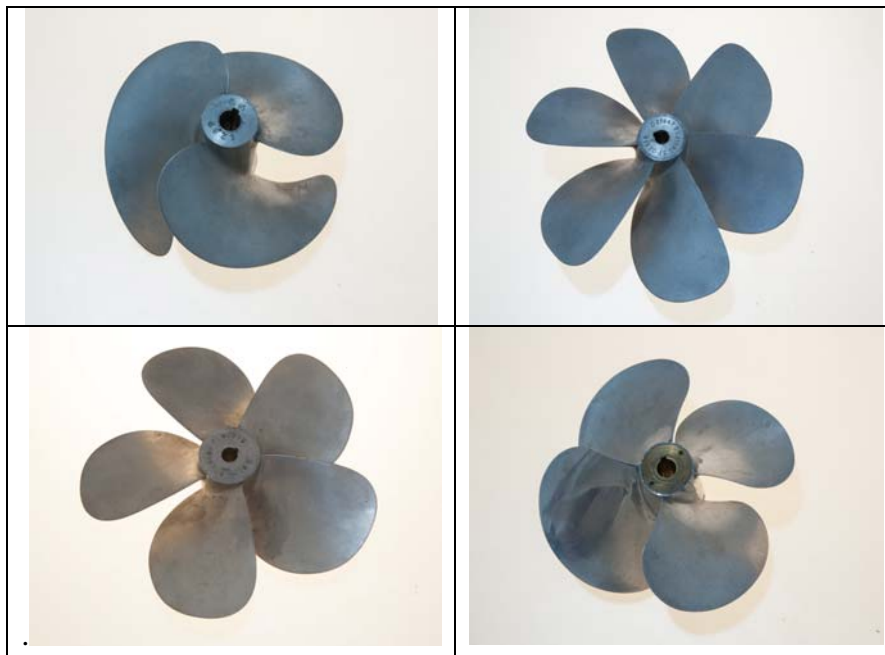


**Dipendenza della ripetibilità dei risultati dei test di elica isolata dal numero di Reynolds.**

*Analisi statistica su 627 punti sperimentali ottenuti con 4 diverse eliche*



**Agosto 2014**

**Alessandro Moriconi, Dr.**

**Andrea Mancini, Eng.**

## INDICE

Sommario .....	3
Introduzione .....	3
I modelli testati.....	4
L'apparato sperimentale e la strumentazione adottata.....	5
Matrice di prova.....	6
Metodologia di prova.....	7
Elaborazione dei risultati .....	8
Analisi dei risultati.....	9
Conclusioni .....	18
Bibliografia .....	19
APPENDICI.....	20
Appendice 1: Test Matrix dell'elica 1282. (Ripetizioni 1 e 2) .....	21
Appendice 1: Test Matrix dell'elica 1282. (Ripetizioni 3 e 4) .....	22
Appendice 1: Test Matrix dell'elica 1282. (Ripetizioni 5 e 6) .....	23
Appendice 1: Test Matrix dell'elica 1282. (Ripetizioni 7 e 8) .....	24
Appendice 1: Test Matrix dell'elica 1282. (Ripetizioni 9 e 10) .....	25
Appendice 1: Test Matrix dell'elica 1282. (Ripetizione 11) .....	26
Appendice 2: Andamento dei coefficienti idrodinamici dell'elica 1282 .....	27
Appendice 2: Andamento dei coefficienti idrodinamici dell'elica 1317 .....	27
Appendice 2: Andamento dei coefficienti idrodinamici dell'elica 1364 .....	28
Appendice 2: Andamento dei coefficienti idrodinamici dell'elica 1590 .....	28
Appendice 3: Elaborazione dei dati sperimentali dell'elica 1282 (I pacchetto) .....	29
Appendice 3: Elaborazione dei dati sperimentali dell'elica 1282 (II pacchetto).....	30
Appendice 3: Elaborazione dei dati sperimentali dell'elica 1282 (III pacchetto).....	31
Appendice 3: Elaborazione dei dati sperimentali dell'elica 1282 (IV pacchetto) .....	32
Appendice 3: Elaborazione dei dati sperimentali dell'elica 1282 (V pacchetto).....	33
Appendice 3: Elaborazione dei dati sperimentali dell'elica 1282 (VI pacchetto) .....	34
Appendice 4: Elaborazione dei $K_T^*$ e $K_Q^*$ e calcolo delle deviazioni standard relativamente all'elica 1282 ( $Re \times 10^{-5} = 2,50$ e $5,00$ ) .....	35
Appendice 4: Elaborazione dei $K_T^*$ e $K_Q^*$ e calcolo delle deviazioni standard relativamente all'elica 1282 ( $Re \times 10^{-5} = 7,50$ e $10,00$ ) .....	36
Appendice 4: Elaborazione dei $K_T^*$ e $K_Q^*$ e calcolo delle deviazioni standard relativamente all'elica 1282 ( $Re \times 10^{-5} = 12,50 - 14,50$ e $15,00$ ).....	37
Appendice 5: Analisi dei dati sperimentali dell'elica 1282 a $Re \times 10^{-5} = 2,50$ e $5,00$ .....	38
Appendice 5: Analisi dei dati sperimentali dell'elica 1282 a $Re \times 10^{-5} = 7,50$ e $10,00$ .....	39
Appendice 5: Analisi dei dati sperimentali dell'elica 1282 a $Re \times 10^{-5} = 12,50$ e $14,50$ .....	40
Appendice 6: Deviazione standard dei coefficienti idrodinamici delle eliche 1282 e 1317 .....	41
Appendice 6: Deviazione standard dei coefficienti idrodinamici delle eliche 1364 e 1590 .....	42

## Sommario

Secondo quanto previsto dall'attuale normativa europea per la determinazione dell'incertezza di misura [1], oltre ad individuare i coefficienti di sensibilità mediante ad esempio prove OFAT (one factor a time), è necessario stimare la ripetitività intrinseca del sistema di misura così da valutare l'influenza dei parametri non sotto controllo. Obiettivo del presente Rapporto Tecnico è mostrare come la ripetitività dei risultati ottenuti in una prova di elica isolata dipenda dal numero di Reynolds a cui è stata eseguita. In particolare l'esecuzione di un cospicuo numero di misure (627 punti sperimentali) su 4 eliche con caratteristiche geometriche diverse, ha mostrato che, al crescere del numero di Reynolds, il coefficiente di variazione relativo alle misure di coppia e di spinta, nonché la deviazione standard dei coefficienti idrodinamici  $K_Q$  e  $K_T$ , diminuiscono con andamenti generalmente ben approssimabili con funzioni razionali del tipo  $kx^{-\alpha}$ .

I risultati ottenuti mostrano che, quando il numero di Reynolds raggiunge i 750.000, le deviazioni standard delle misure di coppia e di spinta scendono intorno allo 0,5% delle misure effettuate, e quelle di  $K_T$  e  $K_Q$  scendono intorno a 0.001, che, nel peggiore dei casi analizzato, è anch'esso circa lo 0,5% del valore medio.

Tale risultato fornisce utili indicazioni per l'individuazione del numero minimo di Reynolds a cui è opportuno effettuare prove di elica isolata all'Insean.

## Introduzione

Associare ad una misura l'accuratezza con cui essa viene fornita, è ormai una prassi consolidata in tutto il mondo scientifico e non; la metodologia con cui questa viene valutata però non è ancora uniformemente codificata. Alla fine del secolo scorso era consuetudine usare le linee guida suggerite da Coleman e Steele [2] che prevedevano una netta separazione tra due tipi di errori: quelli sistematici o di Bias e quelli casuali o di Precisione. Non a caso anche le procedure per il calcolo dell'incertezza relativa ai test di elica isolata descritte dalla 23<sup>a</sup> ITTC (2002) [3], utilizzavano tale metodologia. Successivamente la norma UNI CEI ENV 13005 [1] "Guida all'espressione dell'incertezza di misura" (traduzione italiana della norma internazionale ISO ENV 13005 "Guide to the expression of uncertainty in measurement - GUM), ha affiancato e spesso sostituito quanto previsto da Coleman e Steele.

Anche presso gli impianti sperimentali dell'Insean, in particolare nel laboratorio "Bacini Rettilinei", è ormai consuetudine utilizzare tali indicazioni per il calcolo dell'incertezza di tutte le misure eseguite, a differenza di come generalmente si procedeva in un recente passato. E' il caso ad esempio delle misure di coppia e di spinta durante i test di elica isolata, gli esperimenti necessari per la determinazione dei coefficienti idrodinamici di un'elica, la cui incertezza all'inizio del 2000 veniva stimata utilizzando appunto l'analisi di Coleman e Steele, come descritto nel Rapporto Tecnico "Analisi d'incertezza su prove di elica isolata a vari numeri di Reynolds" (Moriconi A., 2000) [4], mentre oggi si è più propensi a valutarla attraverso le norme internazionali suddette.

Uno dei fattori da calcolare per la valutazione dell'incertezza di una misura, e che spesso si rivela tra i più consistenti, è quello denominato "ripetibilità", che è fondamentalmente legato alla dispersione dei risultati ottenuti ripetendo più volte lo stesso esperimento, ovvero dipende dalla deviazione standard.

In un qualsiasi test idrodinamico la presenza di superfici che lavorano in zone di transizione, tra il regime laminare e quello turbolento, è ragionevolmente ciò che maggiormente aumenta l'instabilità delle misure. Anche in una prova di elica isolata ci sono superfici che lavorano in queste condizioni; il numero di Reynolds infatti aumenta in modo pressoché lineare all'aumentare della distanza dal mozzo, è perciò molto probabile che sulle pale coesistano il regime laminare e quello turbolento con interposta una zona più o meno vasta che lavora in un regime di transizione.

Al fine di ridurre l'effetto negativo responsabile dell'instabilità delle misure è opportuno far sì che tali zone di transizione si trovino il più vicino possibile all'asse di rotazione, laddove la

geometria stessa della pala e il disturbo del mozzo causano fenomeni di distacco e vorticità che inducono turbolenza a prescindere dal numero di Reynolds locale.

Prima di determinare quantitativamente l'incertezza con cui vengono forniti i risultati dei test di elica isolata all'Insean, lavoro a cui si rimanda in un prossimo futuro, è apparso opportuno analizzare quanto e come la ripetibilità dei risultati, ovvero la loro attendibilità, dipenda dal numero di Reynolds di esecuzione dei test, così da rafforzare e precisare quanto affermato nelle procedure ITTC che prevedono la loro esecuzione al numero di Reynolds più alto possibile, senza però fornire alcuna indicazione sul valore di Reynolds sotto al quale non è opportuno scendere se non al rischio di fornire risultati poco attendibili in quanto corredati da una banda d'incertezza percentualmente troppo elevata rispetto a quanto misurato.

## I modelli testati

Sono stati testati quattro diversi modelli di eliche, visibili in figura 1, due sinistre e due destre, aventi caratteristiche geometriche abbastanza diverse per numero di pale, diametro, passo e corda. Secondo la denominazione in uso in Istituto, le eliche sono identificate con i numeri 1282, 1317, 1364 e 1590. Tutte sono state costruite presso l'Insean e sono realizzate in una lega ottenuta in Istituto avente buone caratteristiche di tenacità e lavorabilità, tranne la 1590 che è realizzata in alluminio.

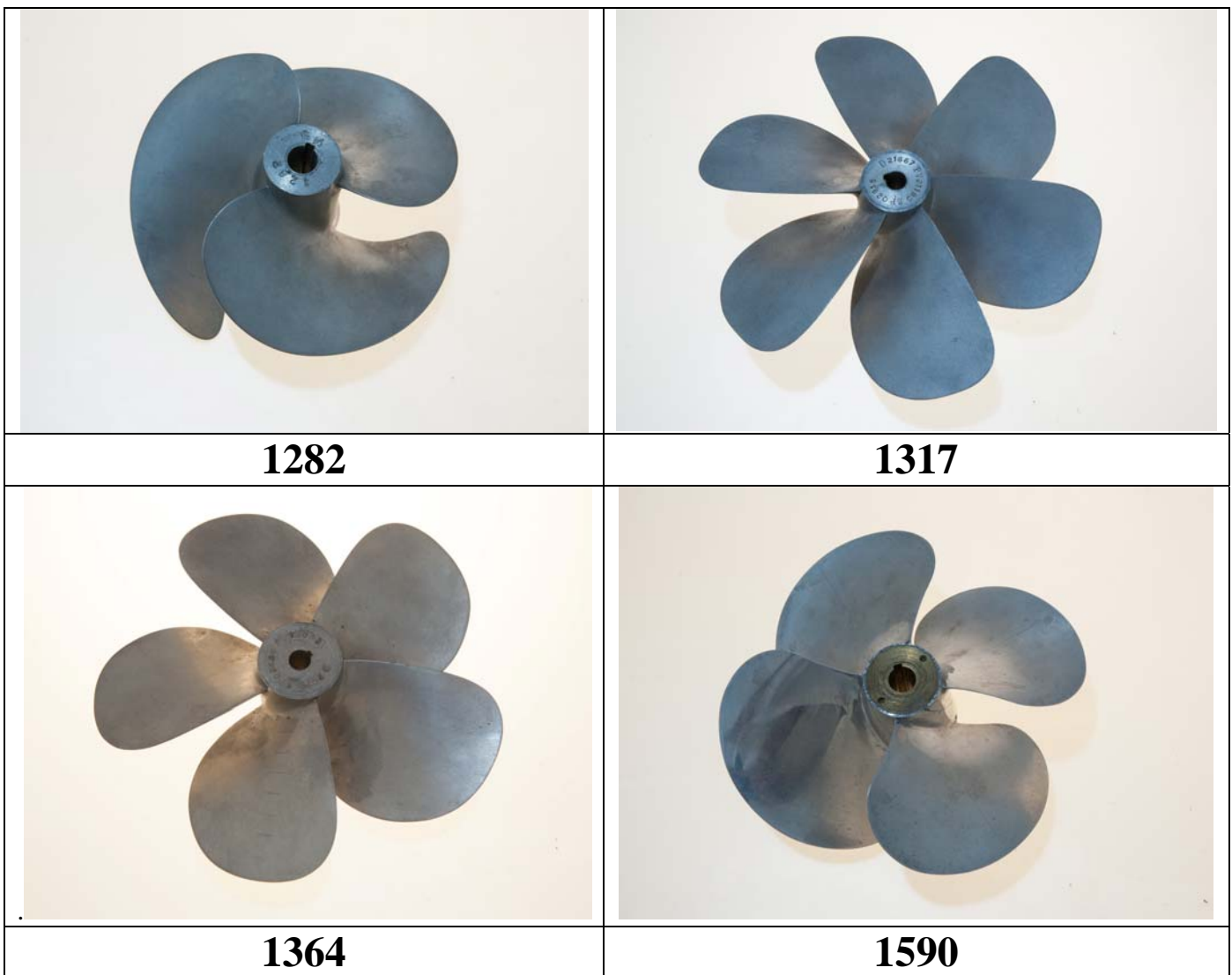


Figura 1: le eliche testate

La variabilità dei diametri  $D$  (da 123 a 217 millimetri), dei passi  $P$  (da 151 a 212 millimetri), delle corde  $C_{0,7R}$  al 70% del raggio (da 72 a 119 millimetri), del numero di pale  $Z$  (3,4,5 e 6), nonché del rapporto tra l'area sviluppata  $A_E$  e l'area del disco  $A_0$ , aumenta la generalità dei risultati ottenuti. La tabella 1 riassume le principali caratteristiche geometriche delle eliche sperimentate.

		<b>1282</b>	<b>1317</b>	<b>1364</b>	<b>1590</b>
		<i>sx</i>	<i>dx</i>	<i>dx</i>	<i>sx</i>
<b>Z</b>	-	3	6	5	4
<b>D</b>	<i>m</i>	0,123	0,217	0,200	0,146
<b>P</b>	<i>m</i>	0,162	0,212	0,151	0,193
<b>C<sub>0.7</sub></b>	<i>m</i>	0,119	0,072	0,079	0,096
<b>P/D</b>	-	1,315	0,977	0,755	1,323
<b>A<sub>E</sub>/A<sub>0</sub></b>	-	1,155	0,931	0,853	1,069
<b>C<sub>0.7</sub>/D</b>	-	0,967	0,332	0,395	0,658
<b>d/D</b>	-	0,230	0,183	0,210	0,238

Tabella 1: caratteristiche geometriche delle eliche testate.

## L'apparato sperimentale e la strumentazione adottata

Tutte le misure oggetto dell'analisi svolta sono state eseguite sul bacino rettilineo Pugliese dell'Insean (470m x 13.5m x 6.5m), provvisto di un carro dinamometrico in grado di raggiungere la velocità di 15 m/s con accelerazione regolabile e generalmente fissata a 1 m/s<sup>2</sup>.

Per le prove sono state utilizzate due diverse bilance con fondi scala diversi a seconda delle grandezze in gioco, ovvero a seconda del diametro e del passo dell'elica provata.



Figura 2: la bilancia H29 della Kempf & Remmers GMBH di Amburgo



Figura 3: la bilancia "Morini"

Quella con la portata più piccola, denominata H29 e realizzata della Kempf & Remmers GMBH di Amburgo e visibile in figura 2, ha un fondo scala di 400 N per la spinta e 15 Nm per la coppia;

l'altra, denominata Morini dal nome del suo costruttore e visibile in figura 3, è dotata di un dinamometro che ha 700 N come limite per la spinta e 40 Nm per la coppia.

La diversità degli strumenti utilizzati, non costituisce un limite alle considerazioni fatte in questo Rapporto Tecnico in quanto, come detto, non si è voluto quantificare in modo generale la ripetibilità delle misure in questo tipo di test, ma si è voluto solo qualitativamente definire la sua dipendenza dal numero di Reynolds; l'aver utilizzato diversi strumenti a seconda delle necessità, costituisce quindi un valore aggiunto alla generalità delle qualitative considerazioni finali, ancor più indipendenti dallo strumento utilizzato.

## Matrici di prova

Per ogni elica sono state provate 3 diverse velocità di avanzo, tranne per l'elica 1590, per la quale, per motivi di portata del dinamometro, ne sono state testate solamente 2. Ognuna di esse è stata inoltre testata fino a 7 numeri di Reynolds diversi, così da ottenere una maggiore affidabilità del fit finale.

Al fine di ottenere un numero di campioni congruo alle valutazioni statistiche, ogni condizione di prova è stata ripetuta 11 volte, per un totale di 627 punti sperimentali.

Le matrici di prova di ogni elica sono riassunte nelle seguenti tabelle:

		J		
		0,500	0,750	1,000
Re x 10 <sup>-5</sup>	2,5	x	x	x
	5,0	x	x	x
	7,5	x	x	x
	10,0	x	x	x
	12,5	x	x	x
	14,5	x	-	-
	15,0	-	x	x

Tabella 2: matrice di prova dell'elica 1282

		J		
		0,400	0,600	0,800
Re x 10 <sup>-5</sup>	2,5	x	x	x
	5,0	x	x	x
	7,5	x	x	x
	8,5	x	-	-
	10,0	-	x	x
	12,5	-	-	x

Tabella 3: matrice di prova dell'elica 1317

		J		
		0,250	0,375	0,500
Re x 10 <sup>-5</sup>	2,5	x	x	x
	5,0	x	x	x
	7,5	x	x	x
	10,0	x	x	x
	11,0	x	-	-
	12,3	-	x	x

Tabella 4: matrice di prova dell'elica 1364

		J	
		0,500	0,750
Re x 10 <sup>-5</sup>	2,5	x	x
	5,0	x	x
	7,5	x	x
	10,0	x	x
	12,0	x	-
	12,5	-	x
	14,0	-	x

Tabella 5: matrice di prova dell'elica 1590

## Metodologia di prova

Secondo quanto previsto dalle procedure ITTC [5], il numero di Reynolds delle prove di elica isolata è calcolato relativamente alla corda misurata alla frazione di raggio 0,7 ( $Re_{0,7R}$ ), in quanto generalmente è in questa regione che la pala ha la massima efficienza. La procedura utilizzata all'Insean per eseguire test di elica isolata ed ottenere le curve dei coefficienti idrodinamici

$$K_T = \frac{T}{\rho n^2 D^4} \text{ e } K_Q = \frac{Q}{\rho n^2 D^5} \quad (1)$$

in funzione della velocità di avanzo  $J=V_a/nD$ , prevede di far variare quest'ultima cambiando solo la velocità  $V$  del carro dinamometrico e mantenendo costanti i giri dell'elica  $n$ . Questa metodologia fa sì che  $Re_{0,7R}$  non cambi moltissimo tra  $J=0$  e il  $J$  massimo di prova, perché il vettore velocità di rotazione della corda a  $0,7R$  è proporzionalmente molto più grande di quello della velocità di avanzamento  $V$ , quindi la loro somma è ben poco condizionata dal secondo addendo. Al fine delle valutazioni oggetto del presente studio, è stato però necessario mantenere costante  $Re_{0,7R}$  per tutti i  $J$  testati, costituendo esso il parametro a cui riferire i risultati ottenuti.

Sono stati quindi ricavati la velocità del carro e il numero dei giri, che indichiamo rispettivamente con  $V_{fix}$  e  $n_{fix}$ , necessari per ottenere  $J_{fix}$  e  $Re_{fix}$ , come i valori soluzione del sistema

$$\begin{cases} J_{fix} = \frac{V_{fix}}{n_{fix} D} \\ Re_{fix} = \frac{C_{0,7R} \sqrt{V_{fix}^2 + (0,7\pi n_{fix} D)^2}}{\nu} \end{cases} \quad (2)$$

dove  $J_{fix}$  e  $Re_{fix}$  sono la velocità di avanzo  $J$  e il numero di Reynolds  $Re_{0,7R}$  fissati per la prova,  $C_{0,7R}$  è la lunghezza della corda alla frazione 0,7 del raggio,  $D$  è il Diametro dell'elica e  $\nu$  è la viscosità cinematica dell'acqua alla temperatura di prova; da cui:

$$\begin{cases} n_{fix} = \frac{Re_{fix} \nu}{C_{0,7R} D \sqrt{J_{fix}^2 + (0,7\pi)^2}} \\ V_{fix} = J_{fix} n_{fix} D \end{cases} \quad (3)$$

Le diverse caratteristiche geometriche e quindi idrodinamiche delle eliche testate, nonché i limiti della strumentazione utilizzata e dell'impianto sperimentale, hanno fatto sì che per le 4 eliche non siano stati realizzati gli stessi numeri di Reynolds e le stesse velocità di avanzo.

Ogni condizione di prova ( $V_{fix}$ ,  $n_{fix}$ ), come detto, è stata ripetuta 11 volte, ognuna delle quali all'interno di diverse corse del carro dinamometrico; in ogni corsa, data la lunghezza dell'impianto sperimentale, è stato possibile ottenere fino a 7 rilievi utili.

In Appendice 1, a titolo di esempio, è riportata la Test Matrix relativa all'elica 1282. Così come previsto dalla procedura ITTC [5], i test sono stati eseguiti posizionando l'asse dell'elica ad un'immersione pari a  $1.5 D$ .

I valori di coppia e di spinta sono stati ricavati depurando i valori lordi ottenuti con l'elica con i valori di taratura precedentemente misurati alle stesse condizioni sperimentali, ma con il solo mozzo, in modo da ottenere il solo contributo delle pale del propulsore.

## Elaborazione dei risultati

Per rendere omogenei i dati sperimentali, al fine di una loro comparazione, è stato necessario eseguire prima le seguenti operazioni:

1) I valori sperimentali ottenuti non potevano essere analizzati direttamente in quanto, in fase di testing, l'operatore non riesce a realizzare gli esatti valori  $V_{fix}$  ed  $n_{fix}$  definiti con la (3) e soluzioni del sistema (2). Questo ha comportato che  $Re_0$  e  $J_0$  (indicando da ora in avanti con pedice "0" tutti i valori sperimentali realizzati) non fossero esattamente quelli che si volevano sperimentare.

Mentre  $\Delta_{Re} = Re_0 - Re_{fix}$  è percentualmente molto piccolo (al massimo intorno a  $10^{-2}$  % di  $Re_{fix}$ ) e quindi trascurabile,  $\Delta_J = J_0 - J_{fix}$  in alcuni casi risulta dell'ordine dell'1% di  $J_{fix}$ . Si è reso quindi necessario correggere i valori ottenuti a  $J_0$ , riportandoli artificialmente al  $J_{fix}$  desiderato. Per eseguire questa operazione, sono stati calcolati i coefficienti adimensionali  $K_{T_0}$  e  $K_{Q_0}$  partendo da  $T_0$ ,  $Q_0$  e  $n_0$ , sono stati poi traslati ai  $J_{fix}$  secondo l'andamento delle corrispondenti curve di funzionamento dell'elica isolata, notoriamente polinomi di 5° grado, già archiviate nel data-base dell'Insean (Appendice 2), ed infine, approssimando come lineari queste curve nel piccolo intorno di  $J_{fix}$  di ampiezza  $\Delta_J$ , sono stati di nuovo resi dimensionali, utilizzando per questo il numero di giri  $n_T$  che avrebbe dovuto essere impostato per ottenere  $J_{fix}$  una volta nota  $V_0$ .

Ad esempio relativamente alla spinta, se

$$K_T = a_0 + a_1 J + a_2 J^2 + a_3 J^3 + a_4 J^4 + a_5 J^5 \quad (4)$$

è la curva archiviata nel data-base, allora

$$m_0 = a_1 + 2a_2 J_0 + 3a_3 J_0^2 + 4a_4 J_0^3 + 5a_5 J_0^4 \quad (5)$$

è il coefficiente angolare della retta tangente a detta curva nel punto di ascissa  $J_0$ , quindi, indicando con pedice "fix" i valori corrispondenti a  $J_{fix}$ , si ha che

$$K_{T_{fix}} = m_0 (J_0 - J_{fix}) + K_{T_0} \quad (6)$$

è il valore di  $K_T$  riportato al  $J$  desiderato secondo le ipotesi sopra espresse.

La spinta  $T_{fix}$  a  $J_{fix}$  sarà quindi data da:

$$T_{fix} = \rho n_T^2 D^4 K_{T_{fix}} \quad (7)$$

dove come detto  $n_T$  sono i giri esatti che l'operatore avrebbe dovuto impostare per realizzare  $J_{fix}$  una volta noto  $Re_0$ , ovvero:

$$n_T = \frac{Re_0 v_0}{C_{0,7R} D \sqrt{J_{fix}^2 + (0.7\pi)^2}} \quad (8)$$

Analoghe formule valgono per la coppia, ad eccezione della (7) che diventa:

$$Q_{fix} = \rho n_T^2 D^5 K_{Q_{fix}} \quad (9)$$

2) I test sono stati eseguiti in un periodo di tempo abbastanza lungo quindi le temperature di prova non sono tutte uguali. E' stato quindi anche necessario, per poterli analizzare, riportare alla stessa temperatura i valori di Coppia  $Q$  e di Spinta  $T$  ottenuti; per semplicità, e per minimizzare le approssimazioni, è stata scelta la temperatura media tra la massima e la minima misurate.

La procedura seguita per operare questa ulteriore correzione parte dal presupposto che in due esperimenti ideali, eseguiti a temperature diverse ma allo stesso numero di Reynolds, i valori di  $K_T$  e di  $K_Q$  sono, per loro natura, uguali.

Esprimendo quindi con l'asterisco le grandezze ottenute alla temperatura di riferimento e senza tutte le altre, si ha:



$$K_{T_0} = K_T^* \quad (10)$$

ovvero:

$$\frac{T_0}{\rho n_T^2 D^4} = \frac{T^*}{\rho^* n^{*2} D^4} \quad (11)$$

Dato che la differenza percentuale tra  $\rho$  e  $\rho^*$  è, nei casi sperimentati, al più dell'ordine di  $10^{-2}$ , possiamo assumere  $\rho = \rho^*$  e quindi possiamo scrivere:

$$T^* = \left( \frac{n^*}{n_T} \right)^2 T_0 \quad (12)$$

e con analoghe considerazioni

$$Q^* = \left( \frac{n^*}{n_T} \right)^2 Q_0 \quad (13)$$

Ma dalla (3), dato che  $J_{\text{fix}} = J^*$  e che per le ipotesi fatte possiamo assumere  $Re_0 = Re^*$ , si ha:

$$\frac{n^*}{n_T} = \frac{v^*}{v_0} \quad (14)$$

per cui:

$$T^* = \left( \frac{v^*}{v_0} \right)^2 T_{\text{fix}} \quad Q^* = \left( \frac{v^*}{v_0} \right)^2 Q_{\text{fix}} \quad n^* = \left( \frac{v^*}{v_0} \right)^2 n_T \quad (15)$$

sono i valori di spinta, coppia e giri ottenuti con la (7), la (9) e la (8), definitivamente trasportati ai  $J_{\text{fix}}$  desiderati e alle temperature di riferimento.

Infine

$$K_T^* = \frac{T^*}{\rho n^{*2} D^4} \quad K_Q^* = \frac{Q^*}{\rho n^{*2} D^5} \quad (16)$$

sono i singoli coefficienti idrodinamici.

In Appendice 3 e 4, a titolo di esempio, sono riportate le elaborazioni dei valori sperimentali secondo quanto descritto nel presente paragrafo, relativamente all'elica 1282; i valori di  $K_Q^*$ , come di consueto, sono stati moltiplicati per 10, al fine di renderli rappresentabili nello stesso grafico dei  $K_T^*$ .

## Analisi dei risultati

I valori di spinta e di coppia ottenuti con la (15) sono stati analizzati al fine di ottenere l'andamento, al variare del numero di Reynolds, del coefficiente di variazione  $c_v$

$$c_v = \frac{\sigma}{\mu} = \frac{\sqrt{\frac{\sum_1^N (x_i - \mu)^2}{N}}}{\mu} \quad (17)$$

dove  $\sigma$  è la deviazione standard e  $\mu$  è la media.

In Appendice 5, a titolo di esempio e relativamente all'elica 1282, è riportata l'analisi eseguita a tutte le velocità di avanzo  $J$  ed a tutti i numeri di Reynolds  $Re$  testati.

Le figure che seguono mostrano gli andamenti di questi indici di dispersione per tutte le quattro eliche testate, approssimabili con delle funzioni di tipo  $kx^{-\alpha}$ . E' evidente la diminuzione del coefficiente di variazione  $c_v$  al crescere del numero di Reynolds.

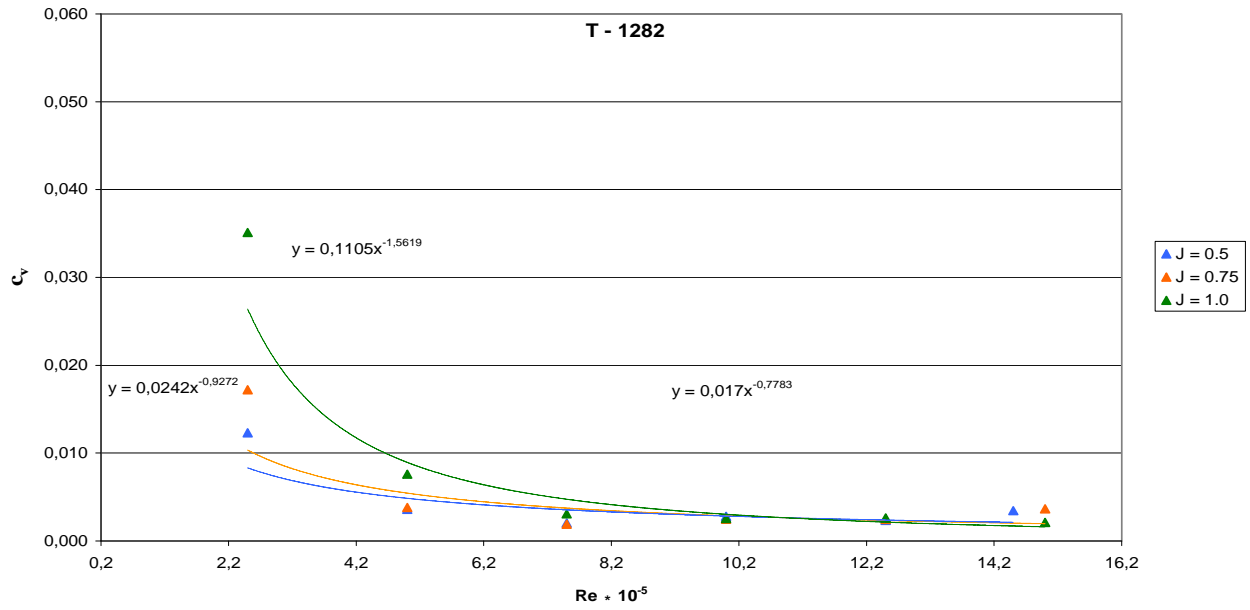


Figura 4: Andamento del coefficiente di variazione dei valori di Spinta ottenuti con l'elica 1282 a tre diversi J.

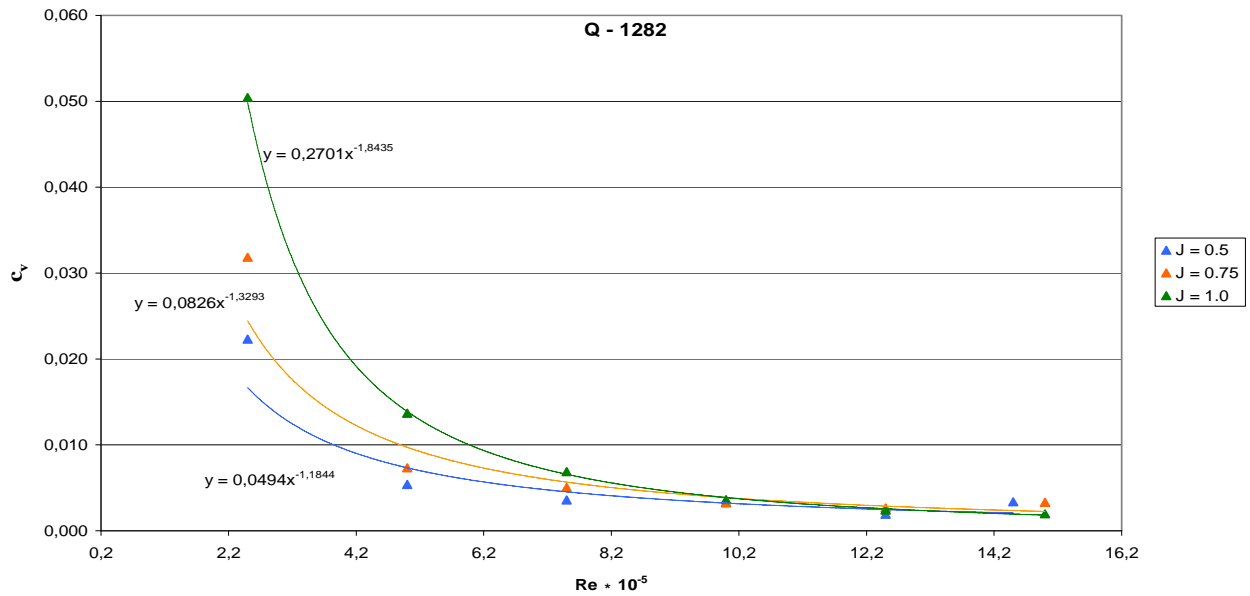


Figura 5: Andamento del coefficiente di variazione dei valori di Coppia ottenuti con l'elica 1282 a tre diversi J.

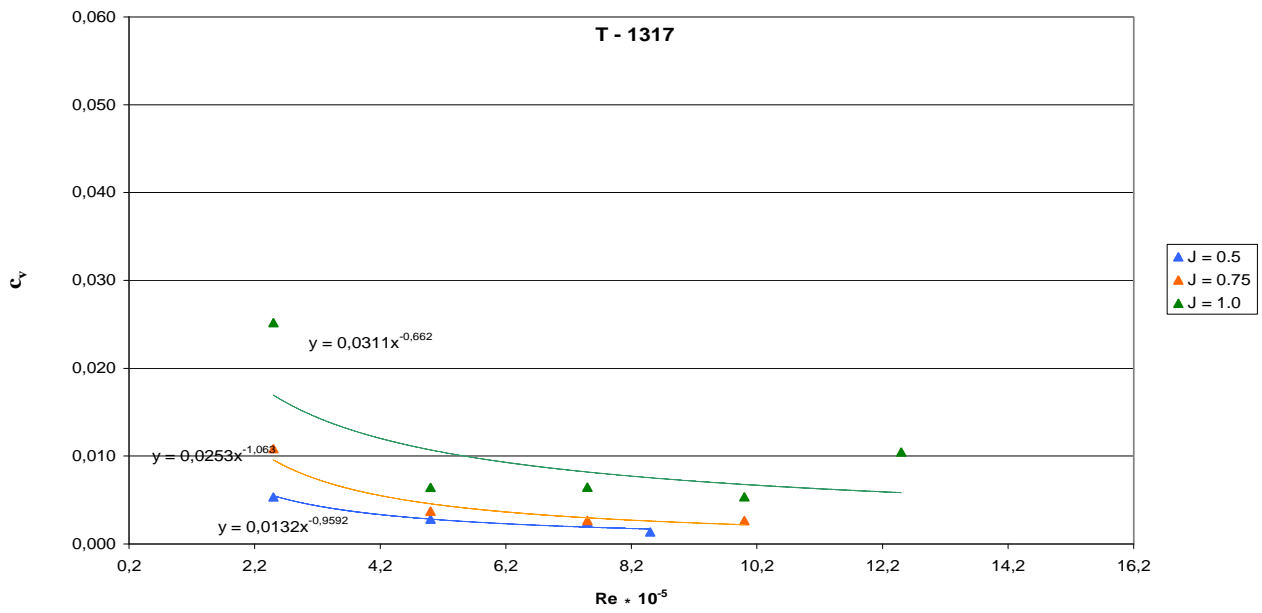


Figura 6: Andamento del coefficiente di variazione dei valori di Spinta ottenuti con l'elica 1317 a tre diversi J.

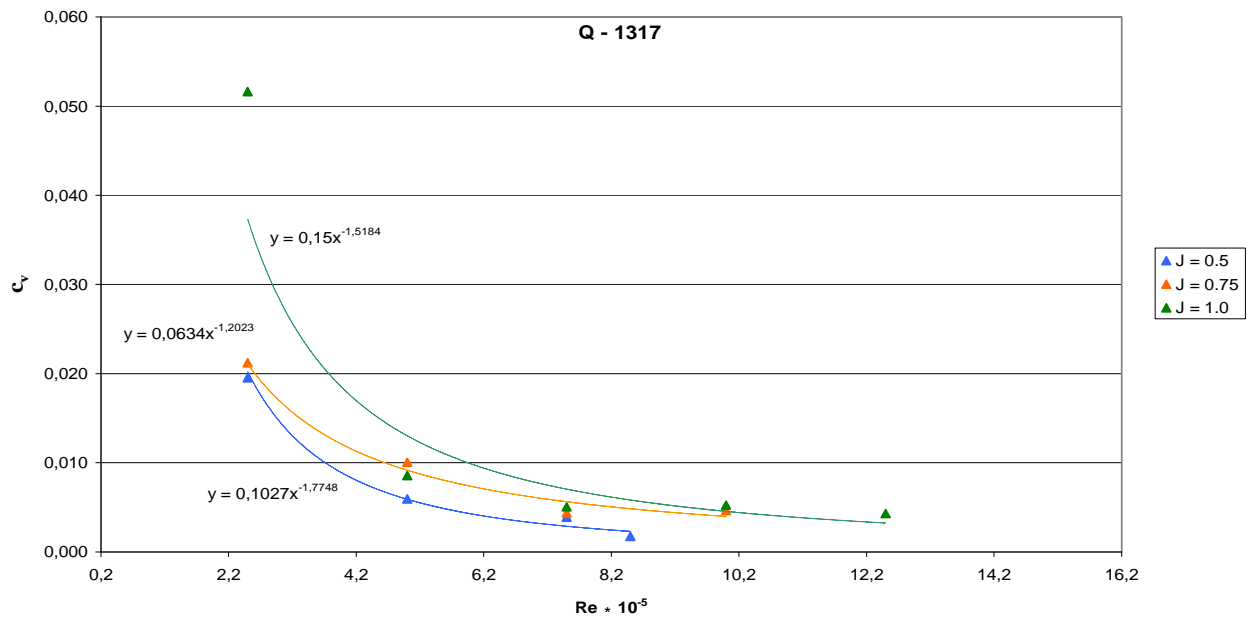


Figura 7: Andamento del coefficiente di variazione dei valori di Coppia ottenuti con l'elica 1317 a tre diversi J.

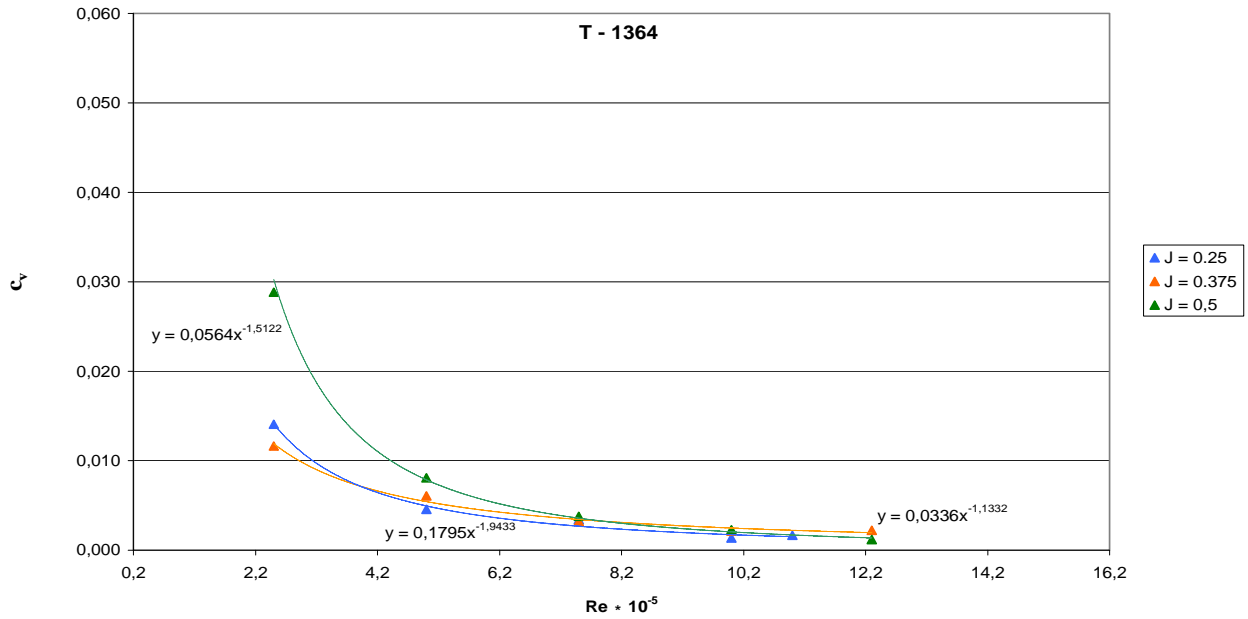


Figura 8: Andamento del coefficiente di variazione dei valori di Spinta ottenuti con l'elica 1364 a tre diversi J.

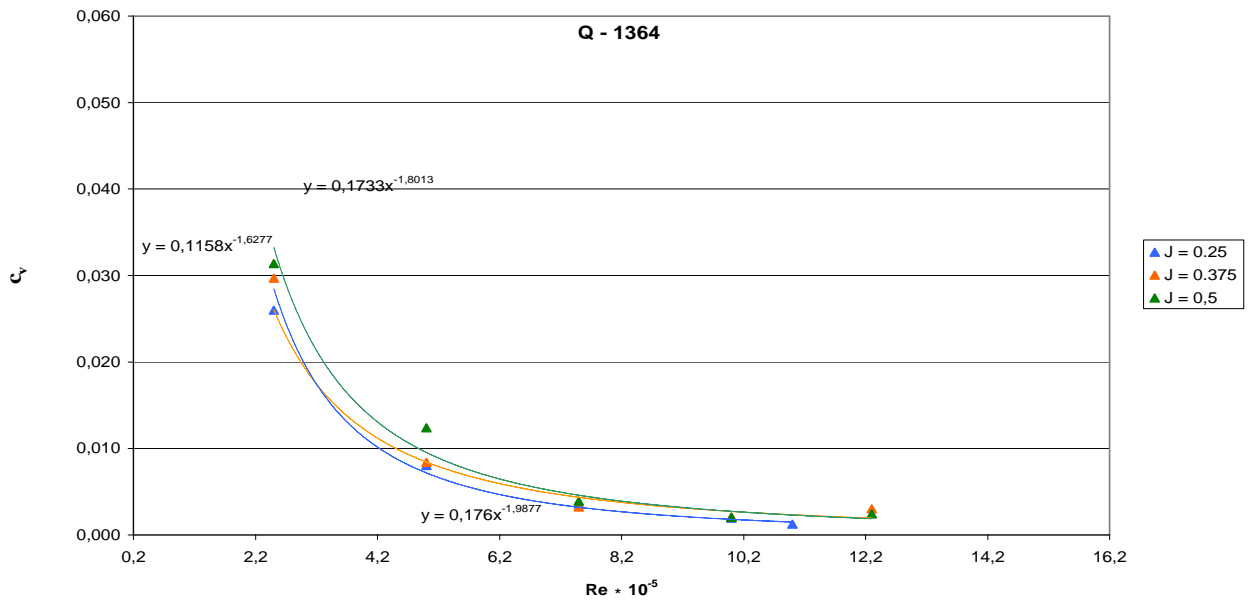


Figura 9: Andamento del coefficiente di variazione dei valori di Coppia ottenuti con l'elica 1364 a tre diversi J.

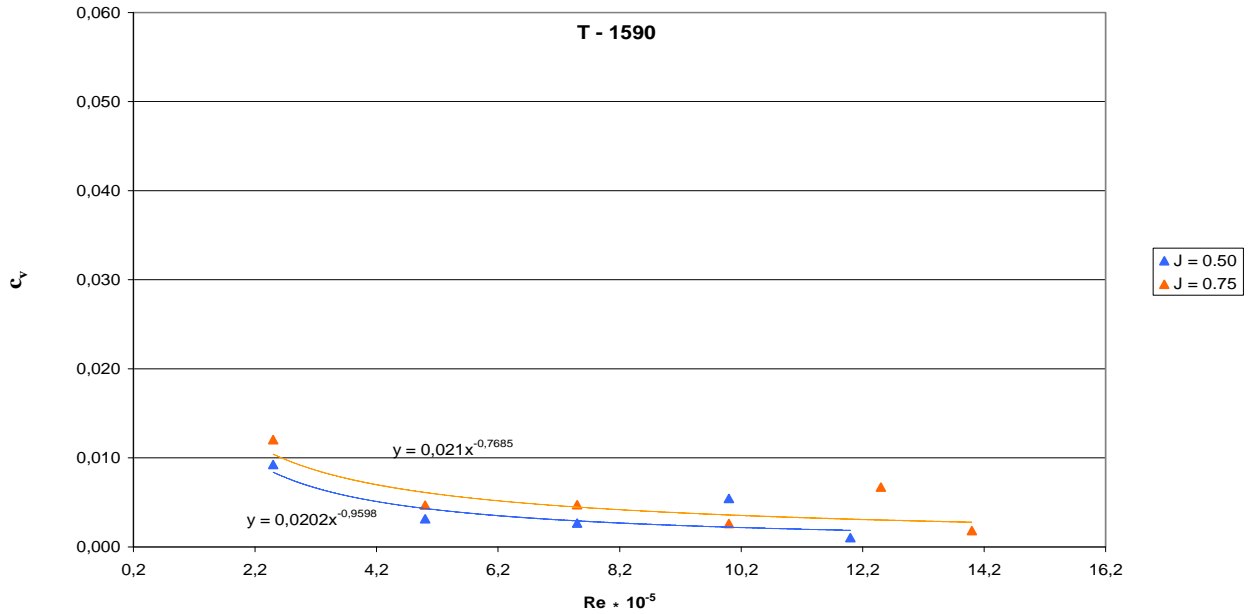


Figura 10: Andamento del coefficiente di variazione dei valori di Spinta ottenuti con l'elica 1590 a due diversi J.

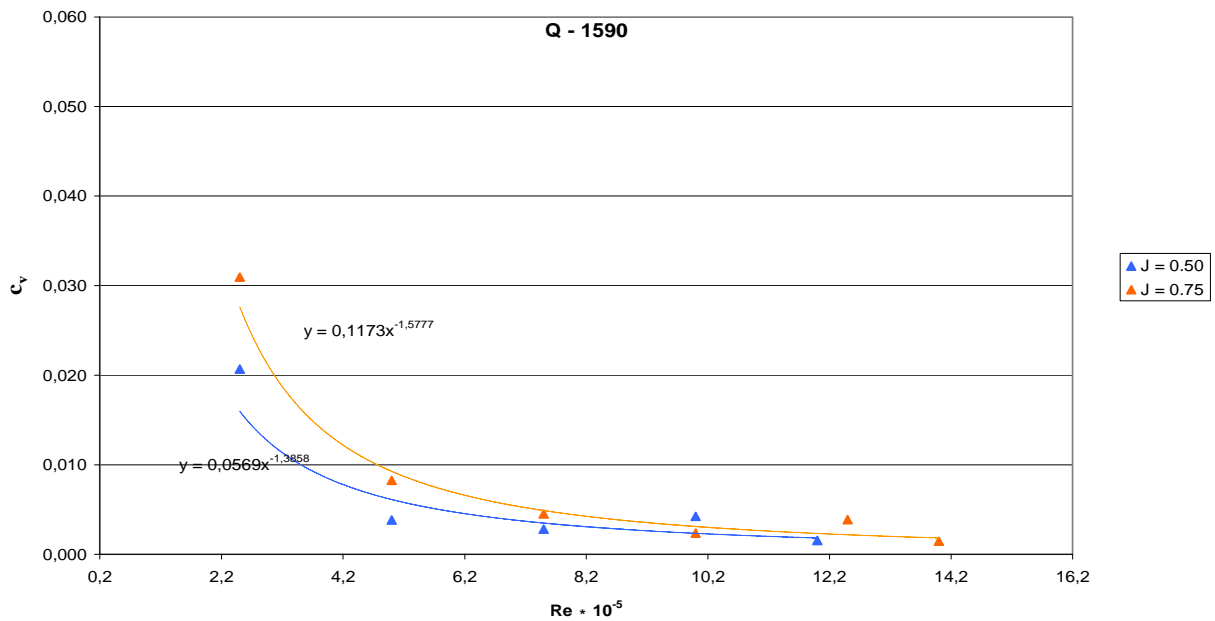


Figura 11: Andamento del coefficiente di variazione dei valori di Coppia ottenuti con l'elica 1590 a due diversi J.

Le figure 12 e 13 rappresentano in un unico grafico tutti i valori di  $c_v$ , a prescindere da J, rispettivamente dei dati delle spinte e delle coppie, approssimati con ulteriori funzioni razionali una per ogni singola elica.

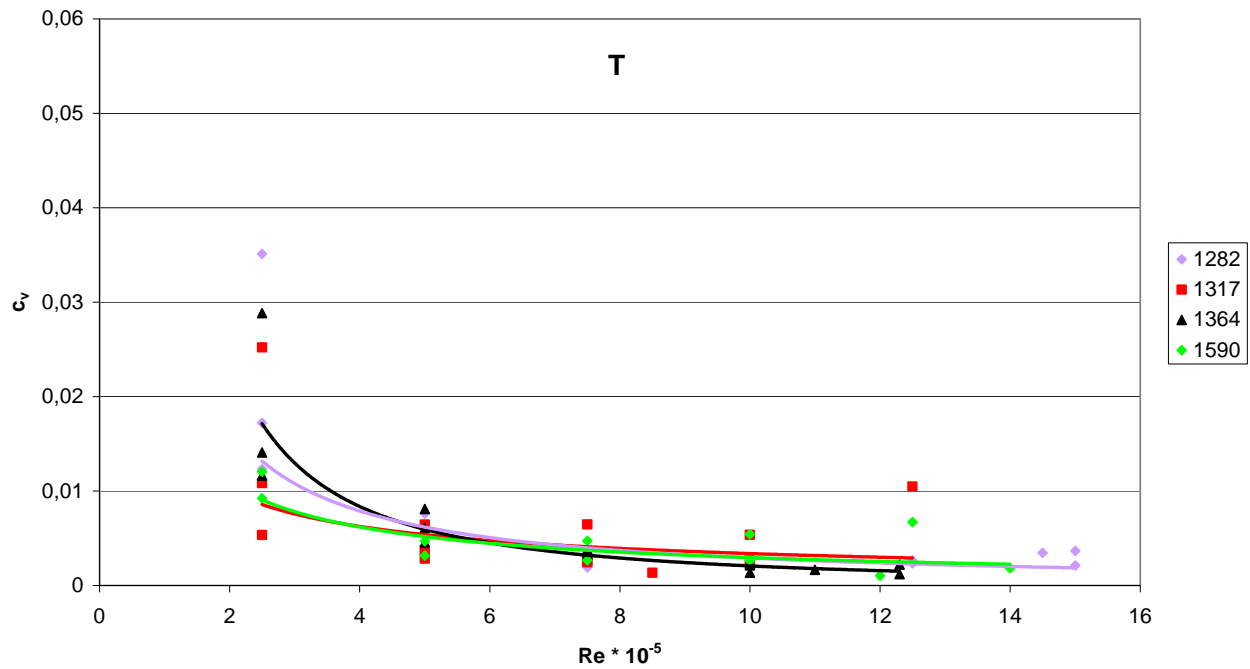


Figura 12: Andamento dei coefficienti di variazione delle Spinte di tutte le eliche testate.

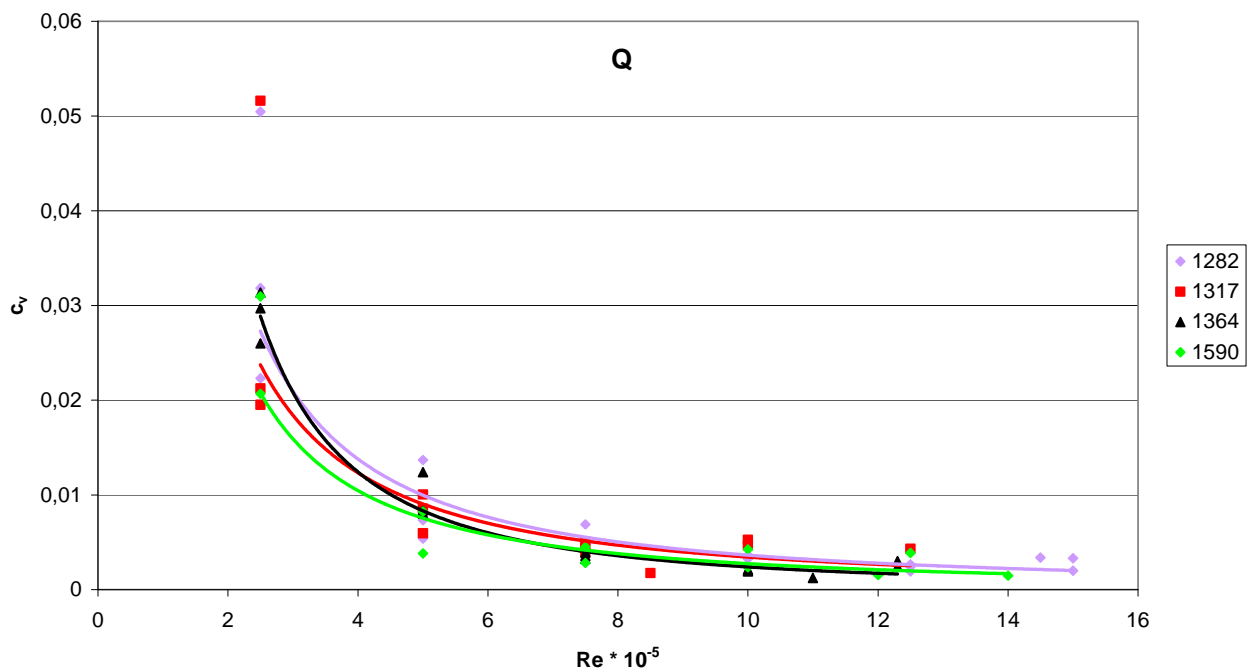


Figura 13: Andamento dei coefficienti di variazione delle Coppie di tutte le eliche testate.

Il crescere della ripetibilità dei risultati al crescere del numero di Reynolds è riscontrabile anche analizzando direttamente i valori dei coefficienti idrodinamici adimensionali  $K_T^*$  e  $K_Q^*$ .

Essendo queste grandezze teoricamente indipendenti, per ogni  $J$ , dal numero di Reynolds, non è stato necessario calcolarne i coefficienti di variazione, è stato sufficiente metterne in grafico le deviazioni standard.

Le figure 14 e 15 mostrano in un unico grafico tutti i valori delle deviazioni standard rispettivamente dei  $K_T^*$  e dei  $K_Q^*$ , a prescindere dal J testati, approssimati con ulteriori funzioni razionali sempre del tipo  $kx^{-\alpha}$  una per ogni singola elica. Si sottolinea che le deviazioni standard dei  $K_Q^*$  sono relative ai valori effettivi calcolati mediante la (16) e non a quelli riportati in appendice 4 che sono moltiplicati per 10. In appendice 6 sono presenti, per ogni elica, i valori così calcolati.

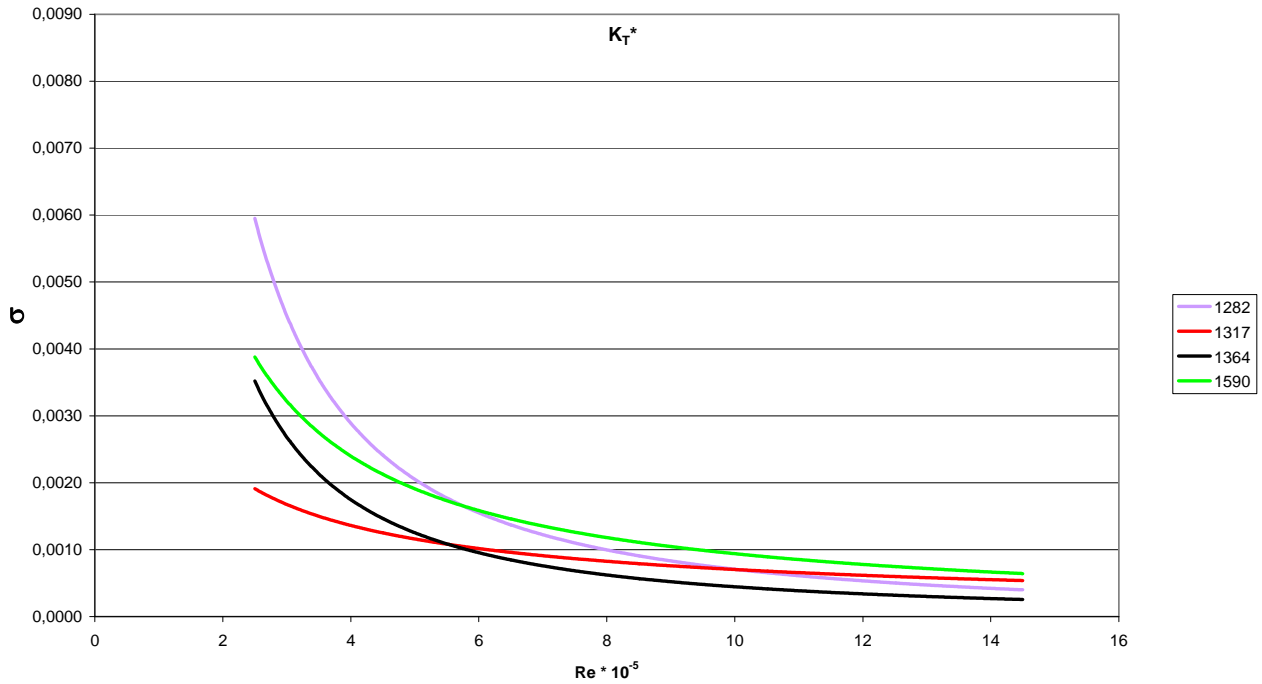


Figura 14: Andamento della deviazione standard del  $K_T^*$  di tutte le eliche testate

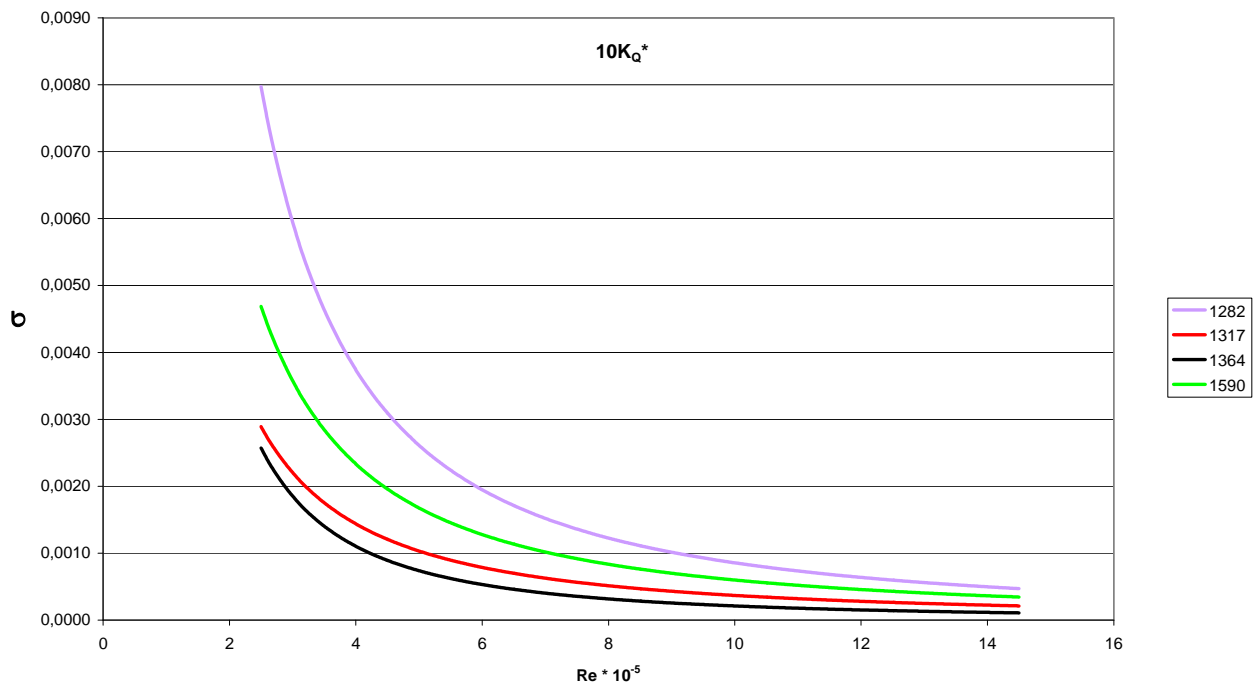


Figura 15: Andamento della deviazione standard del  $K_Q^*$  di tutte le eliche testate

Al fine di fornire una plausibile spiegazione ai diversi comportamenti delle quattro eliche, visibili soprattutto in figura 15, è opportuno sottolineare che una delle maggiori fonti di dispersione dei risultati nei test idrodinamici con modelli è la presenza del regime misto, ovvero tra il laminare ed il turbolento, che tipicamente si ha quando il numero di Reynolds è compreso tra i 200000 e i 400000. Secondo quanto stabilito dall'ITTC [5], il numero di Reynolds per l'esecuzione di un test di elica isolata è riferito, come detto, alla corda misurata alla frazione di raggio 0.7, a cui corrisponde la zona di pala che generalmente contribuisce maggiormente alla spinta propulsiva. Il numero di Reynolds però non è costante per tutte le frazioni di raggio; indicando con  $r$  la distanza dall'asse di rotazione, si ha:

$$Re_{r/R} = \frac{C_{r/R} \sqrt{V^2 + \left(\frac{r\pi n D}{R}\right)^2}}{\nu} \quad (18)$$

L'andamento al variare di  $r$  del numero di Reynolds è quindi strettamente legato a quello del valore locale della corda.

In figura 16 sono rappresentati gli andamenti delle corde delle 4 eliche testate al variare di  $r$ , normalizzate ognuna rispetto alla corda misurata alla frazione 0.7.

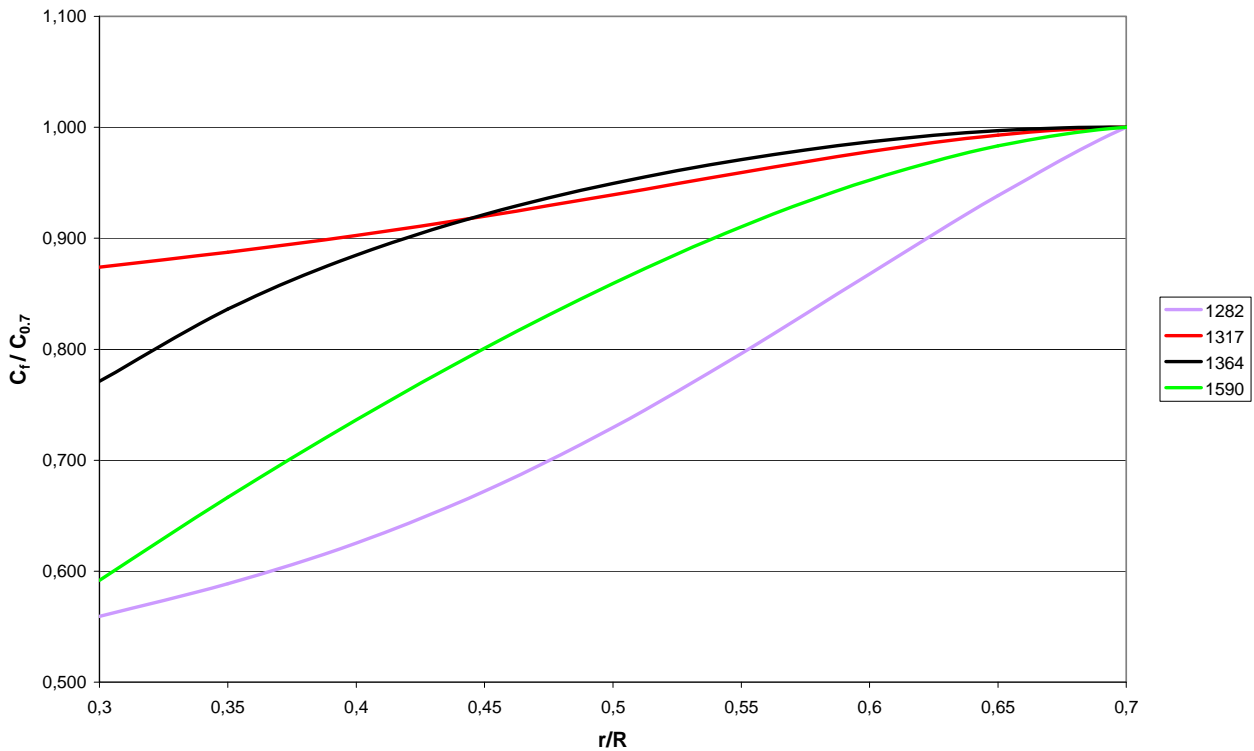


Figura 16: Andamento delle corde normalizzate al variare delle frazioni di raggio di tutte le eliche testate

E' possibile osservare che alle eliche che hanno le corde che diminuiscono più velocemente, corrispondono i comportamenti peggiori dal punto di vista della deviazione standard dei  $K_Q$  mostrata in figura 15 (la 1282 e la 1364). Questo perché tale andamento si ripercuote, come detto, sul numero di Reynolds che per alcune eliche diminuisce quindi più repentinamente che su altre. Si verifica quindi che sull'elica 1282, ad esempio, il regime misto lo si trova a  $r$  più grandi, laddove l'influenza dell'idrodinamica del mozzo e della geometria della pala non sono ancora così forti da favorire la turbolenza a prescindere dal numero di Reynolds. Le figure 17 e 18 mostrano il numero di Reynolds al variare di  $r$  per le 4 eliche quando  $Re_{0.7}$  vale rispettivamente 500000 e 750000.



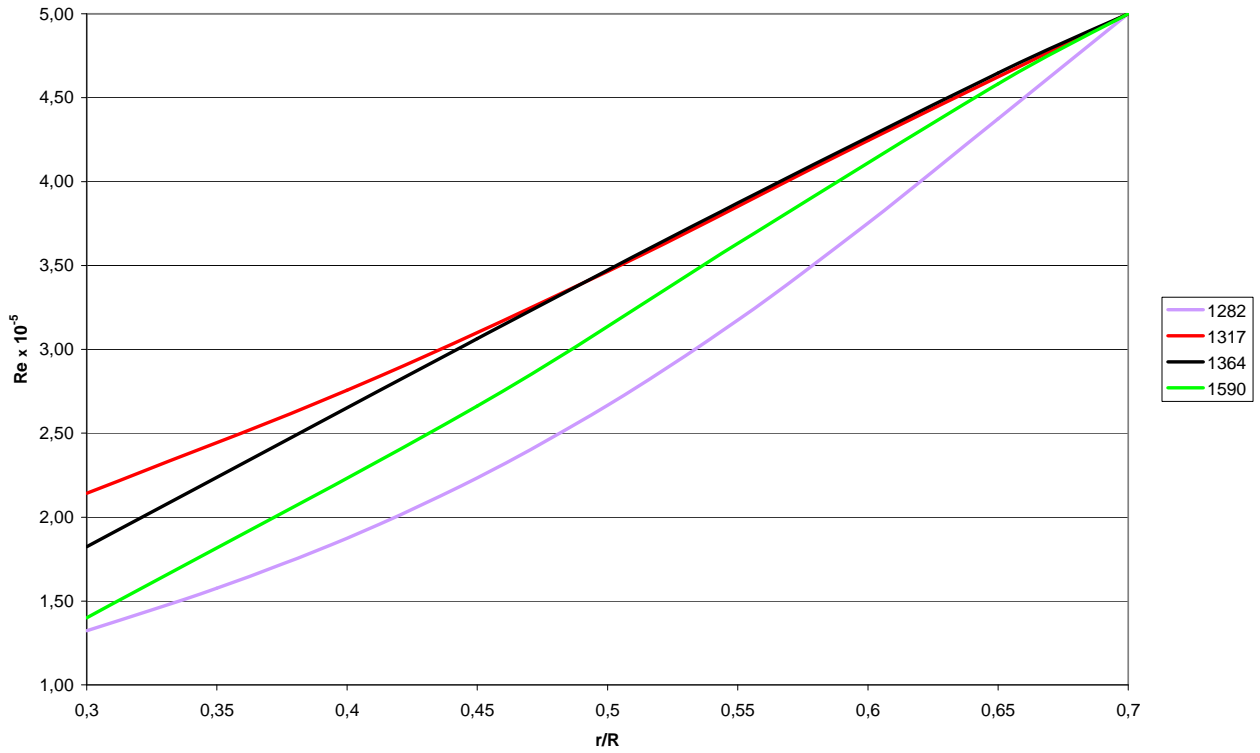


Figura 17: Andamento del numero di Reynolds al variare delle frazioni di raggio di tutte le eliche testate, quando  $Re_{0,7}=5 \times 10^5$

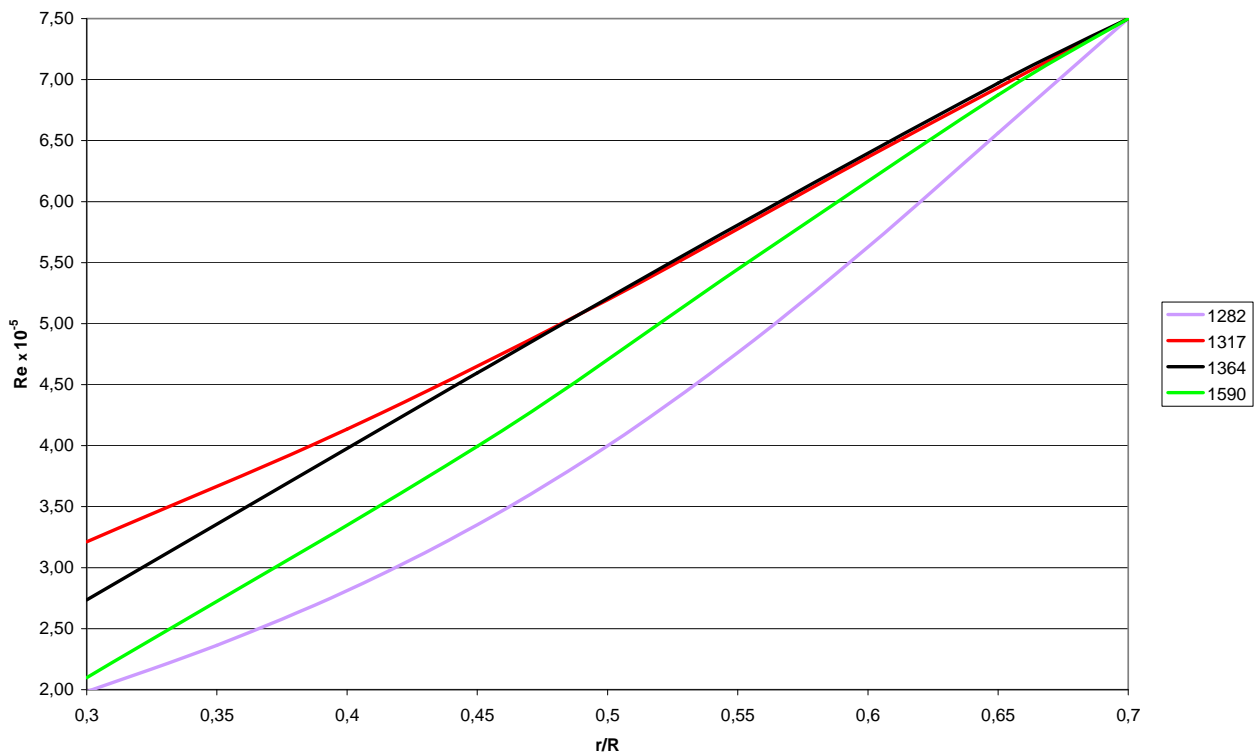


Figura 18: Andamento del numero di Reynolds al variare delle frazioni di raggio di tutte le eliche testate, quando  $Re_{0,7}=7.5 \times 10^5$

E' infine interessante notare che le deviazioni standard dei  $K_Q$  in funzione dei valori di  $A_E/A_0$  (riportati in tabella 1) sono funzioni crescenti. Tale andamento può essere anch'esso visto come

conseguenza del repentino aumento della corda all'aumentare di  $r$ ; infatti generalmente elevati rapporti  $A_E/A_0$  sono legati a forme di pala aventi una forte variazione della corda in funzione di  $r$ .

La figura 19 mostra che questa dipendenza ha praticamente lo stesso andamento a tutti i numeri di Reynolds.

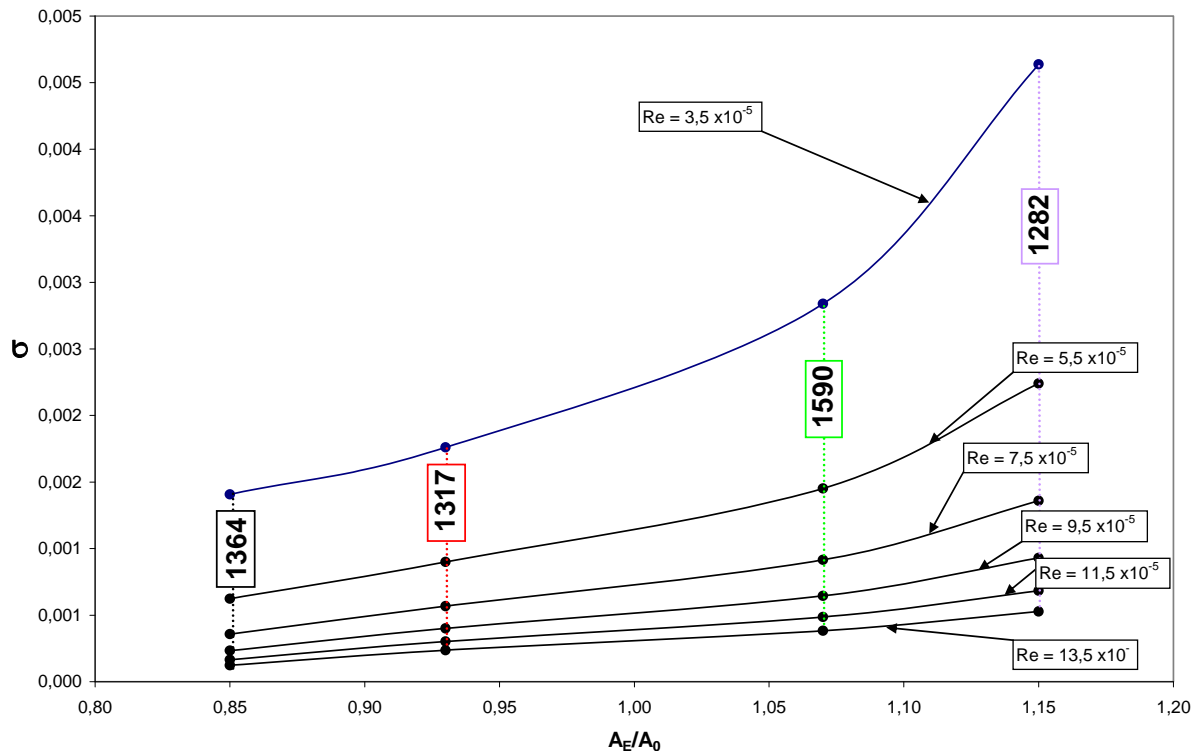


Figura 19: Andamento delle deviazioni standard dei  $K_Q$  al variare del rapporto  $A_E/A_0$  ai vari numeri di Reynolds e corrispondenza con le eliche testate

## Conclusioni

L'analisi dei risultati ottenuti dall'elaborazione dei 627 punti sperimentali ottenuti dai test di elica isolata eseguiti su 4 modelli di eliche diversi, mostra che il coefficiente di variazione dei valori di coppia e di spinta misurati, nonché la deviazione standard dei coefficienti idrodinamici  $K_T$  e  $K_Q$ , diminuiscono al crescere del numero di Reynolds realizzato, con un andamento ben approssimabile con funzioni razionali del tipo  $kx^{-\alpha}$ , a prescindere dalla geometria dell'elica.

L'analisi svolta mostra che, se il numero di Reynolds si avvicina a 750.000, le deviazioni standard delle principali misure effettuate (la coppia assorbita e la spinta fornita) assumono valori intorno allo 0,5% delle misure effettuate, e quelle di  $K_T$  e  $K_Q$  scendono a 0.001, che, nel peggiore dei casi, si aggira anch'esso allo 0,5% del valore medio.

Questo risultato si ritiene sia legato al fatto che la maggiore fonte d'instabilità delle misure in un esperimento di idrodinamica, è dovuta alla presenza di un regime misto tra il laminare ed il turbolento. Infatti aumentando il numero di Reynolds di prova, che secondo quanto previsto dalle procedure ITTC [5] è misurato al 70% del raggio dell'elica, la zona della pala che lavora a numeri di Reynolds compresi tra 200000 e 400000, cioè in un regime misto, si avvicina all'asse di rotazione dell'elica. Ma in prossimità dell'asse di rotazione, il grado di turbolenza è maggiore sia per la vicinanza del mozzo che per l'elevato spessore della pala, che, peggiorandone l'idrodinamica, contribuisce ad aumentare la vorticità e i fenomeni di distacco, inducendo turbolenza anche se il numero di Reynolds non è così elevato. Quindi aumentando il numero di Reynolds, si riduce sempre di più la porzione di pala che lavora in regime misto, si riduce cioè la maggiore fonte d'instabilità dei risultati sperimentali.

La conclusione raggiunta rafforza la nota tesi sostenuta, seppure per altri motivi, nella procedura ITTC [5], secondo la quale i test di elica isolata devono essere eseguiti al numero di Reynolds più elevato possibile, compatibilmente con la strumentazione e l'impianto sperimentale a disposizione e fornisce indicazioni in merito al  $Re_{0.7R}$  sotto il quale non è opportuno scendere se non si vogliono rendere troppo elevate le deviazioni standard dei risultati.

## Bibliografia

- [1] UNI CEI ENV 13005 Guide to expression of uncertainty in measurement;
- [2] Coleman, H. W. and Steele, W.G., 1999 – “Experimentation and Uncertainty Analysis for Engineers” 2<sup>nd</sup> Edition, John Wiley & Sons, Inc., Ney York, NY;
- [3] XXIII ITTC, Venezia 2002 – Propulsion, Propulsor Uncertainty Analysis, example for open Water Test”, Procedure 7.5-02-03-02.2, Rev.00;
- [4] Moriconi, A., 2000 – Analisi d’incertezza su prove di elica isolata a vari numeri di Reynolds;
- [5] XXIII ITTC, Venezia 2002 – Testing and Extrapolation Methods Propulsion, Propulsor Open Water Test”, Procedure 7.5-02-03-02.1, Rev.01.

## APPENDICI

Repetition N.	Date	Time	temperature	$V_0 \times 10^6$	run	runlet	Test Number	$Re_{fix} \times 10^{-5}$	$J_{fix}$	$V_{fix}$	$n_{fix}$
-	-	-	°C	$m^2 s^{-1}$	-	-	-	-	-	-	-
1	23/01/09	11,24	13,03	1,201	1	1	1	2,5	0,50	0,524	8,50
	"	"	13,03	1,201	1	2	2	2,5	0,75	0,766	8,28
	"	"	13,03	1,201	1	3	3	2,5	1,00	0,987	8,00
	"	"	13,03	1,201	1	4	4	5	0,50	1,048	17,00
	"	"	13,03	1,201	1	5	5	5	0,75	1,532	16,56
	"	"	13,03	1,201	1	6	6	5	1,00	1,973	16,00
	"	"	13,03	1,201	1	7	7	7,5	1,00	2,960	24,00
	"	11,45	13,03	1,201	2	1	8	7,5	0,50	1,573	25,50
	"	"	13,03	1,201	2	2	9	7,5	0,75	2,298	24,84
	"	"	13,03	1,201	2	3	10	10	0,75	3,064	33,12
	"	"	13,03	1,201	2	4	11	10	1,00	3,946	32,00
	"	11,54	13,03	1,201	3	1	12	12,5	0,50	2,621	42,50
	"	"	13,03	1,201	3	2	13	12,5	0,75	3,830	41,40
	"	"	13,03	1,201	3	3	14	12,5	1,00	4,933	40,00
	"	12,05	13,03	1,201	4	1	15	10	0,50	2,097	34,00
	"	"	13,03	1,201	4	2	16	14,5	0,50	3,040	49,30
	"	"	13,03	1,201	4	3	17	15	0,75	4,596	49,68
	"	12,15	13,03	1,201	5	1	18	15	1,00	5,919	48,00
2	"	12,35	13,03	1,201	6	1	19	2,5	0,50	0,524	8,50
	"	"	13,03	1,201	6	2	20	2,5	0,75	0,766	8,28
	"	"	13,03	1,201	6	3	21	2,5	1,00	0,987	8,00
	"	"	13,03	1,201	6	4	22	5	0,50	1,048	17,00
	"	"	13,03	1,201	6	5	23	5	0,75	1,532	16,56
	"	"	13,03	1,201	6	6	24	5	1,00	1,973	16,00
	"	"	13,03	1,201	6	7	25	7,5	1,00	2,960	24,00
	"	12,48	13,03	1,201	7	1	26	7,5	0,50	1,573	25,50
	"	"	13,03	1,201	7	2	27	7,5	0,75	2,298	24,84
	"	"	13,03	1,201	7	3	28	10	0,75	3,064	33,12
	"	"	13,03	1,201	7	4	29	10	1,00	3,946	32,00
	"	12,57	13,03	1,201	8	1	30	12,5	0,50	2,621	42,50
	"	"	13,03	1,201	8	2	31	12,5	0,75	3,830	41,40
	"	"	13,03	1,201	8	3	32	12,5	1,00	4,933	40,00
	"	13,08	13,03	1,201	9	1	33	10	0,50	2,097	34,00
	"	"	13,03	1,201	9	2	34	14,5	0,50	3,040	49,30
	"	"	13,03	1,201	9	3	35	15	0,75	4,596	49,68
	"	13,15	13,03	1,201	10	1	36	15	1,00	5,919	48,00

Appendice 1: Test Matrix dell'elica 1282. (Ripetizioni 1 e 2)

Repetition N.	Date	Time	temperature	$V_0 \times 10^6$	run	runlet	Test Number	$Re_{fix} \times 10^5$	$J_{fix}$	$V_{fix}$	$n_{fix}$
-	-	-	°C	$m^2 s^{-1}$	-	-	-	-	-	-	-
3	26/01/09	11,20	12,95	1,204	"16"	1	55	2,5	0,50	0,525	8,52
	"	"	12,95	1,204	"16"	2	56	2,5	0,75	0,768	8,30
	"	"	12,95	1,204	"16"	3	57	2,5	1,00	0,989	8,02
	"	"	12,95	1,204	11	1	40	5	0,50	1,051	17,04
	"	"	12,95	1,204	11	2	41	5	0,75	1,535	16,60
	"	"	12,95	1,204	11	3	42	5	1,00	1,977	16,03
	"	"	12,95	1,204	11	4	43	7,5	1,00	2,966	24,05
	"	11,30	12,95	1,204	12	1	44	7,5	0,50	1,576	25,56
	"	"	12,95	1,204	12	2	45	7,5	0,75	2,303	24,90
	"	"	12,95	1,204	12	3	46	10	0,75	3,070	33,19
	"	"	12,95	1,204	12	4	47	10	1,00	3,955	32,07
	"	11,45	12,95	1,204	13	1	48	12,5	0,50	2,627	42,60
	"	"	12,95	1,204	13	2	49	12,5	0,75	3,838	41,49
	"	"	12,95	1,204	13	3	50	12,5	1,00	4,943	40,08
	"	12,00	12,95	1,204	14	1	51	10	0,50	2,101	34,08
	"	"	12,95	1,204	14	2	52	14,5	0,50	3,047	49,41
	"	"	12,95	1,204	14	3	53	15	0,75	4,606	49,79
"	12,15	12,95	1,204	15	1	54	15	1,00	5,932	48,10	
4	"	15,00	12,95	1,204	17	1	58	2,5	0,50	0,525	8,52
	"	"	12,95	1,204	17	2	59	2,5	0,75	0,768	8,30
	"	"	12,95	1,204	17	3	60	2,5	1,00	0,989	8,02
	"	"	12,95	1,204	17	4	61	5	0,50	1,051	17,04
	"	"	12,95	1,204	17	5	62	5	0,75	1,535	16,60
	"	"	12,95	1,204	17	6	63	5	1,00	1,977	16,03
	"	"	12,95	1,204	17	7	64	7,5	1,00	2,966	24,05
	"	15,15	12,95	1,204	18	1	65	7,5	0,50	1,576	25,56
	"	"	12,95	1,204	18	2	66	7,5	0,75	2,303	24,90
	"	"	12,95	1,204	18	3	67	10	0,75	3,070	33,19
	"	"	12,95	1,204	18	4	68	10	1,00	3,955	32,07
	"	15,30	12,95	1,204	19	1	69	12,5	0,50	2,627	42,60
	"	"	12,95	1,204	19	2	70	12,5	0,75	3,838	41,49
	"	"	12,95	1,204	19	3	71	12,5	1,00	4,943	40,08
	"	15,40	12,95	1,204	20	1	72	10	0,50	2,101	34,08
	"	"	12,95	1,204	20	2	73	14,5	0,50	3,047	49,41
	"	"	12,95	1,204	20	3	74	15	0,75	4,606	49,79
"	15,50	12,95	1,204	21	1	75	15	1,00	5,932	48,10	

Appendice 1: Test Matrix dell'elica 1282. (Ripetizioni 3 e 4)

Repetition N.	Date	Time	temperature	$V_0 \times 10^6$	run	runlet	Test Number	$Re_{fix} \times 10^5$	$J_{fix}$	$V_{fix}$	$n_{fix}$
-	-	-	°C	$m^2s^{-1}$	-	-		-			
5	27/01/09	9,41	12,92	1,205	22	1	76	2,5	0,50	0,526	8,53
	"	"	12,92	1,205	22	2	77	2,5	0,75	0,768	8,31
	"	"	12,92	1,205	22	3	78	2,5	1,00	0,990	8,02
	"	"	12,92	1,205	22	4	79	5	0,50	1,052	17,05
	"	"	12,92	1,205	22	5	80	5	0,75	1,536	16,61
	"	"	12,92	1,205	22	6	81	5	1,00	1,979	16,05
	"	"	12,92	1,205	22	7	82	7,5	1,00	2,969	24,07
	"	9,51	12,92	1,205	23	1	83	7,5	0,50	1,577	25,58
	"	"	12,92	1,205	23	2	84	7,5	0,75	2,305	24,92
	"	"	12,92	1,205	23	3	85	10	0,75	3,073	33,22
	"	"	12,92	1,205	23	4	86	10	1,00	3,958	32,09
	"	10,07	12,92	1,205	24	1	87	12,5	0,50	2,629	42,63
	"	"	12,92	1,205	24	2	88	12,5	0,75	3,841	41,53
	"	"	12,92	1,205	24	3	89	12,5	1,00	4,948	40,12
	"	10,25	12,92	1,205	25	1	90	10	0,50	2,103	34,10
	"	"	12,92	1,205	25	2	91	14,5	0,50	3,049	49,45
	"	"	12,92	1,205	25	3	92	15	0,75	4,609	49,83
"	10,40	12,92	1,205	26	1	93	15	1,00	5,937	48,14	
6	"	11,44	12,92	1,205	27	1	94	2,5	0,50	0,526	8,53
	"	"	12,92	1,205	27	2	95	2,5	0,75	0,768	8,31
	"	"	12,92	1,205	27	3	96	2,5	1,00	0,990	8,02
	"	"	12,92	1,205	27	4	97	5	0,50	1,052	17,05
	"	"	12,92	1,205	27	5	98	5	0,75	1,536	16,61
	"	"	12,92	1,205	27	6	99	5	1,00	1,979	16,05
	"	"	12,92	1,205	27	7	100	7,5	1,00	2,969	24,07
	"	11,53	12,92	1,205	28	1	101	7,5	0,50	1,577	25,58
	"	"	12,92	1,205	28	2	102	7,5	0,75	2,305	24,92
	"	"	12,92	1,205	28	3	103	10	0,75	3,073	33,22
	"	"	12,92	1,205	28	4	104	10	1,00	3,958	32,09
	"	12,04	12,92	1,205	29	1	105	12,5	0,50	2,629	42,63
	"	"	12,92	1,205	29	2	106	12,5	0,75	3,841	41,53
	"	"	12,92	1,205	29	3	107	12,5	1,00	4,948	40,12
	"	12,14	12,92	1,205	30	1	108	10	0,50	2,103	34,10
	"	"	12,92	1,205	30	2	109	14,5	0,50	3,049	49,45
	"	"	12,92	1,205	30	3	110	15	0,75	4,609	49,83
"	12,23	12,92	1,205	31	1	111	15	1,00	5,937	48,14	

Appendice 1: Test Matrix dell'elica 1282. (Ripetizioni 5 e 6)

Repetition N.	Date	Time	temperature	$V_0 \times 10^6$	run	runlet	Test Number	$Re_{fix} \times 10^5$	$J_{fix}$	$V_{fix}$	$n_{fix}$
-	-	-	°C	$m^2s^{-1}$	-	-		-			
7	27/01/09	12,33	12,92	1,205	32	1	112	2,5	0,50	0,526	8,53
	"	"	12,92	1,205	32	2	113	2,5	0,75	0,768	8,31
	"	"	12,92	1,205	32	3	114	2,5	1,00	0,990	8,02
	"	"	12,92	1,205	32	4	115	5	0,50	1,052	17,05
	"	"	12,92	1,205	32	5	116	5	0,75	1,536	16,61
	"	"	12,92	1,205	32	6	117	5	1,00	1,979	16,05
	"	"	12,92	1,205	32	7	118	7,5	1,00	2,969	24,07
	"	12,44	12,92	1,205	33	1	119	7,5	0,50	1,577	25,58
	"	"	12,92	1,205	33	2	120	7,5	0,75	2,305	24,92
	"	"	12,92	1,205	33	3	121	10	0,75	3,073	33,22
	"	"	12,92	1,205	33	4	122	10	1,00	3,958	32,09
	"	12,54	12,92	1,205	34	1	123	12,5	0,50	2,629	42,63
	"	"	12,92	1,205	34	2	124	12,5	0,75	3,841	41,53
	"	"	12,92	1,205	34	3	125	12,5	1,00	4,948	40,12
	"	13,03	12,92	1,205	35	1	126	10	0,50	2,103	34,10
	"	"	12,92	1,205	35	2	127	14,5	0,50	3,049	49,45
	"	"	12,92	1,205	35	3	128	15	0,75	4,609	49,83
"	13,13	12,92	1,205	36	1	129	15	1,00	5,937	48,14	
8	"	14,50	12,92	1,205	37	1	130	2,5	0,50	0,526	8,53
	"	"	12,92	1,205	37	2	131	2,5	0,75	0,768	8,31
	"	"	12,92	1,205	37	3	132	2,5	1,00	0,990	8,02
	"	"	12,92	1,205	37	4	133	5	0,50	1,052	17,05
	"	"	12,92	1,205	37	5	134	5	0,75	1,536	16,61
	"	"	12,92	1,205	37	6	135	5	1,00	1,979	16,05
	"	"	12,92	1,205	37	7	136	7,5	1,00	2,969	24,07
	"	15,05	12,92	1,205	38	1	137	7,5	0,50	1,577	25,58
	"	"	12,92	1,205	38	2	138	7,5	0,75	2,305	24,92
	"	"	12,92	1,205	38	3	139	10	0,75	3,073	33,22
	"	"	12,92	1,205	38	4	140	10	1,00	3,958	32,09
	"	15,20	12,92	1,205	39	1	141	12,5	0,50	2,629	42,63
	"	"	12,92	1,205	39	2	142	12,5	0,75	3,841	41,53
	"	"	12,92	1,205	39	3	143	12,5	1,00	4,948	40,12
	"	15,30	12,92	1,205	40	1	144	10	0,50	2,103	34,10
	"	"	12,92	1,205	40	2	145	14,5	0,50	3,049	49,45
	"	"	12,92	1,205	40	3	146	15	0,75	4,609	49,83
"	15,40	12,92	1,205	41	1	147	15	1,00	5,937	48,14	

Appendice 1: Test Matrix dell'elica 1282. (Ripetizioni 7 e 8)



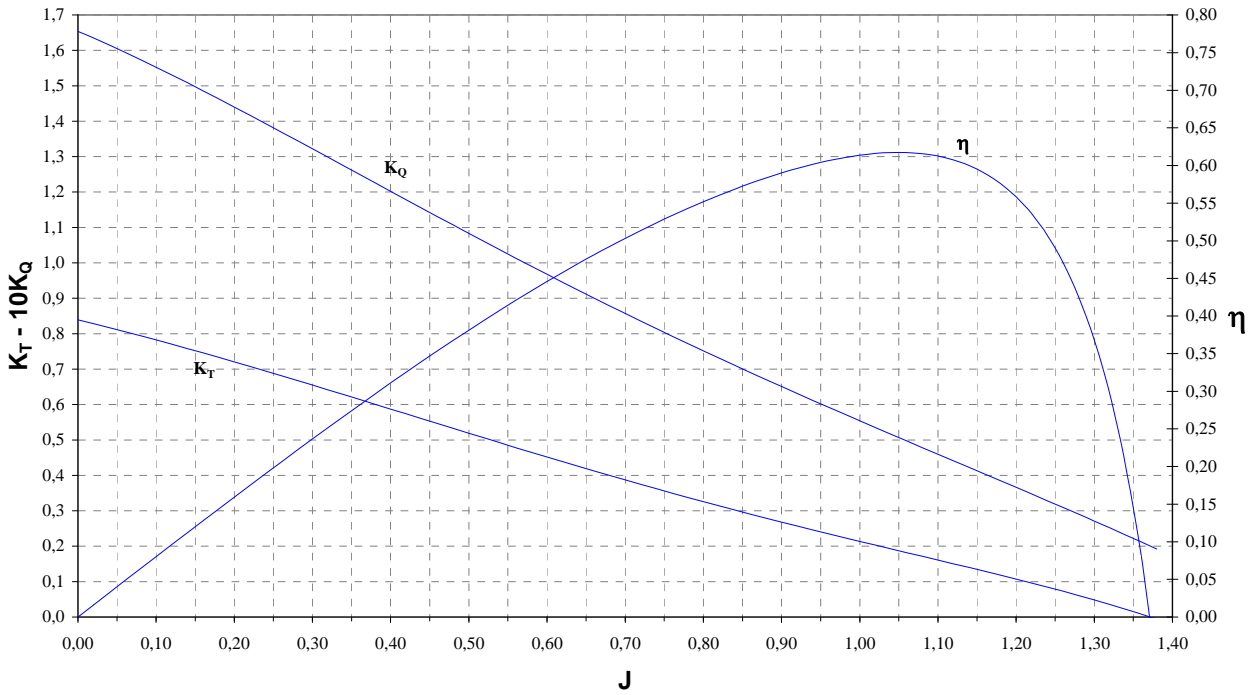
Repetition N.	Date	Time	temperature	$V_0 \times 10^6$	run	runlet	Test Number	$Re_{fix} \times 10^{-5}$	$J_{fix}$	$V_{fix}$	$n_{fix}$
-	-	-	°C	$m^2s^{-1}$	-	-		-			
9	28/01/09	10,07	12,88	1,206	42	1	148	2,5	0,50	0,526	8,54
	"	"	12,88	1,206	42	2	149	2,5	0,75	0,769	8,31
	"	"	12,88	1,206	42	3	150	2,5	1,00	0,991	8,03
	"	"	12,88	1,206	42	4	151	5	0,50	1,053	17,07
	"	"	12,88	1,206	42	5	152	5	0,75	1,538	16,63
	"	"	12,88	1,206	42	6	153	5	1,00	1,981	16,06
	"	"	12,88	1,206	42	7	154	7,5	1,00	2,972	24,10
	"	10,17	12,88	1,206	43	1	155	7,5	0,50	1,579	25,61
	"	"	12,88	1,206	43	2	156	7,5	0,75	2,307	24,94
	"	"	12,88	1,206	43	3	157	10	0,75	3,076	33,26
	"	"	12,88	1,206	43	4	158	10	1,00	3,962	32,13
	"	10,26	12,88	1,206	44	1	159	12,5	0,50	2,632	42,68
	"	"	12,88	1,206	44	2	160	12,5	0,75	3,845	41,57
	"	"	12,88	1,206	44	3	161	12,5	1,00	4,953	40,16
	"	10,35	12,88	1,206	45	1	162	10	0,50	2,105	34,14
	"	"	12,88	1,206	45	2	163	14,5	0,50	3,053	49,50
	"	"	12,88	1,206	45	3	164	15	0,75	4,614	49,89
"	10,47	12,88	1,206	46	1	165	15	1,00	5,943	48,19	
10	"	11,52	12,88	1,206	47	1	166	2,5	0,50	0,526	8,54
	"	"	12,88	1,206	47	2	167	2,5	0,75	0,769	8,31
	"	"	12,88	1,206	47	3	168	2,5	1,00	0,991	8,03
	"	"	12,88	1,206	47	4	169	5	0,50	1,053	17,07
	"	"	12,88	1,206	47	5	170	5	0,75	1,538	16,63
	"	"	12,88	1,206	47	6	171	5	1,00	1,981	16,06
	"	"	12,88	1,206	47	7	172	7,5	1,00	2,972	24,10
	"	12,02	12,88	1,206	48	1	173	7,5	0,50	1,579	25,61
	"	"	12,88	1,206	48	2	174	7,5	0,75	2,307	24,94
	"	"	12,88	1,206	48	3	175	10	0,75	3,076	33,26
	"	"	12,88	1,206	48	4	176	10	1,00	3,962	32,13
	"	12,13	12,88	1,206	49	1	177	12,5	0,50	2,632	42,68
	"	"	12,88	1,206	49	2	178	12,5	0,75	3,845	41,57
	"	"	12,88	1,206	49	3	179	12,5	1,00	4,953	40,16
	"	12,24	12,88	1,206	50	1	180	10	0,50	2,105	34,14
	"	"	12,88	1,206	50	2	181	14,5	0,50	3,053	49,50
	"	"	12,88	1,206	50	3	182	15	0,75	4,614	49,89
"	12,32	12,88	1,206	51	1	183	15	1,00	5,943	48,19	

Appendice 1: Test Matrix dell'elica 1282. (Ripetizioni 9 e 10)

Repetition N.	Date	Time	temperature	$V_0 \times 10^6$	run	runlet	Test Number	$Re_{fix} \times 10^5$	$J_{fix}$	$V_{fix}$	$n_{fix}$
-	-	-	°C	$m^2s^{-1}$	-	-		-			
11	28/01/09	10,22	12,82	1,208	52	1	184	2,5	0,50	0,527	8,55
	"	"	12,82	1,208	52	2	185	2,5	0,75	0,770	8,33
	"	"	12,82	1,208	52	3	186	2,5	1,00	0,992	8,04
	"	"	12,82	1,208	52	4	187	5	0,50	1,054	17,10
	"	"	12,82	1,208	52	5	188	5	0,75	1,541	16,66
	"	"	12,82	1,208	52	6	189	5	1,00	1,984	16,09
	"	"	12,82	1,208	52	7	190	7,5	1,00	2,977	24,13
	"	10,30	12,82	1,208	53	1	191	7,5	0,50	1,582	25,65
	"	"	12,82	1,208	53	2	192	7,5	0,75	2,311	24,98
	"	"	12,82	1,208	53	3	193	10	0,75	3,081	33,31
	"	"	12,82	1,208	53	4	194	10	1,00	3,969	32,18
	"	10,45	12,82	1,208	54	1	195	12,5	0,50	2,636	42,75
	"	"	12,82	1,208	54	2	202	12,5	0,75	3,851	41,64
	"	"	12,82	1,208	54	3	197	12,5	1,00	4,961	40,22
	"	11,00	12,82	1,208	55	1	198	10	0,50	2,109	34,20
	"	"	12,82	1,208	55	2	199	14,5	0,50	3,058	49,58
	"	"	12,82	1,208	55	3	200	15	0,75	4,622	49,97
"	11,20	12,82	1,208	56	2	201	15	1,00	5,953	48,27	

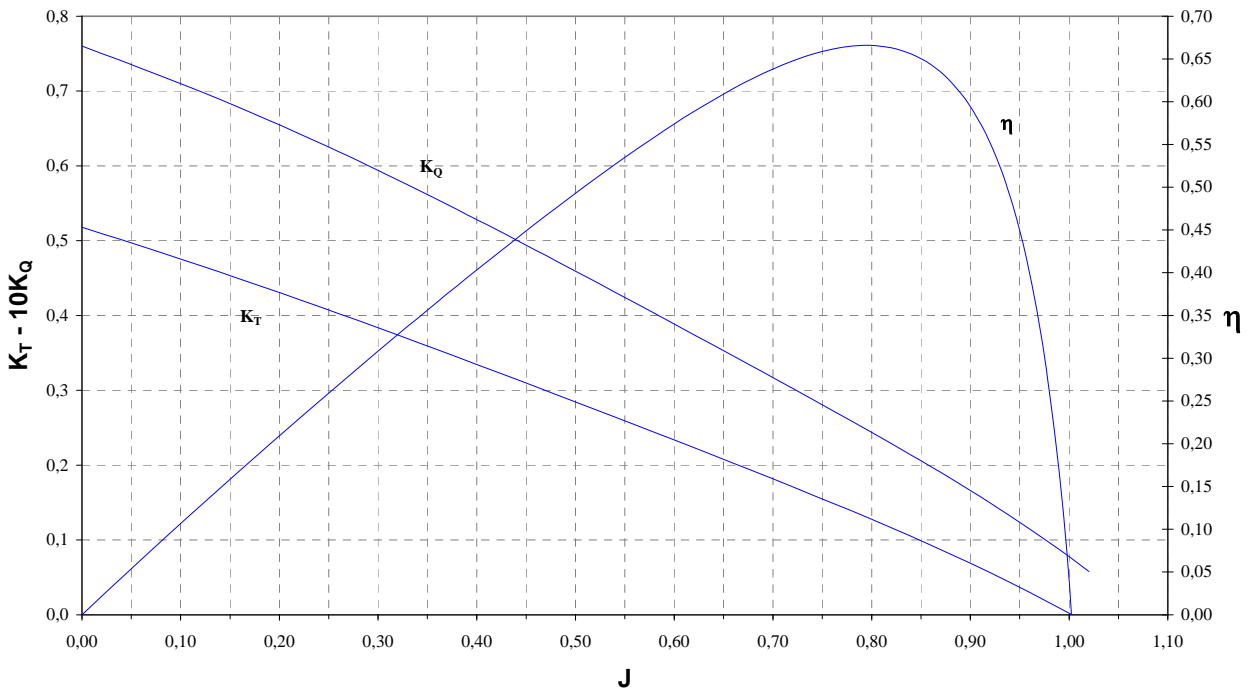
Appendice 1: Test Matrix dell'elica 1282. (Ripetizione 11)

### 1282



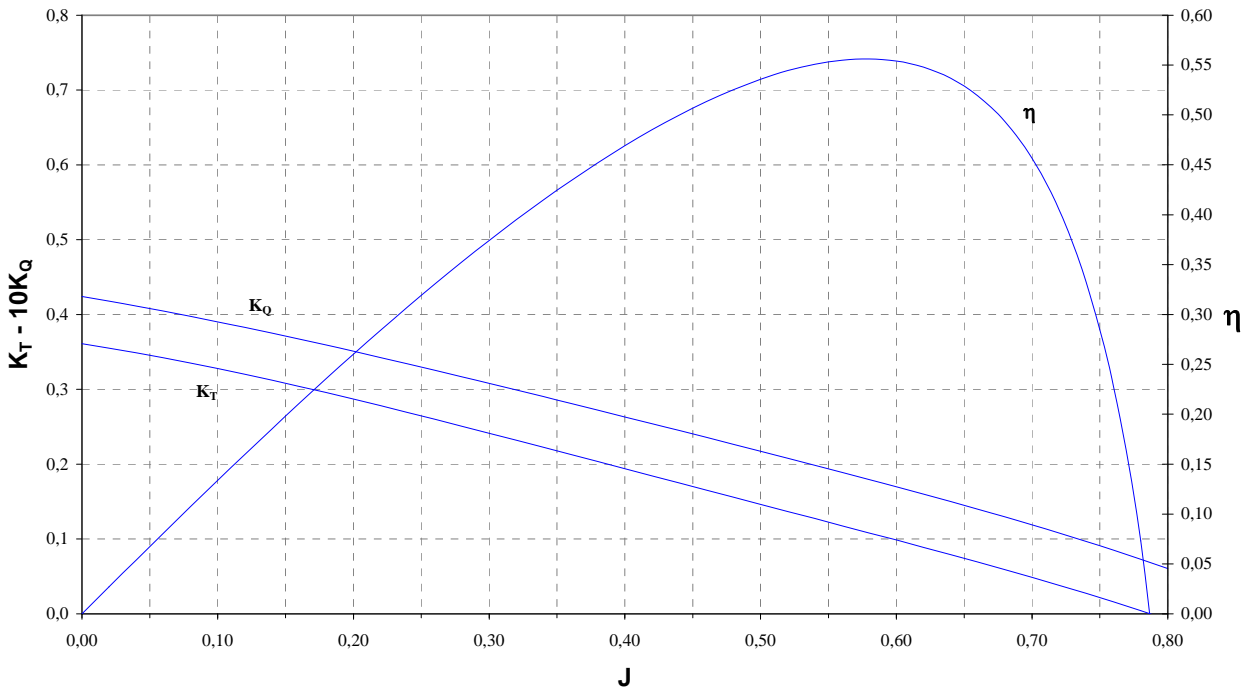
Appendice 2: Andamento dei coefficienti idrodinamici dell'elica 1282

### 1317



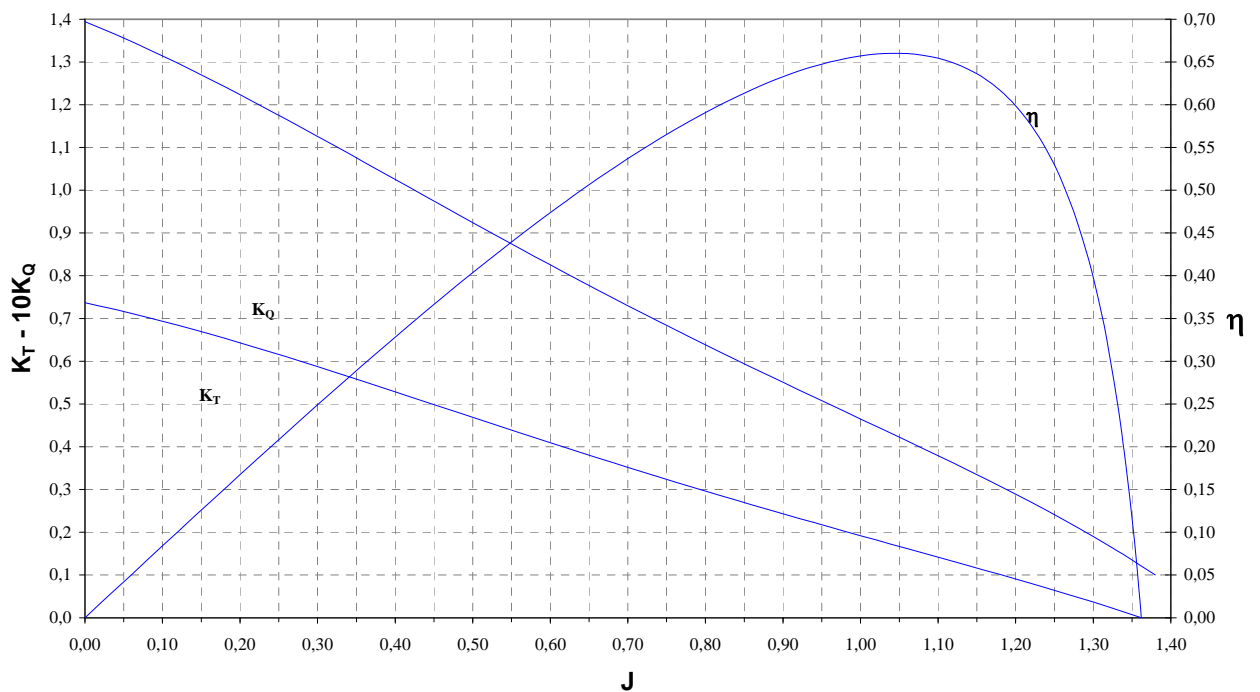
Appendice 2: Andamento dei coefficienti idrodinamici dell'elica 1317

**1364**



Appendice 2: Andamento dei coefficienti idrodinamici dell'elica 1364

**1590**



Appendice 2: Andamento dei coefficienti idrodinamici dell'elica 1590

Test Number	Experimental results								at $J_{fix}$			at the reference temperature $t^*$					
	$t_0$	$V_0 \times 10^6$	$V_0$	$n_0$	$Q_0$	$T_0$	$J_0$	$Re_0 \times 10^5$	$n_T$	$Q_{fix}$	$T_{fix}$	$v^*/v_0$	$J^*$	$Re^* \times 10^5$	$n^*$	$Q^*$	$T^*$
-	°C	$m^2 s^{-1}$	$ms^{-1}$	$s^{-1}$	Nm	N	-	-	$s^{-1}$	Nm	N	-	-	-	$s^{-1}$	Nm	N
1	13,03	1,201	0,524	8,484	0,229	8,855	0,501	2,50	8,484	0,229	8,857	1,003	0,50	2,50	8,508	0,230	8,907
19	13,03	1,201	0,524	8,488	0,226	8,880	0,500	2,50	8,488	0,226	8,880	1,003	0,50	2,50	8,512	0,228	8,931
55	12,95	1,204	0,524	8,495	0,244	9,145	0,500	2,49	8,495	0,244	9,146	1,001	0,50	2,50	8,501	0,244	9,158
58	12,95	1,204	0,523	8,489	0,237	9,177	0,500	2,49	8,489	0,237	9,177	1,001	0,50	2,50	8,495	0,238	9,190
76	12,92	1,205	0,527	8,538	0,229	8,997	0,501	2,50	8,539	0,229	9,000	1,000	0,50	2,50	8,537	0,229	8,997
94	12,92	1,205	0,527	8,520	0,232	8,996	0,501	2,50	8,521	0,232	9,000	1,000	0,50	2,50	8,519	0,232	8,997
112	12,92	1,205	0,527	8,536	0,227	8,924	0,500	2,50	8,537	0,227	8,925	1,000	0,50	2,50	8,535	0,227	8,923
130	12,92	1,205	0,527	8,542	0,226	8,850	0,500	2,50	8,542	0,226	8,851	1,000	0,50	2,50	8,541	0,226	8,849
148	12,88	1,206	0,526	8,536	0,232	8,976	0,500	2,50	8,536	0,232	8,976	0,999	0,50	2,50	8,526	0,231	8,954
166	12,88	1,206	0,527	8,535	0,233	8,877	0,500	2,50	8,535	0,233	8,877	0,999	0,50	2,50	8,524	0,233	8,856
184	12,82	1,208	0,527	8,551	0,234	8,987	0,500	2,50	8,551	0,234	8,988	0,997	0,50	2,50	8,527	0,232	8,937
4	13,03	1,201	1,048	16,999	0,912	35,713	0,500	5,00	16,999	0,912	35,714	1,003	0,50	5,00	17,047	0,917	35,917
22	13,03	1,201	1,048	17,000	0,904	35,644	0,500	5,00	17,000	0,904	35,644	1,003	0,50	5,00	17,048	0,910	35,846
40	12,95	1,204	1,051	17,033	0,915	35,661	0,500	5,00	17,033	0,915	35,665	1,001	0,50	5,00	17,044	0,916	35,713
61	12,95	1,204	1,048	17,009	0,915	35,697	0,500	4,99	17,008	0,915	35,694	1,001	0,50	5,00	17,020	0,916	35,742
79	12,92	1,205	1,053	17,068	0,909	35,787	0,500	5,00	17,068	0,909	35,789	1,000	0,50	5,00	17,066	0,909	35,779
97	12,92	1,205	1,053	17,048	0,917	35,766	0,501	5,00	17,049	0,917	35,773	1,000	0,50	5,00	17,045	0,917	35,764
115	12,92	1,205	1,052	17,041	0,905	35,520	0,500	5,00	17,042	0,905	35,526	1,000	0,50	5,00	17,039	0,905	35,516
133	12,92	1,205	1,052	17,053	0,908	35,563	0,500	5,00	17,054	0,908	35,568	1,000	0,50	5,00	17,051	0,908	35,558
151	12,88	1,206	1,053	17,071	0,919	36,006	0,500	5,00	17,072	0,919	36,009	0,999	0,50	5,00	17,051	0,917	35,922
169	12,88	1,206	1,053	17,070	0,923	35,910	0,500	5,00	17,070	0,923	35,911	0,999	0,50	5,00	17,049	0,921	35,824
187	12,82	1,208	1,054	17,103	0,920	35,991	0,500	5,00	17,103	0,920	35,988	0,997	0,50	5,00	17,054	0,915	35,784
8	13,03	1,201	1,573	25,496	2,031	79,760	0,500	7,50	25,497	2,031	79,765	1,003	0,50	7,50	25,569	2,043	80,218
26	13,03	1,201	1,573	25,472	2,028	79,696	0,501	7,49	25,473	2,028	79,712	1,003	0,50	7,50	25,544	2,040	80,166
44	12,95	1,204	1,575	25,556	2,041	80,006	0,500	7,50	25,556	2,041	80,003	1,001	0,50	7,50	25,574	2,044	80,111
65	12,95	1,204	1,572	25,503	2,035	79,667	0,500	7,48	25,502	2,035	79,664	1,001	0,50	7,50	25,520	2,038	79,772
83	12,92	1,205	1,578	25,584	2,042	80,358	0,500	7,50	25,585	2,042	80,363	1,000	0,50	7,50	25,581	2,042	80,341
101	12,92	1,205	1,578	25,577	2,042	80,064	0,500	7,50	25,578	2,042	80,069	1,000	0,50	7,50	25,574	2,042	80,047
119	12,92	1,205	1,577	25,581	2,033	80,155	0,500	7,50	25,581	2,033	80,155	1,000	0,50	7,50	25,578	2,033	80,133
137	12,92	1,205	1,578	25,588	2,028	80,188	0,500	7,50	25,588	2,028	80,186	1,000	0,50	7,50	25,585	2,027	80,165
155	12,88	1,206	1,579	25,611	2,062	80,609	0,500	7,50	25,611	2,062	80,607	0,999	0,50	7,50	25,580	2,057	80,412
173	12,88	1,206	1,579	25,608	2,045	80,320	0,500	7,50	25,608	2,045	80,321	0,999	0,50	7,50	25,577	2,040	80,126
191	12,82	1,208	1,582	25,660	2,051	80,618	0,500	7,50	25,660	2,051	80,617	0,997	0,50	7,50	25,587	2,040	80,161

Appendice 3: Elaborazione dei dati sperimentali dell'elica 1282 (1 pacchetto)

Test Number	Experimental results								at $J_{fix}$			at the reference temperature $t^*$					
	$t_0$	$v_0 \times 10^6$	$V_0$	$n_0$	$Q_0$	$T_0$	$J_0$	$Re_{ex} \times 10^5$	$n_T$	$Q_{fix}$	$T_{fix}$	$v^*/v_0$	$J^*$	$Re^* \times 10^5$	$n^*$	$Q^*$	$T^*$
-	°C	$m^2 s^{-1}$	$ms^{-1}$	$s^{-1}$	Nm	N	-	-	$s^{-1}$	Nm	N	-	-	-	$s^{-1}$	Nm	N
15	13,03	1,201	2,096	33,977	3,613	141,998	0,500	9,99	33,978	3,613	142,010	1,003	0,50	10,00	34,073	3,634	142,817
33	13,03	1,201	2,097	33,972	3,608	142,071	0,500	9,99	33,973	3,608	142,088	1,003	0,50	10,00	34,068	3,628	142,895
51	12,95	1,204	2,100	34,001	3,611	142,193	0,501	9,98	34,004	3,611	142,232	1,001	0,50	10,00	34,024	3,616	142,424
72	12,95	1,204	2,096	34,008	3,605	141,820	0,500	9,98	34,007	3,605	141,813	1,001	0,50	10,00	34,031	3,610	142,004
90	12,92	1,205	2,103	34,108	3,612	143,196	0,500	10,00	34,108	3,612	143,197	1,000	0,50	10,00	34,103	3,611	143,158
108	12,92	1,205	2,103	34,085	3,611	142,820	0,500	9,99	34,086	3,612	142,835	1,000	0,50	10,00	34,081	3,611	142,796
126	12,92	1,205	2,103	34,081	3,604	142,558	0,500	9,99	34,082	3,604	142,573	1,000	0,50	10,00	34,076	3,603	142,535
144	12,92	1,205	2,103	34,103	3,598	142,616	0,500	10,00	34,103	3,598	142,617	1,000	0,50	10,00	34,098	3,597	142,578
162	12,88	1,206	2,104	34,144	3,637	143,507	0,500	10,00	34,143	3,636	143,493	0,999	0,50	10,00	34,103	3,628	143,144
180	12,88	1,206	2,105	34,131	3,629	143,399	0,500	10,00	34,131	3,629	143,402	0,999	0,50	10,00	34,090	3,620	143,053
198	12,82	1,208	2,109	34,210	3,650	144,236	0,500	10,00	34,210	3,650	144,230	0,997	0,50	10,00	34,113	3,629	143,414
12	13,03	1,201	2,621	42,485	5,613	222,358	0,500	12,49	42,485	5,613	222,370	1,003	0,50	12,50	42,605	5,645	223,634
30	13,03	1,201	2,621	42,498	5,617	222,440	0,500	12,50	42,498	5,617	222,443	1,003	0,50	12,50	42,618	5,649	223,707
48	12,95	1,204	2,626	42,514	5,619	222,595	0,501	12,48	42,517	5,620	222,650	1,001	0,50	12,50	42,543	5,628	222,951
69	12,95	1,204	2,620	42,486	5,610	222,085	0,500	12,47	42,486	5,610	222,092	1,001	0,50	12,50	42,515	5,617	222,392
87	12,92	1,205	2,629	42,625	5,635	223,729	0,500	12,50	42,626	5,635	223,737	1,000	0,50	12,50	42,620	5,634	223,676
105	12,92	1,205	2,629	42,642	5,638	223,858	0,500	12,50	42,641	5,638	223,846	1,000	0,50	12,50	42,636	5,637	223,785
123	12,92	1,205	2,629	42,637	5,640	223,733	0,500	12,50	42,637	5,640	223,734	1,000	0,50	12,50	42,631	5,638	223,674
141	12,92	1,205	2,629	42,639	5,635	223,707	0,500	12,50	42,639	5,635	223,704	1,000	0,50	12,50	42,633	5,634	223,644
159	12,88	1,206	2,632	42,649	5,659	224,386	0,500	12,49	42,650	5,659	224,408	0,999	0,50	12,50	42,597	5,646	223,863
177	12,88	1,206	2,632	42,690	5,661	224,698	0,500	12,50	42,690	5,661	224,693	0,999	0,50	12,50	42,638	5,647	224,148
195	12,82	1,208	2,636	42,750	5,688	225,532	0,500	12,50	42,749	5,687	225,526	0,997	0,50	12,50	42,629	5,655	224,250
16	13,03	1,201	3,039	49,286	7,550	300,100	0,500	14,49	49,286	7,550	300,100	1,003	0,50	14,50	49,426	7,593	301,806
34	13,03	1,201	3,039	49,283	7,549	300,097	0,500	14,49	49,283	7,549	300,093	1,003	0,50	14,50	49,423	7,592	301,799
52	12,95	1,204	3,046	49,279	7,518	298,878	0,501	14,46	49,285	7,520	298,987	1,001	0,50	14,50	49,313	7,530	299,391
73	12,95	1,204	3,039	49,300	7,525	298,996	0,500	14,47	49,299	7,525	298,977	1,001	0,50	14,50	49,333	7,535	299,381
91	12,92	1,205	3,049	49,447	7,581	301,747	0,500	14,50	49,447	7,581	301,744	1,000	0,50	14,50	49,441	7,579	301,662
109	12,92	1,205	3,049	49,429	7,551	300,645	0,500	14,49	49,430	7,551	300,655	1,000	0,50	14,50	49,423	7,549	300,573
127	12,92	1,205	3,049	49,457	7,565	300,968	0,500	14,50	49,456	7,565	300,950	1,000	0,50	14,50	49,450	7,563	300,869
145	12,92	1,205	3,048	49,388	7,523	299,348	0,500	14,48	49,390	7,524	299,389	1,000	0,50	14,50	49,381	7,522	299,308
163	12,88	1,206	3,052	49,481	7,595	302,335	0,500	14,49	49,482	7,595	302,345	0,999	0,50	14,50	49,421	7,577	301,611
181	12,88	1,206	3,053	49,497	7,594	302,084	0,500	14,50	49,498	7,594	302,092	0,999	0,50	14,50	49,437	7,576	301,359
199	12,82	1,208	3,057	49,576	7,625	303,412	0,500	14,50	49,576	7,625	303,415	0,997	0,50	14,50	49,436	7,582	301,698

Appendice 3: Elaborazione dei dati sperimentali dell'elica 1282 (Il pacchetto)

Test Number	Experimental results								at $J_{fix}$			at the reference temperature $t^*$					
	$t_0$	$v_0 \times 10^6$	$V_0$	$n_0$	$Q_0$	$T_0$	$J_0$	$Re_0 \times 10^5$	$n_T$	$Q_{fix}$	$T_{fix}$	$v^*/v_0$	$J^*$	$Re^* \times 10^5$	$n^*$	$Q^*$	$T^*$
-	°C	$m^2 s^{-1}$	$ms^{-1}$	$s^{-1}$	Nm	N	-	-	$s^{-1}$	Nm	N	-	-	-	$s^{-1}$	Nm	N
2	13,03	1,201	0,767	8,271	0,162	5,878	0,752	2,50	8,272	0,162	5,882	1,003	0,75	2,50	8,294	0,162	5,915
20	13,03	1,201	0,766	8,261	0,157	5,793	0,752	2,49	8,264	0,157	5,799	1,003	0,75	2,50	8,285	0,158	5,831
56	12,95	1,204	0,768	8,270	0,174	6,013	0,753	2,49	8,273	0,174	6,021	1,001	0,75	2,50	8,276	0,174	6,029
59	12,95	1,204	0,766	8,273	0,170	6,143	0,751	2,49	8,274	0,171	6,146	1,001	0,75	2,50	8,279	0,171	6,154
77	12,92	1,205	0,769	8,285	0,161	5,937	0,752	2,49	8,287	0,161	5,943	1,000	0,75	2,50	8,284	0,161	5,941
95	12,92	1,205	0,769	8,298	0,163	6,011	0,751	2,50	8,299	0,163	6,014	1,000	0,75	2,50	8,297	0,163	6,012
113	12,92	1,205	0,769	8,322	0,159	5,819	0,749	2,50	8,321	0,159	5,816	1,000	0,75	2,50	8,321	0,159	5,814
131	12,92	1,205	0,769	8,316	0,157	5,892	0,749	2,50	8,316	0,157	5,891	1,000	0,75	2,50	8,315	0,157	5,889
149	12,88	1,206	0,769	8,306	0,161	5,947	0,751	2,50	8,308	0,161	5,950	0,999	0,75	2,50	8,296	0,160	5,935
167	12,88	1,206	0,769	8,305	0,163	5,831	0,751	2,50	8,306	0,163	5,833	0,999	0,75	2,50	8,295	0,163	5,819
185	12,82	1,208	0,770	8,332	0,165	5,952	0,750	2,50	8,332	0,165	5,952	0,997	0,75	2,50	8,309	0,164	5,918
5	13,03	1,201	1,532	16,536	0,638	23,420	0,751	4,99	16,538	0,638	23,429	1,003	0,75	5,00	16,583	0,642	23,563
23	13,03	1,201	1,531	16,542	0,635	23,439	0,751	4,99	16,544	0,635	23,445	1,003	0,75	5,00	16,589	0,639	23,578
41	12,95	1,204	1,535	16,584	0,644	23,538	0,751	5,00	16,585	0,644	23,544	1,001	0,75	5,00	16,595	0,645	23,575
62	12,95	1,204	1,531	16,558	0,649	23,668	0,750	4,99	16,558	0,649	23,665	1,001	0,75	5,00	16,569	0,650	23,697
80	12,92	1,205	1,537	16,612	0,640	23,601	0,750	5,00	16,612	0,640	23,602	1,000	0,75	5,00	16,610	0,640	23,595
98	12,92	1,205	1,536	16,606	0,652	23,718	0,750	5,00	16,606	0,652	23,717	1,000	0,75	5,00	16,604	0,652	23,711
116	12,92	1,205	1,535	16,591	0,637	23,479	0,750	4,99	16,592	0,637	23,481	1,000	0,75	5,00	16,589	0,637	23,474
134	12,92	1,205	1,536	16,612	0,646	23,544	0,750	5,00	16,612	0,646	23,543	1,000	0,75	5,00	16,609	0,646	23,537
152	12,88	1,206	1,538	16,622	0,643	23,795	0,750	5,00	16,623	0,643	23,796	0,999	0,75	5,00	16,602	0,642	23,738
170	12,88	1,206	1,538	16,617	0,649	23,565	0,750	5,00	16,617	0,649	23,568	0,999	0,75	5,00	16,597	0,647	23,511
188	12,82	1,208	1,541	16,670	0,650	23,842	0,749	5,00	16,669	0,650	23,837	0,997	0,75	5,00	16,623	0,647	23,702
9	13,03	1,201	2,297	24,842	1,436	52,797	0,750	7,50	24,842	1,436	52,793	1,003	0,75	7,50	24,913	1,444	53,093
27	13,03	1,201	2,297	24,827	1,429	52,615	0,750	7,50	24,828	1,429	52,622	1,003	0,75	7,50	24,898	1,437	52,922
45	12,95	1,204	2,302	24,901	1,447	52,909	0,750	7,50	24,899	1,447	52,901	1,001	0,75	7,50	24,917	1,449	52,972
66	12,95	1,204	2,297	24,836	1,444	52,774	0,750	7,48	24,836	1,444	52,773	1,001	0,75	7,50	24,853	1,446	52,844
84	12,92	1,205	2,306	24,901	1,436	52,800	0,751	7,50	24,904	1,436	52,816	1,000	0,75	7,50	24,898	1,436	52,801
102	12,92	1,205	2,304	24,904	1,443	52,782	0,750	7,50	24,904	1,443	52,787	1,000	0,75	7,50	24,900	1,443	52,773
120	12,92	1,205	2,304	24,916	1,435	52,885	0,750	7,50	24,915	1,435	52,884	1,000	0,75	7,50	24,912	1,435	52,869
138	12,92	1,205	2,305	24,916	1,429	52,909	0,750	7,50	24,917	1,429	52,911	1,000	0,75	7,50	24,913	1,429	52,897
156	12,88	1,206	2,305	24,930	1,457	53,184	0,750	7,50	24,929	1,457	53,177	0,999	0,75	7,50	24,900	1,453	53,048
174	12,88	1,206	2,306	24,921	1,439	52,947	0,750	7,49	24,922	1,439	52,957	0,999	0,75	7,50	24,891	1,435	52,828
192	12,82	1,208	2,310	24,975	1,445	53,172	0,750	7,50	24,975	1,445	53,174	0,997	0,75	7,50	24,904	1,436	52,873

Appendice 3: Elaborazione dei dati sperimentali dell'elica 1282 (III pacchetto)

Test Number	Experimental results								at $J_{fix}$			at the reference temperature $t^*$					
	$t_0$	$v_0 \times 10^6$	$V_0$	$n_0$	$Q_0$	$T_0$	$J_0$	$Re_0 \times 10^{-5}$	$n_T$	$Q_{fix}$	$T_{fix}$	$v^*/v_0$	$J^*$	$Re^* \times 10^{-5}$	$n^*$	$Q^*$	$T^*$
-	°C	$m^2 s^{-1}$	$ms^{-1}$	$s^{-1}$	Nm	N	-	-	$s^{-1}$	Nm	N	-	-	-	$s^{-1}$	Nm	N
10	13,03	1,201	3,064	33,089	2,537	93,180	0,751	9,99	33,092	2,537	93,208	1,003	0,75	10,00	33,183	2,552	93,738
28	13,03	1,201	3,064	33,110	2,533	93,555	0,750	10,00	33,111	2,533	93,564	1,003	0,75	10,00	33,204	2,548	94,096
46	12,95	1,201	3,068	33,198	2,556	93,966	0,749	10,00	33,195	2,555	93,945	1,001	0,75	10,00	33,220	2,559	94,072
67	12,95	1,201	3,063	33,122	2,541	93,602	0,750	9,98	33,122	2,541	93,600	1,001	0,75	10,00	33,144	2,545	93,726
85	12,92	1,201	3,072	33,210	2,541	94,038	0,750	10,00	33,210	2,541	94,044	1,000	0,75	10,00	33,205	2,540	94,019
103	12,92	1,201	3,073	33,246	2,543	94,230	0,749	10,01	33,244	2,543	94,208	1,000	0,75	10,00	33,242	2,542	94,182
121	12,92	1,201	3,073	33,241	2,549	94,209	0,750	10,01	33,239	2,549	94,191	1,000	0,75	10,00	33,237	2,548	94,166
139	12,92	1,201	3,073	33,236	2,541	93,987	0,750	10,00	33,235	2,541	93,975	1,000	0,75	10,00	33,232	2,541	93,950
157	12,88	1,201	3,074	33,265	2,575	94,786	0,749	10,00	33,262	2,574	94,761	0,999	0,75	10,00	33,224	2,568	94,531
175	12,88	1,201	3,075	33,242	2,555	94,363	0,750	10,00	33,242	2,555	94,365	0,999	0,75	10,00	33,202	2,549	94,136
193	12,82	1,201	3,079	33,308	2,567	94,861	0,750	10,00	33,307	2,567	94,847	0,997	0,75	10,00	33,214	2,552	94,310
13	13,03	1,201	3,829	41,378	3,927	145,358	0,750	12,49	41,380	3,927	145,376	1,003	0,75	12,50	41,495	3,949	146,203
31	13,03	1,201	3,829	41,406	3,933	145,813	0,750	12,50	41,404	3,933	145,798	1,003	0,75	12,50	41,523	3,955	146,627
49	12,95	1,201	3,837	41,389	3,926	145,408	0,752	12,47	41,398	3,928	145,507	1,001	0,75	12,50	41,417	3,933	145,703
70	12,95	1,201	3,828	41,389	3,933	145,513	0,750	12,47	41,389	3,933	145,510	1,001	0,75	12,50	41,417	3,939	145,706
88	12,92	1,201	3,841	41,507	3,951	146,542	0,750	12,49	41,508	3,951	146,557	1,000	0,75	12,50	41,501	3,950	146,518
106	12,92	1,201	3,840	41,519	3,951	146,486	0,750	12,50	41,519	3,951	146,482	1,000	0,75	12,50	41,514	3,950	146,443
124	12,92	1,201	3,840	41,511	3,940	146,596	0,750	12,50	41,512	3,940	146,601	1,000	0,75	12,50	41,506	3,939	146,561
142	12,92	1,201	3,840	41,550	3,941	146,688	0,749	12,51	41,547	3,940	146,651	1,000	0,75	12,50	41,544	3,939	146,612
160	12,88	1,201	3,845	41,541	3,960	146,980	0,750	12,49	41,543	3,961	147,006	0,999	0,75	12,50	41,491	3,951	146,649
178	12,88	1,201	3,844	41,549	3,949	146,951	0,750	12,49	41,550	3,949	146,959	0,999	0,75	12,50	41,499	3,940	146,602
202	12,82	1,201	3,850	41,667	3,942	147,000	0,749	12,51	41,663	3,941	146,952	0,997	0,75	12,50	41,549	3,919	146,120
17	13,03	1,201	4,595	49,643	5,602	209,041	0,750	14,99	49,646	5,602	209,081	1,003	0,75	15,00	49,784	5,634	210,270
35	13,03	1,201	4,593	49,665	5,615	209,481	0,750	14,99	49,664	5,615	209,473	1,003	0,75	15,00	49,806	5,647	210,664
53	12,95	1,201	4,604	49,661	5,583	208,418	0,752	14,96	49,672	5,585	208,567	1,001	0,75	15,00	49,695	5,593	208,849
74	12,95	1,201	4,595	49,676	5,598	209,034	0,750	14,97	49,675	5,598	209,032	1,001	0,75	15,00	49,709	5,606	209,314
92	12,92	1,201	4,607	49,822	5,637	210,778	0,750	15,00	49,821	5,637	210,758	1,000	0,75	15,00	49,815	5,635	210,701
110	12,92	1,201	4,608	49,817	5,626	210,376	0,750	15,00	49,817	5,626	210,374	1,000	0,75	15,00	49,810	5,625	210,317
128	12,92	1,201	4,607	49,801	5,622	209,942	0,750	14,99	49,802	5,622	209,953	1,000	0,75	15,00	49,794	5,621	209,896
146	12,92	1,201	4,606	49,789	5,628	210,168	0,750	14,99	49,790	5,628	210,180	1,000	0,75	15,00	49,782	5,626	210,124
164	12,88	1,201	4,613	49,905	5,661	211,674	0,749	15,00	49,902	5,661	211,623	0,999	0,75	15,00	49,845	5,647	211,109
182	12,88	1,201	4,612	49,900	5,660	211,631	0,749	15,00	49,897	5,659	211,586	0,999	0,75	15,00	49,839	5,646	211,072
200	12,82	1,201	4,619	49,979	5,686	212,604	0,749	15,00	49,975	5,685	212,552	0,997	0,75	15,00	49,837	5,653	211,350

Appendice 3: Elaborazione dei dati sperimentali dell'elica 1282 (IV pacchetto)



Test Number	Experimental results								at $J_{fix}$			at the reference temperature $t^*$					
	$t_0$	$v_0 \times 10^6$	$V_0$	$n_0$	$Q_0$	$T_0$	$J_0$	$Re_0 \times 10^{-5}$	$n_T$	$Q_{fix}$	$T_{fix}$	$v^*/v_0$	$J^*$	$Re^* \times 10^{-5}$	$n^*$	$Q^*$	$T^*$
-	°C	$m^2 s^{-1}$	$ms^{-1}$	$s^{-1}$	Nm	N	-	-	$s^{-1}$	Nm	N	-	-	-	$s^{-1}$	Nm	N
3	13,03	1,201	0,987	7,994	0,100	3,248	1,001	2,50	7,995	0,100	3,249	1,003	1,00	2,50	8,016	0,101	3,268
21	13,03	1,201	0,987	7,991	0,096	3,210	1,001	2,50	7,992	0,097	3,212	1,003	1,00	2,50	8,013	0,097	3,230
57	12,95	1,201	0,988	8,000	0,112	3,433	1,002	2,50	8,002	0,112	3,437	1,001	1,00	2,50	8,005	0,112	3,441
60	12,95	1,201	0,987	7,991	0,109	3,513	1,001	2,49	7,993	0,109	3,515	1,001	1,00	2,50	7,997	0,110	3,520
78	12,92	1,201	0,990	8,016	0,100	3,259	1,002	2,50	8,018	0,100	3,262	1,000	1,00	2,50	8,015	0,100	3,261
96	12,92	1,201	0,990	8,005	0,100	3,359	1,003	2,50	8,009	0,100	3,364	1,000	1,00	2,50	8,004	0,100	3,364
114	12,92	1,201	0,990	8,021	0,097	3,211	1,000	2,50	8,021	0,097	3,212	1,000	1,00	2,50	8,020	0,097	3,211
132	12,92	1,201	0,990	8,012	0,095	3,127	1,002	2,50	8,014	0,095	3,131	1,000	1,00	2,50	8,011	0,095	3,130
150	12,88	1,201	0,991	8,016	0,102	3,301	1,002	2,50	8,019	0,102	3,305	0,999	1,00	2,50	8,006	0,102	3,297
168	12,88	1,201	0,991	8,019	0,102	3,176	1,002	2,50	8,021	0,103	3,179	0,999	1,00	2,50	8,010	0,102	3,171
186	12,82	1,201	0,993	8,037	0,102	3,271	1,002	2,50	8,039	0,102	3,274	0,997	1,00	2,50	8,014	0,101	3,256
6	13,03	1,201	1,973	15,965	0,406	13,257	1,002	4,99	15,969	0,406	13,271	1,003	1,00	5,00	16,010	0,408	13,346
24	13,03	1,201	1,973	15,996	0,403	13,199	1,000	5,00	15,996	0,403	13,198	1,003	1,00	5,00	16,041	0,405	13,273
42	12,95	1,201	1,976	16,025	0,412	13,367	1,000	5,00	16,025	0,412	13,366	1,001	1,00	5,00	16,036	0,413	13,384
63	12,95	1,201	1,972	15,995	0,424	13,540	1,000	4,99	15,994	0,424	13,538	1,001	1,00	5,00	16,005	0,425	13,556
81	12,92	1,201	1,980	16,047	0,412	13,510	1,000	5,00	16,048	0,412	13,514	1,000	1,00	5,00	16,045	0,412	13,510
99	12,92	1,201	1,979	16,046	0,418	13,546	1,000	5,00	16,046	0,418	13,547	1,000	1,00	5,00	16,044	0,418	13,543
117	12,92	1,201	1,978	16,032	0,406	13,306	1,001	5,00	16,033	0,406	13,310	1,000	1,00	5,00	16,030	0,406	13,307
135	12,92	1,201	1,979	16,054	0,411	13,317	1,000	5,00	16,053	0,411	13,314	1,000	1,00	5,00	16,052	0,411	13,311
153	12,88	1,201	1,981	16,065	0,416	13,507	1,000	5,00	16,064	0,416	13,505	0,999	1,00	5,00	16,045	0,415	13,472
171	12,88	1,201	1,981	16,055	0,417	13,397	1,000	5,00	16,056	0,417	13,399	0,999	1,00	5,00	16,036	0,416	13,367
189	12,82	1,201	1,984	16,084	0,412	13,411	1,000	5,00	16,084	0,412	13,411	0,997	1,00	5,00	16,038	0,410	13,335
7	13,03	1,201	2,959	24,002	0,912	29,696	1,000	7,50	24,000	0,912	29,689	1,003	1,00	7,50	24,070	0,917	29,857
25	13,03	1,201	2,959	23,986	0,910	29,754	1,000	7,50	23,987	0,911	29,759	1,003	1,00	7,50	24,054	0,916	29,929
43	12,95	1,201	2,966	24,036	0,919	29,754	1,000	7,50	24,037	0,920	29,761	1,001	1,00	7,50	24,052	0,921	29,801
64	12,95	1,201	2,959	23,998	0,919	29,780	1,000	7,48	23,997	0,919	29,775	1,001	1,00	7,50	24,014	0,920	29,815
82	12,92	1,201	2,968	24,042	0,918	29,963	1,001	7,49	24,045	0,918	29,978	1,000	1,00	7,50	24,038	0,918	29,970
100	12,92	1,201	2,969	24,076	0,933	30,083	1,000	7,50	24,075	0,933	30,079	1,000	1,00	7,50	24,073	0,933	30,071
118	12,92	1,201	2,969	24,076	0,918	29,904	1,000	7,50	24,075	0,918	29,902	1,000	1,00	7,50	24,073	0,918	29,894
136	12,92	1,201	2,969	24,073	0,913	29,775	1,000	7,50	24,073	0,913	29,774	1,000	1,00	7,50	24,070	0,913	29,766
154	12,88	1,201	2,971	24,093	0,933	30,067	1,000	7,50	24,093	0,933	30,065	0,999	1,00	7,50	24,064	0,931	29,991
172	12,88	1,201	2,971	24,088	0,928	29,976	1,000	7,50	24,088	0,928	29,978	0,999	1,00	7,50	24,059	0,926	29,906
190	12,82	1,201	2,977	24,122	0,922	29,991	1,001	7,50	24,124	0,922	30,002	0,997	1,00	7,50	24,054	0,917	29,832

Appendice 3: Elaborazione dei dati sperimentali dell'elica 1282 (V pacchetto)

Test Number	Experimental results								at $J_{fix}$			at the reference temperature $t^*$					
	$t_0$	$V_0 \times 10^6$	$V_0$	$n_0$	$Q_0$	$T_0$	$J_0$	$Re_0 \times 10^{-5}$	$n_T$	$Q_{fix}$	$T_{fix}$	$v^*/V_0$	$J^*$	$Re^* \times 10^{-5}$	$n^*$	$Q^*$	$T^*$
-	°C	$m^2s^{-1}$	$ms^{-1}$	$s^{-1}$	Nm	N	-	-	$s^{-1}$	Nm	N	-	-	-	$s^{-1}$	Nm	N
11	13,03	1,201	3,945	32,001	1,614	52,454	1,000	10,00	31,999	1,614	52,441	1,003	1,00	10,00	32,092	1,623	52,739
29	13,03	1,201	3,945	31,996	1,607	52,450	1,000	10,00	31,994	1,607	52,439	1,003	1,00	10,00	32,087	1,616	52,737
47	12,95	1,201	3,954	32,072	1,622	52,528	1,000	10,00	32,070	1,622	52,516	1,001	1,00	10,00	32,094	1,624	52,587
68	12,95	1,201	3,944	31,984	1,618	52,548	1,000	9,97	31,983	1,618	52,542	1,001	1,00	10,00	32,006	1,620	52,613
86	12,92	1,201	3,958	32,062	1,610	52,670	1,001	9,99	32,066	1,611	52,695	1,000	1,00	10,00	32,057	1,610	52,681
104	12,92	1,201	3,957	32,091	1,620	52,655	1,000	10,00	32,090	1,620	52,651	1,000	1,00	10,00	32,086	1,620	52,637
122	12,92	1,201	3,957	32,061	1,618	52,368	1,001	9,99	32,065	1,619	52,392	1,000	1,00	10,00	32,056	1,618	52,378
140	12,92	1,201	3,957	32,087	1,605	52,488	1,000	10,00	32,086	1,605	52,483	1,000	1,00	10,00	32,083	1,605	52,469
158	12,88	1,201	3,962	32,113	1,627	52,690	1,000	10,00	32,114	1,627	52,700	0,999	1,00	10,00	32,073	1,623	52,572
176	12,88	1,201	3,962	32,113	1,626	52,886	1,000	10,00	32,114	1,626	52,895	0,999	1,00	10,00	32,074	1,622	52,767
194	12,82	1,201	3,968	32,178	1,627	53,146	1,000	10,00	32,177	1,627	53,141	0,997	1,00	10,00	32,087	1,618	52,840
14	13,03	1,201	4,930	39,985	2,489	81,071	1,000	12,50	39,984	2,489	81,062	1,003	1,00	12,50	40,098	2,503	81,523
32	13,03	1,201	4,930	39,961	2,479	80,885	1,000	12,49	39,963	2,479	80,902	1,003	1,00	12,50	40,074	2,493	81,362
50	12,95	1,201	4,941	40,001	2,488	80,938	1,001	12,48	40,010	2,489	81,005	1,001	1,00	12,50	40,028	2,493	81,114
71	12,95	1,201	4,930	39,986	2,500	81,298	1,000	12,47	39,985	2,500	81,289	1,001	1,00	12,50	40,013	2,504	81,398
89	12,92	1,201	4,948	40,100	2,487	81,553	1,000	12,50	40,102	2,488	81,573	1,000	1,00	12,50	40,094	2,487	81,551
107	12,92	1,201	4,947	40,086	2,491	81,304	1,001	12,49	40,090	2,491	81,335	1,000	1,00	12,50	40,081	2,491	81,313
125	12,92	1,201	4,946	40,113	2,497	81,679	1,000	12,50	40,112	2,497	81,671	1,000	1,00	12,50	40,107	2,496	81,649
143	12,92	1,201	4,947	40,138	2,496	81,863	0,999	12,51	40,133	2,496	81,831	1,000	1,00	12,50	40,132	2,495	81,809
161	12,88	1,201	4,951	40,153	2,513	81,867	1,000	12,50	40,152	2,513	81,862	0,999	1,00	12,50	40,104	2,506	81,663
179	12,88	1,201	4,952	40,145	2,503	81,827	1,000	12,50	40,147	2,503	81,835	0,999	1,00	12,50	40,097	2,497	81,637
197	12,82	1,201	4,959	40,211	2,515	82,272	1,000	12,50	40,210	2,515	82,268	0,997	1,00	12,50	40,097	2,500	81,802
18	13,03	1,201	5,917	47,999	3,522	115,428	1,000	15,00	47,996	3,522	115,400	1,003	1,00	15,00	48,135	3,542	116,056
36	13,03	1,201	5,918	47,978	3,527	115,422	1,000	14,99	47,978	3,527	115,427	1,003	1,00	15,00	48,114	3,548	116,083
54	12,95	1,201	5,930	47,994	3,512	115,191	1,002	14,97	48,007	3,514	115,304	1,001	1,00	15,00	48,026	3,519	115,460
75	12,95	1,201	5,917	47,999	3,530	115,515	0,999	14,97	47,995	3,529	115,481	1,001	1,00	15,00	48,031	3,534	115,638
93	12,92	1,201	5,936	48,149	3,536	116,106	1,000	15,00	48,146	3,535	116,087	1,000	1,00	15,00	48,142	3,534	116,056
111	12,92	1,201	5,936	48,111	3,531	116,032	1,000	14,99	48,114	3,532	116,057	1,000	1,00	15,00	48,104	3,531	116,026
129	12,92	1,201	5,937	48,128	3,534	116,157	1,000	15,00	48,129	3,535	116,167	1,000	1,00	15,00	48,121	3,534	116,136
147	12,92	1,201	5,936	48,143	3,533	116,184	1,000	15,00	48,141	3,533	116,169	1,000	1,00	15,00	48,137	3,532	116,138
165	12,88	1,201	5,941	48,178	3,544	116,606	1,000	15,00	48,177	3,544	116,600	0,999	1,00	15,00	48,119	3,535	116,317
183	12,88	1,201	5,942	48,183	3,542	116,383	1,000	15,00	48,183	3,542	116,377	0,999	1,00	15,00	48,125	3,534	116,094
201	12,82	1,201	5,949	48,268	3,552	116,826	0,999	15,00	48,263	3,551	116,783	0,997	1,00	15,00	48,131	3,531	116,123

Appendice 3: Elaborazione dei dati sperimentali dell'elica 1282 (VI pacchetto)

<b>J = 0,50</b>		
<b>Re x 10<sup>-5</sup></b>	<b>10K<sub>Q</sub>*</b>	<b>K<sub>T</sub>*</b>
2,50	1,114	0,532
2,50	1,102	0,533
2,50	1,185	0,548
2,50	1,154	0,551
2,50	1,101	0,534
2,50	1,121	0,536
2,50	1,095	0,530
2,50	1,087	0,525
2,50	1,115	0,533
2,50	1,123	0,527
2,50	1,121	0,531
<b>σ</b>	<b>0,028</b>	<b>0,008</b>

<b>J =0.75</b>		
<b>Re x 10<sup>-5</sup></b>	<b>10K<sub>Q</sub>*</b>	<b>K<sub>T</sub>*</b>
2,50	0,828	0,372
2,50	0,807	0,367
2,50	0,891	0,381
2,50	0,874	0,388
2,50	0,821	0,374
2,50	0,832	0,378
2,50	0,807	0,363
2,50	0,797	0,368
2,50	0,816	0,373
2,50	0,830	0,366
2,50	0,832	0,371
<b>σ</b>	<b>0,028</b>	<b>0,007</b>

<b>J =1,00</b>		
<b>Re x 10<sup>-5</sup></b>	<b>10K<sub>Q</sub>*</b>	<b>K<sub>T</sub>*</b>
2,50	0,550	0,220
2,50	0,530	0,217
2,50	0,612	0,232
2,50	0,601	0,238
2,50	0,546	0,220
2,50	0,549	0,227
2,50	0,527	0,216
2,50	0,520	0,211
2,50	0,559	0,222
2,50	0,559	0,214
2,50	0,553	0,219
<b>σ</b>	<b>0,029</b>	<b>0,008</b>

<b>J = 0,50</b>		
<b>Re x 10<sup>-5</sup></b>	<b>10K<sub>Q</sub>*</b>	<b>K<sub>T</sub>*</b>
5,00	1,107	0,534
5,00	1,097	0,533
5,00	1,106	0,532
5,00	1,109	0,533
5,00	1,094	0,531
5,00	1,107	0,532
5,00	1,093	0,529
5,00	1,095	0,529
5,00	1,105	0,534
5,00	1,110	0,533
5,00	1,102	0,532
<b>σ</b>	<b>0,006</b>	<b>0,002</b>

<b>J =0.75</b>		
<b>Re x 10<sup>-5</sup></b>	<b>10K<sub>Q</sub>*</b>	<b>K<sub>T</sub>*</b>
5,00	0,818	0,371
5,00	0,814	0,370
5,00	0,821	0,370
5,00	0,830	0,373
5,00	0,813	0,370
5,00	0,829	0,372
5,00	0,812	0,369
5,00	0,821	0,369
5,00	0,816	0,372
5,00	0,824	0,369
5,00	0,821	0,371
<b>σ</b>	<b>0,006</b>	<b>0,001</b>

<b>J =1,00</b>		
<b>Re x 10<sup>-5</sup></b>	<b>10K<sub>Q</sub>*</b>	<b>K<sub>T</sub>*</b>
5,00	0,558	0,225
5,00	0,552	0,223
5,00	0,563	0,225
5,00	0,581	0,229
5,00	0,561	0,227
5,00	0,570	0,228
5,00	0,554	0,224
5,00	0,559	0,223
5,00	0,566	0,226
5,00	0,568	0,225
5,00	0,558	0,224
<b>σ</b>	<b>0,008</b>	<b>0,002</b>

Appendice 4: Elaborazione dei  $K_T^*$  e  $K_Q^*$  e calcolo delle deviazioni standard relativamente all'elica 1282 ( $Re \times 10^{-5} = 2,50$  e  $5,00$ )

<b>J = 0,50</b>		
<b>Re x 10<sup>-5</sup></b>	<b>10K<sub>Q</sub>*</b>	<b>K<sub>T</sub>*</b>
7,50	1,096	0,531
7,50	1,096	0,531
7,50	1,096	0,530
7,50	1,097	0,530
7,50	1,094	0,531
7,50	1,095	0,529
7,50	1,089	0,530
7,50	1,086	0,530
7,50	1,102	0,531
7,50	1,094	0,530
7,50	1,092	0,529
<b>σ</b>	<b>0,004</b>	<b>0,001</b>

<b>J =0.75</b>		
<b>Re x 10<sup>-5</sup></b>	<b>10K<sub>Q</sub>*</b>	<b>K<sub>T</sub>*</b>
7,50	0,816	0,370
7,50	0,813	0,369
7,50	0,818	0,369
7,50	0,821	0,370
7,50	0,812	0,368
7,50	0,816	0,368
7,50	0,811	0,368
7,50	0,807	0,369
7,50	0,822	0,370
7,50	0,812	0,369
7,50	0,812	0,369
<b>σ</b>	<b>0,004</b>	<b>0,001</b>

<b>J =1,00</b>		
<b>Re x 10<sup>-5</sup></b>	<b>10K<sub>Q</sub>*</b>	<b>K<sub>T</sub>*</b>
7,50	0,555	0,223
7,50	0,555	0,224
7,50	0,558	0,223
7,50	0,559	0,224
7,50	0,557	0,224
7,50	0,564	0,224
7,50	0,555	0,223
7,50	0,553	0,222
7,50	0,564	0,224
7,50	0,561	0,223
7,50	0,555	0,223
<b>σ</b>	<b>0,004</b>	<b>0,001</b>

<b>J = 0,50</b>		
<b>Re x 10<sup>-5</sup></b>	<b>10K<sub>Q</sub>*</b>	<b>K<sub>T</sub>*</b>
10,00	1,097	0,532
10,00	1,096	0,532
10,00	1,095	0,532
10,00	1,093	0,530
10,00	1,089	0,532
10,00	1,090	0,532
10,00	1,088	0,531
10,00	1,085	0,530
10,00	1,094	0,532
10,00	1,092	0,532
10,00	1,093	0,533
<b>σ</b>	<b>0,004</b>	<b>0,001</b>

<b>J =0.75</b>		
<b>Re x 10<sup>-5</sup></b>	<b>10K<sub>Q</sub>*</b>	<b>K<sub>T</sub>*</b>
10,00	0,813	0,368
10,00	0,810	0,369
10,00	0,813	0,369
10,00	0,812	0,369
10,00	0,808	0,369
10,00	0,806	0,369
10,00	0,809	0,369
10,00	0,807	0,368
10,00	0,816	0,370
10,00	0,811	0,369
10,00	0,811	0,370
<b>σ</b>	<b>0,003</b>	<b>0,001</b>

<b>J =1,00</b>		
<b>Re x 10<sup>-5</sup></b>	<b>10K<sub>Q</sub>*</b>	<b>K<sub>T</sub>*</b>
10,00	0,553	0,221
10,00	0,550	0,221
10,00	0,553	0,221
10,00	0,554	0,222
10,00	0,549	0,222
10,00	0,552	0,221
10,00	0,552	0,220
10,00	0,547	0,220
10,00	0,553	0,221
10,00	0,553	0,222
10,00	0,551	0,222
<b>σ</b>	<b>0,002</b>	<b>0,001</b>

Appendice 4: Elaborazione dei  $K_T^*$  e  $K_Q^*$  e calcolo delle deviazioni standard relativamente all'elica 1282 ( $Re \times 10^{-5} = 7,50$  e  $10,00$ )

<b>J = 0,50</b>		
<b>Re x 10<sup>-5</sup></b>	<b>10K<sub>Q</sub><sup>*</sup></b>	<b>K<sub>T</sub><sup>*</sup></b>
12,50	1,090	0,533
12,50	1,091	0,533
12,50	1,090	0,533
12,50	1,090	0,532
12,50	1,087	0,532
12,50	1,087	0,532
12,50	1,088	0,532
12,50	1,087	0,532
12,50	1,091	0,533
12,50	1,089	0,533
12,50	1,091	0,534
<b>σ</b>	<b>0,002</b>	<b>0,001</b>

<b>J =0.75</b>		
<b>Re x 10<sup>-5</sup></b>	<b>10K<sub>Q</sub><sup>*</sup></b>	<b>K<sub>T</sub><sup>*</sup></b>
12,50	0,804	0,367
12,50	0,804	0,368
12,50	0,804	0,367
12,50	0,805	0,367
12,50	0,804	0,368
12,50	0,804	0,367
12,50	0,802	0,368
12,50	0,800	0,367
12,50	0,805	0,368
12,50	0,802	0,368
12,50	0,796	0,366
<b>σ</b>	<b>0,003</b>	<b>0,001</b>

<b>J =1,00</b>		
<b>Re x 10<sup>-5</sup></b>	<b>10K<sub>Q</sub><sup>*</sup></b>	<b>K<sub>T</sub><sup>*</sup></b>
12,50	0,546	0,219
12,50	0,544	0,219
12,50	0,545	0,219
12,50	0,548	0,220
12,50	0,542	0,219
12,50	0,544	0,219
12,50	0,544	0,219
12,50	0,543	0,220
12,50	0,546	0,220
12,50	0,545	0,220
12,50	0,545	0,220
<b>σ</b>	<b>0,002</b>	<b>0,000</b>

<b>J = 0,50</b>		
<b>Re x 10<sup>-5</sup></b>	<b>10K<sub>Q</sub><sup>*</sup></b>	<b>K<sub>T</sub><sup>*</sup></b>
14,50	1,090	0,534
14,50	1,090	0,534
14,50	1,086	0,532
14,50	1,086	0,532
14,50	1,087	0,534
14,50	1,084	0,532
14,50	1,084	0,532
14,50	1,081	0,531
14,50	1,088	0,534
14,50	1,087	0,533
14,50	1,088	0,534
<b>σ</b>	<b>0,003</b>	<b>0,001</b>

<b>J =0.75</b>		
<b>Re x 10<sup>-5</sup></b>	<b>10K<sub>Q</sub><sup>*</sup></b>	<b>K<sub>T</sub><sup>*</sup></b>
15,00	0,797	0,367
15,00	0,798	0,367
15,00	0,794	0,366
15,00	0,795	0,366
15,00	0,796	0,367
15,00	0,795	0,367
15,00	0,795	0,366
15,00	0,796	0,367
15,00	0,797	0,367
15,00	0,797	0,367
15,00	0,798	0,368
<b>σ</b>	<b>0,001</b>	<b>0,001</b>

<b>J =1,00</b>		
<b>Re x 10<sup>-5</sup></b>	<b>10K<sub>Q</sub><sup>*</sup></b>	<b>K<sub>T</sub><sup>*</sup></b>
15,00	0,536	0,217
15,00	0,537	0,217
15,00	0,535	0,216
15,00	0,537	0,217
15,00	0,535	0,217
15,00	0,535	0,217
15,00	0,535	0,217
15,00	0,534	0,217
15,00	0,535	0,217
15,00	0,535	0,217
15,00	0,534	0,217
<b>σ</b>	<b>0,001</b>	<b>0,000</b>

Appendice 4: Elaborazione dei  $K_T^*$  e  $K_Q^*$  e calcolo delle deviazioni standard relativamente all'elica 1282 ( $Re \cdot 10^{-5} = 12,50 - 14,50$  e  $15,00$ )

<b>J = 0,55</b>		
<b>Re x 10<sup>-5</sup></b>	<b>T*</b>	<b>Q*</b>
-	<i>N</i>	<i>Nm</i>
2,50	8,907	0,230
2,50	8,931	0,228
2,50	9,158	0,244
2,50	9,190	0,238
2,50	8,997	0,229
2,50	8,997	0,232
2,50	8,923	0,227
2,50	8,849	0,226
2,50	8,954	0,231
2,50	8,856	0,233
2,50	8,937	0,232
<b>σ/μ</b>	<b>0,012</b>	<b>0,022</b>

<b>J =0.75</b>		
<b>Re x 10<sup>-5</sup></b>	<b>T*</b>	<b>Q*</b>
-	<i>N</i>	<i>Nm</i>
2,50	5,915	0,162
2,50	5,831	0,158
2,50	6,029	0,174
2,50	6,154	0,171
2,50	5,941	0,161
2,50	6,012	0,163
2,50	5,814	0,159
2,50	5,889	0,157
2,50	5,935	0,160
2,50	5,819	0,163
2,50	5,918	0,164
<b>σ/μ</b>	<b>0,017</b>	<b>0,032</b>

<b>J =1,00</b>		
<b>Re x 10<sup>-5</sup></b>	<b>T*</b>	<b>Q*</b>
-	<i>N</i>	<i>Nm</i>
2,50	3,268	0,101
2,50	3,230	0,097
2,50	3,441	0,112
2,50	3,520	0,110
2,50	3,261	0,100
2,50	3,364	0,100
2,50	3,211	0,097
2,50	3,130	0,095
2,50	3,297	0,102
2,50	3,171	0,102
2,50	3,256	0,101
<b>σ/μ</b>	<b>0,035</b>	<b>0,050</b>

<b>J = 0,55</b>		
<b>Re x 10<sup>-5</sup></b>	<b>T*</b>	<b>Q*</b>
-	<i>N</i>	<i>Nm</i>
5,00	35,917	0,917
5,00	35,846	0,910
5,00	35,713	0,916
5,00	35,742	0,916
5,00	35,779	0,909
5,00	35,764	0,917
5,00	35,516	0,905
5,00	35,558	0,908
5,00	35,922	0,917
5,00	35,824	0,921
5,00	35,784	0,915
<b>σ/μ</b>	<b>0,004</b>	<b>0,005</b>

<b>J =0.75</b>		
<b>Re x 10<sup>-5</sup></b>	<b>T*</b>	<b>Q*</b>
-	<i>N</i>	<i>Nm</i>
5,00	23,563	0,642
5,00	23,578	0,639
5,00	23,575	0,645
5,00	23,697	0,650
5,00	23,595	0,640
5,00	23,711	0,652
5,00	23,474	0,637
5,00	23,537	0,646
5,00	23,738	0,642
5,00	23,511	0,647
5,00	23,702	0,647
<b>σ/μ</b>	<b>0,004</b>	<b>0,007</b>

<b>J =1,00</b>		
<b>Re x 10<sup>-5</sup></b>	<b>T*</b>	<b>Q*</b>
-	<i>N</i>	<i>Nm</i>
5,00	13,346	0,408
5,00	13,273	0,405
5,00	13,384	0,413
5,00	13,556	0,425
5,00	13,510	0,412
5,00	13,543	0,418
5,00	13,307	0,406
5,00	13,311	0,411
5,00	13,472	0,415
5,00	13,367	0,416
5,00	13,335	0,410
<b>σ/μ</b>	<b>0,008</b>	<b>0,014</b>

Appendice 5: Analisi dei dati sperimentali dell'elica 1282 a  $Re \times 10^{-5} = 2,50$  e  $5,00$

<b>J = 0,55</b>		
<b>Re x 10<sup>-5</sup></b>	<b>T*</b>	<b>Q*</b>
-	<i>N</i>	<i>Nm</i>
7,50	80,218	2,043
7,50	80,166	2,040
7,50	80,111	2,044
7,50	79,772	2,038
7,50	80,341	2,042
7,50	80,047	2,042
7,50	80,133	2,033
7,50	80,165	2,027
7,50	80,412	2,057
7,50	80,126	2,040
7,50	80,161	2,040
<b>σ/μ</b>	<b>0,002</b>	<b>0,004</b>

<b>J =0.75</b>		
<b>Re x 10<sup>-5</sup></b>	<b>T*</b>	<b>Q*</b>
-	<i>N</i>	<i>Nm</i>
7,50	53,093	1,444
7,50	52,922	1,437
7,50	52,972	1,449
7,50	52,844	1,446
7,50	52,801	1,436
7,50	52,773	1,443
7,50	52,869	1,435
7,50	52,897	1,429
7,50	53,048	1,453
7,50	52,828	1,435
7,50	52,873	1,436
<b>σ/μ</b>	<b>0,002</b>	<b>0,005</b>

<b>J =1,00</b>		
<b>Re x 10<sup>-5</sup></b>	<b>T*</b>	<b>Q*</b>
-	<i>N</i>	<i>Nm</i>
7,50	29,857	0,917
7,50	29,929	0,916
7,50	29,801	0,921
7,50	29,815	0,920
7,50	29,970	0,918
7,50	30,071	0,933
7,50	29,894	0,918
7,50	29,766	0,913
7,50	29,991	0,931
7,50	29,906	0,926
7,50	29,832	0,917
<b>σ/μ</b>	<b>0,003</b>	<b>0,007</b>

<b>J = 0,55</b>		
<b>Re x 10<sup>-5</sup></b>	<b>T*</b>	<b>Q*</b>
-	<i>N</i>	<i>Nm</i>
10,00	142,817	3,634
10,00	142,895	3,628
10,00	142,424	3,616
10,00	142,004	3,610
10,00	143,158	3,611
10,00	142,796	3,611
10,00	142,535	3,603
10,00	142,578	3,597
10,00	143,144	3,628
10,00	143,053	3,620
10,00	143,414	3,629
<b>σ/μ</b>	<b>0,003</b>	<b>0,003</b>

<b>J =0.75</b>		
<b>Re x 10<sup>-5</sup></b>	<b>T*</b>	<b>Q*</b>
-	<i>N</i>	<i>Nm</i>
10,00	93,738	2,552
10,00	94,096	2,548
10,00	94,072	2,559
10,00	93,726	2,545
10,00	94,019	2,540
10,00	94,182	2,542
10,00	94,166	2,548
10,00	93,950	2,541
10,00	94,531	2,568
10,00	94,136	2,549
10,00	94,310	2,552
<b>σ/μ</b>	<b>0,002</b>	<b>0,003</b>

<b>J =1,00</b>		
<b>Re x 10<sup>-5</sup></b>	<b>T*</b>	<b>Q*</b>
-	<i>N</i>	<i>Nm</i>
10,00	52,739	1,623
10,00	52,737	1,616
10,00	52,587	1,624
10,00	52,613	1,620
10,00	52,681	1,610
10,00	52,637	1,620
10,00	52,378	1,618
10,00	52,469	1,605
10,00	52,572	1,623
10,00	52,767	1,622
10,00	52,840	1,618
<b>σ/μ</b>	<b>0,003</b>	<b>0,004</b>

Appendice 5: Analisi dei dati sperimentali dell'elica 1282 a  $Re \times 10^{-5} = 7,50$  e  $10,00$

<b>J = 0,55</b>		
<b>Re x 10<sup>-5</sup></b>	<b>T*</b>	<b>Q*</b>
-	<i>N</i>	<i>Nm</i>
12,50	223,634	5,645
12,50	223,707	5,649
12,50	222,951	5,628
12,50	222,392	5,617
12,50	223,676	5,634
12,50	223,785	5,637
12,50	223,674	5,638
12,50	223,644	5,634
12,50	223,863	5,646
12,50	224,148	5,647
12,50	224,250	5,655
<b>σ/μ</b>	<b>0,002</b>	<b>0,002</b>

<b>J = 0,75</b>		
<b>Re x 10<sup>-5</sup></b>	<b>T*</b>	<b>Q*</b>
-	<i>N</i>	<i>Nm</i>
12,50	146,203	3,949
12,50	146,627	3,955
12,50	145,703	3,933
12,50	145,706	3,939
12,50	146,518	3,950
12,50	146,443	3,950
12,50	146,561	3,939
12,50	146,612	3,939
12,50	146,649	3,951
12,50	146,602	3,940
12,50	146,120	3,919
<b>σ/μ</b>	<b>0,002</b>	<b>0,003</b>

<b>J = 1,00</b>		
<b>Re x 10<sup>-5</sup></b>	<b>T*</b>	<b>Q*</b>
-	<i>N</i>	<i>Nm</i>
12,50	81,523	2,503
12,50	81,362	2,493
12,50	81,114	2,493
12,50	81,398	2,504
12,50	81,551	2,487
12,50	81,313	2,491
12,50	81,649	2,496
12,50	81,809	2,495
12,50	81,663	2,506
12,50	81,637	2,497
12,50	81,802	2,500
<b>σ/μ</b>	<b>0,003</b>	<b>0,002</b>

<b>J = 0,55</b>		
<b>Re x 10<sup>-5</sup></b>	<b>T*</b>	<b>Q*</b>
-	<i>N</i>	<i>Nm</i>
14,50	301,806	7,593
14,50	301,799	7,592
14,50	299,391	7,530
14,50	299,381	7,535
14,50	301,662	7,579
14,50	300,573	7,549
14,50	300,869	7,563
14,50	299,308	7,522
14,50	301,611	7,577
14,50	301,359	7,576
14,50	301,698	7,582
<b>σ/μ</b>	<b>0,003</b>	<b>0,003</b>

<b>J = 0,75</b>		
<b>Re x 10<sup>-5</sup></b>	<b>T*</b>	<b>Q*</b>
-	<i>N</i>	<i>Nm</i>
15,00	210,270	5,634
15,00	210,664	5,647
15,00	208,849	5,593
15,00	209,314	5,606
15,00	210,701	5,635
15,00	210,317	5,625
15,00	209,896	5,621
15,00	210,124	5,626
15,00	211,109	5,647
15,00	211,072	5,646
15,00	211,350	5,653
<b>σ/μ</b>	<b>0,004</b>	<b>0,003</b>

<b>J = 1,00</b>		
<b>Re x 10<sup>-5</sup></b>	<b>T*</b>	<b>Q*</b>
-	<i>N</i>	<i>Nm</i>
15,00	116,056	3,542
15,00	116,083	3,548
15,00	115,460	3,519
15,00	115,638	3,534
15,00	116,056	3,534
15,00	116,026	3,531
15,00	116,136	3,534
15,00	116,138	3,532
15,00	116,317	3,535
15,00	116,094	3,534
15,00	116,123	3,531
<b>σ/μ</b>	<b>0,002</b>	<b>0,002</b>

Appendice 5: Analisi dei dati sperimentali dell'elica 1282 a  $Re \times 10^{-5} = 12,50$  e  $14,50$



<b>1282</b>		
<b>Re x 10<sup>-5</sup></b>	<b><math>\sigma(K_T)</math></b>	<b><math>\sigma(K_Q)</math></b>
2,5	0,0060	0,0080
3,5	0,0035	0,0046
4,5	0,0024	0,0031
5,5	0,0018	0,0022
6,5	0,0014	0,0017
7,5	0,0011	0,0014
8,5	0,0009	0,0011
9,5	0,0008	0,0009
10,5	0,0007	0,0008
11,5	0,0006	0,0007
12,5	0,0005	0,0006
13,5	0,0004	0,0005
14,5	0,0004	0,0005

<b>1317</b>		
<b>Re x 10<sup>-5</sup></b>	<b><math>\sigma(K_T)</math></b>	<b><math>\sigma(K_Q)</math></b>
2,5	0,0019	0,0029
3,5	0,0015	0,0018
4,5	0,0013	0,0012
5,5	0,0011	0,0009
6,5	0,0010	0,0007
7,5	0,0009	0,0006
8,5	0,0008	0,0005
9,5	0,0007	0,0004
10,5	0,0007	0,0003
11,5	0,0006	0,0003
12,5	0,0006	0,0003
13,5	0,0006	0,0002
14,5	0,0005	0,0002

Appendice 6: Deviazione standard dei coefficienti idrodinamici delle eliche 1282 e 1317

<b>1364</b>		
<b>Re x 10<sup>-5</sup></b>	<b><math>\sigma(K_T)</math></b>	<b><math>\sigma(K_Q)</math></b>
2,5	0,0035	0,0026
3,5	0,0021	0,0014
4,5	0,0015	0,0009
5,5	0,0011	0,0006
6,5	0,0008	0,0005
7,5	0,0007	0,0004
8,5	0,0006	0,0003
9,5	0,0005	0,0002
10,5	0,0004	0,0002
11,5	0,0004	0,0002
12,5	0,0003	0,0001
13,5	0,0003	0,0001
14,5	0,0003	0,0001

<b>1590</b>		
<b>Re x 10<sup>-5</sup></b>	<b><math>\sigma(K_T)</math></b>	<b><math>\sigma(K_Q)</math></b>
2,5	0,0039	0,0047
3,5	0,0028	0,0028
4,5	0,0021	0,0020
5,5	0,0017	0,0015
6,5	0,0015	0,0011
7,5	0,0013	0,0009
8,5	0,0011	0,0008
9,5	0,0010	0,0006
10,5	0,0009	0,0006
11,5	0,0008	0,0005
12,5	0,0007	0,0004
13,5	0,0007	0,0004
14,5	0,0006	0,0003

Appendice 6: Deviazione standard dei coefficienti idrodinamici delle eliche 1364 e 1590