



OMNIS

Otwartość. Modernizacja. Nowoczesność. Integracja. Społeczność.

Optymalizacja w inżynierii lotniczej i kosmicznej

Wykład 12

Zbieżna i rozbieżna spirala projektowa

Podstawowe wymiarowanie

Advanced sizing – Zawansowane wymiarowanie

1130-LK000-MSP-1037



Fundusze Europejskie
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



Politechnika Warszawska



OMNIS

Zagadnienia

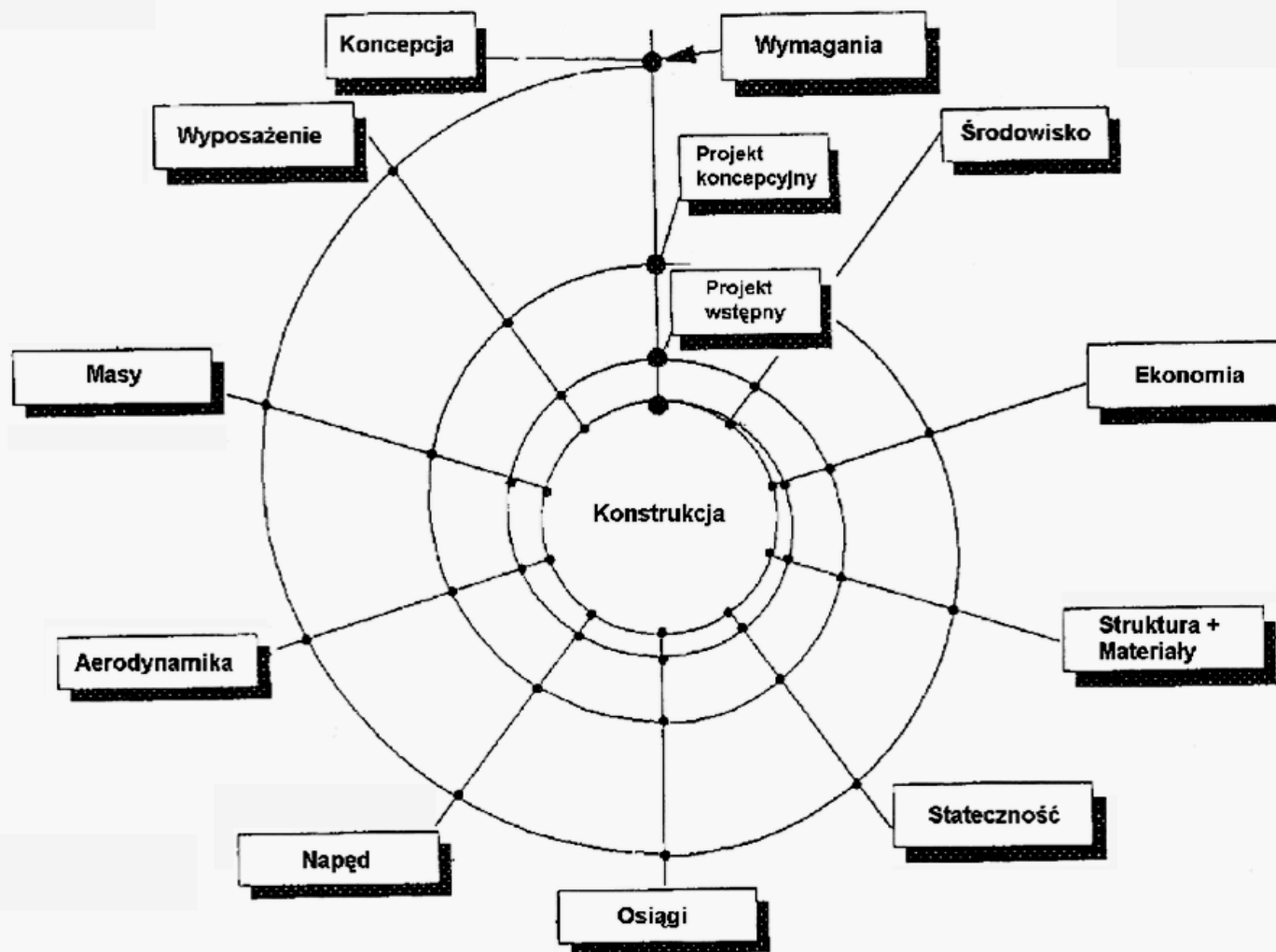
- Zbieżna i rozbieżna spirala projektowa
- Wymiarowanie podstawowe
- Wymiarowanie zaawansowane
- Podsumowanie





OMNIS

Spirala projektowa



Otwartość. Modernizacja. Nowoczesność. Integracja. Społeczność.



Fundusze Europejskie
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



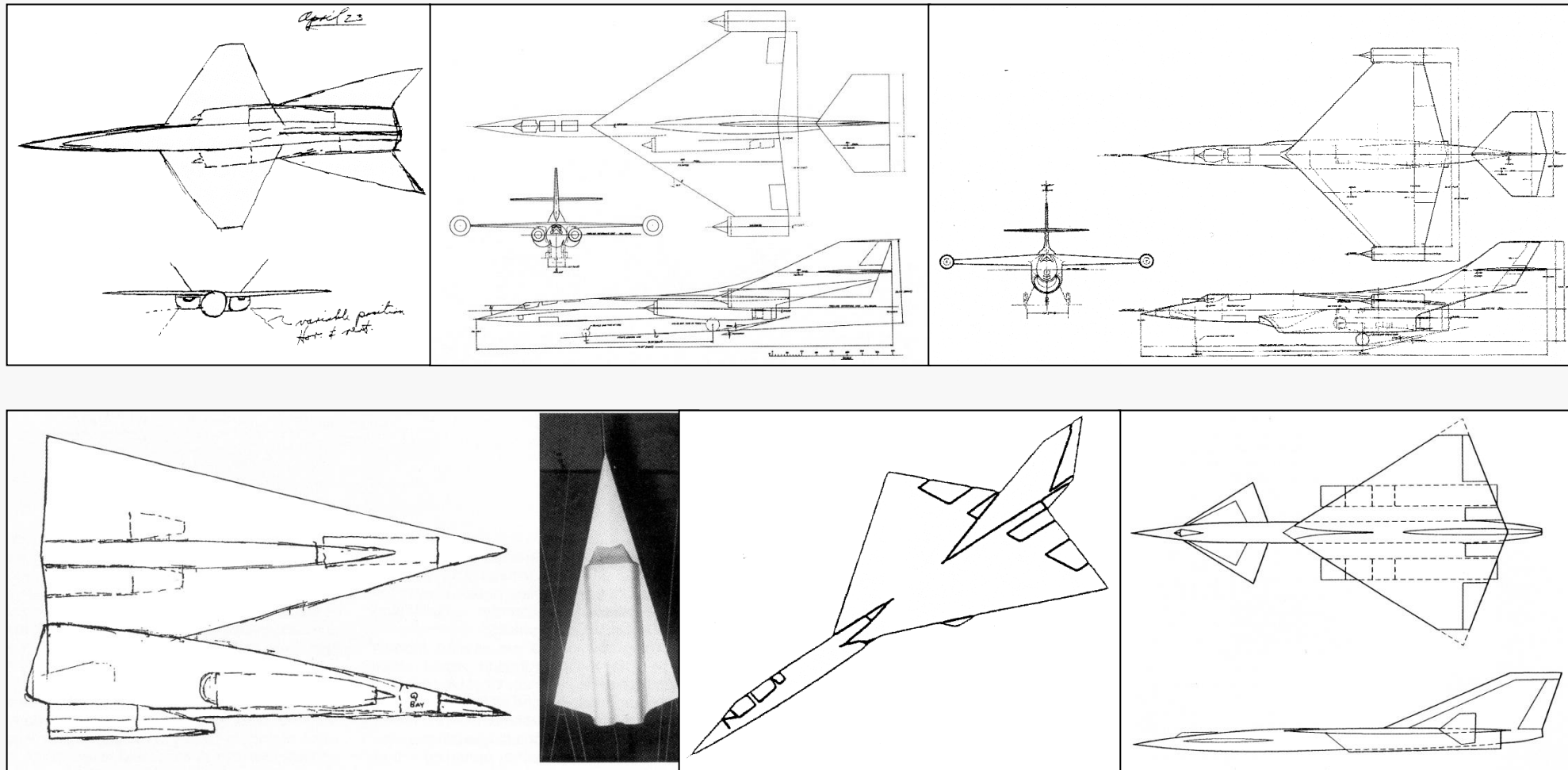
Politechnika Warszawska



OMNIS

Spirala projektowa - przykład

Otwartość. Modernizacja. Nowoczesność. Integracja. Społeczność.

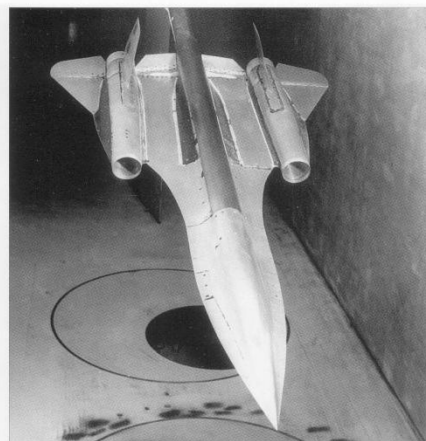
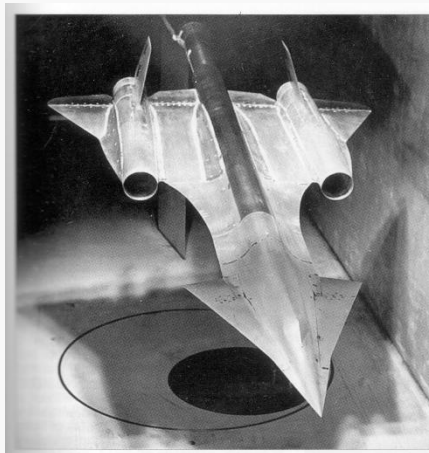
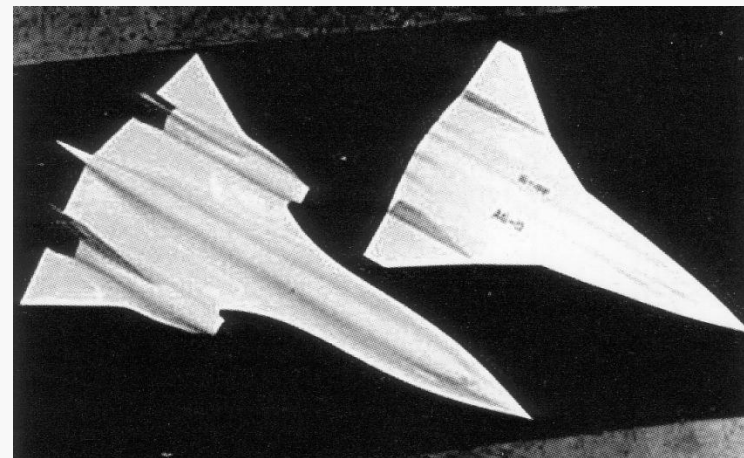
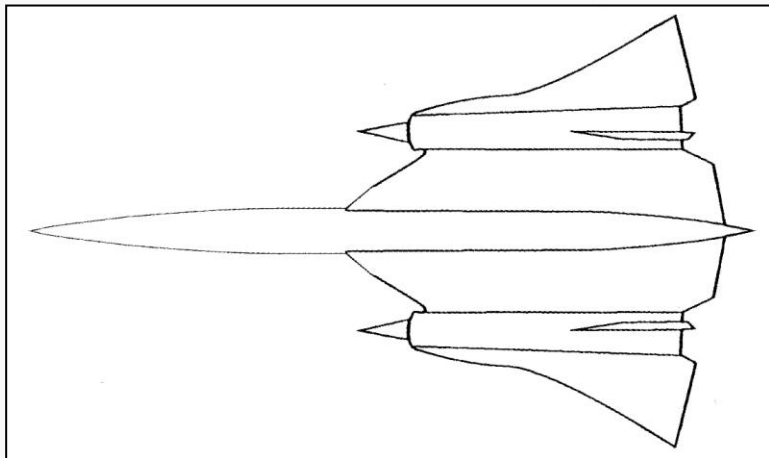




OMNIS

Spirala projektowa - przykład

Otwartość. Modernizacja. Nowoczesność. Integracja. Społeczność.



Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita Polska

Dofinansowane przez Unię Europejską



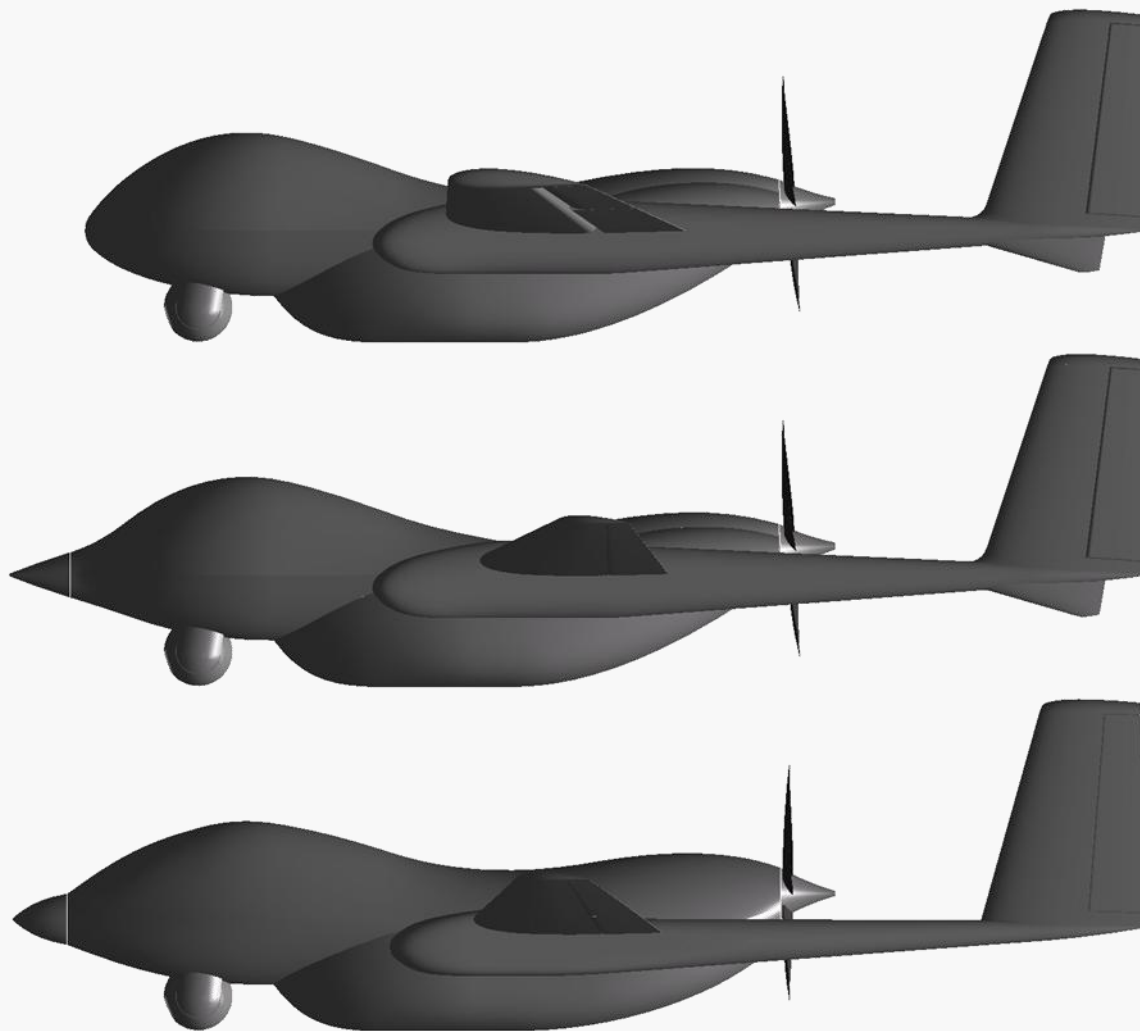
Politechnika Warszawska



OMNIS

Spirala projektowa – przykład – PW101-103

Otwartość. Modernizacja. Nowoczesność. Integracja. Społeczność.



UAV MALE class

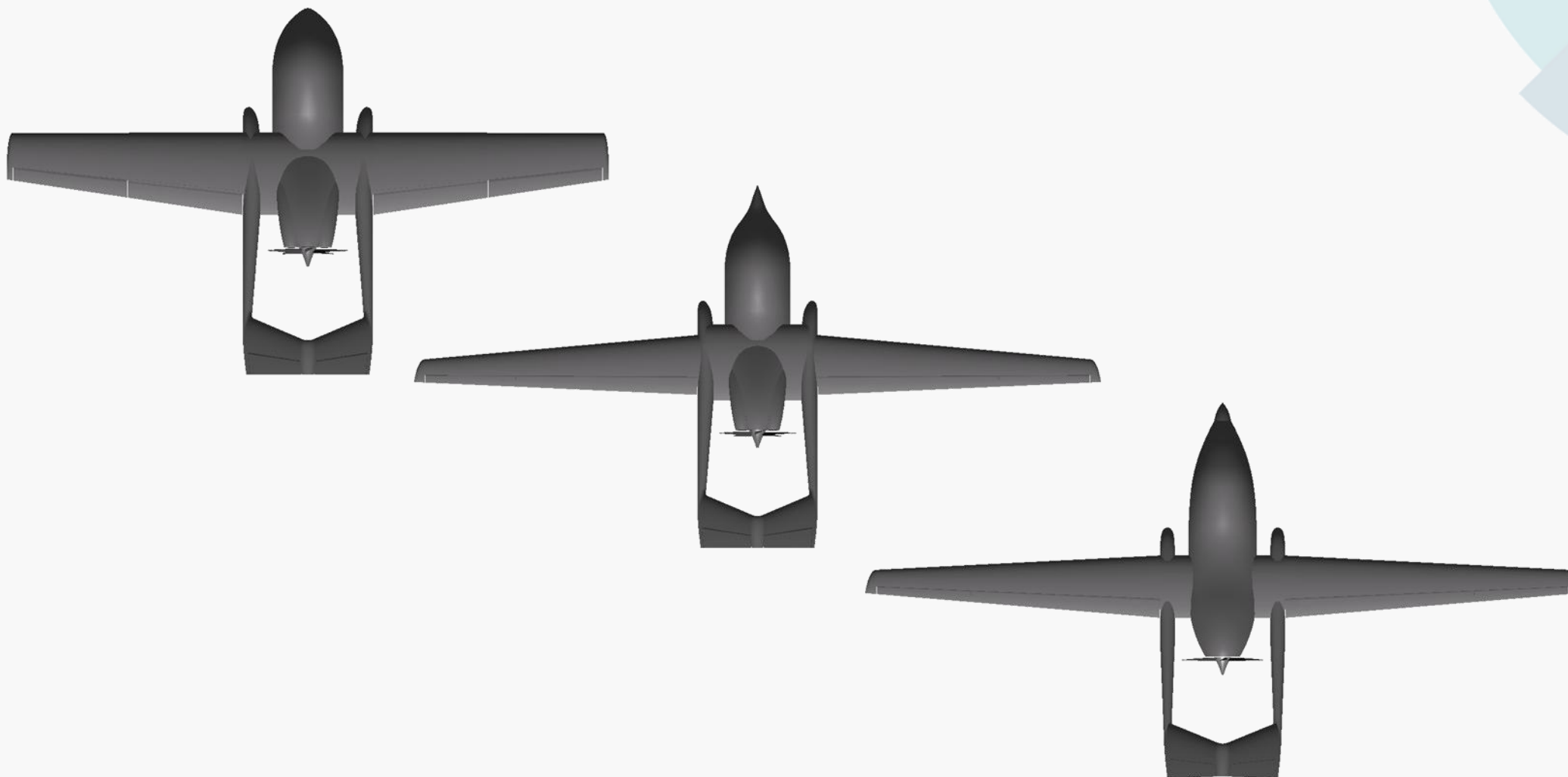




OMNIS

Spirala projektowa – przykład – PW101-103

Otwartość. Modernizacja. Nowoczesność. Integracja. Społeczność.



UAV MALE class



Fundusze Europejskie
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



Politechnika Warszawska



OMNIS

Spirala projektowa – przykład – PW101

Otwartość. Modernizacja. Nowoczesność. Integracja. Społeczność.



UAV MALE class



Fundusze Europejskie
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



Politechnika Warszawska



OMNIS

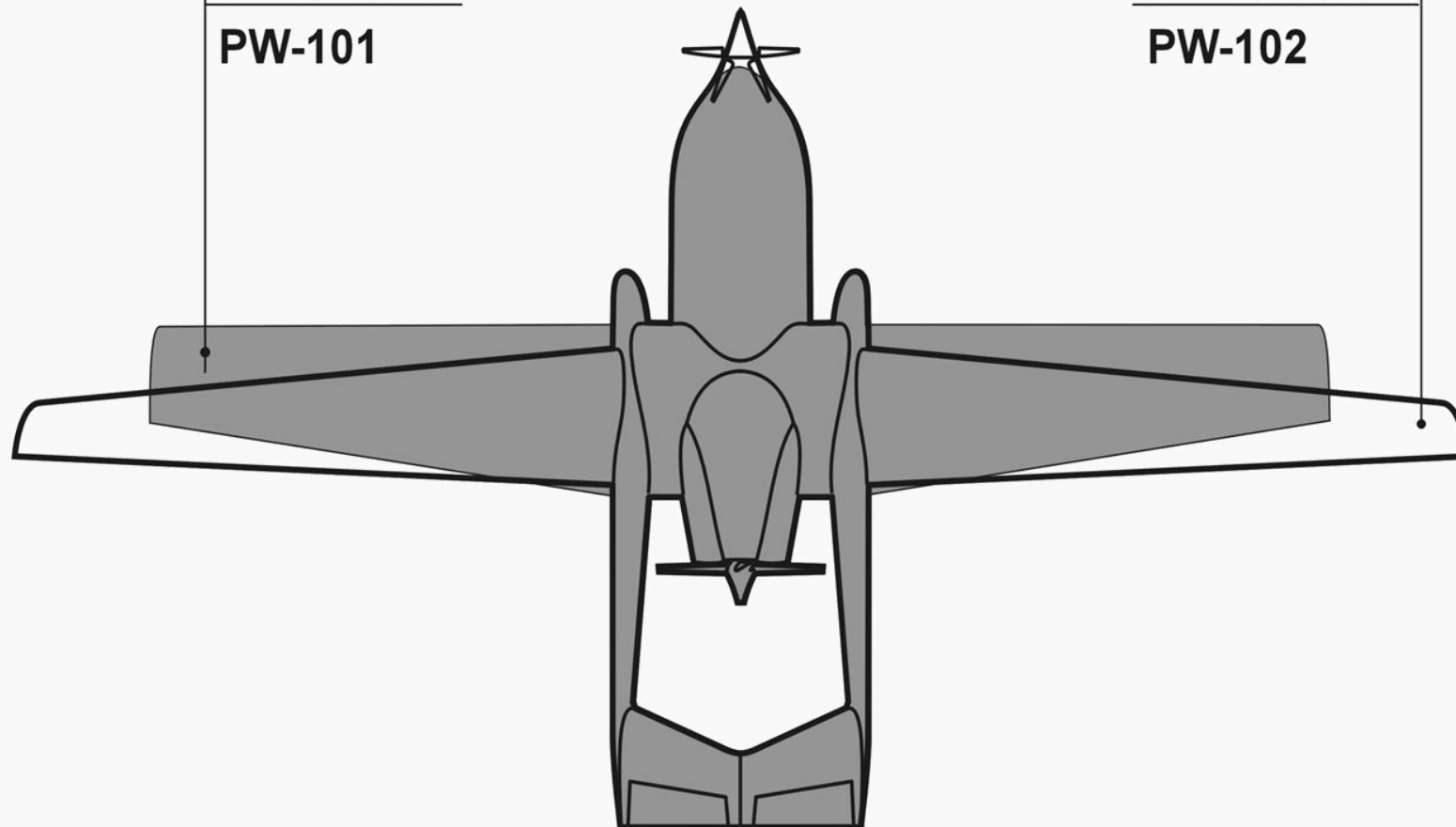
Spirala projektowa – przykład – PW101/102

$S = 10.6 \text{ m}^2$
 $A = 9.4$
 $b = 10.6 \text{ m}$

PW-101

$S = 10.39 \text{ m}^2$
 $A = 14.59$
 $b = 12.6 \text{ m}$

PW-102



Otwartość. Modernizacja. Nowoczesność. Integracja. Społeczność.

UAV MALE class





OMNIS

Spirala projektowa – przykład – PW102

Otwartość. Modernizacja. Nowoczesność. Integracja. Społeczność.



UAV MALE class



Fundusze Europejskie
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



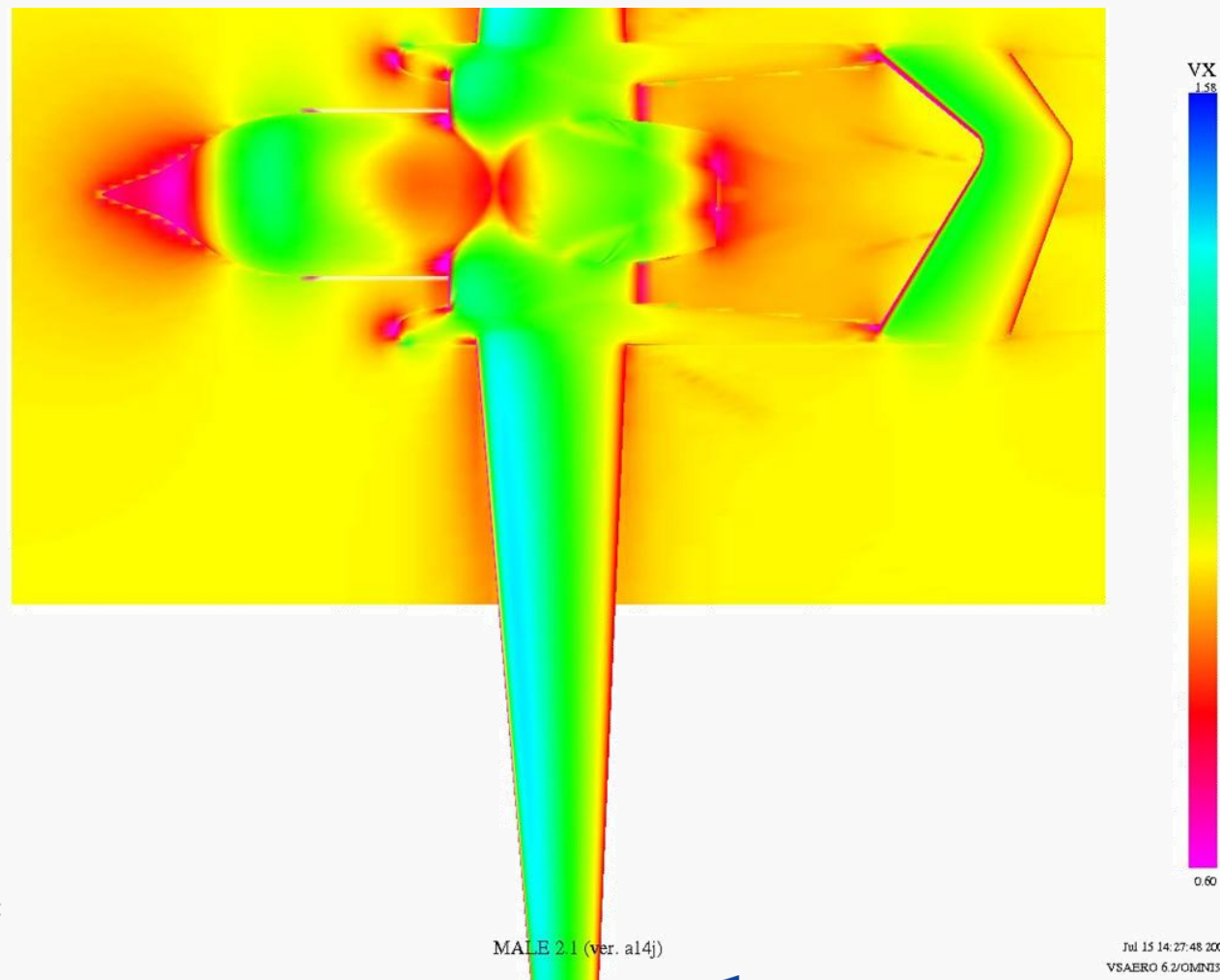
Politechnika Warszawska



OMNIS

Spirala projektowa – przykład – PW102

UAV MALE – rozkład prędkości opływu – składowa V_x



Otwartość. Modernizacja. Nowoczesność. Integracja. Społeczność.

SOLN=2

MALE 2.1 (ver. a14j)

Jul 15 14:27:48 2003
VSAERO 6.2/OMNISD



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



Politechnika Warszawska

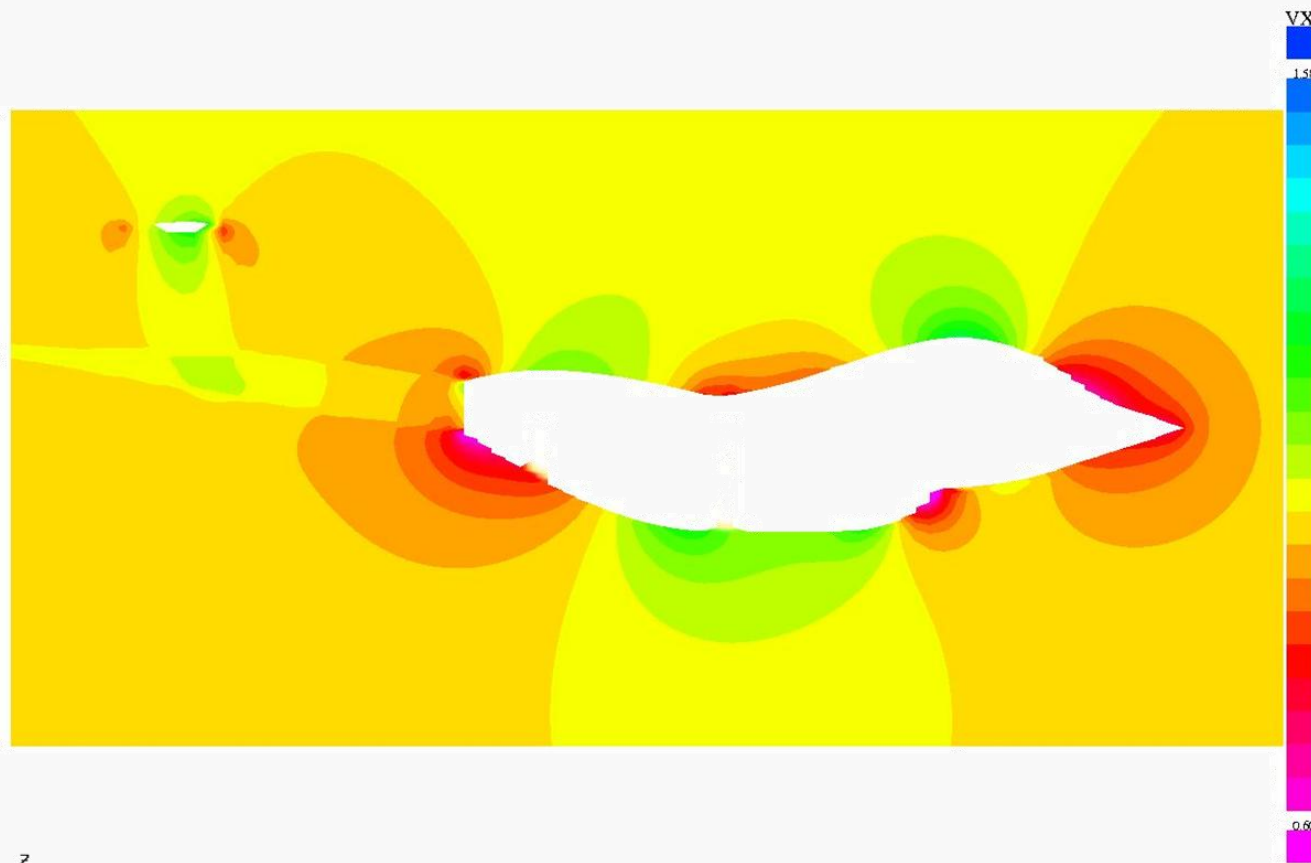


OMNIS

Spirala projektowa – przykład – PW102

UAV MALE – rozkład prędkości opływu – składowa V_x

Otwartość. Modernizacja. Nowoczesność. Integracja. Społeczność.



SOLN=3

MALE 2.1 (ver. a14j)

Jul 15 14:40:58 2003
VSAERO 6.2/OMNISD



Fundusze Europejskie
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



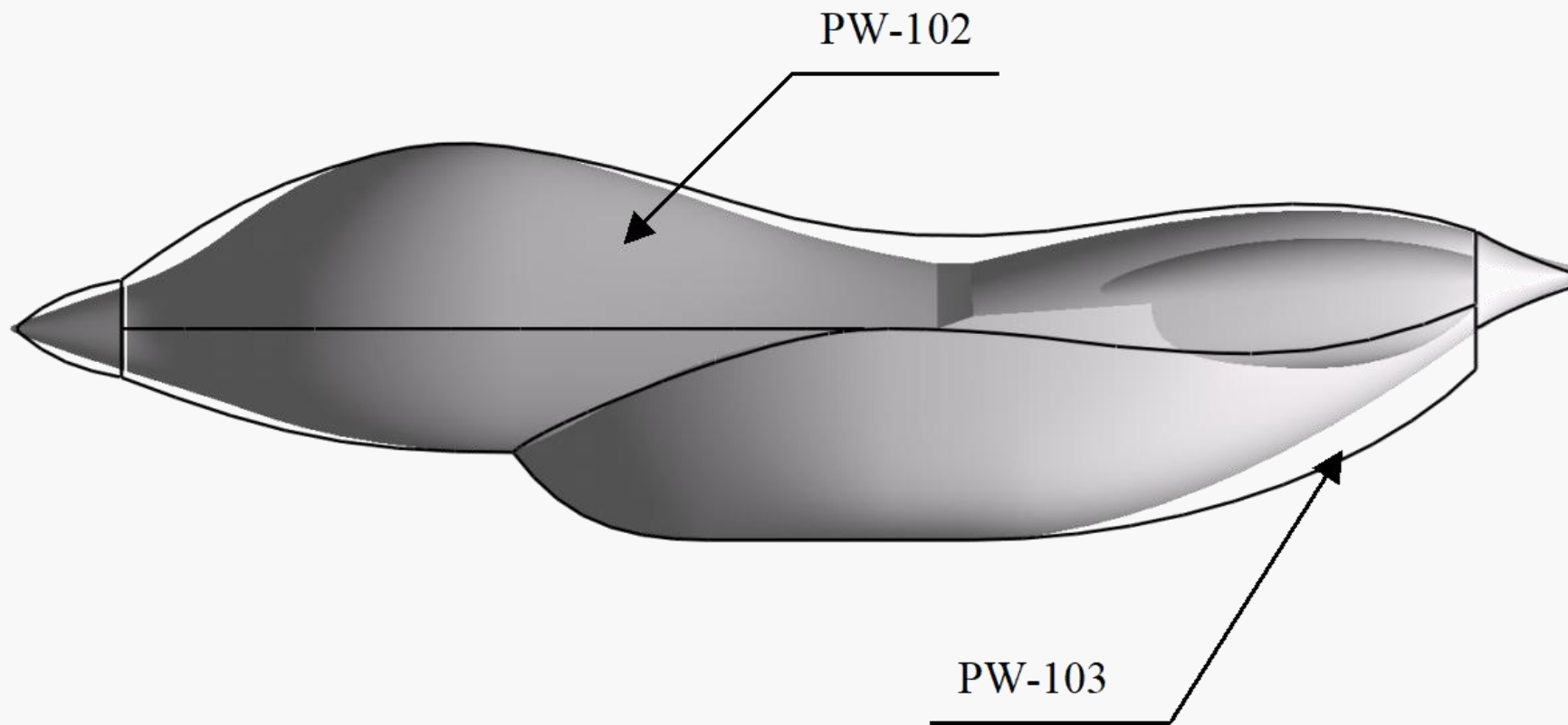
Politechnika Warszawska



OMNIS

Spirala projektowa – przykład – PW103

Poprawa kształtu kadłuba PW-103 MALE – rzut boczny



Otwartość. Modernizacja. Nowoczesność. Integracja. Społeczność.



Fundusze Europejskie
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



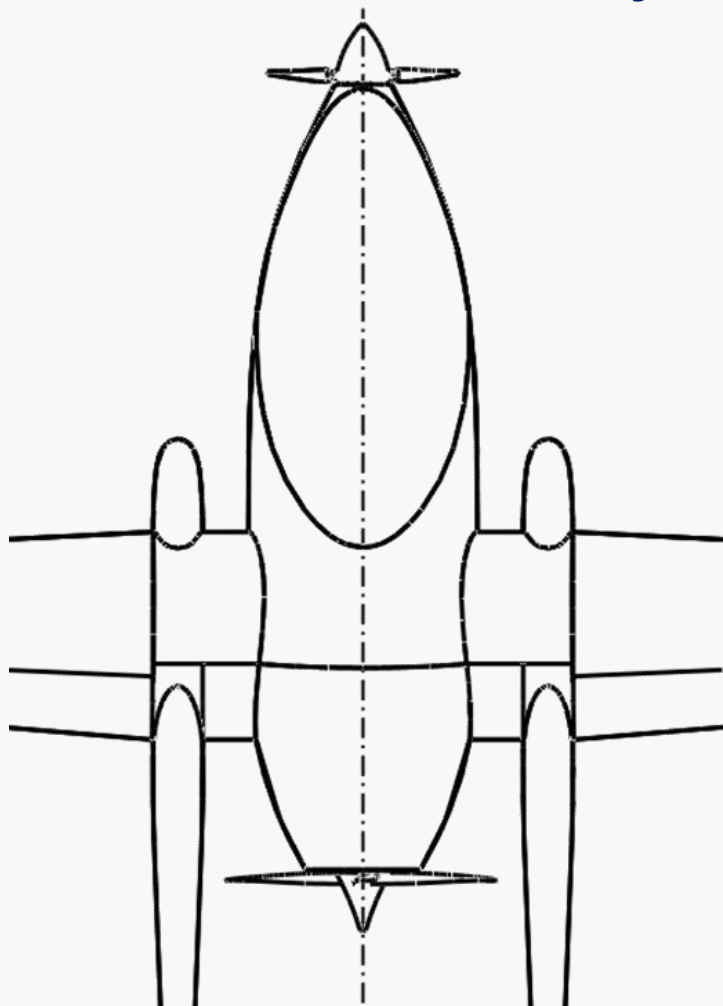
Politechnika Warszawska



OMNIS

Spirala projektowa – przykład – PW103

Poprawa kształtu kadłuba i centralnej części płata – rzut z góry

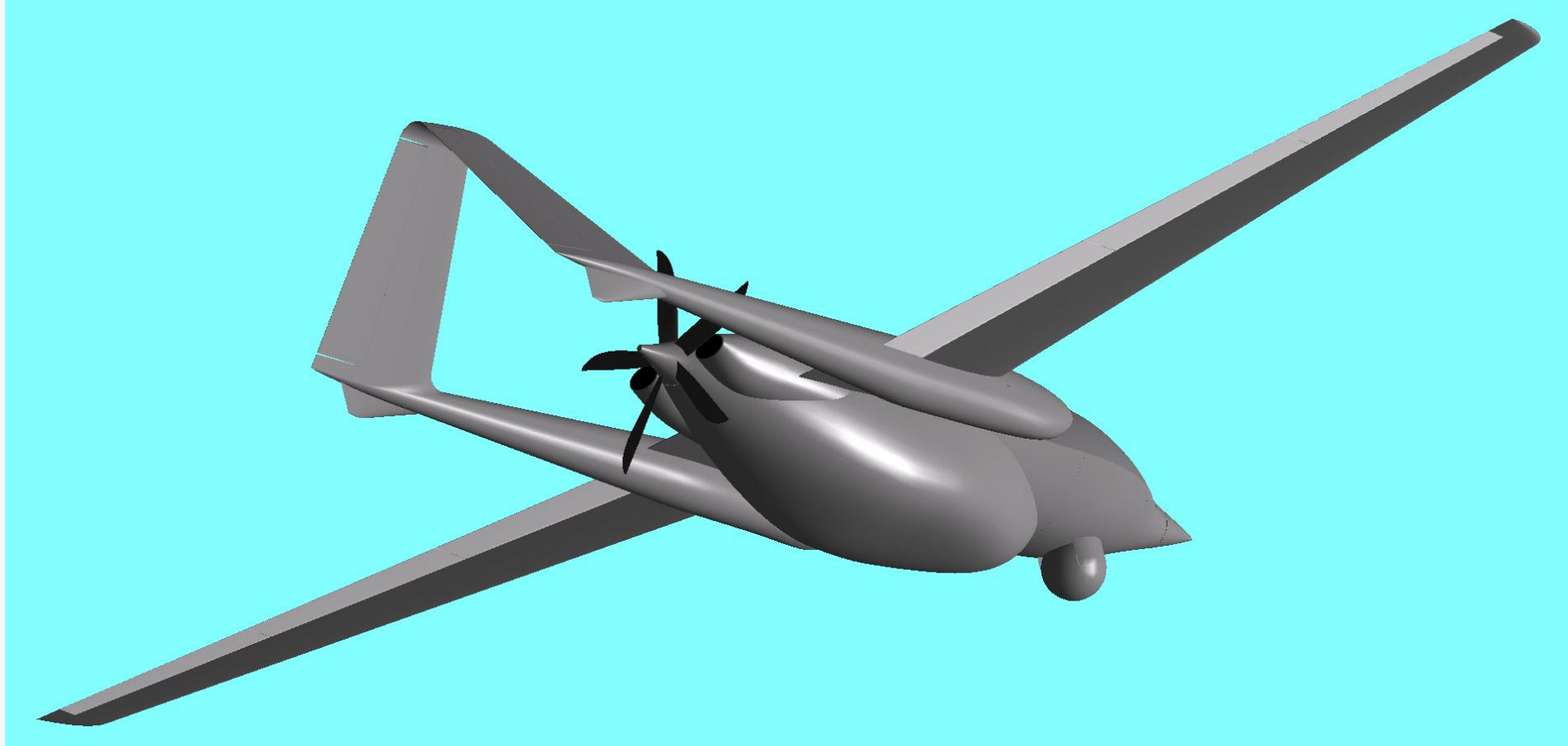




OMNIS

Spirala projektowa – przykład – PW102

Otwartość. Modernizacja. Nowoczesność. Integracja. Społeczność.



UAV MALE class



Fundusze Europejskie
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



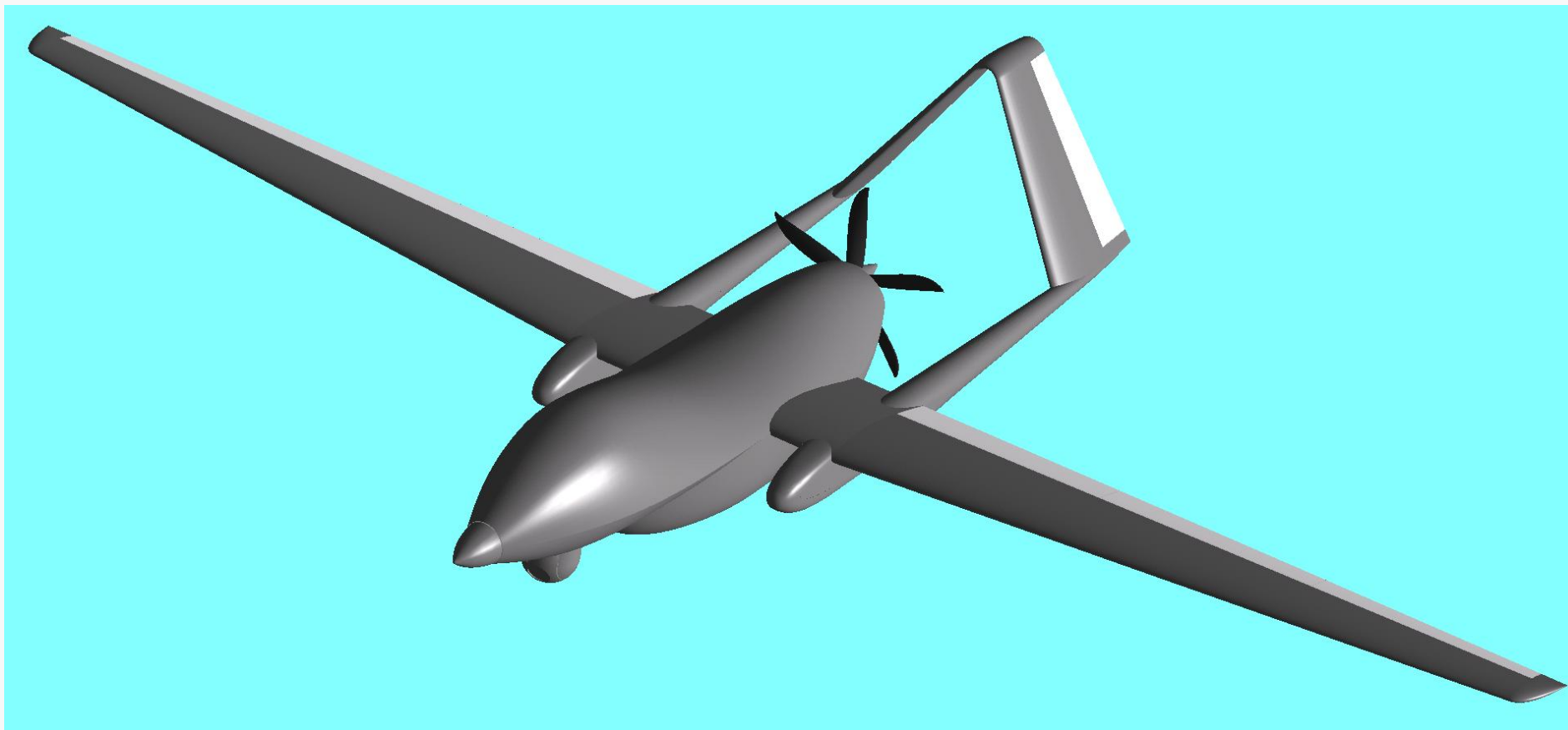
Politechnika Warszawska



OMNIS

Spirala projektowa – przykład – PW103

Otwartość. Modernizacja. Nowoczesność. Integracja. Społeczność.



UAV MALE class – konfiguracja finalna



Fundusze Europejskie
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



Politechnika Warszawska



OMNIS

Spirala projektowa – rozbieżność

- Niespełnienie założeń wstępnych/wymagań konstrukcyjnych
- Niemożliwość rozwiązania zagadnień stateczności statycznej oraz stateczności dynamicznej
- Nietypowe konfiguracje samolotu
- Błędy wynikające z nietypowej konfiguracji samolotu



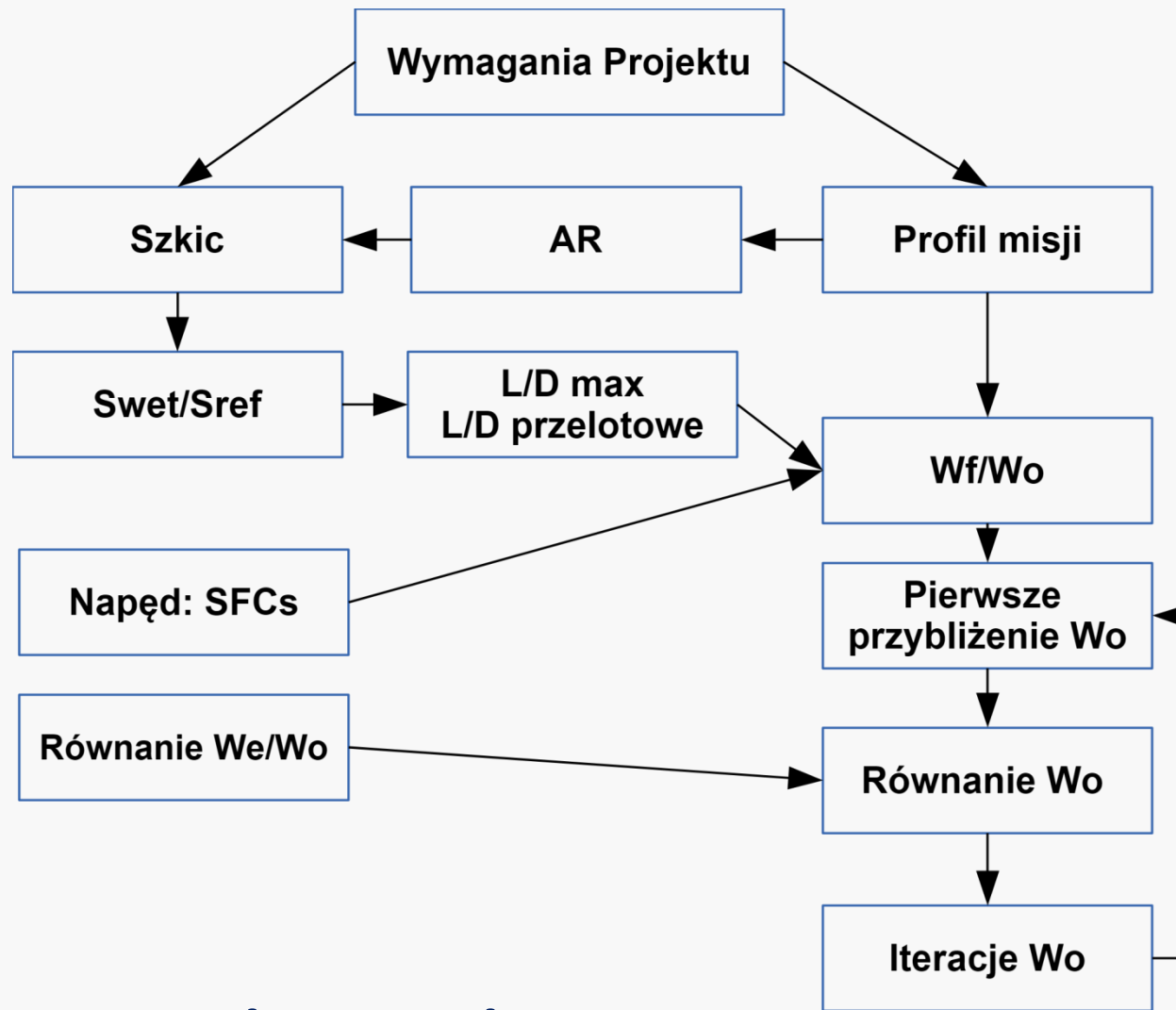


- Analiza trendów – podstawowe osiągi i parametry projektowe (np. zasięg, udźwig, rodzaj struktury)
- Wstępna koncepcja misji
- Obliczenie masy startowej W_{TOF} dla założonej misji
- Analiza wrażliwości



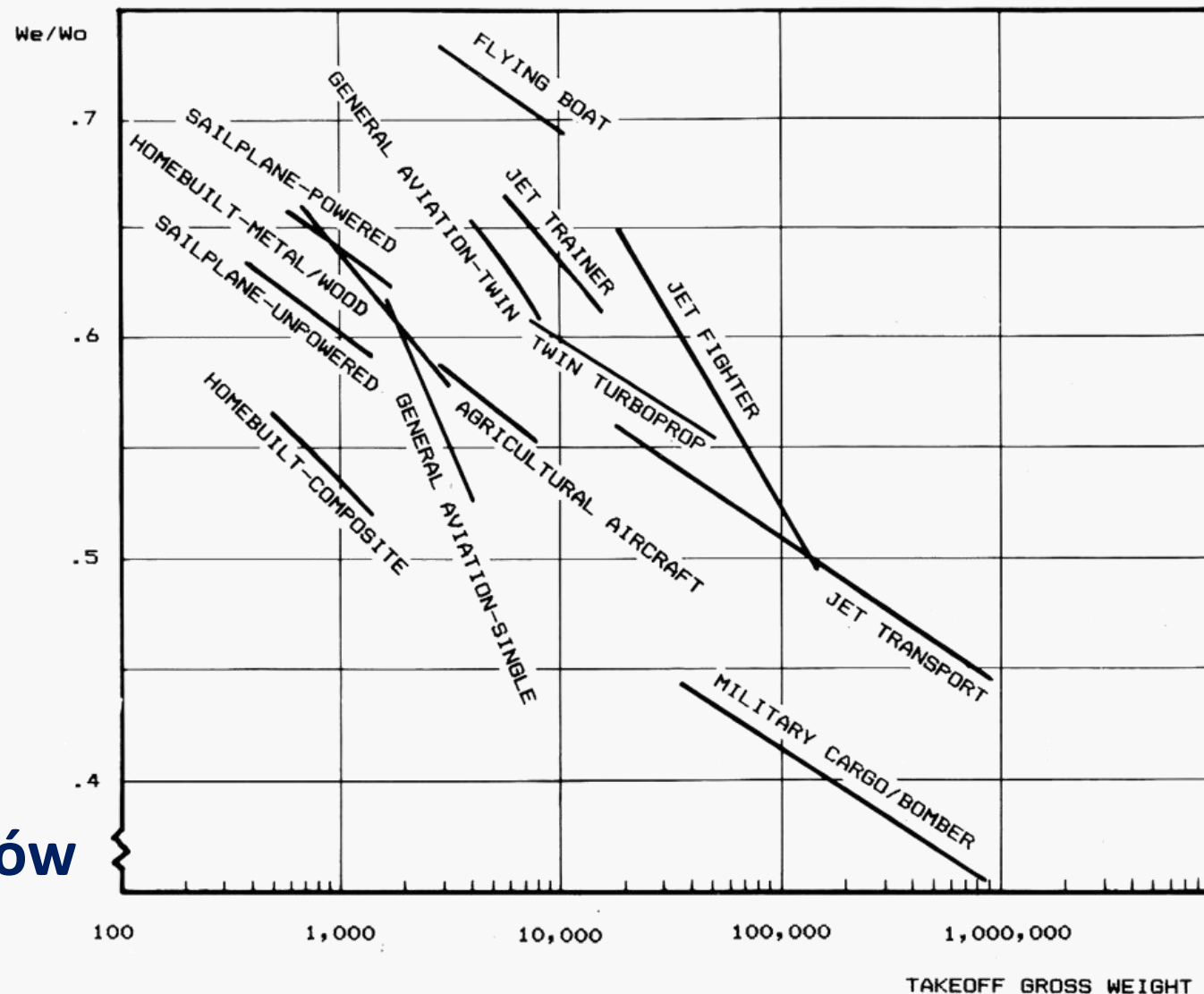


Wstępne wymiarowanie (Initial sizing) 2/12



Schemat wstępnego wymiarowania

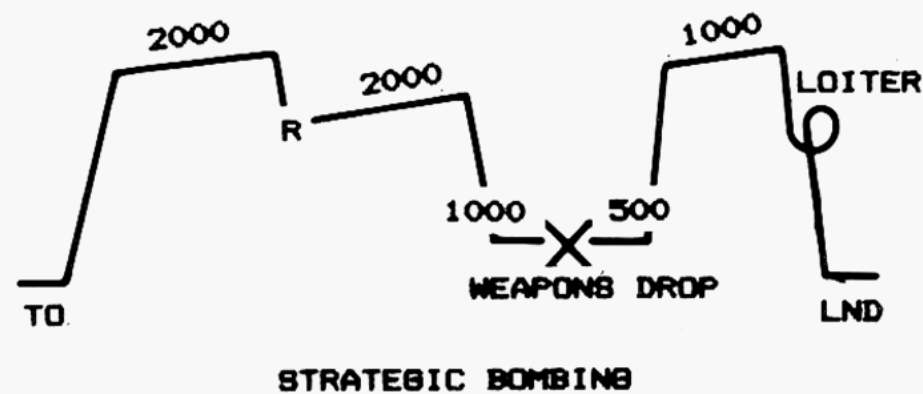
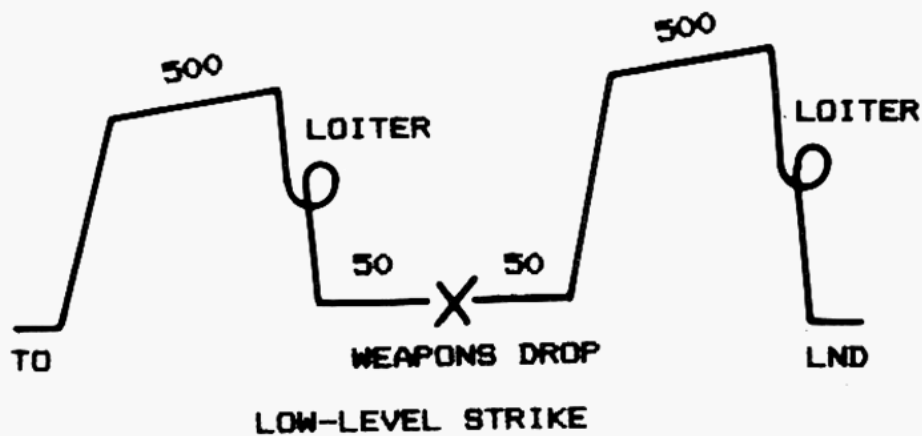
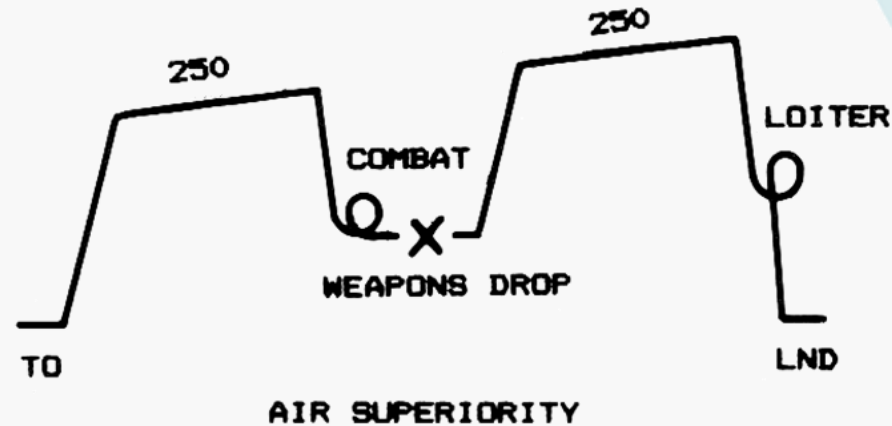
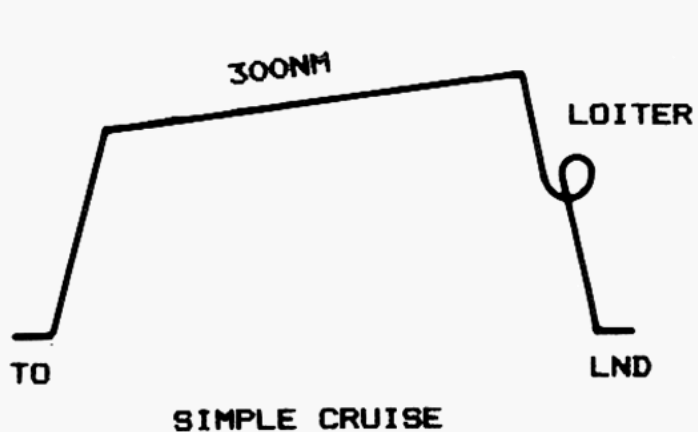




Analiza trendów

wg Raymer





Profile misji

wg Raymer

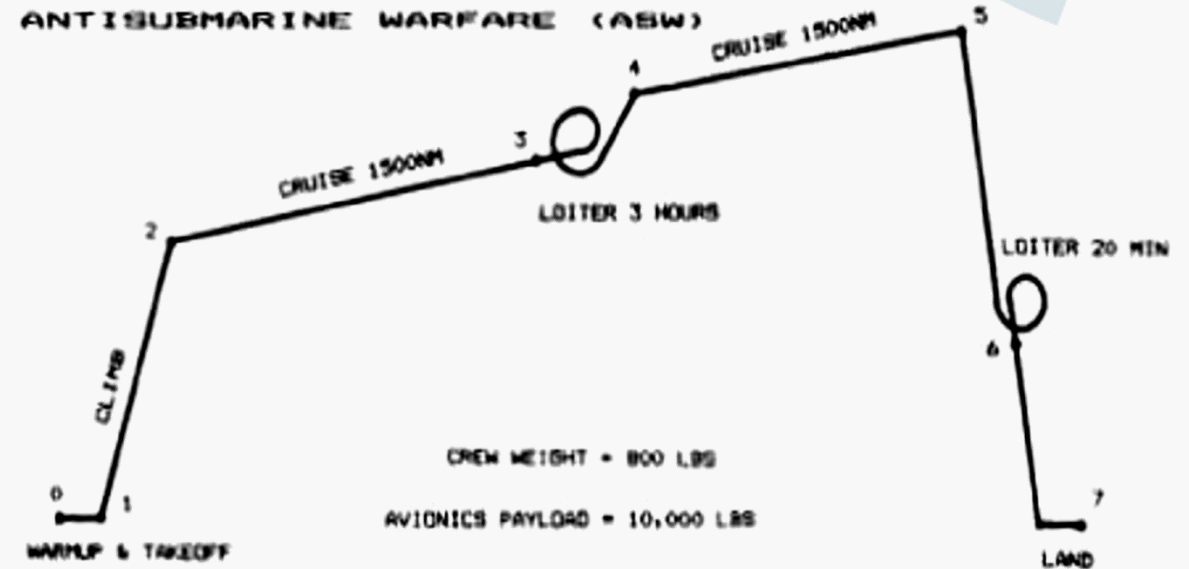
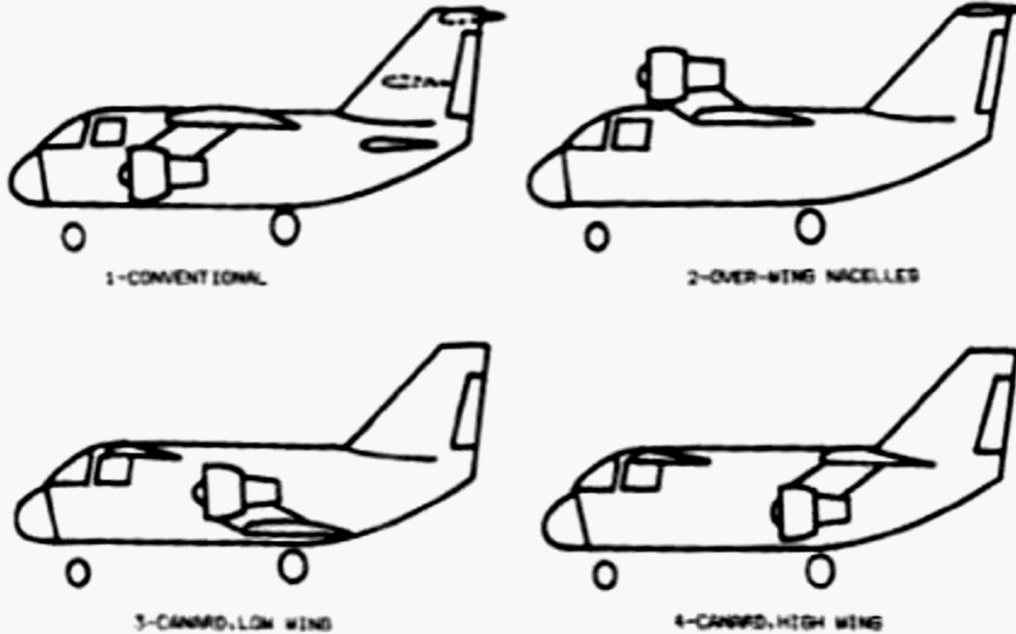




Obliczenie masy startowej W_{TOF} dla założonej misji

$$W_{TO} = \frac{W_{cr} + W_{pay}}{1 - \frac{W_f}{W_{TO}} - \frac{W_e}{W_{TO}}}$$





Analiza założonej misji





Mission Segment Weight Fractions

1) Warmup and takeoff

$$W_1/W_0 = 0.97$$

2) Climb

$$W_2/W_1 = 0.985$$

3) Cruise

$$R = 1500\text{nm} = 9,114,000 \text{ ft}$$

$$C = 0.5 \text{ l/hr} = 0.0001389 \text{ l/s}$$

$$V = 0.6M \times (994.8 \text{ ft/s}) = 569.9 \text{ ft/s}$$

$$L/D = 16 \times 0.866 = 13.9$$

$$W_3/W_2 = e^{-RC/VL/D} = e^{-0.16} = 0.852$$

4) Loiter

$$E = 3 \text{ hours} = 10,800 \text{ s}$$

$$C = 0.4 \text{ l/hr} = 0.0001111 \text{ l/s}$$

$$L/D = 16$$

$$W_4/W_3 = e^{-EC/VL/D} = e^{-0.075} = 0.9277$$

5) Cruise (same as 3)

$$W_5/W_4 = 0.852$$

6) Loiter

$$E = 1/3 \text{ hours} = 1200 \text{ s}$$

$$C = 0.0001111 \text{ l/s}$$

$$L/D = 16$$

$$W_6/W_5 = e^{-EC/VL/D} = e^{-0.083} = 0.9917$$

7) Land

$$W_7/W_6 = 0.995$$



$$W_7/W_0 = (0.97)(0.985)(0.852)(0.9277)(0.852)(0.9917)(0.995) = 0.635$$

$$W_f/W_0 = 1.06(1-0.635) = 0.387$$

$$W_e/W_0 = 0.93 W_0^{-0.07}$$

$$W_0 = \frac{10800}{1 - 0.387 - \frac{W_e}{W_0}} = \frac{10800}{0.613 - 0.93 W_0^{-0.07}}$$

W_0 Guess	W_e/W_0	W_0 Calculated
50000	0.4361	61057
60000	0.4305	59191
59200	0.4309	59328
59300	0.4309	59311
59310	0.4309	59309.6



Analiza wrażliwości – zmiana parametrów:

- Zasięg (przykład)
- Prędkość lotu
- Pułap
- Masa ładunku (przykład)
- Typ struktury/ rodzaj materiałów (przykład)
- Inne





Zasięg 1000 nm

$$W_3/W_2 = W_3/W_4 = e^{-0.1065} = 0.899$$

$$W_7/W_0 = 0.7069$$

$$W_i/W_0 = 1.06 (1 - 0.7069) = 0.3107$$

$$W_0 = \frac{10800}{1 - 0.3107 - \frac{W_e}{W_0}} = \frac{10800}{0.6893 - 0.93W_0^{-0.07}}$$

W_0 Guess	W_e/W_0	W_0 Calculated
50000	0.4361	42657
45000	0.4393	43203
43500	0.4403	43384
43400	0.4404	43396
43398	0.4404	43397

Zasięg 2000 nm

$$W_3/W_2 = W_3/W_4 = e^{-0.2129} = 0.8082$$

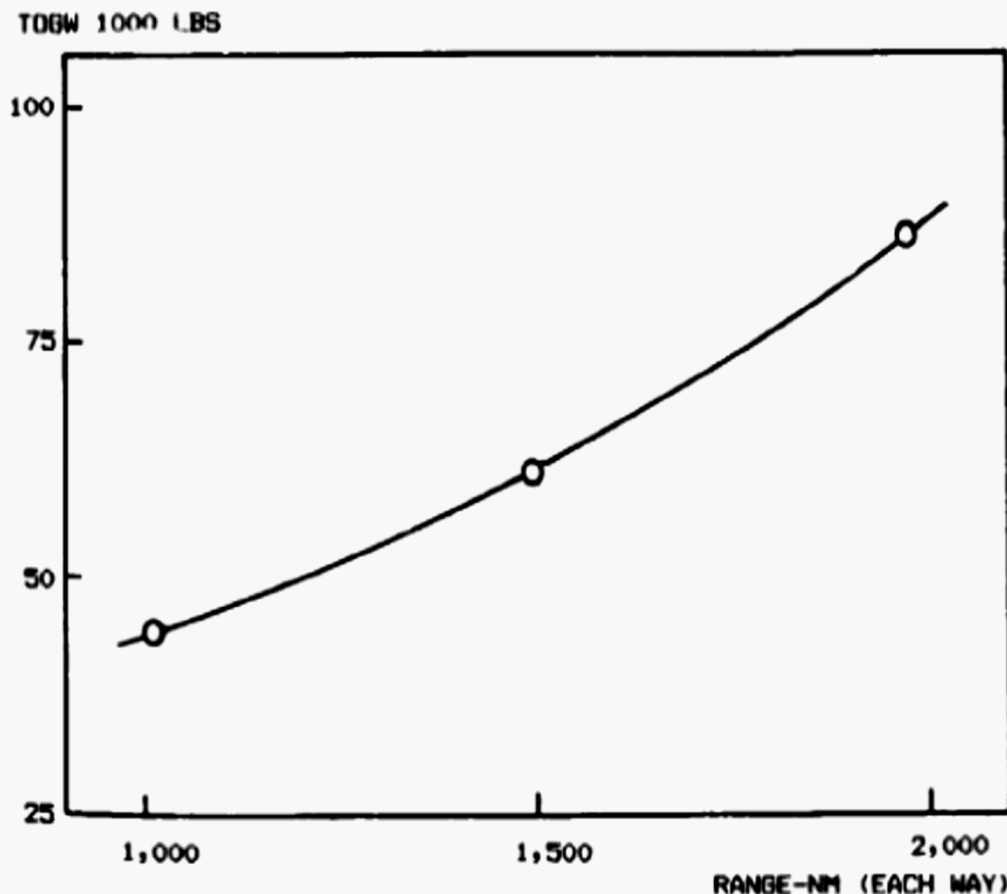
$$W_7/W_0 = 0.5713$$

$$W_i/W_0 = 1.06 (1 - 0.5713) = 0.4544$$

$$W_0 = \frac{10800}{1 - 0.4544 - \frac{W_e}{W_0}} = \frac{10800}{0.5456 - 0.93W_0^{-0.07}}$$

W_0 Guess	W_e/W_0	W_0 Calculated
50000	0.4361	98660
80000	0.4219	87331
86000	0.4198	85889
85900	0.4199	85913
85910	0.4199	85911

Przykład: Zmiana masy startowej WTO spowodowana zmianą zasięgu





Przykład: Zmiana masy startowej WTO spowodowana zmianą wielkości ładunku

Payload = 5000 lb

$$W_0 = \frac{5800}{0.613 - 0.93W_0^{-0.07}}$$

W_0 Guess	W_e/W_0	W_0 Calculated
50000	0.4361	32787
35000	0.4471	34960
34970	0.4471	34965
34966	0.4471	34966

Payload = 15000 lb

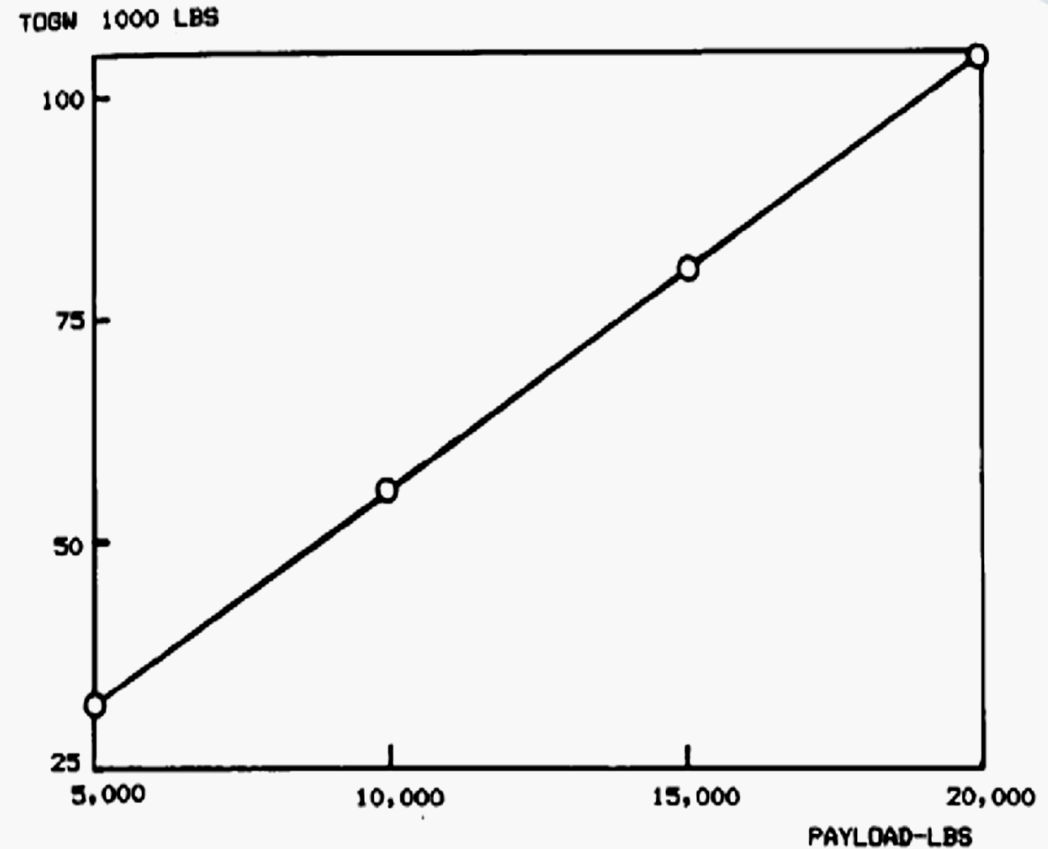
$$W_0 = \frac{15800}{0.613 - 0.93W_0^{-0.07}}$$

W_0 Guess	W_e/W_0	W_0 Calculated
50000	0.4362	89366
85000	0.4202	81937
82000	0.4212	82389
82350	0.4211	82335

Payload = 20000 lb

$$W_0 = \frac{20800}{0.613 - 0.93W_0^{-0.07}}$$

W_0 Guess	W_e/W_0	W_0 Calculated
90000	0.4185	106941
100000	0.4154	105272
105000	0.4140	104522
104600	0.4141	104581





$$W_e/W_0 = (0.95)(0.93 W_0^{-0.07}) = 0.8835 W_0^{-0.07}$$

$$W_0 = \frac{10800}{1 - 0.387 - \frac{W_e}{W_0}} = \frac{10800}{0.613 - 0.8835 W_0^{-0.07}}$$

W_0 Guess	W_e/W_0	W_0 Calculated
50000	0.4143	54344
54000	0.4120	53742
53800	0.4122	53771

Przykład: Zmiana masy startowej WTO spowodowana zmianą rodzaju materiałów





OMNIS

Zaawansowane wymiarowanie

1. Wymiarowanie wstępne zapewnia uzyskanie zasięgu
2. Wymiarowanie wstępne daje w wyniku masę startową
3. Wymiarowanie wstępne nie gwarantuje uzyskania innych osiągnięć, takich jak: długość startu, przyspieszenie samolotu, minimalny promień zakrętu itp.
4. Wymiarowanie wstępne pozwala na naszkicowanie samolotu, wyznaczenie jego charakterystyk aerodynamicznych i obliczenie osiągnięć
5. Wymiarowanie zaawansowane pozwala na optymalizację bryły i osiągnięć





OMNIS

Zaawansowane wymiarowanie - przykład

Przykład: **optymalizacja masy (ciężaru)**

Analizowane parametry samolotu:

**obciążenie powierzchni nośnej W/S
współczynnika ciągu T/W**

Ograniczenia:

Jednostkowy nadmiar mocy $V \cdot (T-D)/W$
(przy $Ma=0.9$, $h=30$ kf, $n=5g$)

Długość startu S_{TO}

Przyspieszenie (od $Ma=0.9$ do $Ma=1.5$)





OMNIS

Zaawansowane wymiarowanie - przykład

Otwartość. Modernizacja. Nowoczesność. Integracja. Społeczność.

	W/S = 50	W/S = 60	W/S = 70
T/W = 1.1	1 W ₀ = 56 000 lb P _S = 700 fps S _{TO} = 340 ft a = 46 s	2 W ₀ = 49 000 lb P _S = 330 fps S _{TO} = 430 ft a = 42 s	3 W ₀ = 46 000 lb P _S = 30 fps S _{TO} = 660 ft a = 39 s
T/W = 1.0	4 W ₀ = 48 500 lb P _S = 430 fps S _{TO} = 450 ft a = 50,5 s	5 W ₀ = 43 700 lb P _S = 30 fps S _{TO} = 595 ft a = 47 s	6 W ₀ = 42 000 lb P _S = -190 fps S _{TO} = 800 ft a = 45 s
T/W = 0.9	7 W ₀ = 44 000 lb P _S = 140 fps S _{TO} = 670 ft a = 56 s	8 W ₀ = 39 000 lb P _S = -230 fps S _{TO} = 810 ft a = 53 s	9 W ₀ = 36 000 lb P _S = -320 fps S _{TO} = 1070 ft a = 51 s

Wymagania:

$$P_S \geq 0$$

(nadmiar ciągu)

$$S_{TO} \leq 500 \text{ ft}$$

$$a \leq 50 \text{ s}$$

Macierz wymiarowania



Dofinansowane przez
Unię Europejską



Politechnika Warszawska



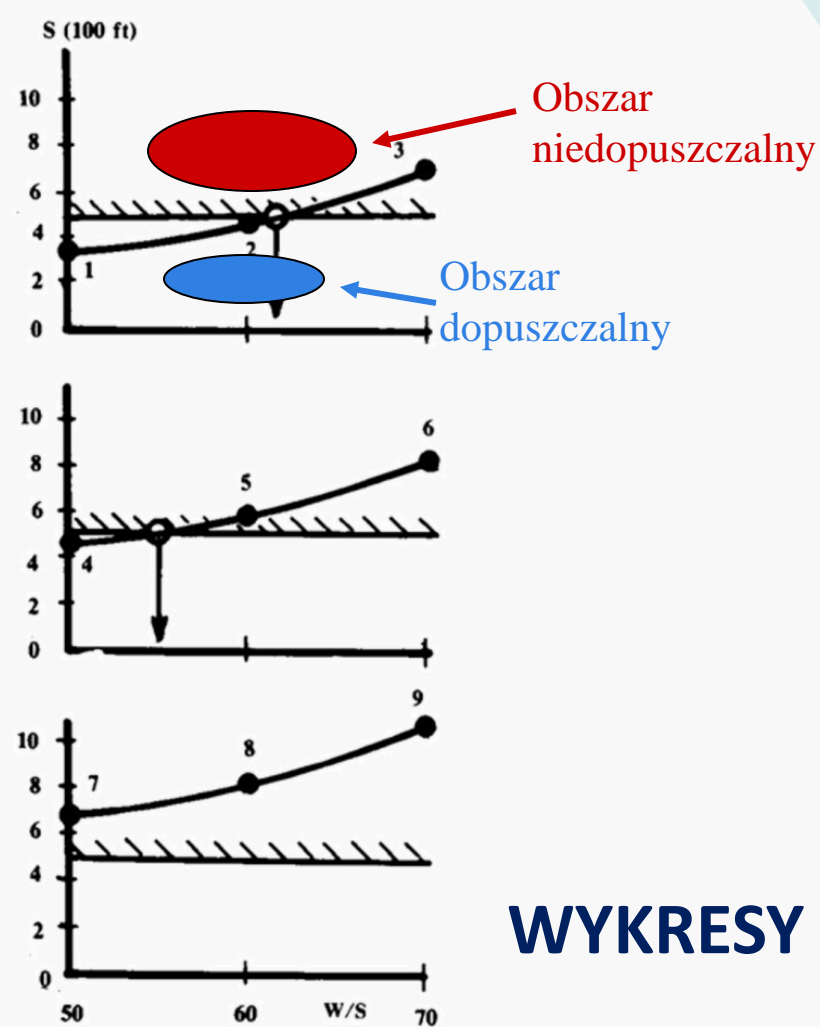
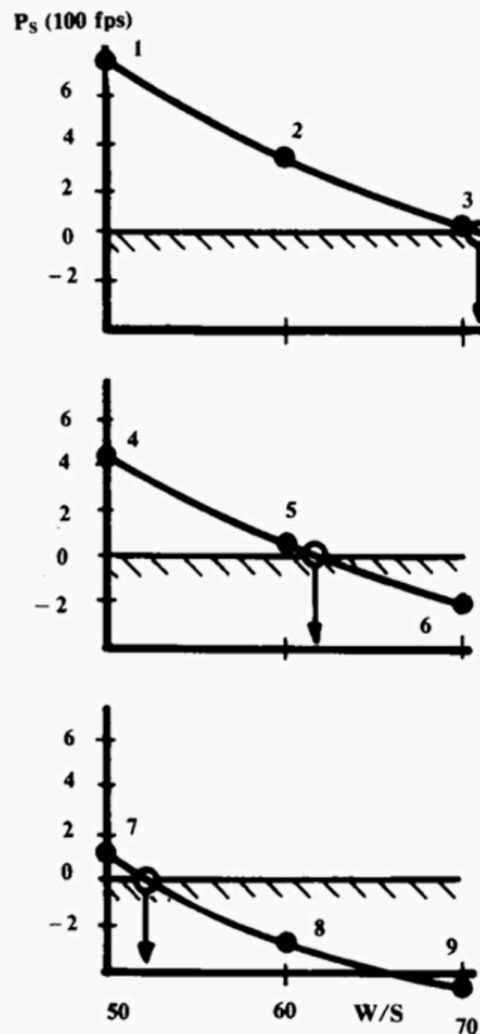
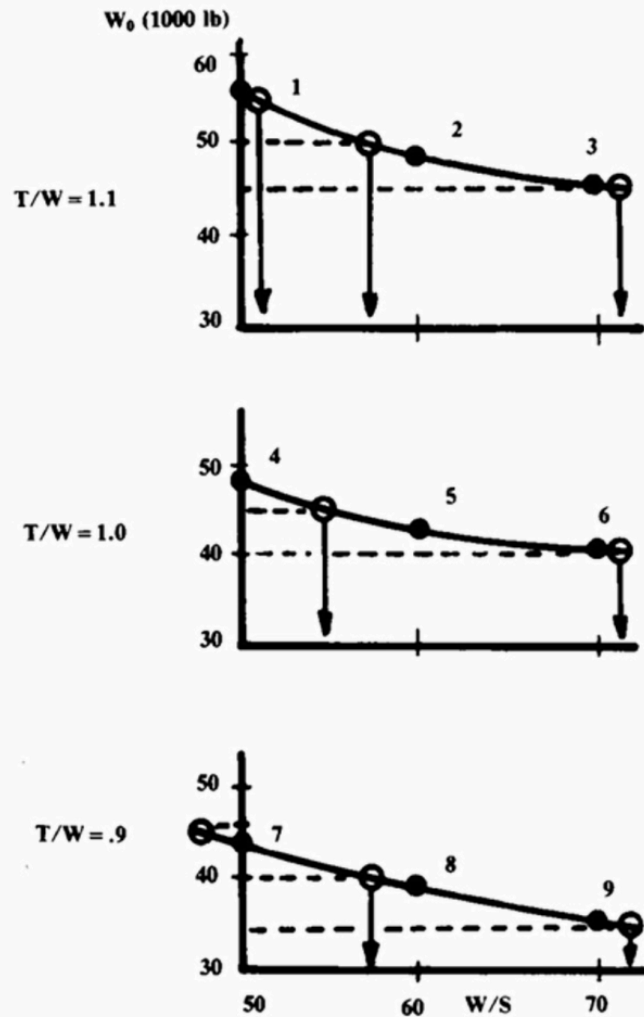
Zaawansowane wymiarowanie - przykład

Otwartość. Modernizacja. Nowoczesność. Integracja. Społeczność.

Masa startowa

Nadmiar ciągu

Długość startu



WYKRESY KRZYŻOWE



Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego

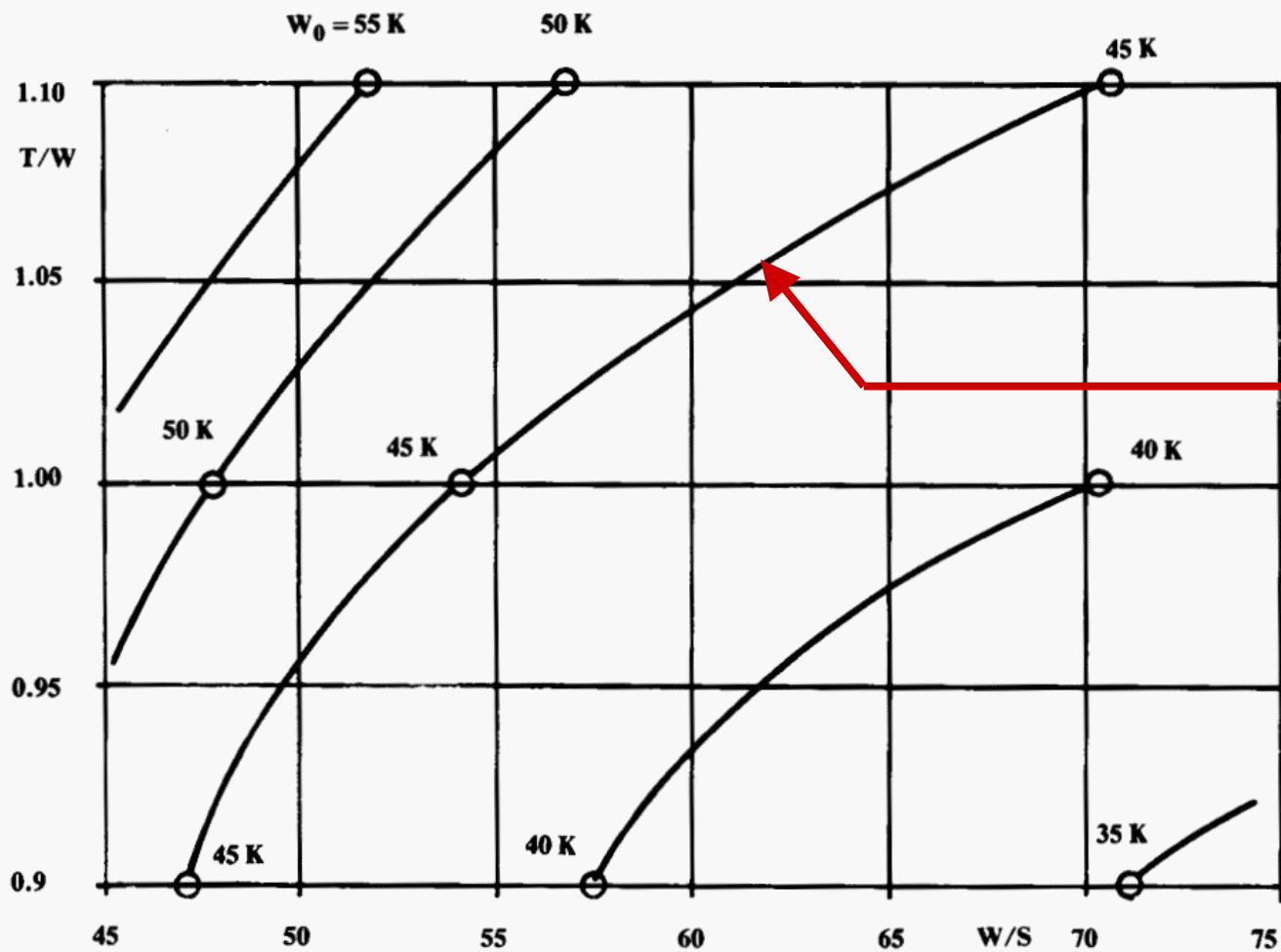


Rzeczpospolita Polska

Dofinansowane przez Unię Europejską



Politechnika Warszawska



Izolinie stałej masy na wykresach W/S; T/W

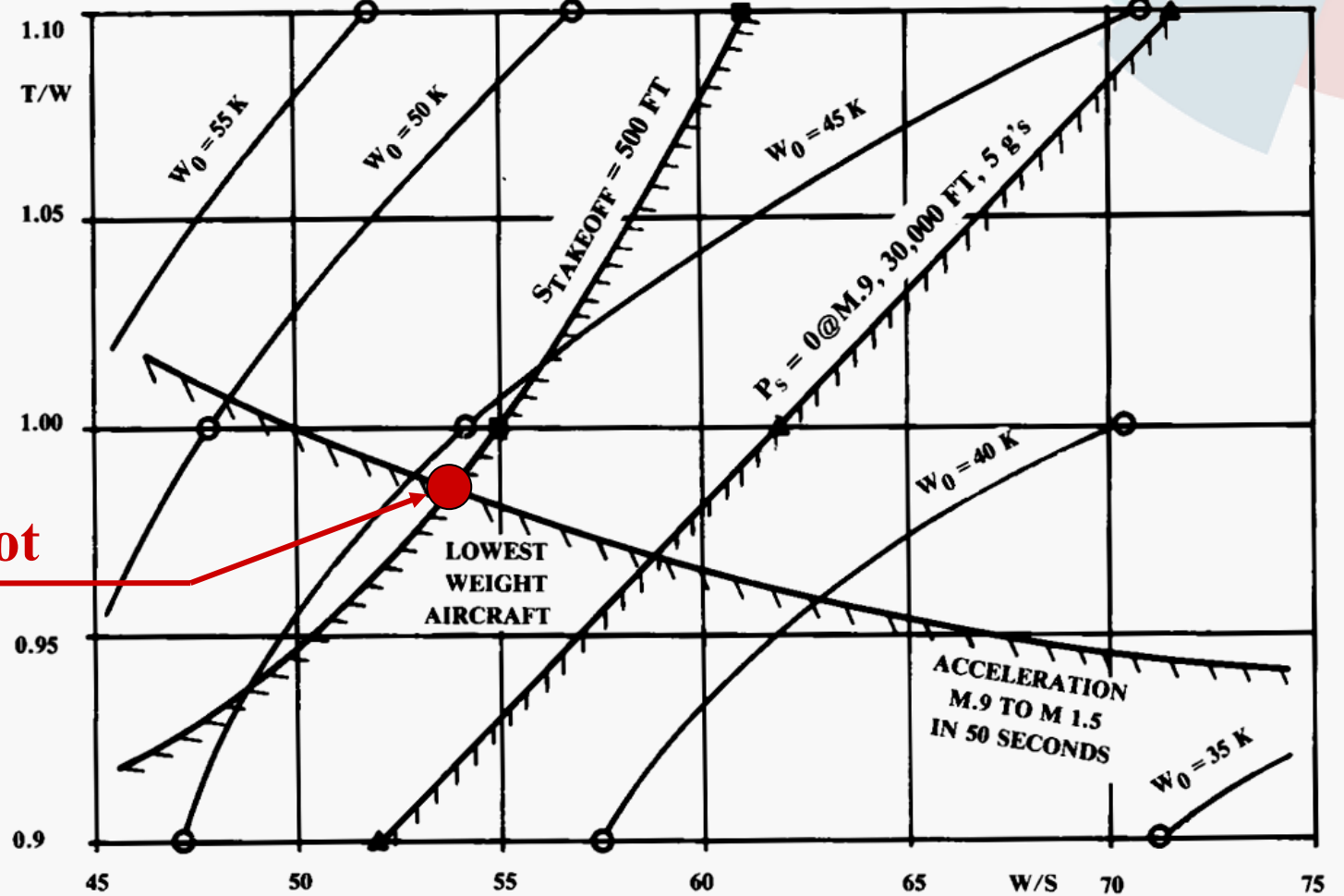
Punkty dla stałej masy samolotu: 45 000 lb





Izolinie stałej masy wraz z więzami nadmiaru ciągu, startu i przyspieszenia

Najlżejszy samolot

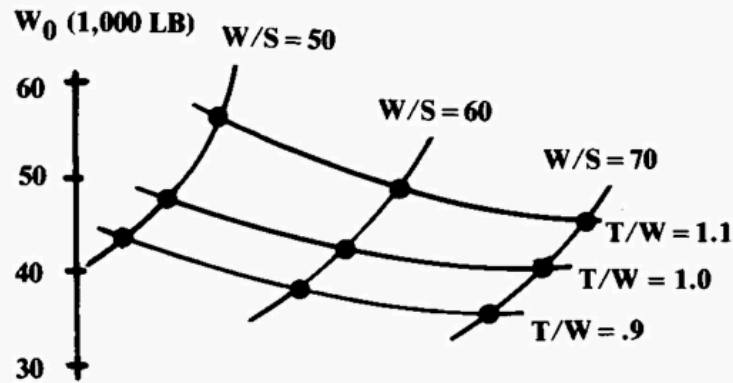
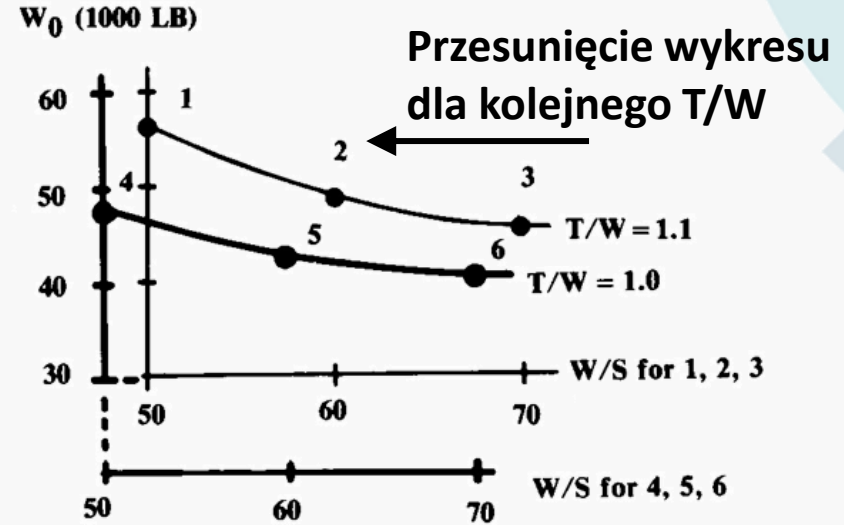
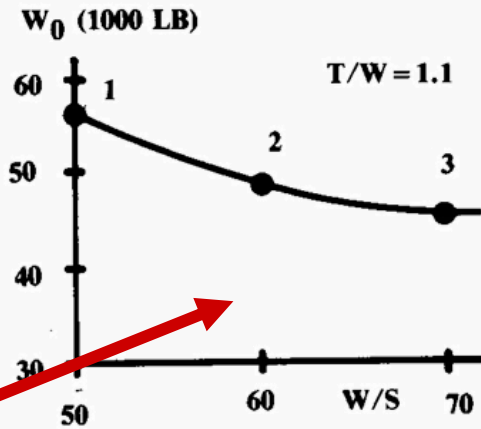




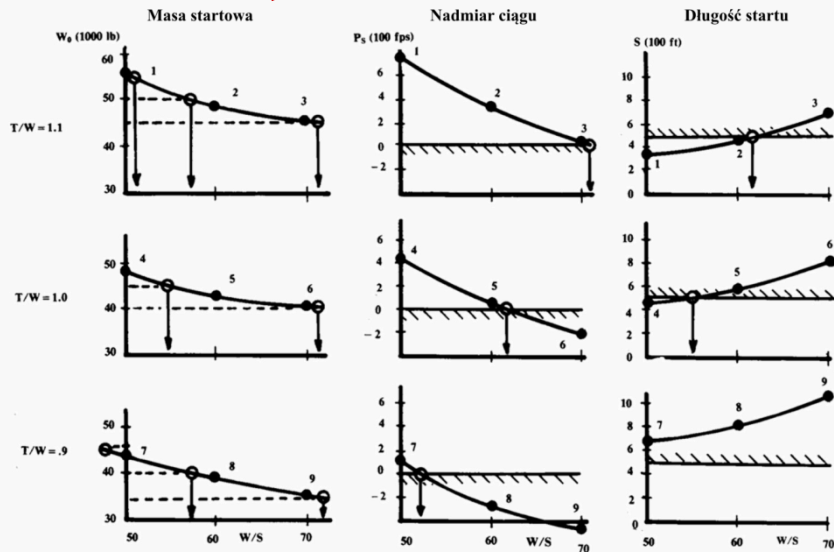
OMNIS

Optymalizacja z zastosowaniem wykresów dywanowych

Otwartość. Modernizacja. Nowoczesność. Integracja. Społeczność.



Wykresy dywanowe

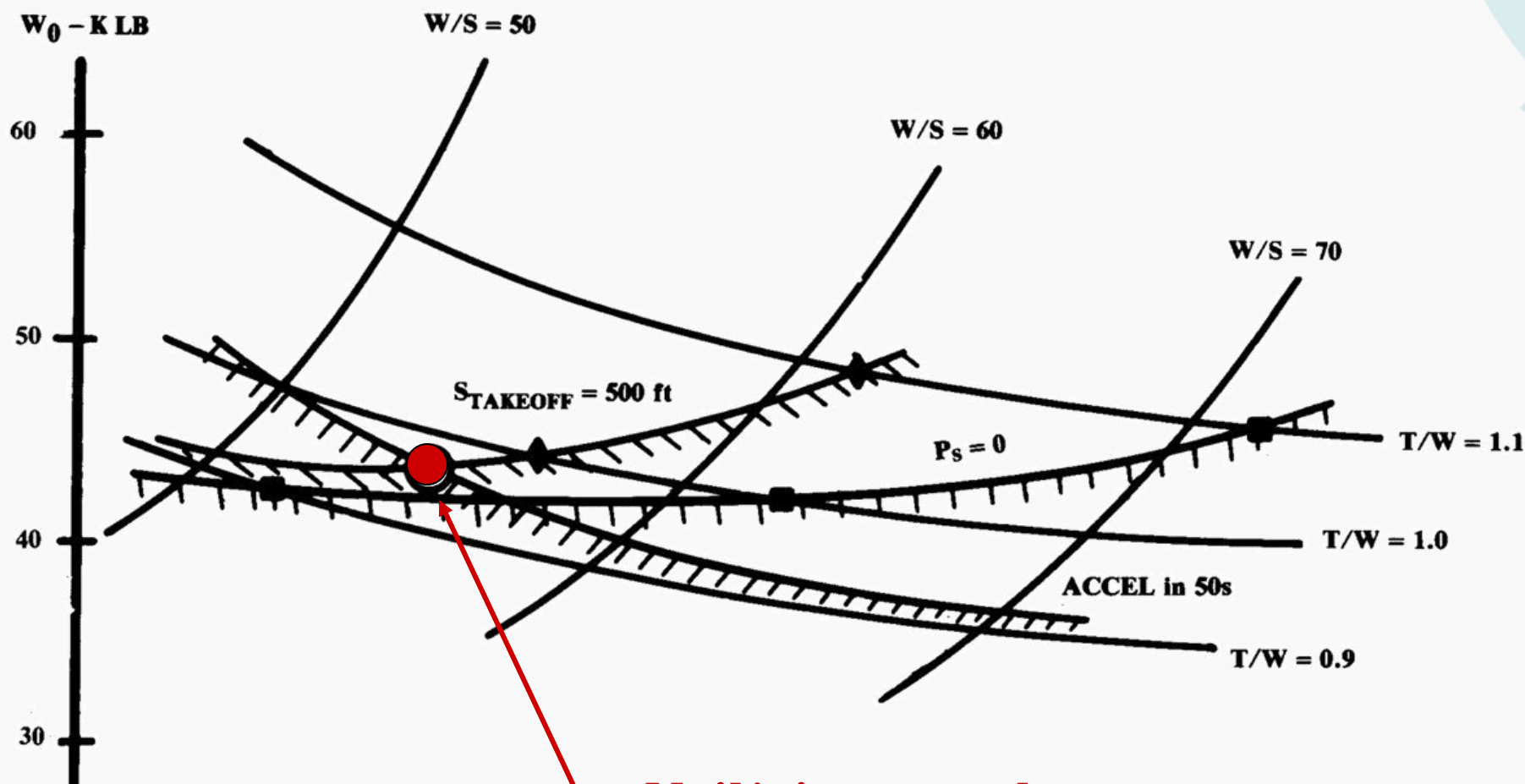




OMNIS

Optymalizacja z zastosowaniem wykresów dywanowych

Otwartość. Modernizacja. Nowoczesność. Integracja. Społeczność.



Najlepszy samolot



Fundusze Europejskie
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



Politechnika Warszawska



OMNIS

Wymiarowanie - podsumowanie

- Wymiarowanie wstępne daje w wyniku masę startową i zapewnia uzyskanie założonego zasięgu lub długotrwałości lotu
- Wymiarowanie wstępne nie gwarantuje uzyskania innych osiągnięć, takich jak: długość startu, przyspieszenie samolotu, minimalny promień zakrętu itp.
- Wymiarowanie wstępne pozwala na naszkicowanie samolotu, wyznaczenie jego charakterystyk aerodynamicznych i obliczenie osiągnięć
- Wymiarowanie zaawansowane pozwala na optymalizację osiągnięć





OMNIS Optymalizacja w inżynierii lotniczej i kosmicznej

Otwartość. Modernizacja. Nowoczesność. Integracja. Społeczność.

Dziękuję za uwagę



Fundusze Europejskie
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



Politechnika Warszawska