AIR TRAFFIC ENGINEERING
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE SŁUBICE/PŁOCK 2018

PROGRAM PBN ICAO W ASPEKCIE EFEKTYWNOŚCI PORTÓW LOTNICZYCH

Andrzej Fellner, Jarosław Paszyn

Politechnika Śląska

18.04.208

Warsaw University of Technology
Faculty of Transport
WARSAW UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Plan wystąpienia

I. Wprowadzenie
II. PBN ICAO w aspekcie projektu SHERPA
III. SESAR jako element realizacji PBN
IV. Wybrane metody analizy efektywności portów lotniczych
V. Podsumowanie
VI. Wnioski

I WPROWADZENIE

PBN – Performance Base Navigation

Rolę systemów nawigacyjnych i nawigacji opartej na charakterystykach (Performance-based Navigation – PBN) w rozwoju lotnictwa dostrzegła początkowo ICAO, która w 2007 r. w rezolucji Zgromadzenia Ogólnego A36-23 „Performance-based navigation global goals” wzywała do implementacji operacji RNAV i RNP na trasach i w rejonie lotnisk, a także wdrożenie do 2016 r. procedur podejścia z naprowadzaniem pionowym (APV) (Baro-VNAV lub SBAS)

Przedstawiony plan okazał się jednak trudny do realizacji, gdyż z jednej strony nie wszystkie porty lotnicze zdolne były do przygotowania infrastruktury wspierającej operacje APV, a z drugiej nie wszystkie statki powietrzne miały odpowiednie, scertyfikowane wyposażenie pokładowe umożliwiające tego typu operacje. Doprowadziło to do opracowania kolejnej rezolucji A37-11.

Polska jest sygnatariuszem tego porozumienia a nad wdrożeniem PBN w UE na wniosek Komisji Europejskiej zajmuje się EASA, rozwijając przepisy regulujące zharmonizowaną realizacje europejskiego PBN

I WPROWADZENIE

PBN – w międzynarodowych i krajowych strategiach

- ICAO A36-23: Performance-based navigation global goals
- ICAO A37-11: Performance-based navigation global goals

- ICAO Global Air Navigation Plan 2013–2028 (GANP)
- EUROCONTROL Network Strategy Plan 2015-2019

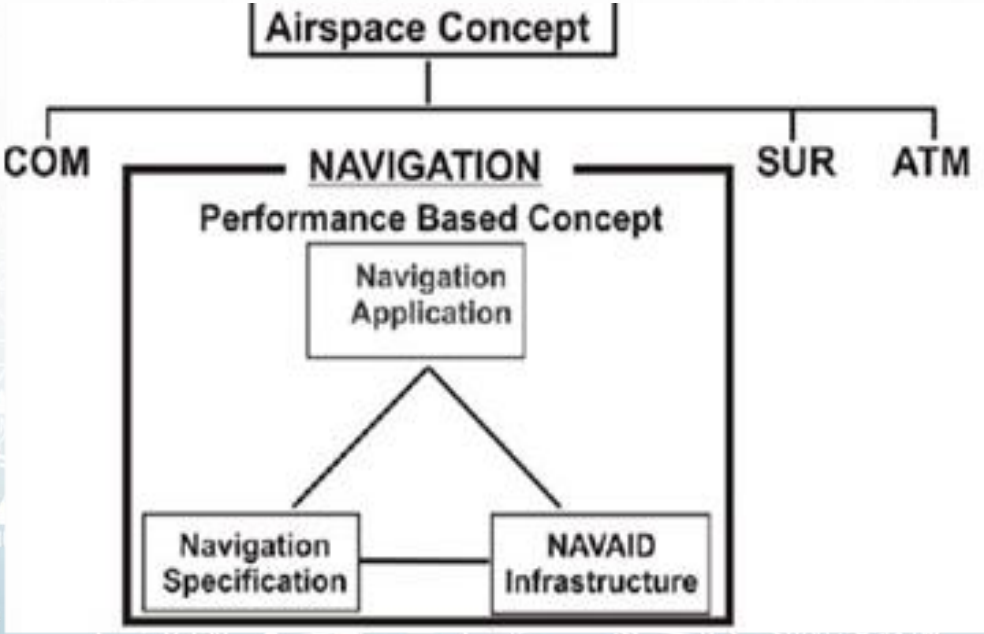
- European ATM Master Plan
- EASA Performance Based Navigation (PBN) implementation in the European Air Traffic Management Network (EATMN)

- Polish PBN…?
- PROGRAM ROZWOJU SIECI LOTNISK I LOTNICZYCH URZĄDZEŃ NAZIEMNYCH z 2007 r. + aktualizacja…?
- inwestycje w infrastrukturę lotniskową

II PBN ICAO W ASPEKCIE PROJEKTU SHERPA

Charakterystyka programu PBN

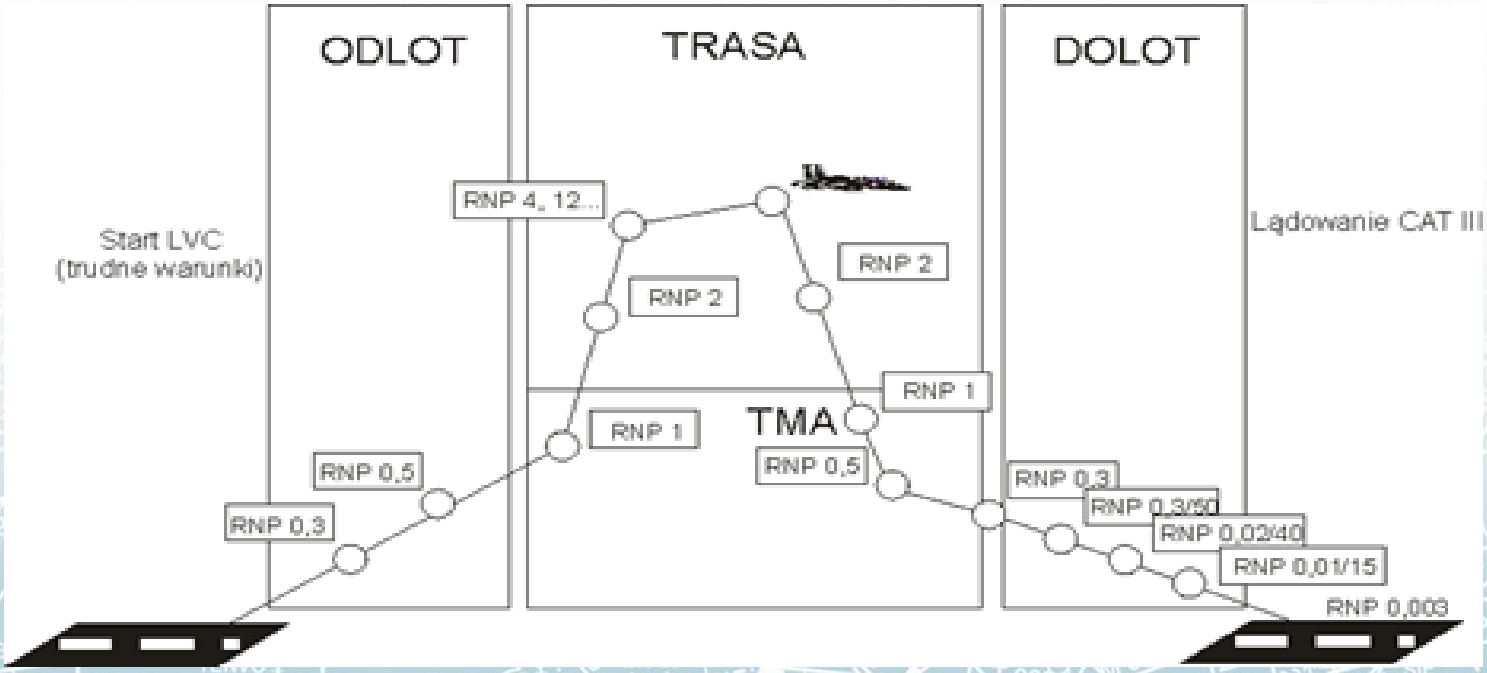
-zawiera i łączy w spójną całość trzy zasadnicze elementy: infrastrukturę radionawigacyjną, specyfikację nawigacyjną, aplikacje nawigacyjne;



II PBN ICAO W ASPEKCIE PROJEKTU SHERPA

Charakterystyka programu PBN

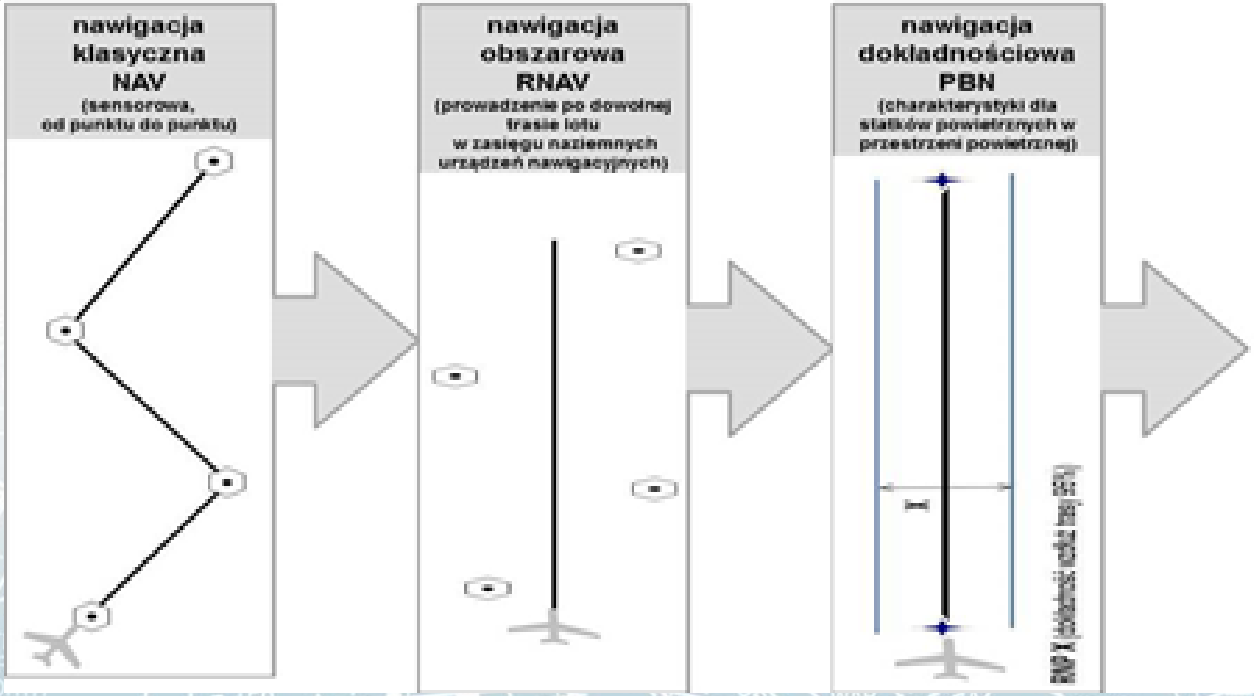
-oparty jest na utrzymywaniu wymaganych wartości czterech zasadniczych parametrów (dokładność, wiarygodność, dostępność, ciągłość) w zależności od etapu lotu;



II PBN ICAO W ASPEKCIE PROJEKTU SHERPA

Charakterystyka programu PBN

- stanowi trzeci poziom w rozwoju nawigacji,przejście od danych sensorowych do utrzymywania zdefiniowanych parametrów



II PBN ICAO W ASPEKCIE PROJEKTU SHERPA

Charakterystyka programu PBN

- zawiera dwie charakterystyczne specyfikacje nawigacyjne, zestawy wymagań, niezbędnych do wykonania operacji lotniczej w określonej strukturze przestrzeni powietrznej

Nawigacja	Trasa		Faza podejścia			
	Oceaniczna	Kontynent	Początek	Pośrednia	Końcowa	Odejście
RNAV 10	10					
RNAV 5		5				
RNAV 2		2				
RNAV 1			1	1		1
RNP 4	4					
RNP 2	2	2				
RNP 1			1	1		1
A-RNP	2	2 or 1	1	1	0,3	1
RNP APCH			1	1	0,3	1
RNP AR APCH			1-0.1	1-0.1	0,3-0,1	1-0,1
RNP 0.3		0,3	0,3	0,3		

II PBN ICAO W ASPEKCIE PROJEKTU SHERPA

Charakterystyka programu PBN

- stanowi główny element koncepcji Zarządzania Ruchem Lotniczym (ATM), umożliwiając zmiany w zarządzaniu przestrzenią powietrzną oraz wprowadzanie zaawansowanych technik i technologii w lotnictwie, poprawiając wydajność przestrzeni powietrznej, trwałość lotniska, redukując oddziaływanie na środowisko transportu powietrznego pod względem hałasu i emisji, zwiększać bezpieczeństwo i poprawić wydajność lotu;

-uwzględnia przygotowanie odpowiedniej infrastruktury nawigacyjnej oraz krajowych przepisów, ułatwiających stosowanie operacyjne GNSS podczas wszystkich etapów lotu;

- PBN stanowi priorytet globalny ICAO - Doc. 9613 „PBN Manual", zaplanowwane do realizacji przedsięwzięcia znajdują się w Global Air Navigation Plan (GANP), Global Aviation Safety Plan (GASP) a wykonane działania zestawia się w corocznie wydawanych np. Air Navigation Report 2017.

II PBN ICAO W ASPEKCIE PROJEKTU SHERPA

Względy ekonomiczne implementacji PBN

- globalny zasięg i powszechny dostęp,
- zmniejszone minimalne warunki operacyjne dla lotnisk/lądowisk,
- zwiększa elastyczność wyboru trasy lotu i skracanie drogi i czasu podejścia do lądowania,
- dodatkowe źródło informacji nawigacyjnej,
- możliwy do zastosowania tam, gdzie nie ma możliwości zapewnienia klasycznych pomocy nawigacyjnych – szczególnie ważne w przypadku lotnisk lotnictwa ogólnego, tani, gdyż nie wymagająca dodatkowej infrastruktury naziemnej,
- przyjazny dla środowiska (minimalizuje zużycie paliwa, skraca czas lotu, zmniejsza hałas)
- do zastosowania we wszystkich fazach lotu.

II PBN ICAO W ASPEKCIE PROJEKTU SHERPA

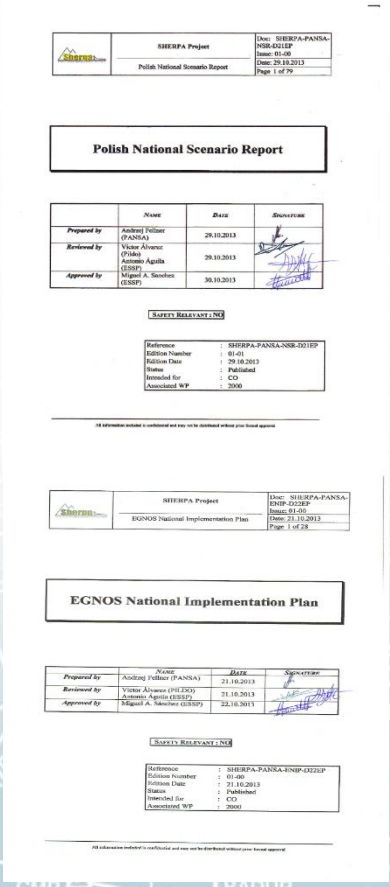
SHERPA Project (Support ad-Hoc to Eastern Region Pre-operational in GNSS)





II PBN ICAO W ASPEKCIE PROJEKTU SHERPA

SHERPA Project



SHERPA Project
Polish National Scenario Report
Doc: SHERPA-PANSA-NSR-D21EP
Issue: 01-00
Date: 29.10.2013
Page 1 of 79

Polish National Scenario Report

	Name	Date	Signature
Prepared by	Andrzej Pellner (PANSA)	29.10.2013	
Reviewed by	Víctor Alvarez (Pildo) Antonio Águila (ESSP)	29.10.2013	
Approved by	Miguel A. Sanchez (ESSP)	30.10.2013	

SAFETY RELEVANT : NO

Reference	: SHERPA-PANSA-NSR-D21EP
Edition Number	: 01-01
Edition Date	: 29.10.2013
Status	: Published
Intended for	: CO
Associated WP	: 2000

All information included is confidential and may not be distributed without prior formal approval

SHERPA Project
EGNOS National Implementation Plan
Doc: SHERPA-PANSA-ENIP-D22EP
Issue: 01-00
Date: 21.10.2013
Page 1 of 28

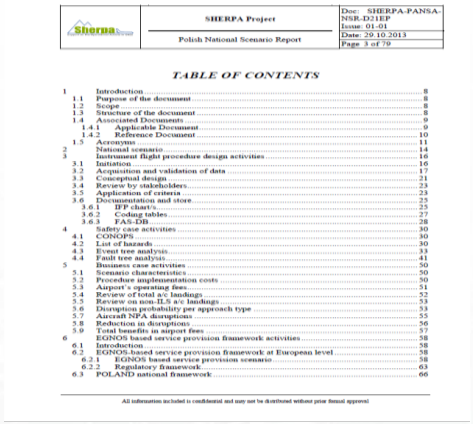
EGNOS National Implementation Plan

	Name	Date	Signature
Prepared by	Andrzej Pellner (PANSA)	21.10.2013	
Reviewed by	Víctor Álvarez (PILDO) Antonio Águila (ESSP)	21.10.2013	
Approved by	Miguel A. Sánchez (ESSP)	22.10.2013	

SAFETY RELEVANT : NO

Reference	: SHERPA-PANSA-ENIP-D22EP
Edition Number	: 01-00
Edition Date	: 21.10.2013
Status	: Published
Intended for	: CO
Associated WP	: 2000

All information included is confidential and may not be distributed without prior formal approval

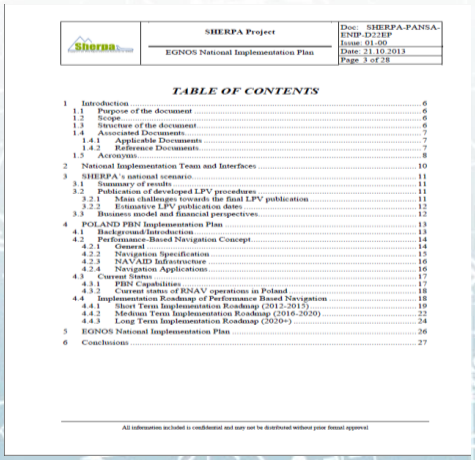


SHERPA Project
Polish National Scenario Report
Doc: SHERPA-PANSA-NSR-D21EP
Issue: 01-01
Date: 29.10.2013
Page 3 of 79

TABLE OF CONTENTS

1 Introduction 8
1.1 Purpose of the document 8
1.2 Scope 8
1.3 Structure of the document 8
1.4 Associated Documents 9
1.4.1 Applicable Document 9
1.4.2 Reference Document 10
1.5 Acronyms 11
2 National scenario 14
3 Instrument flight procedure design activities 16
3.1 Initiation 16
3.2 Acquisition and validation of data 17
3.3 Conceptual design 21
3.4 Review by stakeholders 23
3.5 Application of criteria 23
3.6 Documentation and store 25
3.6.1 IFP chart's 25
3.6.2 Coding tables 27
3.6.3 FAS-DB 28
4 Safety case activities 30
4.1 CONOPS 30
4.2 List of hazards 30
4.3 Event tree analysis 33
4.4 Fault tree analysis 41
5 Business case activities 50
5.1 Scenario characteristics 50
5.2 Procedure implementation costs 50
5.3 Airport's operating fees 51
5.4 Review of total a/c landings 52
5.5 Review on non-ILS a/c landings 53
5.6 Disruption probability per approach type 53
5.7 Aircraft NPA disruptions 55
5.8 Reduction in disruptions 56
5.9 Total benefits in airport fees 57
6 EGNOS based service provision framework activities 58
6.1 Introduction 58
6.2 EGNOS-based service provision framework at European level 58
6.2.1 EGNOS based service provision scenario 58
6.2.2 Regulatory framework 63
6.3 POLAND national framework 66

All information included is confidential and may not be distributed without prior formal approval



SHERPA Project
EGNOS National Implementation Plan
Doc: SHERPA-PANSA-ENIP-D22EP
Issue: 01-00
Date: 21.10.2013
Page 3 of 28

TABLE OF CONTENTS

1 Introduction 6
1.1 Purpose of the document 6
1.2 Scope 6
1.3 Structure of the document 6
1.4 Associated Documents 7
1.4.1 Applicable Documents 7
1.4.2 Reference Documents 7
1.5 Acronyms 8
2 National Implementation Team and Interfaces 10
3 SHERPA's national scenario 11
3.1 Summary of results 11
3.2 Publication of developed LPV procedures 11
3.2.1 Main challenges towards the final LPV publication 11
3.2.2 Estimative LPV publication dates 12
3.3 Business model and financial perspectives 12
4 POLAND PBN Implementation Plan 13
4.1 Background/Introduction 13
4.2 Performance-Based Navigation Concept 14
4.2.1 General 14
4.2.2 Navigation Specification 15
4.2.3 NAVAID Infrastructure 16
4.2.4 Navigation Applications 16
4.3 Current Status 17
4.3.1 PBN Capabilities 17
4.3.2 Current status of RNAV operations in Poland 18
4.4 Implementation Roadmap of Performance Based Navigation 18
4.4.1 Short Term Implementation Roadmap (2012-2015) 19
4.4.2 Medium Term Implementation Roadmap (2016-2020) 22
4.4.3 Long Term Implementation Roadmap (2020+) 24
5 EGNOS National Implementation Plan 26
6 Conclusions 27

All information included is confidential and may not be distributed without prior formal approval



II PBN ICAO W ASPEKCIE PROJEKTU SHERPA

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

- SHERPA-PANSA-NMA-D11EP EGNOS Poland Market Analysis
- SHERPA-PANSA-NSR-D21EP Polish National Scenario Report
- SHERPA-PANSA-ENIP-D22EP EGNOS National Implementation Plan

III. SESAR JAKO ELEMENT REALIZACJI PBN ICAO

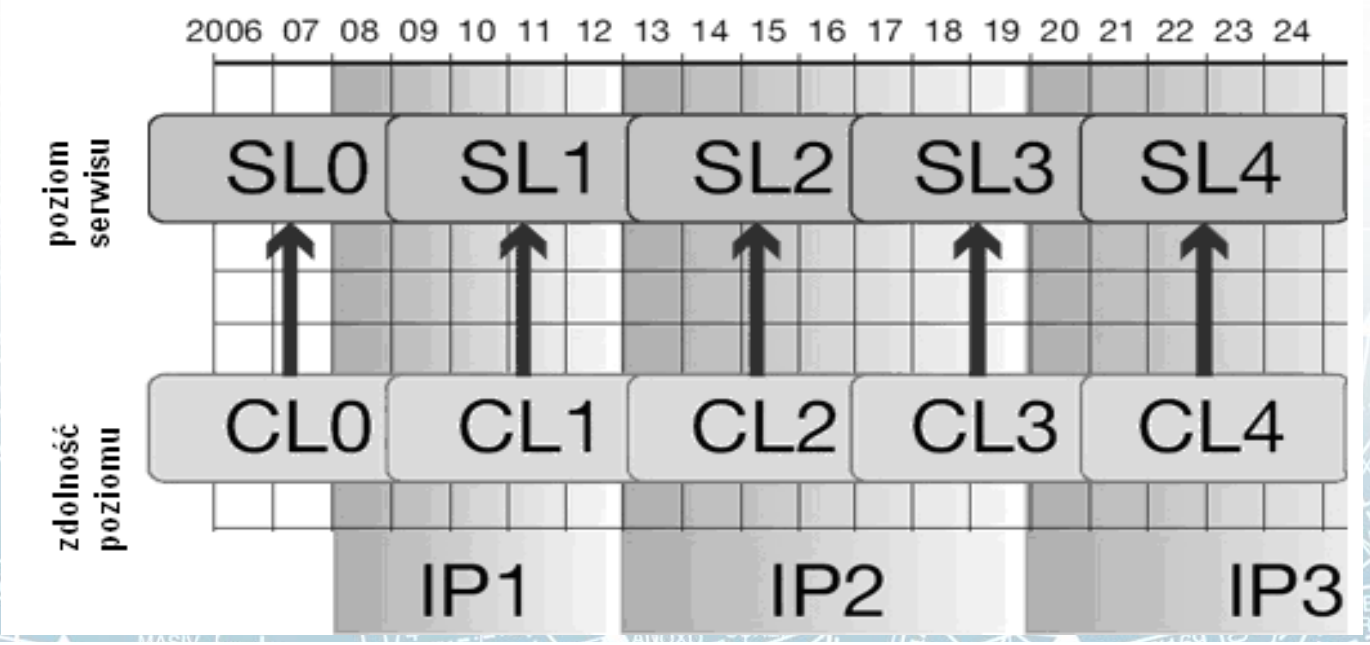
Oczekiwane efekty realizacji programu SESAR(Single European Sky ATM Research) w 2020 roku

- Trzykrotny wzrost pojemności, przy jednoczesnej redukcji opóźnień;
- Poprawa bezpieczeństwa podczas wykonywania lotów;
- Dziesięcioprocentowe obniżenie skutków lotów na środowisko;
- Dostarczanie usług związanych z zarządzaniem ruchem lotniczym, użytkownikom przestrzeni, z obniżonymi kosztami przynajmniej o pięćdziesiąt procent.

III. SESAR JAKO ELEMENT REALIZACJI PBN ICAO

Rozmieszczenie poziomów usług i wydajności w powiązaniu z segmentami Implementacyjnej Fazy SESAR:

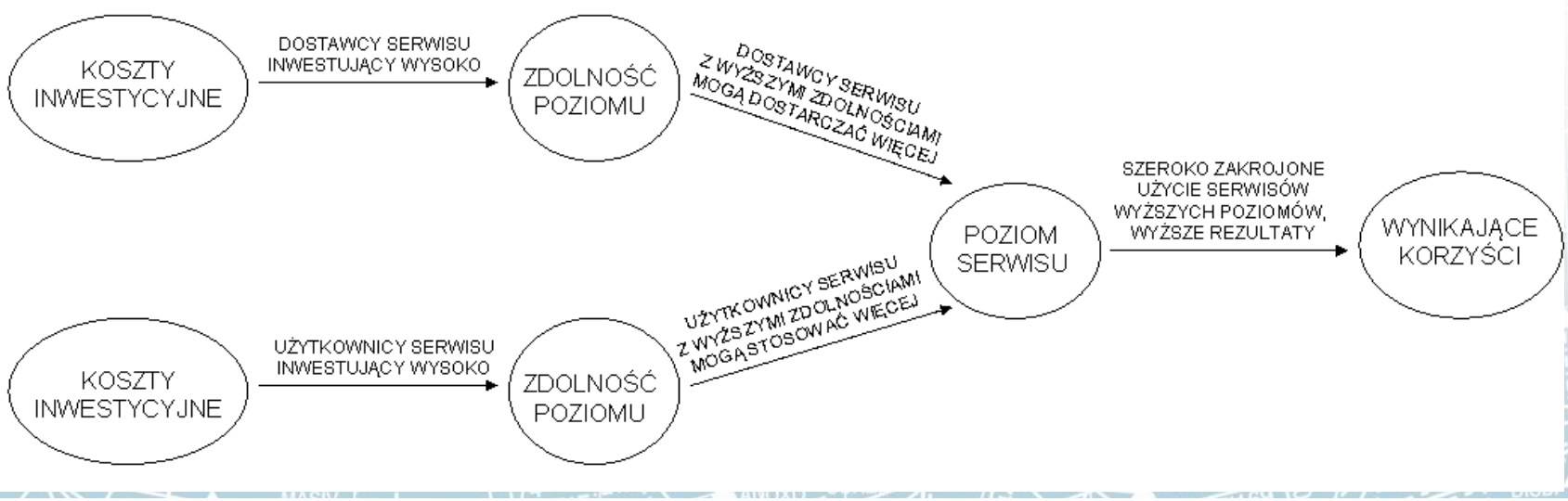
krótkoterminowy (do 2012 r., IP1,), średnioterminowy (2013-2019, IP2), długoterminowy (powyżej 2020 r.,)



III. SESAR JAKO ELEMENT REALIZACJI PBN ICAO

Zależność pomiędzy serwisami ATM a serwisami poziomów

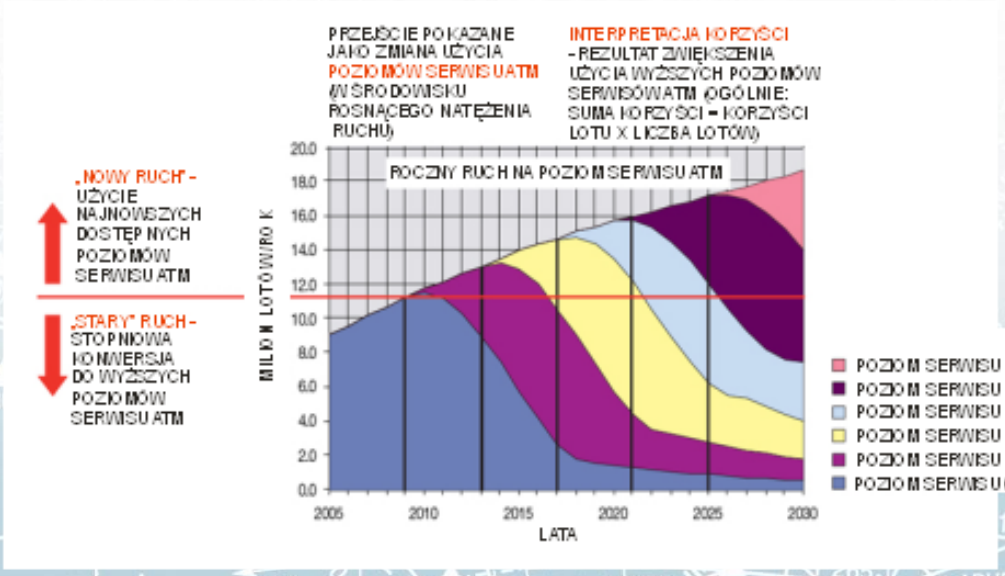
Realizując program ATM oraz implementując PBN, można uzyskać efekty związane z eksploatacją serwisu, o ile spełnione zostaną wymagania równowagi pomiędzy dostawcą usługi/serwisu a użytkownikiem (posiadanie odpowiedniej i wymaganej zdolności). W zróżnicowanym środowisku ATM takie rozbieżności zdolności będą występować w pewnym zakresie. Jakkolwiek, przyjęta ogólna zasada dotycząca wyposażania zakłada, że zarówno pokładowa, jak i naziemna zdolność powinny być geograficznie zsynchronizowane, na tyle, na ile jest to tylko możliwe, aby uniknąć marnowania potencjalnej zdolności.



III. SESAR JAKO ELEMENT REALIZACJI PBN ICAO

Związek miedzy serwisem ATM a wydajnością poziomów

Transformacja lotnictwa wymaga zastosowania zaawansowanych poziomów serwisu ATM. Założono równocześnie, że stary ruch będzie również stopniowo ewoluować w stronę coraz bardziej zaawansowanych poziomów serwisowych, ale wystąpią kilkuletnie opóźnienia, spowodowane przyczynami obiektywnymi. Wystąpią one w rezultacie implementacji wyposażenia/modernizacji do odpowiednio wyższych poziomów: statków powietrznych, lotniczych centrów operacyjnych, lotnisk, obiektów ATM.



IV. WYBRANE METODY ANALIZY EFEKTYWNOŚCI LOTNISK

Stosowane metody analizy efektywności lotnisk

Badania efektywności technicznej - obejmują analizy wykorzystujące zmienne techniczne jako dane wejściowe (inputs) oraz wielkość wygenerowanego ruchu jako dane wyjściowe (outputs).

Z analizy literatury przedmiotu, wynika, że prowadzone badania efektywności technicznej, uwzględniają jako:

- **zmienne wejściowe/nakłady**: liczba pracowników, powierzchnie (terminala, płyty lotniska, strefy odlotów,), liczba miejsc postojowych , liczba stanowisk check-in, liczba taśm odbioru bagażu, liczba bramek, liczba miejsc parkingowych. Również spotyka się rozpatrywanie nakładów oddzielnie dla: terminala (liczba bramek wyjściowych, pracowników, powierzchnia terminala), dla części lotniczej (powierzchnia portu, liczba pasów startowych, powierzchnia pasów startowych, liczba pracowników);

- **dane wyjściowe/efekt, w zależności od badania**:

łącznego - liczba pasażerów (PAX) i/lub operacji lotniczych, liczba przetransferowanych ton cargo;

oddzielnego dla:

- terminala - liczba obsłużonych pasażerów oraz wielkość przewozów cargo;
- części lotniczej - liczba operacji lotniczych i operacji pasażerskich.

IV. WYBRANE METODY ANALIZY EFEKTYWNOŚCI LOTNISK

Stosowane metody analizy efektywności lotnisk

Wszystkie zmienne wejściowe/nakłady mogą wystąpić w nadmiarze: liczba pracowników, powierzchnie (terminala, płyty lotniska, strefy odlotów, strefy odbioru bagaży), liczba miejsc postojowych (na płycie lotniska, przy terminalu), liczba stanowisk check-in, liczba taśm odbioru bagażu, liczba bramek, liczba miejsc parkingowych ……a żaden statek powietrzny i tak nie wystartuje/wyląduje z powodu np. zwykłej mgły (brak odpowiedniej kategorii i uprawnień)!

Z analizy literatury przedmiotu wynika, że podczas badań efektywności technicznej nie zwrócono uwagi na jeden z istotnych elementów (nie uwzględniono parametrów) systemów nawigacyjnych (od których zależy kategoria i niewątpliwie liczba możliwych do wykonania operacji lotniczych)

IV. WYBRANE METODY ANALIZY EFEKTYWNOŚCI LOTNISK

Metoda Total Factor Productivity (TFP)

Total Factor Productivity (TFP) Założeniem analizy jest skonstruowanie jednego globalnego współczynnika, który opisuje efektywność całego portu lotniczego biorącego pod uwagę wszystkie procesy mające wpływ na jego produktywność. Pierwszym krokiem przy tworzeniu współczynnika jest dobór dla każdej zmiennej wagi odpowiedniej do jej znaczenia w obszarze produkcji lotniska. Kolejnym krokiem po doborze wag, jest stworzenie jednego dla całego portu lotniczego indeksu, który jest ilorazem ważonej sumy efektów do ważonej sumy nakładów.

IV. WYBRANE METODY ANALIZY EFEKTYWNOŚCI LOTNISK

Metoda **Stochastic Frontier Analysis (SFA)**

Stochastic Frontier Analysis (SFA) - stochastyczny model graniczny. Ten parametryczny model za pomocą funkcji celu buduje izokwantę wyznaczającą graniczne wartości. Do tak wyznaczonej izokwanty porównuje się empiryczne wyniki analizowanych portów lotniczych

IV. WYBRANE METODY ANALIZY EFEKTYWNOŚCI LOTNISK

Metoda Data Envelopment Analysis (DEA)

Data Envelopment Analysis (DEA) jest syntetycznym wskaźnikiem nie wymagającym konstruowania funkcji produkcji jak w przypadku poprzedniego modelu SFA. Obliczany jest przy użyciu programowania liniowego jako ważona suma efektów do ważonej sumy nakładów. Wagi zmiennych dobierane są automatycznie w odróżnieniu od modelu TFP tak, aby badana obserwacja uzyskała najwyższy możliwy wynik efektywności względem pozostałych obserwacji. Obserwacje o najwyższych poziomach produktywności tworzą izokwantę o efektywności równej 100%. przy czym poziom nieefektywności pozostałych obserwacji jest odległością od izokwanty. Wskaźnik DEA jest najczęściej stosowanym wskaźnikiem przy badaniach efektywności portów lotniczych

IV. WYBRANE METODY ANALIZY EFEKTYWNOŚCI LOTNISK

Wady i zalety poszczególnych metod wg W.M. Augustyniak

Metoda	Zalety	Wady
PFP	- łatwa do zastosowania, gdy są dostępne pełne raporty finansowe, - Pozwala zbadać Produktywność poszczególnych obszarów działalności, - duża wiarygodność wyniku,	- jest bardzo wrażliwa na różnice w regulacjach księgowych i podatkowych, - analizuje tylko podzbiory aktywności przedsiębiorstwa, - bada tylko produktywność,
TFP	- wskazuje na produktywność całego przedsiębiorstwa (możliwość porównania wyników z DEA i SFA), - duża swoboda w zakresie doboru danych (brak funkcji produkcji), - wygodna przy analizie długookresowej oraz przekrojowej,	- nie uwzględnia efektywności poszczególnych usług, - dobór wag wymaga przyjęcia pewnych założeń a priori, - brak dynamicznego doboru wag,

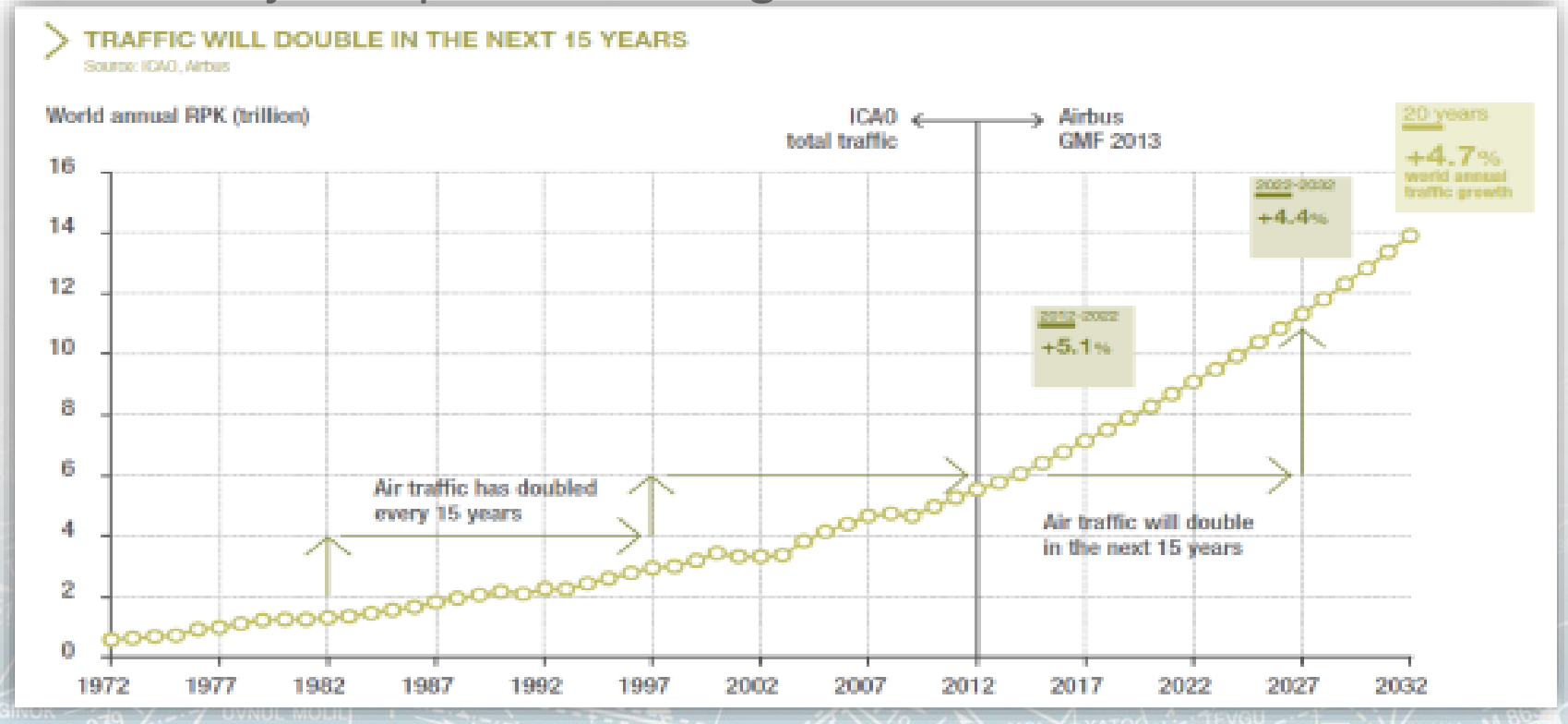
IV. WYBRANE METODY ANALIZY EFEKTYWNOŚCI LOTNISK

Wady i zalety poszczególnych metod wg W.M.Augustyniak

Metoda	Zalety	Wady
SFA	- mała wrażliwość na wartości obserwacji skrajnych (uwzględnia zmienną błędu losowego), - możliwość przeprowadzenia testów istotności statystycznej dla parametrów,	- problematyczność dopasowania funkcji produkcji oraz zmiennych, - duża ilość założeń *a priori* związanych z wybraną funkcją produkcji, - najlepszą praktykę wyznaczają wartości uśrednione,
DEA	-mierzy efektywność alokacji zasobów oraz siłę i kierunek efektu skali, - mała ilość założeń *a priori* (brak funkcji produkcji), - duża elastyczność doboru zmiennych, - automatyczny dobór wag, - identyfikacja benchmarków i najlepszych praktyk,	- mała wartość dyskryminacyjna przy małej liczbie obserwacji, - duża wrażliwość na wartości obserwacji skrajnych,

V. PODSUMOWANIE

Rozwój transportu lotniczego

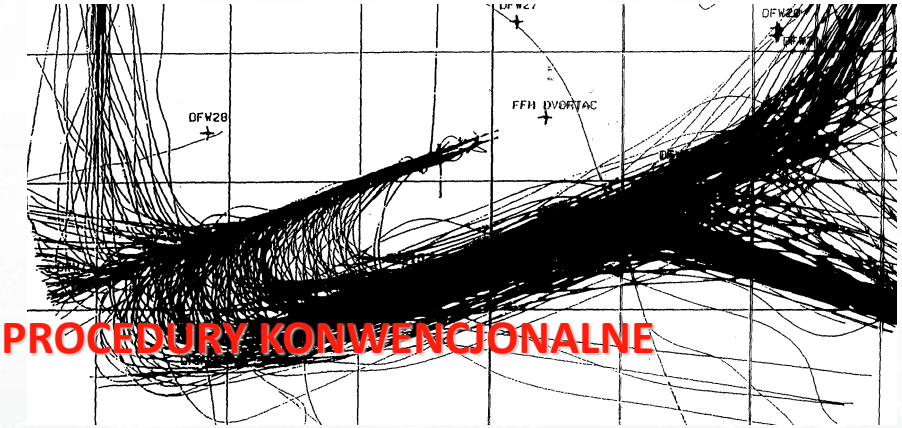


1 mln pasażerów w porcie lotniczym =

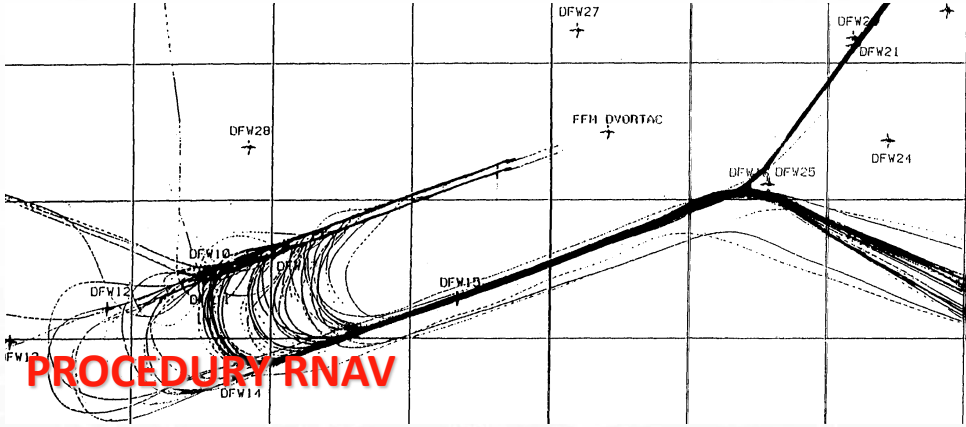
1 tys. miejsc pracy na lotnisku + 3 tys. miejsc pracy w regionie i subregionie

V PODSUMOWANIE

Korzyści z PBN



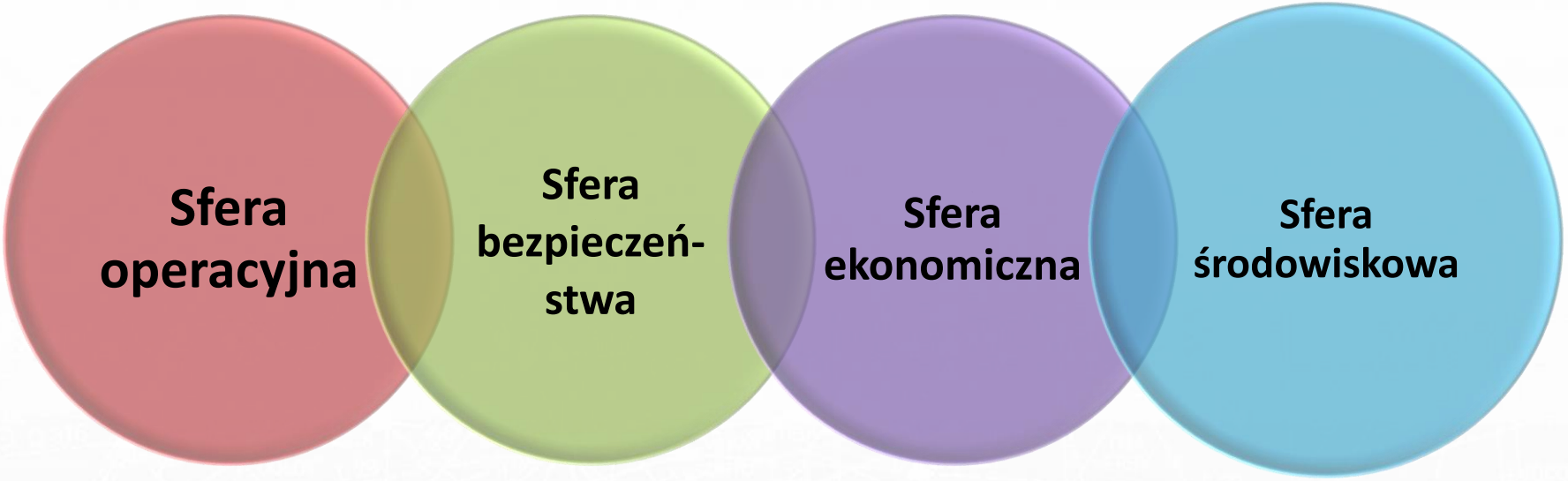
PROCEDURY KONWENCJONALNE



PROCEDURY RNAV







Globalny zasięg i powszechny dostęp

Mniejsze minima operacyjne dla lotnisk

Większa elastyczność wyboru trasy

Dodatkowe źródło informacji nawigacyjnej

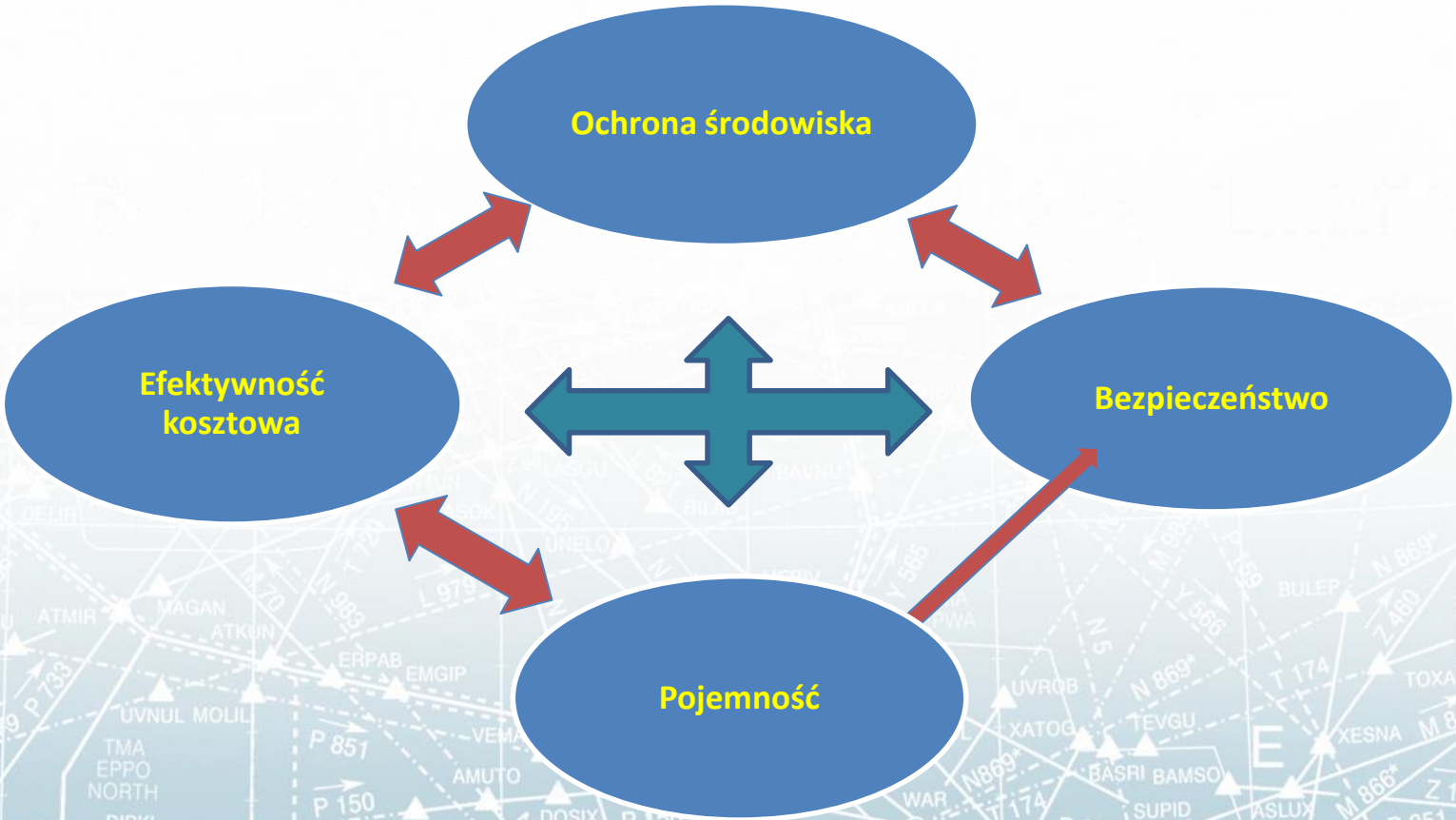
Możliwa do zastosowania tam, gdzie nie ma możliwości zapewnienia klasycznych pomocy nawigacyjnych

Tania bo nie wymagająca dodatkowej infrastruktury naziemnej

Przyjazna dla środowiska (paliwo, czas lotu, hałas

Do zastosowania we wszystkich fazach lotu

V. PODSUMOWANIE



VI. Wnioski

Wdrożenie projektu SES:

- spowoduje zwiększenie pojemności przestrzeni przy jednoczesnej redukcji opóźnień
- Poprawi bezpieczeństwo wykonywania lotów
- Obnizy wpływ transportu lotniczego na środowisko
- Obnizy koszty zarządzania ruchem lotniczym

Postęp naukowo-technologiczny znacznie wyprzedza uwarunkowania prawne i organizacyjne w lotnictwie

Implementacja programu PBN ICAO ma kluczowy wpływ na efektywność portów lotniczych

Przy obliczaniu wskaźników efektywności technicznej portów lotniczych niezbędne jest uwzględnienie systemów nawigacji

PROGRAM PBN ICAO W ASPEKCIE EFEKTYWNOŚCI PORTÓW LOTNICZYCH

Andrzej Fellner, Jarosław Paszyn

Politechnika Śląska

Bibliografia podstawowa

- Doc 8168–PANS-OPS
- Doc 9613–PBN Manual
- Doc 9905–RNP AR Procedure Design Manual
- SESAR Consortium. "European ATM Master Plan", edition 2, 2012.
- "Performance-Based Navigation (PBN) implementation in the European Air Traffic Management Network (EATMN)", Notice of Proposed Amendment 2015-01, RMT.0639 — 19.1.2015, EASA..
- Doc 4444, „Procedury Służb Żeglugi Powietrznej Zarządzanie Ruchem Lotniczym", Dz. Urzędowy Urzędu Lotnictwa Cywilnego z dn. 8 wrzesnia 2014, poz. 62
- W.M.Augustyniak"Efektywnośc polskich regionalnych portów lotniczych" rozprawa doktorska UEP2012
- Abdesaken G., Cullmann A., The Relative Efficiency of German Airports: AnApplication of Partial Factor Methodology and Data Envelopment Analysis,
- Ülkü T., 2009, *Efficiency of German Airports and Influencing Factors*, Diploma for the degree MSc