

Άσκηση 1: Υπολογισμός Αντίστασης Ιστιοπλοϊκού

Δίνεται ιστιοπλοϊκό σκάφος που τα ύφαλα του έχουν τη μορφή της σειράς του TU Delft με τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

Μήκος στην ίσαλο	L_{WL}	m	10,058
Πλάτος στην ίσαλο	B_{WL}	m	3,613
Βύθισμα	T_C	m	0,575
Όγκος Εκτοπίσματος	∇_C	m^3	8,225
Επιφάνεια ισάλου	A_{WL}	m^2	24,41

Να υπολογιστεί η αντίσταση και η ισχύς ρυμούλκησης της γάστρας του ιστιοπλοϊκού σκάφους στη κατακόρυφη θέση (upright resistance) με βάση τους πίνακες της σειράς TU Delft για ταχύτητα που αντιστοιχεί σε Fn 0.35.

Για τον υπολογισμό της αντίστασης να χρησιμοποιηθεί η μέθοδος Froude με την εκάστοτε βρεχόμενη επιφάνεια και μήκος για τον υπολογισμό της αντίστασης τριβής το 70% του μήκους ισάλου L_{WL} .

Δίδονται: $\gamma = 1.025 \text{ mt/m}^3$, $g = 9.81 \text{ m/s}^2$, $\rho = 104.61 \text{ kp}\cdot\text{s}^2/\text{m}^4$, $\nu = 1.18831 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ για θαλασσινό νερό 15° C . Η θερμοκρασία κατά τις δοκιμές του TU Delft ήταν 15° C . Η βρεχόμενη επιφάνεια υπολογίζεται από τον τύπο:

$$Sc = \left(1.97 + 0.171 \cdot \frac{Bwl}{Tc} \right) \cdot \left(\frac{0.65}{Cm} \right)^{\frac{1}{3}} \cdot (\nabla_C \cdot Lwl)^{\frac{1}{2}}$$

Λύση

1. Προκειμένου να βρω τον αριθμό του προτύπου της συστηματικής σειράς TU Delft από τον **Πίνακα 1** υπολογίζω τους λόγους:

$$L_{WL}/B_{WL} = 2,783836$$

$$B_{WL}/T_c = 6,283478$$

$$L_{WL}/V_c^{1/3} = 4,982718$$

Τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά ταιριάζουν με το πρότυπο **No 43** του **Πίνακα 1** της **DSYHS**.

MODEL	L_{WL}/B_{WL}	B_{WL}/T_c	$L_{WL}/V_{olc}^{1/3}$	LCB%	LCF%	C_b	C_p	C_w	C_m	$A_w/V_{olc}^{2/3}$
43	2,784	6,281	4,983	-3,28	-6,49	0,394	0,553	0,672	0,712	5,991

2. Υπολογίζω από τη σχέση που δίδεται τη βρεχόμενη επιφάνεια:

$$S_w = 26,85868 \text{ m}^2$$

3. Υπολογίζω την υπόλοιπη αντίσταση για $Fr=0,35$. Με χρήση του **Πίνακα 2**

βρίσκω το λόγο της υπόλοιπης αντίστασης προς το εκτόπισμα $\frac{R_R}{g \cdot m_c} \cdot 10^3$.

$$\text{Όπου } g \cdot m_c = \Delta_c (= 1,025 \frac{mt}{m^3} \cdot 8,225m^3) = 8,430625mt.$$

Με αντικατάσταση των συντελεστών $\alpha_0, \dots, \alpha_9$ του **Πίνακα 2** προκύπτει:

$$\frac{R_R}{\Delta_c} \cdot 10^3 = 8,35 \Rightarrow R_R = 8,35 \cdot 8,430625 \cdot 10^3 / 10^3 \Rightarrow$$

$$R_R = 70,364 \text{ Kp} = 690,27 \text{ Nt}$$

4. Στη συνέχεια υπολογίζω την αντίσταση τριβής από τη σχέση:

$$R_F = \frac{1}{2} \rho V^2 C_f S_w$$

Η ταχύτητα του σκάφους V:

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{g \cdot L_{WL}}} \Rightarrow V = 0,35 \cdot \sqrt{9,81 \frac{m}{s^2} \cdot 10,058m} = 3,48m / s$$

Ο συντελεστής τριβής υπολογίζεται από τη σχέση:

$$C_f = \frac{0.075}{(\text{Log}(Rn) - 2)^2}$$

Για τον υπολογισμό του αριθμού Rn (Reynolds) χρησιμοποιούμε ως μήκος το 70% του μήκους της ισάλου:

$$Rn_c = \frac{V \cdot (0,7L_{WL})}{\nu} = \frac{3,48 \frac{m}{s} \cdot (0,7 \cdot 10,058)m}{1,18831 \cdot 10^{-6} \frac{m^2}{s}} = 2,06 \cdot 10^7$$

Υπολογίζεται ο συντελεστής τριβής : $C_f = 2,66 \cdot 10^{-3}$

Με αντικατάσταση στη σχέση της αντίστασης τριβής προκύπτει :

$$R_F = \frac{1}{2} \rho C_f V^2 \cdot (0,7L_{WL}) = \frac{1}{2} \cdot 1024,0 \frac{kg}{m^3} \cdot 2,66 \cdot 10^{-3} \cdot (3,48 \frac{m}{s})^2 \cdot 7,0406m = 441,92N$$

$$\Rightarrow R_F = 45,048Kp = 441,92Nt$$

5. Η συνολική αντίσταση:

$$R_T = R_R + R_F = 690,27 + 441,92 = 1132,19Nt$$

6. Η ισχύς ρυμούλκησης:

$$EHP = \frac{V \cdot R_T}{75} = \frac{3,48 \cdot (1132,19 / 9,81)}{75} = 5,35PS$$

Ειδικές Ναυπηγικές Κατασκευές & Ιστιοφόρα Σκάφη

Sysser	Lwl/Bwl	Bwl/Tc	Lwl / VOLc ^{1/3}	LCB %	LCF %	Cb	Cp	Cw	Cm	Aw / VOLc ^{2/3}
1	3.155	3.992	4.775	-2.29	-3.33	0.365	0.564	0.688	0.646	4.976
2	3.623	3.043	4.776	-2.30	-3.34	0.367	0.567	0.691	0.646	4.349
3	2.747	5.345	4.779	-2.30	-3.32	0.370	0.572	0.695	0.647	5.776
4	3.509	3.947	5.097	-2.29	-3.33	0.367	0.568	0.691	0.646	5.119
5	2.747	3.957	4.356	-2.41	-3.43	0.361	0.559	0.683	0.647	4.719
6	3.155	2.979	4.339	-2.40	-3.42	0.363	0.561	0.685	0.646	4.091
7	3.155	4.953	5.143	-2.29	-3.35	0.362	0.561	0.685	0.646	5.743
8	3.279	3.841	4.775	-2.40	-3.32	0.379	0.586	0.707	0.647	4.921
9	3.049	4.131	4.776	-2.20	-3.34	0.353	0.546	0.672	0.646	5.026
10	3.155	3.992	4.775	0.00	-1.91	0.365	0.564	0.694	0.646	5.017
11	3.155	3.992	4.775	-4.98	-4.97	0.365	0.565	0.682	0.646	4.928
12	3.509	3.936	5.104	-0.01	-1.93	0.364	0.564	0.693	0.647	5.149
13	3.509	3.936	5.104	-5.01	-5.01	0.364	0.564	0.681	0.646	5.057
14	3.509	3.692	5.104	-2.30	-3.47	0.342	0.529	0.657	0.646	4.879
15	3.165	3.683	4.757	-2.29	-3.45	0.343	0.530	0.658	0.646	4.708
16	3.155	2.810	4.340	-2.30	-3.48	0.342	0.529	0.657	0.646	3.926
17	3.155	4.244	4.778	-0.01	-1.79	0.387	0.598	0.724	0.647	5.241
18	3.155	4.244	4.778	-5.00	-4.89	0.387	0.599	0.712	0.647	5.152
19	3.155	3.751	4.777	0.01	-2.06	0.342	0.530	0.664	0.646	4.802
20	3.155	3.751	4.778	-4.99	-5.09	0.342	0.530	0.651	0.646	4.712
21	3.509	4.167	5.099	-2.29	-3.22	0.387	0.598	0.718	0.647	5.322
22	2.732	4.231	4.337	-2.29	-3.22	0.387	0.599	0.719	0.647	4.947
23	3.472	4.091	5.001	-1.85	-5.29	0.394	0.547	0.673	0.721	4.850
24	3.497	10.958	6.935	-2.09	-5.84	0.402	0.543	0.670	0.739	9.215
25	4.000	5.388	6.003	-1.99	-5.54	0.399	0.548	0.671	0.727	6.048
26	3.994	12.907	7.970	-2.05	-6.33	0.407	0.543	0.678	0.749	10.791
27	4.496	2.460	5.011	-1.88	-5.24	0.395	0.546	0.677	0.724	3.780
28	4.500	6.754	6.992	-2.05	-5.95	0.400	0.544	0.672	0.736	7.305
29	4.000	10.870	7.498	-4.59	-7.63	0.413	0.549	0.671	0.751	9.437
30	4.000	7.082	6.500	-4.56	-7.66	0.413	0.549	0.672	0.751	7.096
31	4.000	15.823	8.499	-4.53	-7.81	0.412	0.548	0.674	0.752	12.172
32	4.000	10.870	7.498	-2.14	-6.22	0.413	0.549	0.687	0.751	9.651
33	4.000	10.870	7.498	-6.55	-8.73	0.413	0.549	0.659	0.751	9.266
34	4.000	10.373	7.491	-4.37	-7.55	0.395	0.522	0.649	0.757	9.106
35	4.000	11.468	7.472	-4.49	-7.58	0.440	0.580	0.694	0.758	9.686
36	4.000	10.163	7.470	-4.36	-7.29	0.390	0.551	0.663	0.707	9.249
37	4.000	9.434	7.469	-4.42	-6.93	0.362	0.552	0.654	0.657	9.117
38	3.000	19.378	7.503	-4.53	-7.86	0.413	0.547	0.675	0.755	12.666
39	5.000	6.969	7.499	-4.55	-7.54	0.413	0.549	0.670	0.753	7.534
41	4.000	5.208	5.927	-8.16	-9.51	0.400	0.540	0.652	0.741	5.722
42	3.319	3.711	4.699	-3.28	-6.41	0.394	0.554	0.670	0.711	4.460
43	2.784	6.291	4.983	-3.28	-6.49	0.394	0.553	0.672	0.712	5.991
44	3.319	4.424	4.982	-3.29	-6.25	0.394	0.554	0.668	0.712	4.996
45	4.175	2.795	4.982	-3.28	-6.24	0.394	0.554	0.668	0.711	3.969
46	3.319	5.569	5.379	-3.29	-6.26	0.394	0.553	0.668	0.712	5.825
47	3.337	6.042	5.474	-6.02	-8.40	0.410	0.548	0.699	0.749	6.278
48	3.337	5.797	5.426	-0.65	-5.03	0.404	0.557	0.690	0.725	6.084
49	3.352	6.307	5.523	-6.34	-8.43	0.421	0.566	0.699	0.743	6.359
50	3.333	6.342	5.521	-7.90	-9.14	0.419	0.539	0.688	0.777	6.291

Πίνακας 1: Παράμετροι μορφής των προτύπων των συστηματικών σειρών του TU Delft.

$$F_n = [0.125 - 0.450]$$

$$\begin{aligned} \frac{R_R}{\rho \cdot g} \cdot 10^3 &= \alpha_0 + \alpha_1 \cdot C_p + \alpha_2 \cdot LCB + \alpha_3 \cdot B_{WL} / T_c + \\ &+ \alpha_4 \cdot L_{WL} / \nabla_c^{1/3} + \alpha_5 \cdot C_p^2 + \\ &+ \alpha_6 \cdot C_p \cdot L_{WL} / \nabla_c^{1/3} + \alpha_7 \cdot (LCB)^2 + \\ &+ \alpha_8 \cdot (L_{WL} / \nabla_c^{1/3})^2 + \alpha_9 \cdot (L_{WL} / \nabla_c^{1/3})^3 \\ [\frac{R_R}{\rho \cdot g} \cdot 10^3 &= 7.971 \text{ at } F_n = 0.35] \end{aligned}$$

LCB in % of L_{WL} from midship, positive forward.

F_n	α_0	α_1	α_2	α_3	α_4	α_5	α_6	α_7	α_8	α_9
0,125	-6,735854	38,36831	-0,00819	0,055234	-1,99724	-38,86081	0,956591	-0,002171	0,272895	-0,017516
0,15	-0,38287	38,1729	0,007243	0,026644	-5,29533	-39,55032	1,219563	0,000052	0,824568	-0,047842
0,175	-1,503526	24,40603	0,0122	0,067221	-2,44858	-31,9137	2,216098	0,000074	0,244345	-0,015887
0,2	11,29218	-14,41947	0,047182	0,085176	-2,67302	-11,41819	5,654045	0,007021	-0,094934	0,006325
0,225	22,17867	-49,16784	0,085998	0,150725	-2,87868	7,167049	8,600272	0,012981	-0,327085	0,0182271
0,25	25,90867	-74,75668	0,153521	0,188568	-0,88947	24,12137	10,48516	0,025348	-0,85494	0,048449
0,275	40,97559	-114,2855	0,207226	0,250827	-3,07266	53,0157	13,02177	0,035934	-0,713457	0,039874
0,3	45,83759	-184,7646	0,357031	0,338343	3,871658	132,2568	10,86054	0,066809	-1,719215	0,095977
0,325	89,20382	-393,0127	0,617466	0,460472	11,54327	331,1197	8,598136	0,104073	-2,815203	0,15596
0,35	212,6788	-801,7908	1,087307	0,538938	10,80273	667,6445	12,39815	0,166473	-3,026131	0,165055
0,375	336,2334	-1085,134	1,644191	0,532702	-1,22417	831,1445	26,18321	0,238795	-2,45047	0,139154
0,4	566,5476	-1609,632	2,01609	0,265722	-29,2441	1154,091	51,46175	0,288046	-0,178354	0,018446
0,425	743,4107	-1708,263	2,435809	0,013553	-81,1619	937,4014	115,6006	0,365071	1,838967	0,062023
0,45	1200,62	-2751,715	3,208577	0,25492	-132,042	1489,269	196,3406	0,528225	1,379102	0,013577

Πίνακας 2: Υπόλοιπη αντίσταση ιστιοπλοϊκών σκαφών με βάση τη συστηματική σειρά του TU Delft ($F_n = 0.125 - 0.450$).