezyjna Europejskiego Systemu Określenia Pozycji - European Position Determination System) jest uruchomioną w 2008 r. ogólnopolską siecią 126 stacji referencyjnych, systemem naziemnych stacji różnicowych (GBAS) działającą 24 godziny na dobę przez 7 dni w tygodniu. Zarządza nim Główny Urząd Geodezji i Kartografii (GUGiK) [16]. Średnia odległość pomiędzy stacjami wynosi 70 km, a do sieci stacji referencyjnych włączono istniejące stacje EPN i IGS. Współrzędne stacji wyznaczono w systemie ETRS89 (European Terrestrial Reference System 1989) oraz układach państwowych. Miejsca zainstalowania stacji referencyjnych wybrano natomiast tak, aby zapewnić dogodne warunki obserwacji satelitów GNSS. Stacje referencyjne systemu ASG-EUPOS wchodzi w skład podstawowej fundamentalnej osnowy poziomej oraz podstawowej bazowej osnowy poziomej [13]. Za pomocą usług teleinformatycznych możliwe jest udostępnianie danych podstawowej osnowy geodezyjnej systemu ASG-EUPOS. Od 12.07.2014 r. dane oraz usługi systemu są udostępniane odpłatnie [23]. System ASG-EUPOS jest wykorzystywany do wykonywania na terenie całego kraju pomiarów sytuacyjnych i wysokościowych metodą precyzyjnego pozycjonowania przy pomocy GNSS [17]. Jak wspomniano ASG-EUPOS składa się z 126 stacji referencyjnych:

- 84 stacji zarządzanych przez GUGiK, a administrowane z CZ ASG-EUPOS ,
- 16 stacji stowarzyszonych administrowanych przez właścicieli stacji,
- 26 stacji zagranicznych położonych w strefie przygranicznej, działających w ramach systemu EUPOS.



Rys. 2. Stacje ASG-EUPOS [9].

Dostępne serwisy ASG-EUPOS oraz dokładności (podano w nawiasach) przedstawia poniższa tabela.

Tab. 4. Dostępne serwisy ASG-EUPOS

Czas rzeczywisty - pomiary DGNSS/RTK/RTN w odniesieniu do stacji referencyjnych	Postprocessing - obliczenia po powrocie z pomiarów w terenie
NAWGEO (0,03-0,05 m)	POZGEO (0,01-0,1 m)
KODGIS (0,2-0,5 m)	POZGEO D (0,01-0,1 m)
NAWGIS (1-3 m)	POZGEO DF (0,01-0,1 m)

W 2011 r. Polska Agencja Żeglugi Powietrznej podpisała umowę z GUGiK umożliwiającą PAŻP nieodpłatne wykorzystanie geodezyjnej sieci stacji referencyjnych ASG-EUPOS do monitorowania stanu systemu GPS. GUGiK jest zobowiązany rejestrować i przechowywać obserwacje GPS ze stacji referencyjnych przez okres co najmniej 4 tygodni.

## 2.2. GIS

System Informacji Geograficznej (Geographic Information Systems - GIS) to system pozyskiwania, przetwarzania, weryfikowania, integrowania, manipulowania, analizowania i prezentacji danych, które są przestrzennie odniesione do Ziemi. Obejmuje on zazwyczaj bazę danych przestrzennych oraz odpowiednie oprogramowanie [6].

## 3. PRERSPEKTYWY EUPOS

W niniejszym podrozdziale omówione zostaną wymagania sygnału oraz zastosowania GNSS w czterech podstawowych rodzajach transportu: kolejowym, drogowym, lotniczym oraz morskim. Dla każdego rodzaju transportu obowiązują inne standardy parametrów sygnału satelitarne i usług, co zobrazowana w tabelach 5-8.

### 3.1. Transport kolejowy

Transport kolejowy wykorzystuje GNSS w Europejskim Systemie Zarządzania Ruchem Kolejowym (European Rail Traffic Management System - ERTMS) oraz Europejskim Systemie Sterowania Pociągami (European Train Control System - ETCS). Ma to częściowy związek ze strategią UE mającą umożliwić przeniesienie transportu towarów z dróg na tory kolejowe. GNSS są również wykorzystywane w badaniach układu linii tramwajowych [21].

### 3.2. Transport drogowy

GNSS pozwala przede wszystkim dokładnie wyliczyć długość trasy, czas jej pokonania i potrzebny zapas paliwa. W 2010 r. 32% pojazdów na drogach UE było wyposażonych w urządzenia do nawigacji satelitarnej, co pozwalała na śledzenie ich pozycji [8].

W rezultacie przedsiębiorstwa zyskały cenne narzędzie do zarządzania flotą i zwiększania terminowości usług. Z kolei kierowca zyskał niezawodne narzędzie do zgłaszania kradzieży lub wypadku, który skraca czas potrzebny na pomoc. Zebrane doświadczenia, jak również wysuwane przez opinię publiczną i państwa członkowskie postulaty zmniejszenia liczby ofiar śmiertelnych wypadków drogowych, ograniczenia skutków obrażeń, obniżenia kosztów opieki zdrowotnej skłoniły UE do wdrożenia paneuropejskiego pokładowego systemu powiadamiania o wypadkach „eCall”. Od marca 2018 r., w ramach systemu „eCall” wszystkie nowe samochody osobowe i lekkie pojazdy dostawcze sprzedawane na terenie UE będą musiały posiadać zainstalowane urządzenie do automatycznego powiadamiania służb ratowniczych o wypadku [3].

Inny przykład wykorzystania GNSS w transporcie drogowym związany jest z faktem, że oparte na tym systemie usługi – np. poboru opłat – nie wymagają kapitałochłonnej infrastruktury. Co więcej, pozwalają zmniejszyć emisję szkodliwych gazów przez pojazdy. Dla przykładu w Holandii, drogowy system poboru opłat oparty na technologii satelitarnej przyczynił się do redukcji emisji CO<sub>2</sub> o 19%. Dlatego korzystanie z GNSS zaleca rozporządzenie w sprawie warunków transportu żywych zwierząt [20] oraz dyrektywa ws. interoperacyjności systemów elektronicznych opłat drogowych [5]. W tym ostatnim dokumencie stwierdzono, że „technologie te umożliwiają policzenie dużej liczby kilometrów z uwzględnieniem kategorii dróg, bez konieczności kosztownych inwestycji w infrastrukturę. Technologie te otwierają również możliwości związane z nowymi usługami w zakresie bezpieczeństwa i informacji dla podróżujących, takich jak automatyczny alarm uruchamiany przez pojazd uległy wypadkowi, wskazujący położenie pojazdu oraz informacje w czasie rzeczywistym dotyczące warunków ruchu drogowego, natężenia ruchu drogowego oraz czasu podróży”.

### 3.3. Transport lotniczy

Lotnictwo jest „pierwszą dziedziną zastosowania systemu EGNOS”. Do listopada 2015 r. w 120 portach lotniczych i lotniskach w 18 krajach zaprojektowano i wdrożono w sumie 202 podejścia do lądowania oparte na tym systemie. Systemy wykorzystujące GNSS, takie jak ILS czy GBAS, pozwalają na wykonywanie podejść do lądowania w warunkach słabej widoczności, a nawet – po spełnieniu pewnych wymagań – zerowej widoczności. Pod względem dokładności ILS dzieli się na następujące kategorie [4]:

- I kategoria (CAT I) – do podejścia precyzyjnego i lądowania z wysokością decyzji nie niższą niż 60m (200ft) nad wzniesieniem strefy przyziemia, widzialnością nie mniejszą niż 800m (2625ft) i RVR nie niższym niż 550 m (1804ft),
- II kategoria II (CAT II) – dla podejścia precyzyjnego i lądowania z wysokością decyzji nie mniejszą niż 30 m (100ft) i RVR co najmniej 350 m,
- III kategoria III (CAT III) podzielona jest na trzy podkategorie:
  - Kategoria III A – wysokość decyzji wynosi co najmniej 30m (100ft) nad wzniesieniem strefy przyziemia przy RVR nie niższym niż 200 m,
  - Kategoria III B – przy wysokości decyzji 15m (50ft) nad wzniesieniem strefy przyziemia i RVR co najmniej 50m,
  - Kategoria III C – brak wysokości decyzji i ograniczeń widzialności wzdłuż drogi startowej, lądowanie może się odbyć przy zerowej widoczności.

**Tab. 5.** Wymagane dokładności, czas do alarmu, dostępność oraz pokrycie DGPS dla potrzeb kolejnictwa

Zastosowanie kolejowe	Dokładność ( $2\sigma$ )	Czas do alarmu (s)	Dostępność (%)	Obszar pokrycia
Śledzenie Pozycji pociągów	10 – 30m	5	99,7	Obszar kraju
Określanie prędkości	$\pm 1\text{km/h}$ dla $v < 20\text{km/h}$ $\pm 5\%$ dla $\geq 20\text{ km/h}$	5	99,7	Obszar kraju
Kierowanie pociągami	1 m	< 5	100	Obszar kraju
Ostrzeganie o ruchu na skrzyżowaniach pociąg/droga	1m	< 5	100	Obszar kraju
Zastosowanie kolejowe	Dokładność ( $2\sigma$ )	Czas do alarmu (s)	Dostępność (%)	Obszar pokrycia

**Tab. 6.** Wymagane dokładności, czas do alarmu, dostępność oraz pokrycie DGPS dla potrzeb ruchu drogowego

Zastosowanie w ruchu drogowym	Dokładność ( $2\sigma$ )	Czas do alarmu (s)	Dostępność (%)	Obszar pokrycia
Nawigacja i kierowanie ruchem drogowym	5 – 20m	1 – 15	99,7	Obszar kraju
Alarmowanie o wypadkach drogowych	5 – 30m	1 – 15	99,7	Obszar kraju
Zarządzanie transportem	25 – 1500m	1 – 15	99,7	Obszar kraju
Automatyczne powiadamianie o zatrzymaniu autobusów rejsowych	5 – 30m	1 – 15	99,7	Obszar kraju
Kierowanie i sterowanie pojazdami	30 – 50m	1 – 15	99,7	Obszar kraju
Unikanie kolizji: sytuacje krytyczne	5m	1 – 15	99,7	Obszar kolizyjny
Zbieranie danych o wypadkach	30m	1 - 15	99,7	Obszar kraju
Zarządzanie infrastrukturą	10m	1 - 15	99,7	Obszar kraju
Unikanie kolizji: sterowanie	1m	1 - 15	99,7	Obszar kolizyjny

**Tab. 7.** Wymagane dokładności, czas do alarmu, dostępność oraz pokrycie DGPS dla potrzeb transportu lotniczego [25]

Zastosowanie w transporcie powietrznym	Dokładność ( $2\sigma$ )	Czas do alarmu (s)	Dostępność (%)	Pokrycie wysokości (m)
Przeloty transoceaniczne	23km (12,6 Mn)	30	99,977	8400 – 12200m (27500 – 40000ft)
Przeloty krajowe	1000m	10	99,977	150 – 18300 (500 – 60000ft)
Terminale	500m	10	99,977	150 – 5500 (500 – 18000ft)
Podejście i lądowanie: nieprecyzyjne	100m	10	99,977	75 – 900 (250 – 3000ft)
Podejście i lądowanie: kategoria I	Poziom: 17,1m. Pion: 1,7m	6	99,999	30 – 900 (100 – 3000ft)
Podejście i lądowanie: kategoria II	Poziom: 5,2m. Pion: 1,7m	2	99,999	15 – 900 (50 – 3000ft)
Podejście i lądowanie: kategoria III	Poziom: 4,1m. Pion: 0,6m	2	99,999	0 – 900 (0 – 3000ft)

**Tab. 8.** Wymagane dokładności, czas do alarmu, dostępność oraz pokrycie DGPS dla zastosowań morskich [12]

Zastosowanie morskie	Dokładność ( $2\sigma$ )	Czas do alarmu (s)	Dostępność (%)	Obszar pokrycia
Żegluga w przystaniach i cumowanie: duże statki i holowniki	8 – 20m	6 - 10	99,7	Porty, podejścia do portów
Żegluga w przystaniach i cumowanie: małe statki	8 – 20m	6 - 10	99,9	Porty, podejścia do portów
Żegluga w przystaniach i cumowanie: badanie zasobów	1 – 3m	5	99,0	Porty, podejścia do portów
Żegluga brzegowa: wszystkie statki	460m. (0,25Mn)	Nie zdefiniowano	99,7	Wody przybrzeżne
Żegluga brzegowa: łodzie wycieczkowe i inne małe statki	460 – 3700m. (0,25 – 2Mn)	Nie zdefiniowano	99,0	Wody przybrzeżne
Żegluga oceaniczna: bezpieczeństwo nawigacji	3700 – 7400 (2 – 4Mn)	Nie zdefiniowano	99,0	Obszar świata
Żegluga oceaniczna: wszystkie środki pływające	1800 – 3700 (1 – 2Mn)	Nie zdefiniowano	99,0	Obszar świata

GNSS wspomaga także nawigację obszarową (Area Navigation - RNAV), która pozwala na loty statków powietrznych po dowolnie określonym torze lotu w zasięgu naziemnych urządzeń nawigacyjnych lub w granicach możliwości urządzeń autonomicznych, albo przy stosowaniu kombinacji tych urządzeń. Wykonywanie przyrządowych procedur podejścia RNAV (GNSS) jest dozwolone, gdy są one opublikowane w AIP POLSKA i dostępne w bazie danych odbiornika. Jeśli podczas wykonywania procedury podejścia do lądowania RNAV GNSS sygnał GNSS przestanie spełniać wymagane kryteria, to załoga powinna wykonać procedurę nieudanego podejścia, poinformować ATC i poprosić o alternatywną procedurę podejścia lub użyć lotniska zapasowego, gdzie stosowna procedura podejścia do lądowania będzie dostępna.

### 3.4. Transport morski

GNSS jest bardzo przydatnym narzędziem do zapewnienia bezpieczeństwa żeglugi oceanicznej, przybrzeżnej, a także śródlądowej. Stanowi przy tym element światowego morskiego systemu łączności alarmowej i bezpieczeństwa nadzorowanego przez Międzynarodową Organizację Morską.

## PODSUMOWANIE

W niniejszym artykule autorzy opisali wpływ europejskich nawigacyjnych systemów satelitarnych (EGNOS, Galileo) na funkcjonowanie i rozwój transportu multimodalnego. W tym celu konieczne stało się przedstawienie ram politycznych i prawnych, kluczowych dokumentów i strategii warunkujących stosowanie GNSS jako narzędzia integracji środków transportu, wspomagania systemów transportowych, standardów, metod analiz, monitorowania ich parametrów, a w efekcie - tworzenia miejsc pracy i zwiększenia europejskiej konkurencyjności w transporcie. Celem artykułu było spojrzenie na powyższą problematykę w szerszym kontekście, dlatego dokonano klasyfikacji światowych nawigacyjnych systemów satelitarnych, a do analizy włączono satelitarne systemy informacji przestrzennych (GIS) oraz sieci stacji różnicowych (ASG-EUPOS).

Charakteryzując sposoby wykorzystywania GNSS jednocześnie wykazano, że występuje europejska tendencja do interdyscyplinarnych badań i integracji przedsięwzięć badawczo-rozwojowych między różnymi segmentami transportu (lotniczym, drogowym, morskim i kolejowym), a kryteria stawiane transportowi multimodalnemu analizuje się łącznie, wiążąc wszystkie rodzaje transportu.

O tym, jak znaczący jest wkład GNSS w rozwój poszczególnych segmentów transportu świadczą statystyki oraz prognozy. Według tych ostatnich, w latach 2013-2023 skumulowane przychody z zastosowania GNSS wyniosą: w transporcie kolejowym - 0,2%, drogowym - 38 %, lotniczym - 1%, morskim - 1,1 % PKB UE [7]. GNSS pozwalają: obniżyć koszty, zmniejszyć emisję szkodliwych gazów, podnieść poziom bezpieczeństwa oraz skrócić czas podróży. Znamienny jest tu przykład branży lotniczej. Tylko w 2010 r. opóźnienia w ruchu lotniczym wyniosły 19,4 mln minut, co przełożyło się na straty rządu 6,6-11,5 mld euro. Mimo prawnych podstaw do budowy koncepcji Jednolitej Europejskiej Przestrzeni Powietrznej mającej na celu usprawnienie systemu zarządzania ruchem lotniczym i redukcję kosztów - wynikających zarówno z opóźnień, jak i fragmentaryzacji europejskiego nieba - konieczna okazała się jeszcze ściślejsza integracja procesów modernizacji zarządzania ruchem lotniczym z badaniami prowadzonymi w ramach projektu SESAR. Doprowadziło to do ustanowienia „European ATM Master Plan”, którego głównymi celami są, m.in.: opracowanie krajowych planów zmian we wdrażaniu technologii wspomagających ATM, aktualizacja planów standaryzacyjnych i legislacyjnych dotyczących przepisów z zakresu zarządzania ruchem lotniczym oraz współpraca na poziomie globalnym, w tym z ICAO. Strategia zakłada także

wykorzystanie systemów satelitarnych oraz systemów nawigacyjnych i nawigacji opartej na charakterystykach, tzw. PBN. Jej znaczenie dostrzegło Zgromadzenie Ogólne Organizacji Międzynarodowego Lotnictwa Cywilnego w rezolucji A36-23 „Performance-based navigation global goals” oraz zmieniająca ją rezolucji A37-11. Implementacja postanowień rezolucji, nie jest jednak w Polsce w pełni możliwa z powodu braku odpowiednich aktów prawnych regulujących sposób certyfikowania i użytkowania systemu GBAS. Przedstawione w artykule przedsięwzięcia wynikają z zrealizowanych projektów międzynarodowych: HEDGE, SHERPA oraz przyjętej rezolucji ICAO.

## BIBLIOGRAFIA

1. BIAŁA KSIĘGA *Plan utworzenia jednolitego europejskiego obszaru transportu – dążenie do osiągnięcia konkurencyjnego i zasobooszczędnego systemu transportu*, KOM(2011) 144 wersja ostateczna.
2. Chruzik K., Fellner A.: *Polish transport safety platform*. Scientific Journal of Silesian University of Technology. Series Transport. 2015 (artykuł przyjęty do druku).
3. Decyzja Parlamentu Europejskiego i Rady nr 585/2014/UE z dnia 15 maja 2014 r. w sprawie wdrożenia interoperacyjnej usługi eCall na terenie całej UE, Dz.U. L 164 z 3.6.2014, str. 6-9,
4. Doc 9849, *Global Navigation Satellite System (GNSS) Manual*, International Civil Aviation Organization, Second Edition, 2012. Załącznik 10 do Konwencji o międzynarodowym lotnictwie cywilnym, sporządzonej w Chicago dnia 7 grudnia 1944 r., tom I „Pomoce radionawigacyjne”, wydanie szóste, lipiec 2006.
5. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2004/52/WE z dnia 29 kwietnia 2004 r. w sprawie interoperacyjności systemów elektronicznych opłat drogowych we Wspólnocie, Dz.U. L 166 z 30.4.2004, str. 124-143.
6. Gaździcki J., *Systemy informacji przestrzennej*, Państwowe Przedsiębiorstwo Wydawnictw kartograficznych, Warszawa 1990.
7. GNSS Market Report, 4th edition, European GNSS Agency, 2015, s. 8.
8. GSA *GNSS Market Report, 2/2012*, European GNSS Agency, s. 13.
9. [http://www.asgeupos.pl/index.php?wpg\\_type=syst\\_descr](http://www.asgeupos.pl/index.php?wpg_type=syst_descr)
10. <http://cordis.europa.eu>.
11. Komunikat Komisji do Rady, Parlamentu Europejskiego, Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionów - Plan działania w sprawie zastosowań globalnego systemu nawigacji satelitarnej (GNSS), SEK(2010)716 SEK(2010)717, COM/2010/0308 końcowy.
12. *Navguide - Aids to navigation manual*, 7th edition, 2014, International Association of Lighthouse Authorities (IALA), <http://www.puertoes.es/Documents/7-NAVGUIDE%202014%20not%20printable.pdf> oraz *Compare with minimum maritime user requirements for positioning: Revised maritime policy for a future GNSS*. Resolution A.915 (22). International Maritime Organization. 2002.
13. *Osnovy geodezyjne - usystematyzowane zbiory jednoznacznie identyfikowalnych punktów, które zostały oznaczone w terenie znakami geodezyjnymi oraz których położenie wyznaczone zostało w państwowym systemie odniesień przestrzennych w sposób właściwy dla danego rodzaju osnowy i umożliwiający określenie dokładności tego wyznaczenia*. Definicja zawarta w ustawie Prawo geodezyjne i kartograficzne z dnia 17 maja 1989 r., Obwieszczenie Marszałka Sejmu Rzeczypospolitej Polskiej z dnia 18 marca 2015 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu

- ustawy – Prawo geodezyjne i kartograficzne, Dz.U. 2015 nr 0 poz. 520 .
14. Próchniewicz D., Walo J., *Rozwój systemów satelitarnych i metod obserwacji w geodezji*, Szkolenie ASG-EUPOS, Poznań, 17-18 czerwca 2015 r.  
[http://www.asgeupos.pl/webpg/graph/img/\\_news/00207/1.1.pdf](http://www.asgeupos.pl/webpg/graph/img/_news/00207/1.1.pdf)
  15. Rezolucja Parlamentu Europejskiego z dnia 7 czerwca 2011 r. w sprawie zastosowań w transporcie globalnych systemów nawigacji satelitarnej – krótko- i średnioterminowa polityka UE, 2010/2208(INI).
  16. Rozporządzenie Ministra Administracji i Cyfryzacji z dnia 14 lutego 2012 r. w sprawie osnów geodezyjnych, grawimetrycznych i magnetycznych, Dz.U. 2012 poz. 352.
  17. Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 9 listopada 2011 r. w sprawie standardów technicznych wykonywania geodezyjnych pomiarów sytuacyjnych i wysokościowych oraz opracowywania i przekazywania wyników tych pomiarów do państwowego zasobu geodezyjnego i kartograficznego, Dz.U. 2011 nr 263 poz. 1572.
  18. Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 1315/2013 z dnia 11 grudnia 2013 r. w sprawie unijnych wytycznych dotyczących rozwoju transeuropejskiej sieci transportowej i uchylające decyzję nr 661/2010/UE, Dz.U. L 348 z 20.12.2013, str. 1-128.
  19. Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 1285/2013 z dnia 11 grudnia 2013 r. w sprawie realizacji i eksploatacji europejskich systemów nawigacji satelitarnej oraz uchylające rozporządzenie Rady (WE) nr 876/2002 i rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 683/2008, Dz.U. L 347 z 20.12.2013, str. 1-24.
  20. Rozporządzenie Rady (WE) nr 1/2005 z dnia 22 grudnia 2004 r. w sprawie ochrony zwierząt podczas transportu i związanych z tym działań oraz zmieniające dyrektywy 64/432/EWG i 93/119/WE oraz rozporządzenie (WE) nr 1255/97, Dz.U. L 3 z 5.1.2005, str. 1-44.
  21. Specht, C., Koc, W., Nowak, A., Szmagliński, J.: *Ciągłe pomiary satelitarne układu linii tramwajowych w Gdańsku*. TTS Technika Transportu Szynowego, 19/2013, s. 43-47.
  22. *The Galileo programme: State of play*, Library of the European Parliament,  
[http://www.europarl.europa.eu/RegData/bibliotheque/briefing/2010/100096/LDM\\_BRI\(2010\)100096\\_REV2\\_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/bibliotheque/briefing/2010/100096/LDM_BRI(2010)100096_REV2_EN.pdf), s. 2.
  23. Wajda S., *System ASG-EUPOS stan dzisiejszy i perspektywy rozwoju*, Szkolenie ASG-EUPOS, Poznań, 2015 r.,  
[http://www.asgeupos.pl/webpg/graph/img/\\_news/00207/1.2.pdf](http://www.asgeupos.pl/webpg/graph/img/_news/00207/1.2.pdf)
  24. Współautor niniejszego artykułu dr hab. Andrzej Fellner był kierownikiem polskiej części tego projektu.
  25. Załącznik 6 do Konwencji o międzynarodowym lotnictwie cywilnym, sporządzonej w Chicago dnia 7 grudnia 1944 r., tom I „Międzynarodowy zarobkowy transport lotniczy - Samoloty”, wydanie dziewiąte, lipiec 2010.
  26. ZIELONA KSIĘGA w sprawie zastosowań nawigacji satelitarnej, Komisja Europejska, KOM(2006) 0769 wersja ostateczna.
  27. [www.geopolityka.org/analizy/radoslaw-fellner-astropolityka-polityka-strategia-i-nauka-w-erze-kosmicznej](http://www.geopolityka.org/analizy/radoslaw-fellner-astropolityka-polityka-strategia-i-nauka-w-erze-kosmicznej)

## EUROPEAN SATELLITE SYSTEM DETERMINING MULTIMODALITY OF TRANSPORT

### Abstract

*Article describes impact of European satellite navigation systems (EGNOS, Galileo) on the functioning and development of multimodal transport. It presents the legal and political framework, key documents and strategies for conditioning the use of GNSS as a tool of integration means of transport, supporting transport systems, standards, methods of analysis, monitoring their performance and to sum up - creating jobs and increasing European competitiveness in transport. The authors have attempted to look at the issues in a broader context, so there were presented classification of the global navigation satellite systems, analysis included satellite information systems and spatial network of stations differential. It was necessary to describe the European trend towards interdisciplinary research and integration of research and development projects using GNSS for four segments of transport (air, road, sea and rail). Methods of using and applications GNSS in these segment was also presented.*

Autorzy:

**Fellner Andrzej** - Katedra Technologii Lotniczych, Wydział Transportu Politechniki Śląskiej, 40-019 Katowice, ul. Krasińskiego 13, (32) 603 40 58, [andrzej.fellner@polsl.pl](mailto:andrzej.fellner@polsl.pl)

**Fellner Radosław** - Centrum Kształcenia Kadr Lotnictwa Cywilnego Europy Środkowo-Wschodniej Politechniki Śląskiej, 40-019 Katowice, ul. Krasińskiego 13, [rfellner@wp.pl](mailto:rfellner@wp.pl)