Andrea Pace **Jernej Župančič Regent**

Come vincere in K4

ISBN 9788863212136
dicembre 2017

Come vincere in K4

Introduzione

In questo testo si mostra un metodo per analizzare le gare del K4 500m.

Come prima operazione viene esposto il metodo per costruire il grafico ed effettuare la lettura dei dati. Poi vengono analizzati i dati relativi alle gare di K4 500m M e W disputate ai Campionati del Mondo di Canoa Sprint a Racice 2017.

I dati originali sono disponibili nel sito ICF nelle tabelle dei dati gps; le operazioni di calcolo effettuate sono completamente definite in [2, 3], e non vengono ripetute poichè non è un compito per allenatori: i calcoli sono gestiti da un software che automatizza la realizzazione dei grafici-h e delle tabelle che vedremo nel seguito.

I segmenti colorati che compaiono nei grafici sono inseriti manualmente, poichè occorre l'esperienza di chi conosca bene la gara del K4 500m e di chi abbia analizzato decine di grafici: probabilmente la vostra esperienza alla fine di questa lettura.

Tramite la analisi delle gare effettuate nelle Finali A e B del K4 500m M e W ai Campionati del Mondo di Canoa Sprint di Racice 2017, abbiamo ottenuto informazioni per effettuare i calcoli statistici; i dati sono rappresentati da 3 elementi qualitativi riguardanti la realizzazione tattica della gara e vengono correlati con il tempo realizzato; i risultati mostrano una ottima correlazione statistica ($p < 0.01$).

La scelta dei tratti di gara sui quali vengono rilevati i dati non fa parte di un metodo che si possa applicare a tutte le gare di canoa; i tratti sono stati scelti per la specialità del 4K 500m M.

Nel capitolo 5 vengono infine fornite informazioni teoriche, riguardanti il rendimento propulsivo relativamente a diversi valori dell'avanzamento.

Quello che emerge dalle analisi è che gli equipaggi nelle fasi eliminatorie e la finale hanno utilizzato sempre gli stessi elementi qualitativi:

- L'azione immediata che l'allenatore può fare tra le fasi eliminatorie e la finale ha portato in molti casi un miglioramento di un secondo, queste azioni riguardano gli aspetti quantitativi che è possibile effettuare senza cambiare la tecnica utilizzata; e
- l'azione a lungo termine che l'allenatore può fare per migliorare gli aspetti qualitativi, deve necessariamente modificare la meta-tecnica [3];

la meta-tecnica è definita nella prima pagina del testo [3]. E' importante notare che, essendo la meta-tecnica, per definizione, complementare alla tecnica-base, è possibile cambiarla totalmente senza intaccare le scelte di base già fatte.

Gli Autori

- **Andrea Pace**, Italiano, laureato in Fisica con tesi di laurea in Idrodinamica nel 1986; fornitore di elaborazione e realizzazione di misure video e computerizzate presso l'Istituto di Medicina e Scienza dello Sport nel 2017 e dal 1981; fornitore di assistenza software ed hardware presso il CNR-INSEAN (vasca navale) nel 2017 e dal 1987; allenatore di canoa di 3° livello per la FICK (Federazione Italiana Canoa Kayak); campione italiano FICK nelle categorie Ragazzi, Junior e Master.
- **Jernej Župančič Regent,** Sloveno, laureato in Scienze Motorie, ha praticato a livello agonistico la canoa nella specialità sprint flat water per 20 anni, partecipando a 10 campionati del mondo e 2 edizioni dei giochi Olimpici. Attualmente Responsabile del centro canoa di Most na Soči (Santa Lucia d'Isonzo), Allenatore della Squadra Nazionale Junior Slovena, collaboratore al programma di formazione per allenatori di canoa in Slovenia; E' autore del libro “Manuale per allenatori di canoa olimpica”.

INDICE

- **Capitolo 1**: Inserimento e lettura dei dati in un grafico-h.
- **Capitolo 2**: Definizione dei tratti di gara da osservare; esempio su 4 equipaggi.
- **Capitolo 3**: Le gare dei 18 finalisti del K4 500m M (Racice 2017)
- **Capitolo 4**: Correlazione statistica tra dati qualitativi raccolti dalle gare ed ordine di arrivo.
  - **Capitolo 4.1**: Significatività della correlazione effettuata.
  - **Capitolo 4.2**: Conclusioni riguardo la correlazione statistica ed il suo
  - utilizzo.
  - **Capitolo 4.3**: Un uso statisticamente corretto della correlazione ottenuta tra elementi qualitativi e ordine d'arrivo in gara.
  - **Capitolo 4.4**: Utilizzo della retta di regressione a scopo motivazionale
- **Capitolo 5**: Modelli di idrodinamica per la propulsione con diversi valori di avanzamento.

Capitolo 1: Inserimento e lettura dei dati in un grafico-h.

Il modo di gestire il grafico-h è già stato descritto in [2, 3]; qui viene ripetuto.
Si inizia inserendo nel grafico un solo dato; si parte dai dati gps pubblicati dallo ICF per la gara di Racice 2017.
Nella **Tab. 1.1** si riporta la riga relativa ai 200m nella la finale A del K4 500m M GER.

Distanza	Velocità	Frequenza
200m	6.8m/s	134spm

Tab. 1.1

Utilizzando opportuni filtri digitali siamo riusciti ad ottenere dati più definiti ed altri parametri riportati in **Tab. 1.2**; le formule per i calcoli sono descritte in [2, 3].

Pos;	E/s;	Force;	Adv;	n100;	T100;	Vel;	Pot;	Spm;
200;	349;	115;	3.03;	33.0;	14.76;	6.78;	780;	134.1;

Pos = posizione da 0 a 500m
E/s = Energia su colpo [Joule]
Force = Forza [Newton]
Adv = Avanzamento [m]
n100 = Numero di Colpi effettuati in 100m; si calcola anche così:
n100 = 100 / Avanzamento
T100 = Per ogni 10 metri abbiamo il valore della velocità (dal gps o tramite videoanalisi); il T00 è il tempo che si impiega a percorrere 100m procedendo con quel valore di velocità; quindi verifichiamo che T100 = 100/Vel = 100/6.78 = 14.75; non risulta 14.76 a causa della approssimazione numerica con 2 numeri decimali
Vel = Velocità [m/s]
Pot = Potenza [Watt]
Spm = Frequenza di pagaiata in colpi al minuto

Tab. 1.2

Anche se non è indispensabile, è meglio sapere cosa sia la Energia per colpo; per

una comprensione definitiva conviene effettuare un semplice calcolo e verificare il risultato con la precedente tabella:

Energia su colpo = Forza * Avanzamento
349 = 115 * 3.03

In **Tab. 1.1** sono stati riportati i valori di velocità e frequenza in colore Blu; nella **Tab. 1.2** si è seguito lo stesso criterio; in più, per associare più facilmente i numeri sul grafico di **Fig. 1.1**, lo n100 è stato presentato in colore Magenta mentre il T100 in colore Verde.

In **Fig. 1.1** dobbiamo riuscire a calcolare approssimativamente gli stessi valori della tabella ai 200m.

Il valore di energia per colpo si ricava leggendo la proiezione sull'asse orizzontale (circa 350 Joule).

Il valore relativo alla frequenza si ricava leggendo la proiezione sull'asse verticale; è di 134 spm.

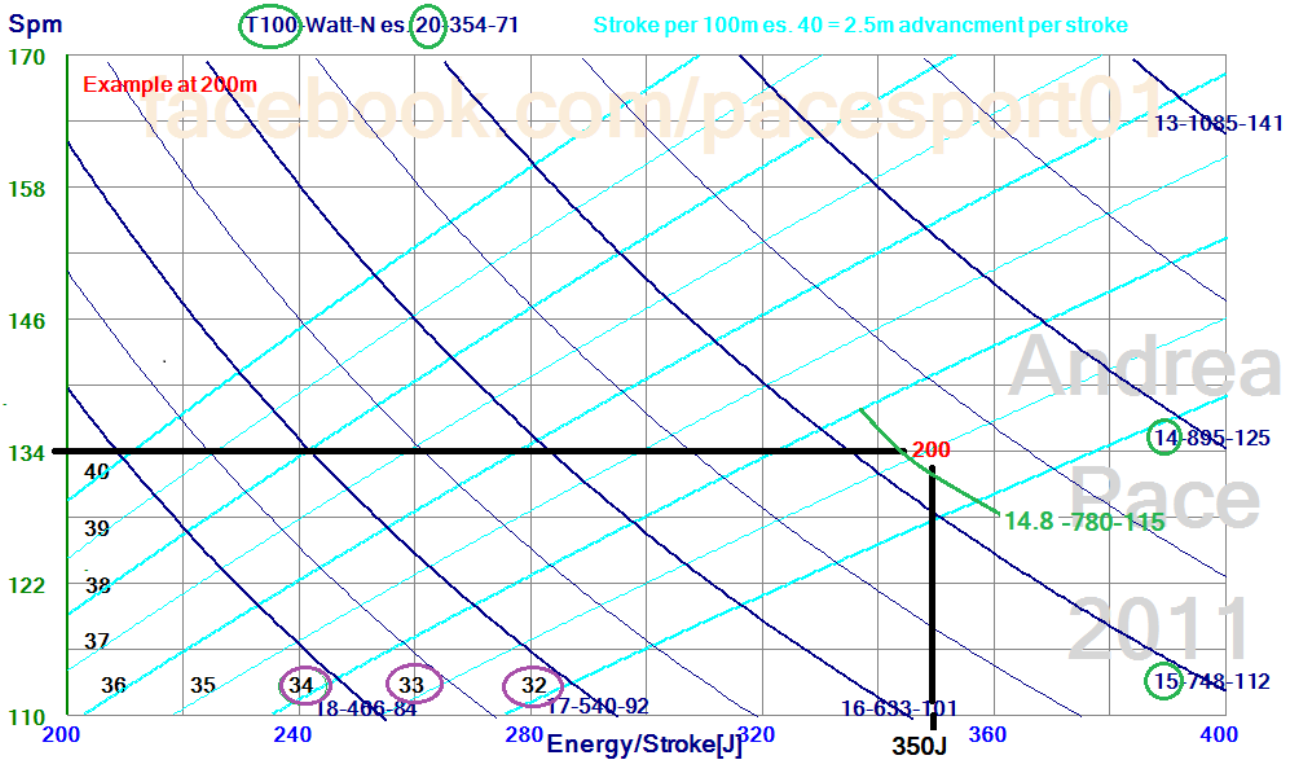


Fig. 1.1

Il valore della forza, della potenza e del T100, vengono ricavati ragionando sulle curve blu (iperboli); il punto ai 200m si trova tra la curva blu relativa al T100 = 15

(cerchio in colore verde) e quella relativa al T100 = 14.5; tenendo conto che il punto si trova più vicino alla curva relativa al T100 = 15 il valore sarà di circa 14.8", la Potenza circa 780 Watt e la Forza di circa 115 Newton. La lettura viene facilitata nel grafico da una curva in colore verde che abitualmente non viene inserita per non complicare il grafico (perchè in seguito conterrà centinaia di punti).

Il valore relativo all'avanzamento si ricava tramite lo n100; lo n100 è già stato definito nella Tab. 1.2; nel grafico si legge osservando le curve (quasi rettilinee) in colore ciano che nel grafico di Fig. 1.1 hanno valori da 32 fino a 40; nel caso del punto inserito per i 200m siamo a metà tra la curva con valore 32 e quella con valore 34 ed è effettivamente proprio sopra la curva con il valore di n100 uguale a 33.

Una volta capito il modo di estrarre i risultati in modo approssimato, sarà facile utilizzare i grafici-h in modo qualitativo ed ricavarne informazioni quantitative confrontando quei pochi valori che ci interessano (ad esempio i valori ai 200m in 3 diverse gare); in questo modo si evita la fatica di cercare tra le centinaia di numeri che sono contenuti nelle tabelle dei dati completi (cioè 9 parametri per ogni 10m di percorso = 450 numeri per ogni gara da 500m).

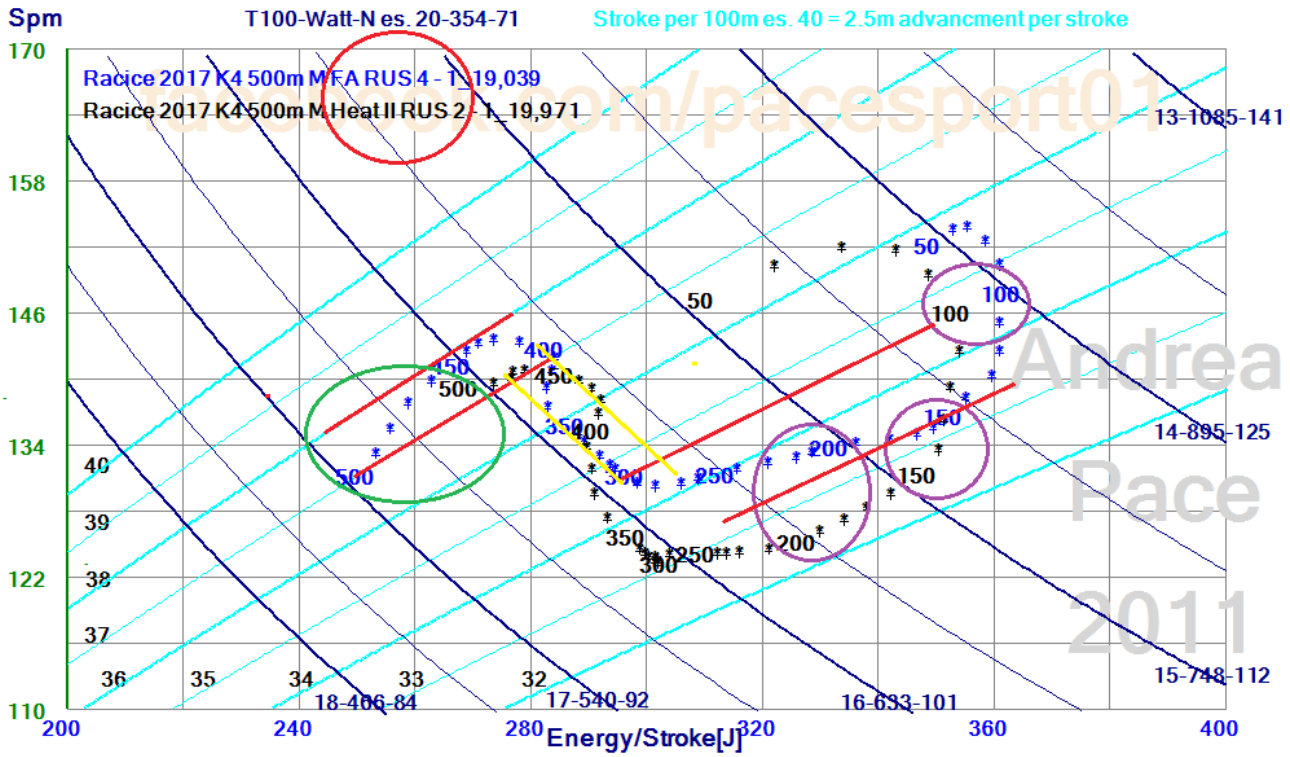
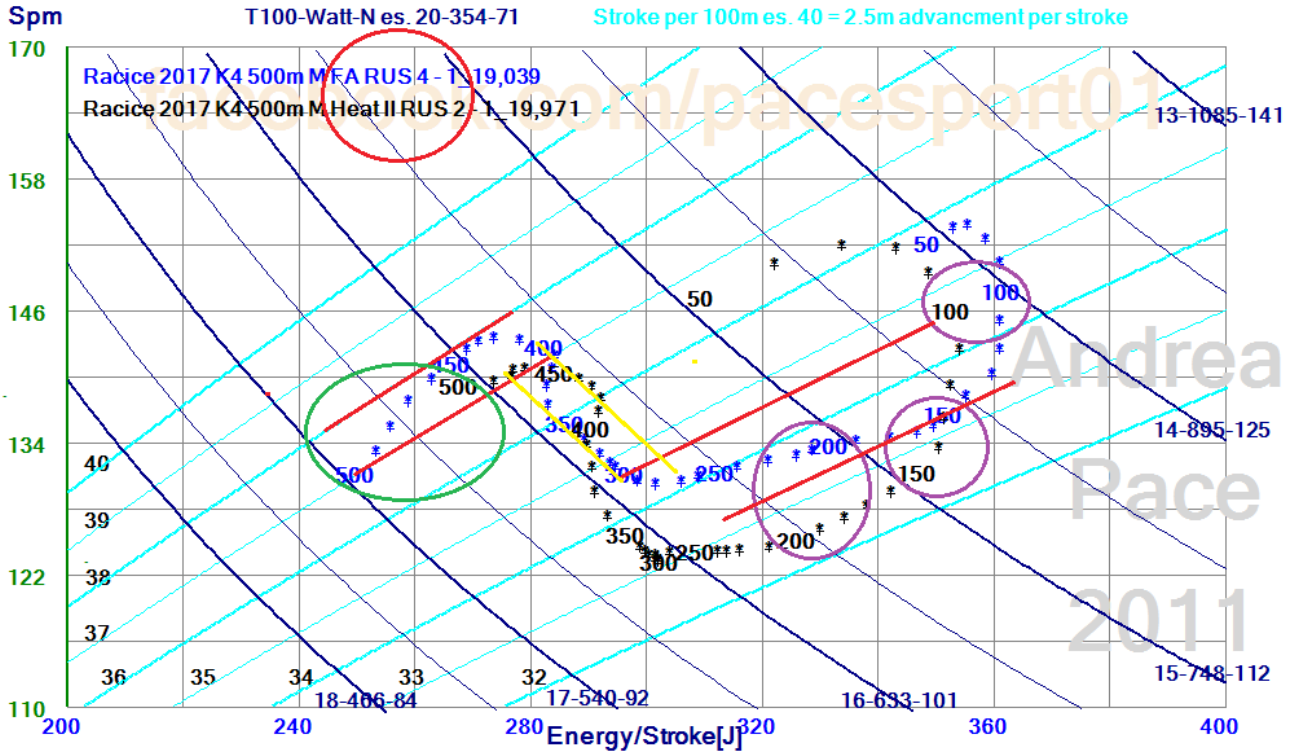


Fig. 1.2

In **Fig. 1.2** abbiamo evidenziato con il cerchio rosso le etichette che indicano le gare riportate nei grafici: la etichetta in colore blu per la Finale A in cui il K4 RUS arriva 4° con il tempo di 1'19"039; a questa gara corrispondono tutti i punti del grafico indicati con il colore Blu; lo stesso vale per la gara indicata con il colore Nero.



Osserviamo rapidamente alcune differenze tra le gare; per valutare la velocità conviene osservare i cerchi colorati nel grafico. In corrispondenza dei cerchi in colore magenta vengono confrontati i punti ai 100, 150 e 200m; ai 100m il T100 è di 14.0" e 14.2" rispettivamente; quindi si vede facilmente che fino ai 250m nella Finale A il K4 ha ottenuto un T100 dai 0.2" ai 0.5" inferiore rispetto alla Batteria II. Il cerchio verde evidenzia il fatto che ai 500m (fine gara) il T100 ottenuto nella Finale A è superiore di ben 0.8" a quello realizzato nella Batteria II.

In questo caso la partenza più rapida ha prodotto, nella Finale A, un risultato migliore di 0.9"; questo accade perchè la velocità maggiore ha permesso di mantenere un T100 superiore fino ai 300m.

Nel seguito del testo saranno presi in considerazione le variazioni di n100 nei tratti tra i **150m e i 300m** della sola Finale A, con l'aiuto di due segmenti in colore

rosso nel grafico; in questo tratto di gara lo n100 ha un valore minimo di 33.3 ed un valore massimo di 34.7, quindi una variazione di **1.4** per lo n100. Lo stesso si fa per il tratto dai **400m ai 500m** con i valori di n100 tra 37 e 38 che corrispondono ad una variazione di **1.0** per lo n100. Per il tratto dai **300m ai 400m** si considera la differenza di T100, in questo caso si passa da un T100 = 15.9" ad un T100 = 15.7" con una differenza di -0.2" che corrisponde ad un incremento di velocità.

In **Tab. 1.3** vengono riportati i dati con cui viene costruito il grafico-h relativo alla Finale A del K4 RUS; le etichette sono state già definite in Tab. 1.2.

14 RUS K4 500m M

Pos;	E/s;	Force;	Adv;	n100;	t100;	Vel;	Pot;	Spm;
50;	348;	124;	2.80;	35.7;	14.08;	7.10;	882;	152.0;
0;	353;	126;	2.80;	35.7;	13.96;	7.16;	902;	153.4;
0;	355;	127;	2.81;	35.6;	13.91;	7.19;	910;	153.7;
0;	358;	127;	2.83;	35.3;	13.91;	7.19;	910;	152.4;
0;	361;	126;	2.86;	34.9;	13.95;	7.17;	904;	150.2;
100;	361;	125;	2.89;	34.6;	14.04;	7.12;	889;	147.7;
0;	361;	123;	2.93;	34.2;	14.14;	7.07;	872;	145.0;
0;	361;	122;	2.96;	33.8;	14.24;	7.02;	856;	142.4;
0;	360;	120;	2.98;	33.5;	14.35;	6.97;	839;	140.1;
0;	355;	118;	3.00;	33.4;	14.50;	6.90;	817;	138.1;
150;	351;	117;	3.00;	33.3;	14.63;	6.84;	798;	136.5;
0;	349;	116;	3.01;	33.2;	14.70;	6.80;	789;	135.4;
0;	347;	115;	3.01;	33.2;	14.77;	6.77;	779;	134.8;
0;	342;	114;	3.00;	33.3;	14.87;	6.72;	765;	134.3;
0;	336;	112;	2.99;	33.5;	14.98;	6.68;	751;	134.0;
200;	331;	111;	2.98;	33.6;	15.08;	6.63;	738;	133.7;
0;	328;	110;	2.97;	33.6;	15.15;	6.60;	729;	133.2;
0;	326;	110;	2.97;	33.7;	15.22;	6.57;	720;	132.7;
0;	321;	108;	2.96;	33.8;	15.33;	6.52;	707;	132.2;
0;	316;	107;	2.95;	33.9;	15.45;	6.47;	693;	131.7;
250;	312;	106;	2.94;	34.0;	15.55;	6.43;	681;	131.2;
0;	309;	105;	2.94;	34.1;	15.62;	6.40;	673;	130.8;
0;	306;	104;	2.93;	34.1;	15.70;	6.37;	664;	130.3;
0;	301;	103;	2.92;	34.3;	15.80;	6.33;	654;	130.1;
0;	298;	103;	2.90;	34.4;	15.85;	6.31;	648;	130.4;

300;	296;	103;	2.89;	34.6;	15.87;	6.30;	646;	131.0;
0;	295;	103;	2.87;	34.8;	15.87;	6.30;	646;	131.6;
0;	294;	103;	2.86;	34.9;	15.87;	6.30;	646;	132.0;
0;	292;	103;	2.85;	35.1;	15.87;	6.30;	646;	132.8;
0;	289;	103;	2.82;	35.5;	15.87;	6.30;	646;	134.1;
350;	286;	103;	2.79;	35.9;	15.87;	6.30;	646;	135.7;
0;	283;	103;	2.76;	36.3;	15.86;	6.31;	647;	137.3;
0;	283;	103;	2.73;	36.6;	15.79;	6.33;	655;	139.0;
0;	284;	104;	2.72;	36.8;	15.70;	6.37;	664;	140.6;
0;	284;	105;	2.71;	37.0;	15.64;	6.39;	671;	141.8;
400;	282;	105;	2.69;	37.2;	15.65;	6.39;	670;	142.6;
0;	278;	104;	2.67;	37.5;	15.71;	6.37;	663;	143.2;
0;	273;	103;	2.65;	37.8;	15.80;	6.33;	654;	143.4;
0;	271;	103;	2.64;	37.8;	15.87;	6.30;	646;	143.1;
0;	269;	102;	2.64;	37.8;	15.95;	6.27;	638;	142.3;
450;	266;	101;	2.65;	37.8;	16.07;	6.22;	625;	141.1;
0;	263;	99;	2.65;	37.7;	16.21;	6.17;	611;	139.6;
0;	259;	97;	2.66;	37.6;	16.40;	6.10;	593;	137.6;
0;	256;	96;	2.67;	37.4;	16.58;	6.03;	577;	135.3;
0;	253;	94;	2.69;	37.2;	16.75;	5.97;	562;	133.1;
500;	249;	92;	2.70;	37.0;	16.95;	5.90;	544;	131.0;

Tab. 1.3

Capitolo 2: Definizione dei tratti di gara da osservare; esempio su 4 equipaggi.

Nel **Capitolo 1** abbiamo già visto come il K4 RUS abbia eseguito la gara in modo diverso in 3 tratti del percorso.

Race 210 SUN, 27 AUG 2017 11:53 K4 Men 500m Final A

RANK	NAME	NF	LANE	250m	500m
1	RENDSCHMIDT Max RAUHE Ronald LIEBSCHER Tom LEMKE Max	GER	6	37.866 (2) +0.303 39.868 (2)	**1:17.734**
2	GARROTE Carlos TORO Cristian WALZ Marcus GERMADE Rodrigo	ESP	5	37.563 (1) 40.808 (6)	**1:18.371** +0.637
3	ŠPICAR Jakub HAVEL Daniel ŠTěRBA Jan ŠLOUF Radek	CZE	8	39.285 (9) +0.496 39.444 (1)	**1:18.729** +0.995
4	POSTRIGAI Iurii ERSHOV Vitaly GUSEV Oleg BLINTCOV Vladislav	RUS	2	38.997 (6) +0.208 40.042 (3)	**1:19.039** +1.305
5	MYšáK Denis VLčEK Erik TARR Juraj LINKA Tibor	SVK	1	39.222 (8) +0.433 40.249 (4)	**1:19.471** +1.737
6	PAJIC Dejan HOLPERT Ervin VEKIC Stefan TORUBAROV Vladimir	SRB	7	39.108 (7) +0.319 40.558 (5)	**1:19.666** +1.932
7	JOUVE Sébastien LE FLOCH DECORCHEMONT Guillaume BEAUMONT Maxime HUBERT Etienne	FRA	4	38.871 (5) +0.082 40.895 (7)	**1:19.766** +2.032
8	PIATRUSHENKA Raman TRATSIAKOU Dzmitry BORYKAU Mikita BIALKO Vitaliy	BLR	3	38.803 (4) +0.014 41.084 (8)	**1:19.887** +2.153
9	LANKAS Aurimas MALDONIS Mindaugas RAMANAUSKAS Edvinas MALDONIS Simonas	LTU	9	38.789 (3) +0.923 41.387 (9)	**1:20.176** +2.442

Tab. 2

Riepilogando la finale A del K4 RUS:

1. variazione di n100 tra i 150m e 300m dai segmenti in rosso ricaviamo **+1.4** (cioè si è passati da un n100 di 33.3 a 34.7;

2. variazione di T100 tra i 300m e 400m di **-0.2"** (cioè un incremento di velocità)
3. variazione di n100 tra i 400m e 500m dal segmento verde ricaviamo **-1.0** (cioè si è passati da un n100 di 38 a 37)

Relativamente al punto (3) possiamo anticipare che, anche se lo n100 non è costante, è comunque il contrario di quello che fanno gli equipaggi peggiori; se ne deduce che in quel tratto di gara l'avanzamento corrispondente al miglior rendimento sia più vicino al valore di 37 che non 38, e quindi più vicino all'avanzamento utilizzato nella fase in cui si accelera per raggiungere la velocità massima, pari a 36. Osservando i dati riportati in **Tab. 2** e il filmato della gara in relazione al passaggio ai 250m e 300m, siamo indotti a pensare che se il K4 RUS avesse utilizzato negli ultimi 100m l'avanzamento di 36 invece di 38 avrebbe potuto resistere meglio al sorpasso da parte dell'equipaggio terzo arrivato (K4 CZE); ovviamente questo dipende da moltissime azioni che devono essere automatizzate e non improvvisate in gara. Dal punto di vista emozionale, il K4 RUS in acqua 2, aveva in acqua 3 il K4 BLR, che ai 300m gli passava avanti di 0.1"; quindi, se il K4 RUS avesse mantunuto la calma e lo n100 che tra i 350m ed i 400m gli ha fatto ottenere un incremento di velocità (n100 tra 36 e 37), avrebbe potuto mantenere il vantaggio sul K4 CZE, ed arrivare in terza posizione superando ovviamente anche il K4 BLR; il tentativo di incrementare ulteriormente la velocità dopo i 400m è fallito ed ha solo fatto peggiorare lo n100 (da 37 a 38) e molto probabilmente il rendimento idrodinamico.

Per quanto riguarda il rendimento idrodinamico, e come possa essere associato all'avanzamento nelle varie fasi di gara. si rimanda al Capitolo 5.

Ora vengono confrontati 4 equipaggi con grosse differenze qualitative, ed in particolare la variazione di n100. Il confronto è tra i primi due equipaggi nella Finale A rispetto ad i primi due equipaggi nella Finale B. In questo caso il responso è chiaro. Nel Capitolo 4 verrà effettuata una correlazione statistica tra i 3 elementi elencati sopra e il tempo effettuato, per tutti i 18 equipaggi Finalisti.

Nella **Fig. 2** sono presenti i primi due equipaggi della Finale A ed i primi due equipaggi della Finale B.

Per mantenere il massimo rendimento idrodinamico, nei tratti tra i 150m ed i 300m e tra i 400m ed i 500m ci attendiamo piccole variazioni del parametro n100.

Si vede chiaramente che gli equipaggi in colore rosso e nero hanno grossi peggioramenti di avanzamento durante i tratti in cui invece desideriamo un n100 costante. Si anticipa che, esiste un solo valore di n100 in corrispondeza del massimo rendimento idrodinamico Capitolo 5, Fig. 5.2.

La velocità massima ottenuta da un equipaggio è forse l'elemento fondamentale in questa gara ma non fa parte dei comportamenti qualitativi, e quindi non deve influire sulla statistica. L'altro elemento considerato in precedenza: la variazione di velocità tra i 300m ed i 400m; per il tratto tra i 300m ed i 400m la differenza qualitativa è ancora più evidente: i due equipaggi in rosso e nero tentano un incremento di frequenza (nel senso che l'incremento è piccolo anche per la frequenza) ed ottengono in cambio solo una piccola riduzione del calo di velocità.

Nella **Fig. 2** sono stati inseriti molti segmenti colorati; questa volta, invece di utilizzare i segmenti in colore rosso si sono utilizzati i colori relativi ad ogni equipaggio; per controllare la variazione di n100 i segmenti sono stati tracciati in corrispondenza del valore minimo e massimo di n100 per ogni equipaggio; per il K4 ESP in colore verde abbiamo i valori approssimati di n100 pari a 34,4 e 34.9; per il K4 CAN in colore nero abbiamo i valori di n100 pari a 33,3 e 35,4.

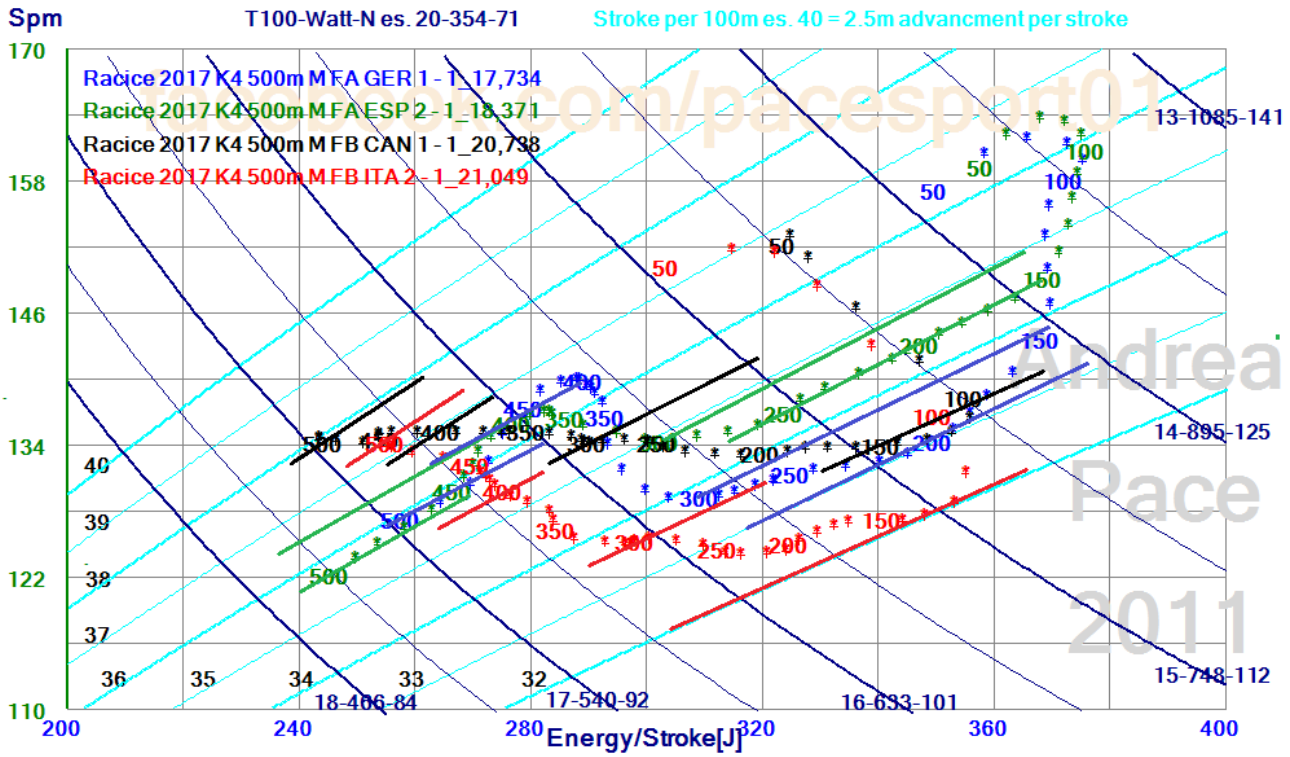


Fig. 2

Come era stato previsto, per questo criterio abbiamo una grossa differenza: una variazione di n100 di 0.5 per il K4 ESP ed una differenza di n100 di 2.1 per il K4 CAN. Il resto dei risultati ha la stessa tendenza. Nel Capitolo 3 viene ripetuta la misura per ogni equipaggio e per ognuno dei 3 tratti di gara sui quali indiaghiamo. Nel Capitolo 4 verrà effettuata la statistica per indagare sulla significatività della correlazione tra elementi qualitativi e ordine di arrivo e per osservare quali siano gli equipaggi che si comportino come eccezione a questa "regola".

Capitolo 3: Le gare dei 18 finalisti del K4 500m M (Racice 2017)

Si presentano ora le gare di ogni equipaggio; purtroppo non sono disponibili nel sito ICF i dati gps relativi alla Semifinale III.

In **Fig. 3.01** il K4 GER, in questo caso sono riportati anche i dati relativi alla gara di Coppa del Mondo II a Szeged 2017; in mancanza di dati gps, questi ultimi sono stati ottenuti tramite la videoanalisi.

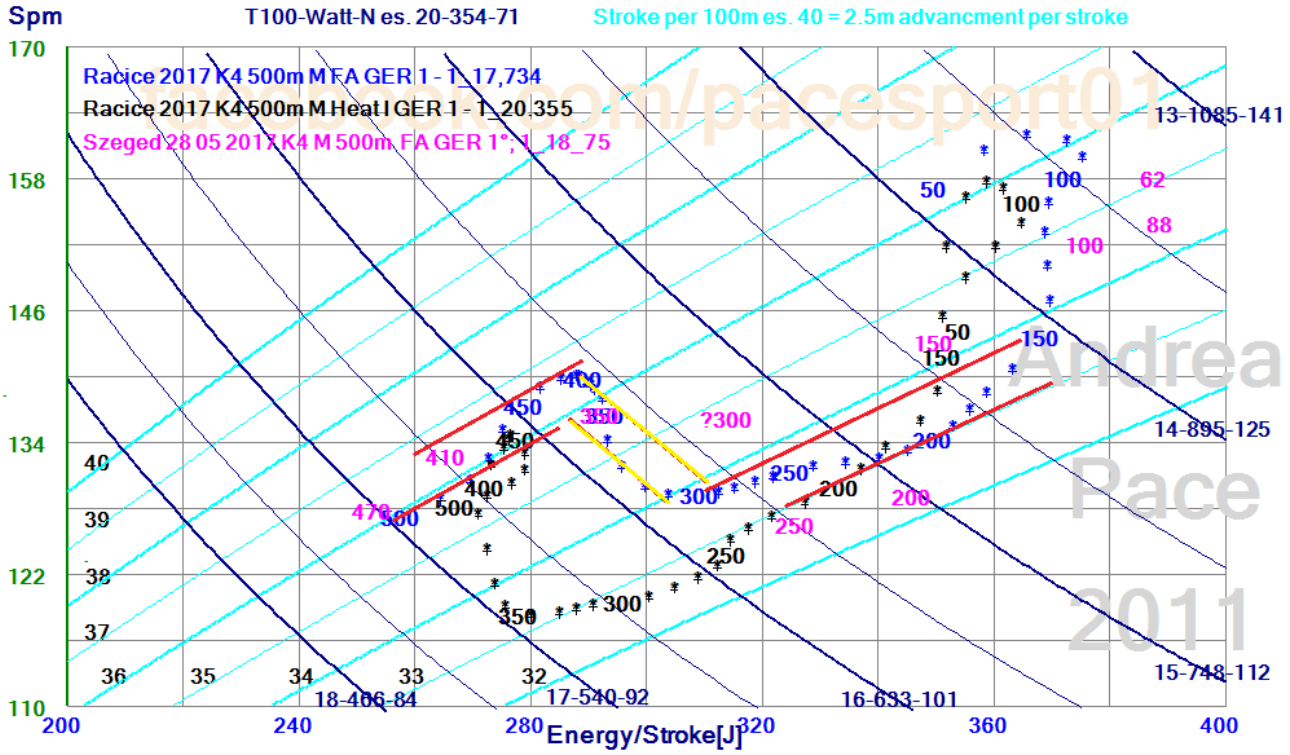


Fig. 3.01

Questo grafico risulta il migliore dal punto di vista del rendimento idrodinamico:

- variazione massima di n100 tra i 150 ed i 300m uguale a **0.8**;
- variazione di T100 tra i 300m e 400m di **-0.2"** (incremento di velocità); e
- variazione di n100 tra i 400m e 500m uguale a **-0.7**;

Nella Batteria I (colore nero) viene prolungato il tratto centrale, con n100 quasi costante, fino ai 350m.

In **Fig. 3.02** l'equipaggio secondo arrivato in Finale A, il K4 ESP. Nei tre tratti di gara abbiamo:

- variazione massima di n100 tra i 150 ed i 300m uguale a **0.5**;
- variazione di T100 tra i 300m e 400m di **0.4"** (calo di velocità); e
- variazione di n100 tra i 400m e 500m uguale a **-0.6**;

Nelle elimitatorie viene utilizzata una velocità massima inferiore e valori inferiori di n100.

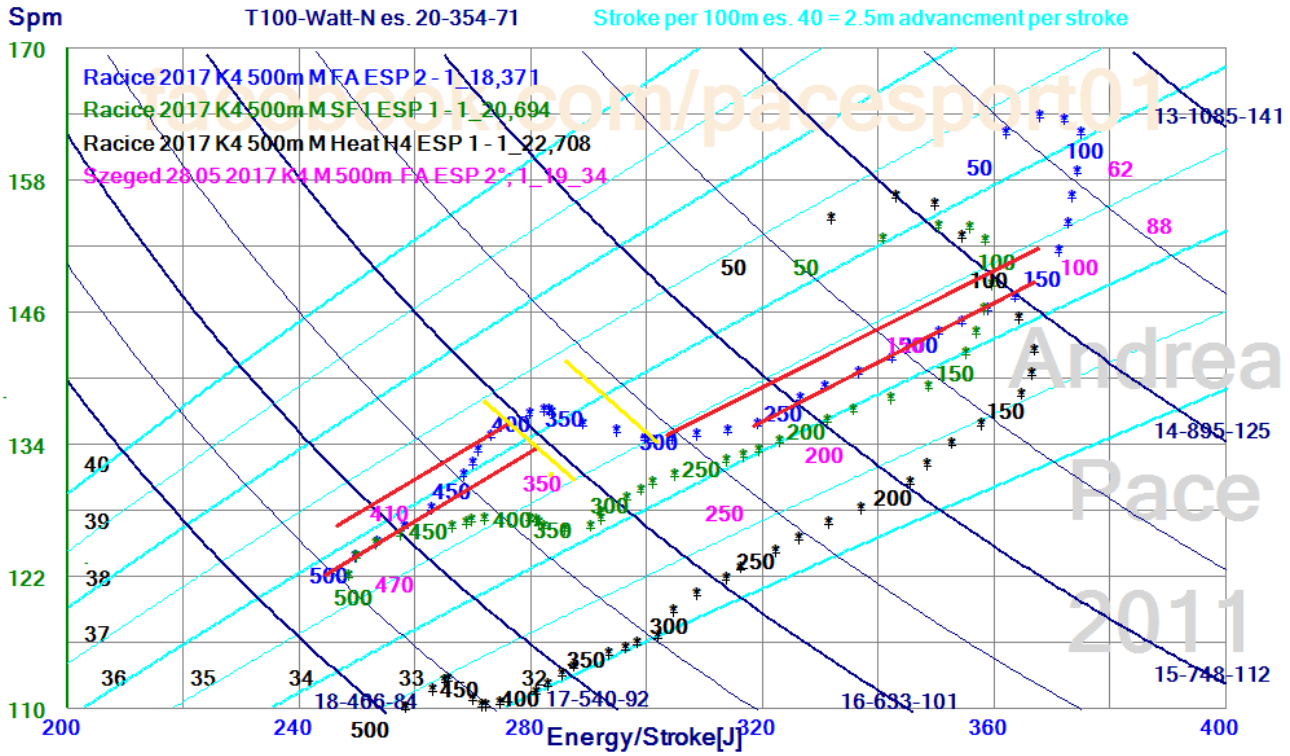


Fig. 3.02

In **Fig. 3.03** l'equipaggio terzo arrivato in Finale A, il K4 CZE. Nei tre tratti di gara abbiamo:

- variazione massima di n100 tra i 150 ed i 300m uguale a **1.3**;
- variazione di T100 tra i 300m e 400m di **0.1"** (calo di velocità); e
- variazione di n100 tra i 400m e 500m uguale a **0.7**;

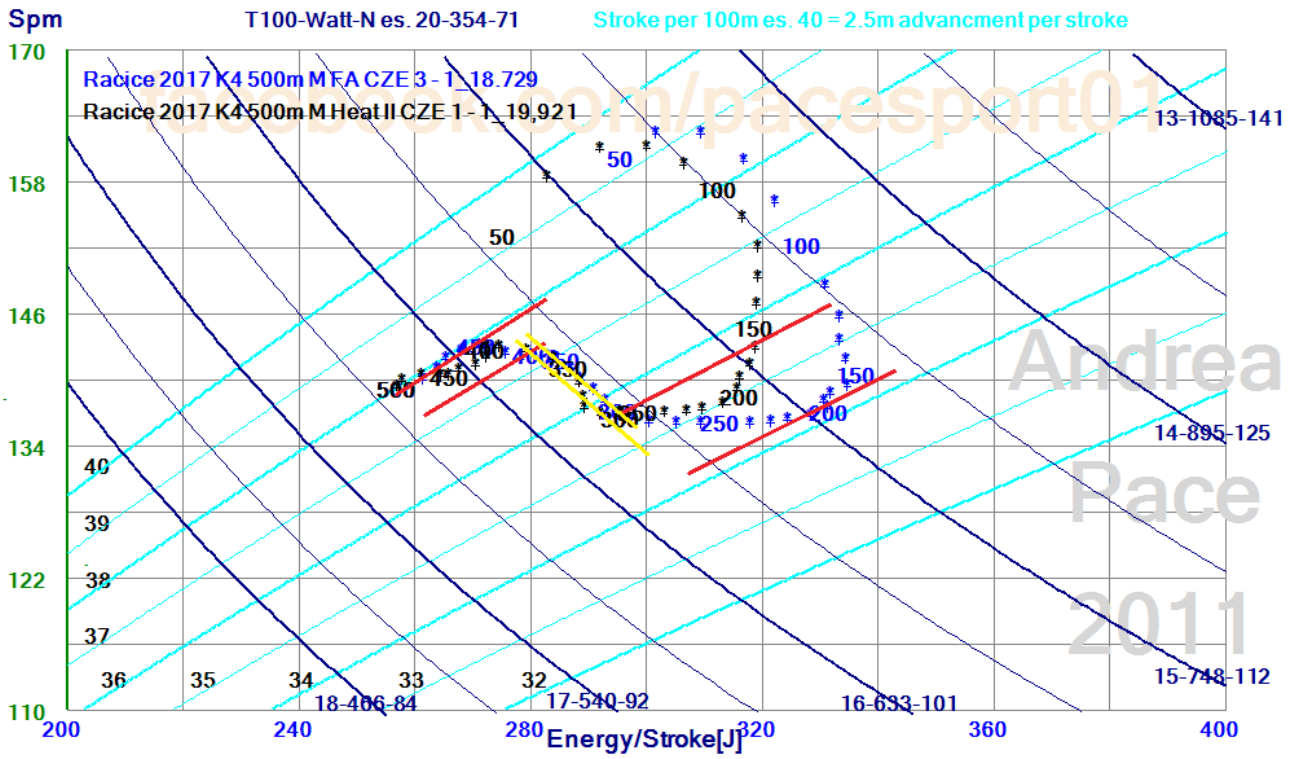


Fig. 3.03

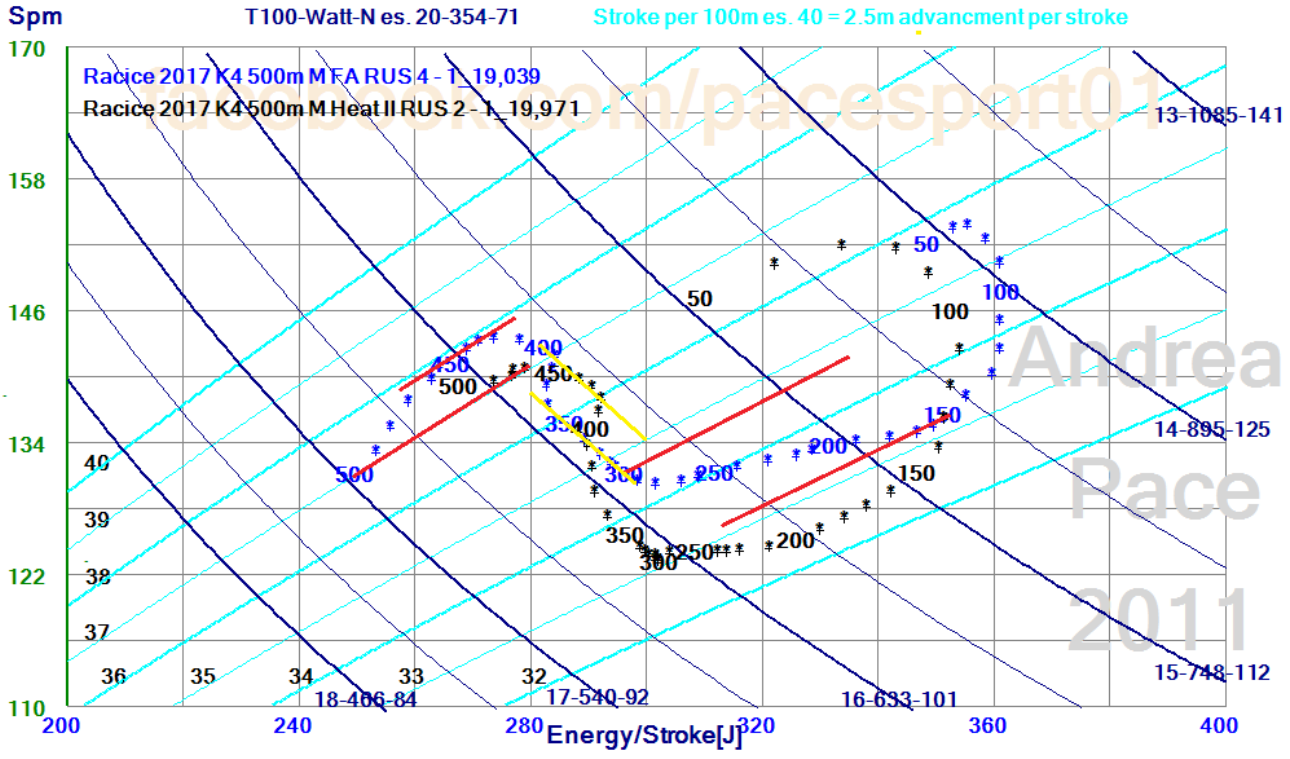


Fig. 3.04

In **Fig. 3.04** l'equipaggio quarto arrivato in Finale A, il K4 RUS. Nei tre tratti di gara abbiamo:

- variazione massima di n100 tra i 150 ed i 300m uguale a **1.4**;
- variazione di T100 tra i 300m e 400m di **-0.2"** (incremento di velocità); e
- variazione di n100 tra i 400m e 500m uguale a **-1**;

In questo caso la velocità massima più elevata (T100 migliore di 0.25" nella Finale A) facilita il mantenimento di una velocità più elevata, rispetto alla Batteria, fino ai 400m; anche se in Finale A il K4 ha una velocità inferiore negli ultimi 100m, ottiene un tempo inferiore di 0.9".

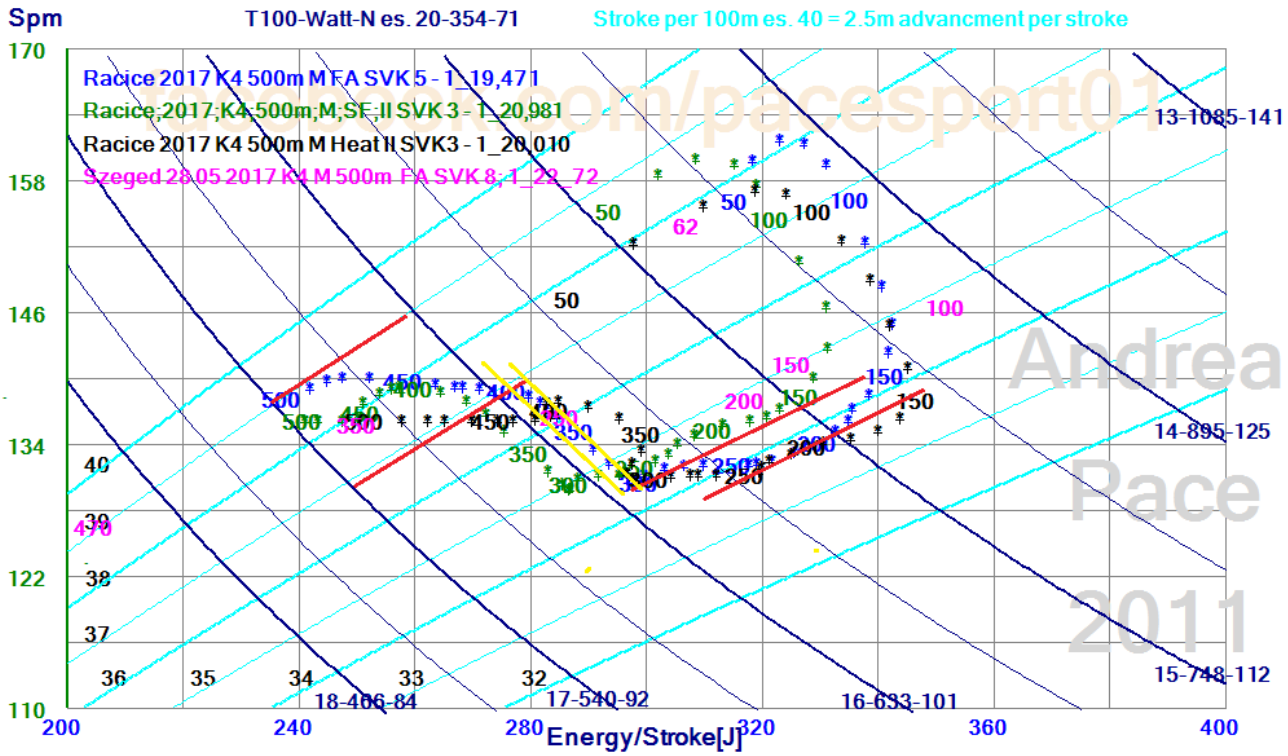


Fig. 3.05

In **Fig. 3.05** l'equipaggio quinto arrivato in Finale A, il K4 SVK. Nei tre tratti di gara abbiamo:

- variazione massima di n100 tra i 150 ed i 300m uguale a **0.6**;
- variazione di T100 tra i 300m e 400m di **0.1"** (calo di velocità); e
- variazione di n100 tra i 400m e 500m uguale a **2.1**;

In **Fig. 3.06** l'equipaggio sesto arrivato in Finale A, il K4 SRB. Nei tre tratti di gara abbiamo:

- variazione massima di n100 tra i 150 ed i 300m uguale a **0.6**;
- variazione di T100 tra i 300m e 400m di **0.0"** (velocità costante); e
- variazione di n100 tra i 400m e 500m uguale a **0.5**;

La batteria appare qualitativamente più corretta per il tratto con n100 costante effettuato tra i 400m ed i 500m

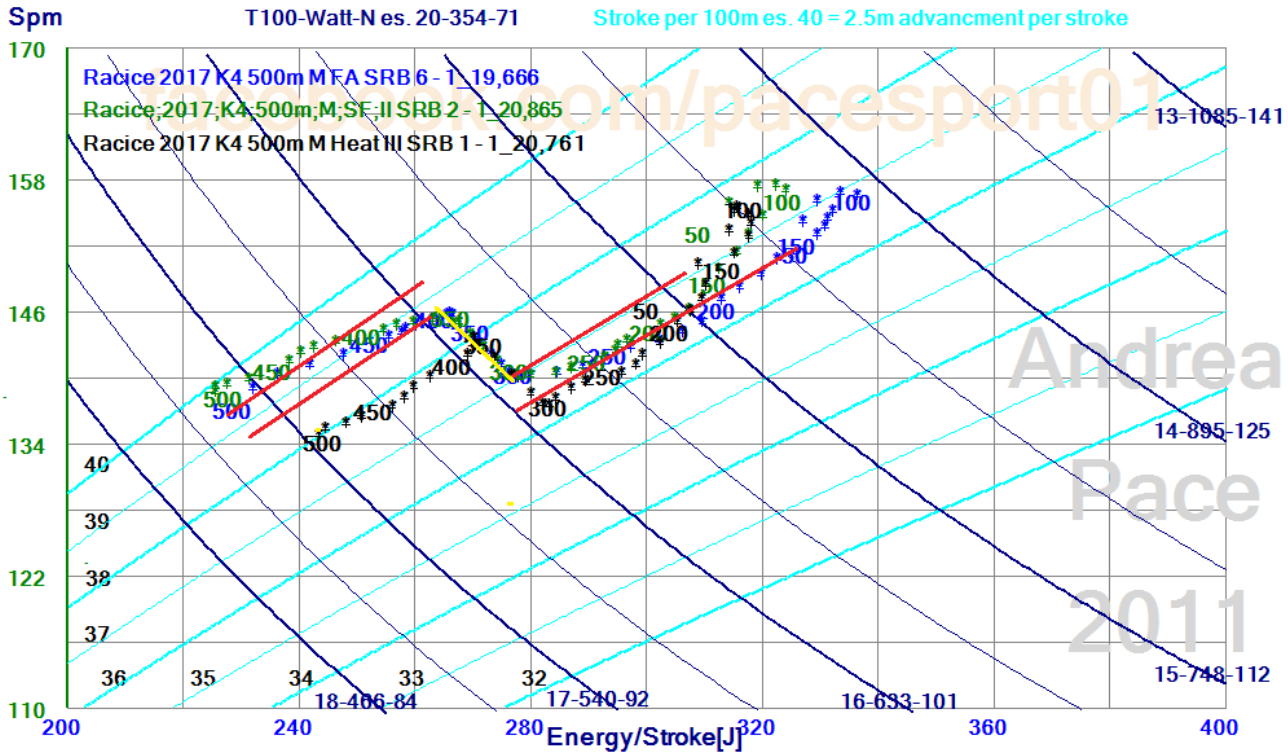


Fig. 3.06

In **Fig. 3.07** l'equipaggio settimo arrivato in Finale A, il K4 FRA. Nei tre tratti di gara abbiamo:

- variazione massima di n100 tra i 150 ed i 300m uguale a **1.4**;
- variazione di T100 tra i 300m e 400m di **0.0"** (velocità costante); e
- variazione di n100 tra i 400m e 500m uguale a **-2.6**;

Anche in questo caso una velocità massima maggiore nella Finale A coincide con il menteninameno di una velocità maggiore rispetto alla Semifinale fino ai 300m, questo si associa ad un guadagno di 1.1".

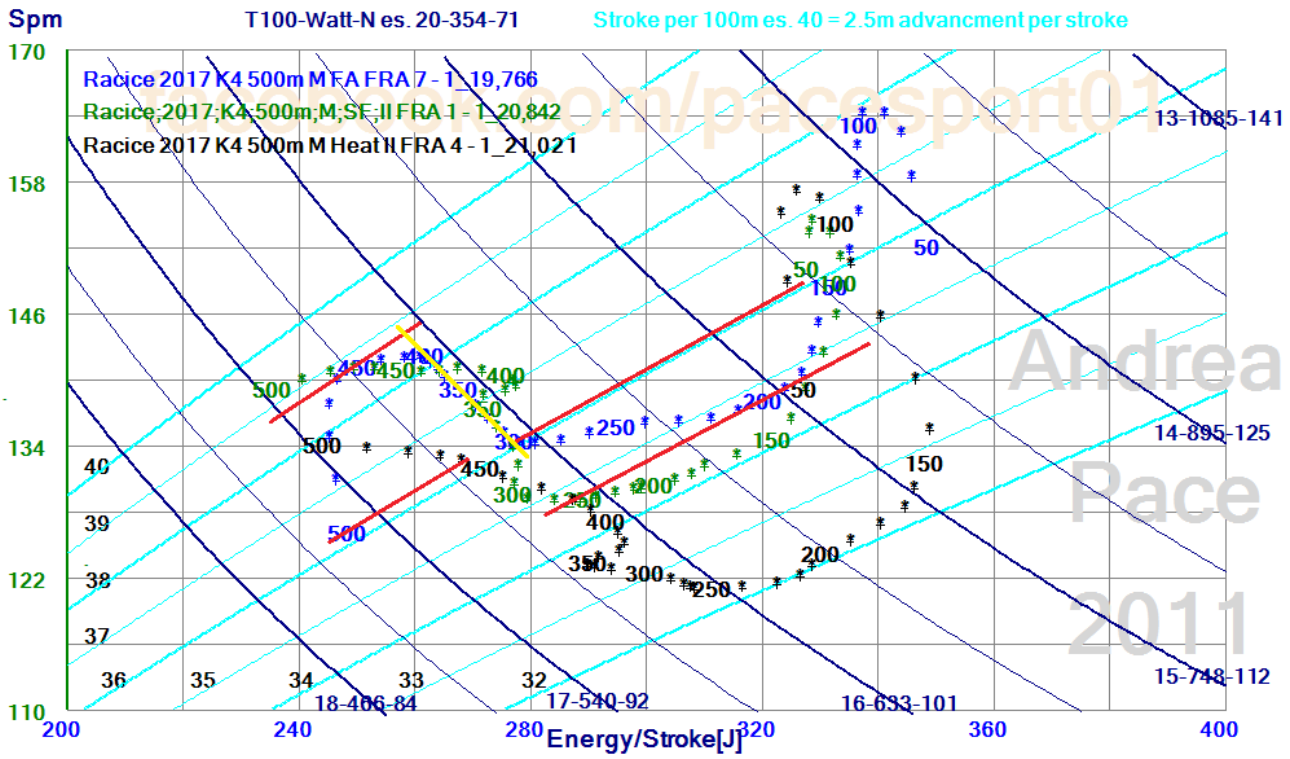


Fig. 3.07

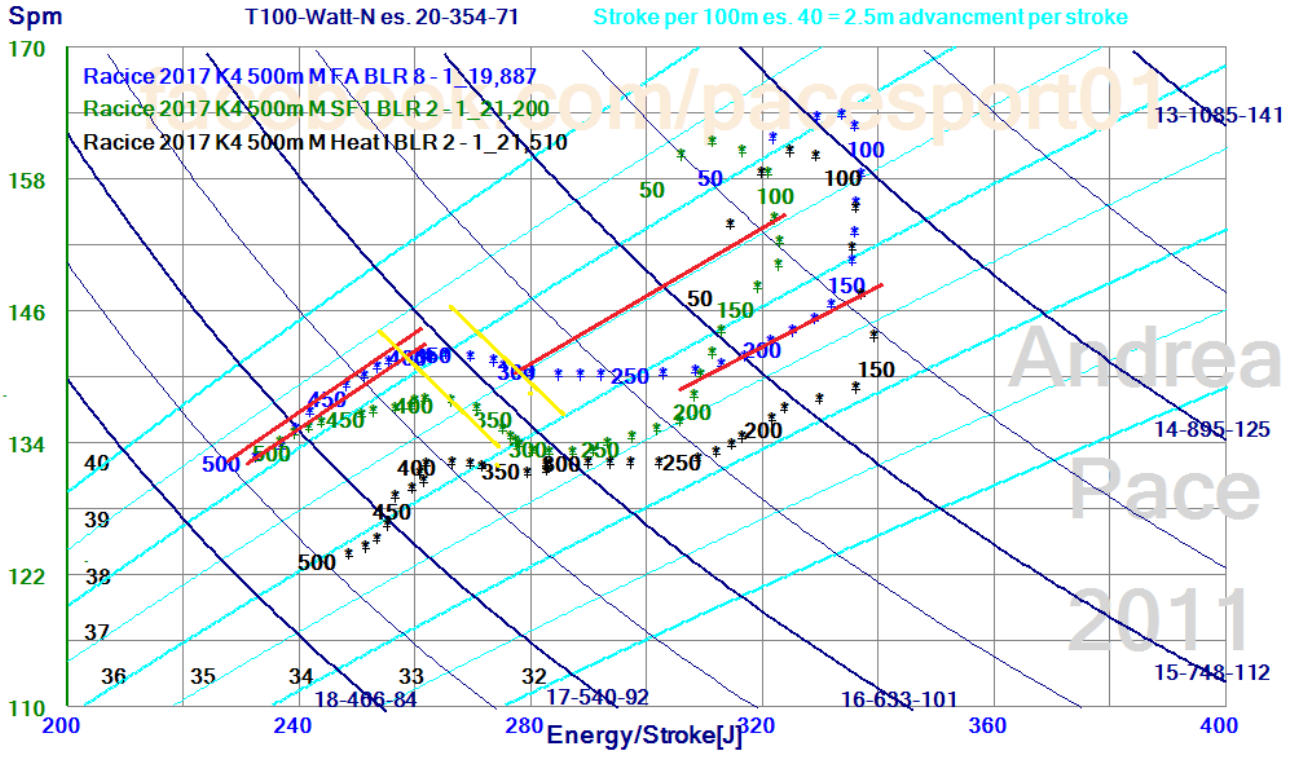


Fig. 3.08

In **Fig. 3.08** l'equipaggio ottavo arrivato in Finale A, il K4 BLR. Nei tre tratti di gara abbiamo:

- variazione massima di n100 tra i 150 ed i 300m uguale a **1.6**;
- variazione di T100 tra i 300m e 400m di **0.4"** (calo di velocità); e
- variazione di n100 tra i 400m e 500m uguale a **0.2**;

Anche in questo caso una velocità massima maggiore nella Finale A coincide con il menteminameno di una velocità maggiore rispetto alla Semifinale fino ai 300m, questo si associa ad un guadagno di 1.4".

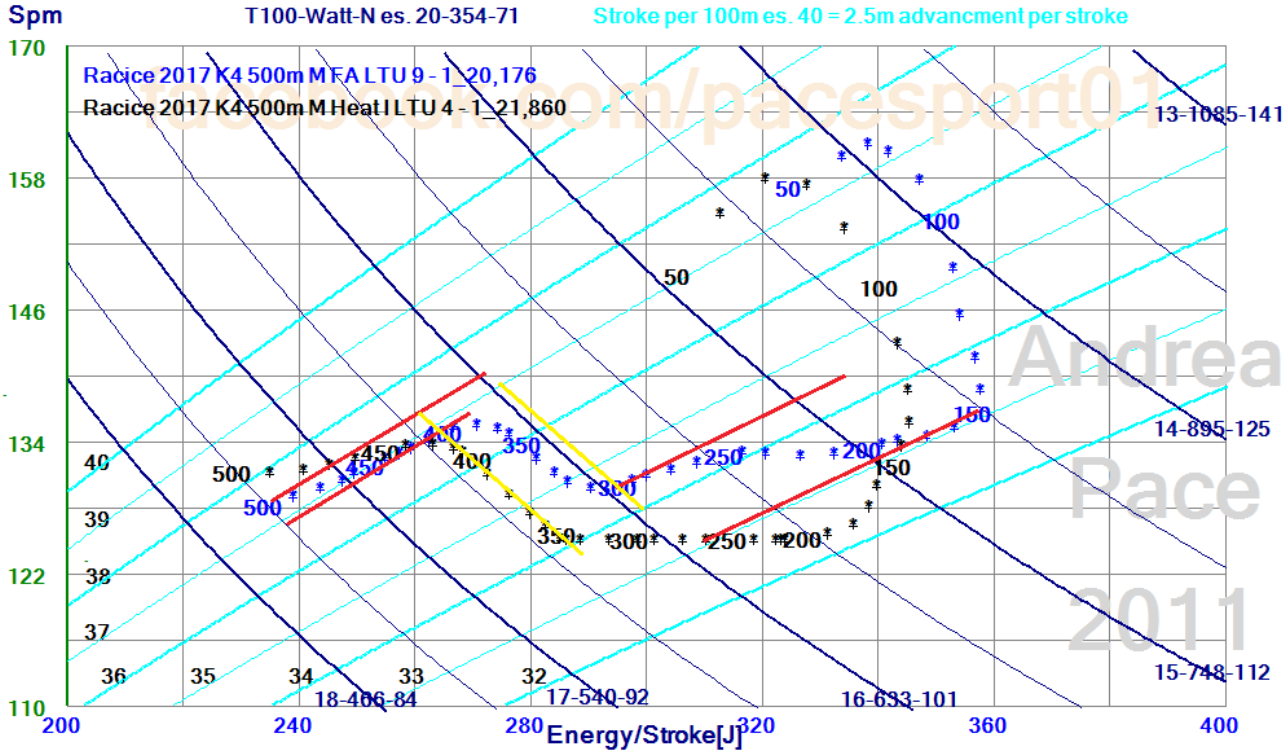


Fig. 3.09

In **Fig. 3.09** l'equipaggio nono arrivato in Finale A, il K4 LTU. Nei tre tratti di gara abbiamo:

- variazione massima di n100 tra i 150 ed i 300m uguale a **1.4**;
- variazione di T100 tra i 300m e 400m di **0.4"** (calo di velocità); e
- variazione di n100 tra i 400m e 500m uguale a **0.5**;

Anche in questo caso una velocità massima maggiore nella Finale A coincide con il menteminameno di una velocità maggiore rispetto alla Batteria fino ai 350m, questo si associa ad un guadagno di 1.7".

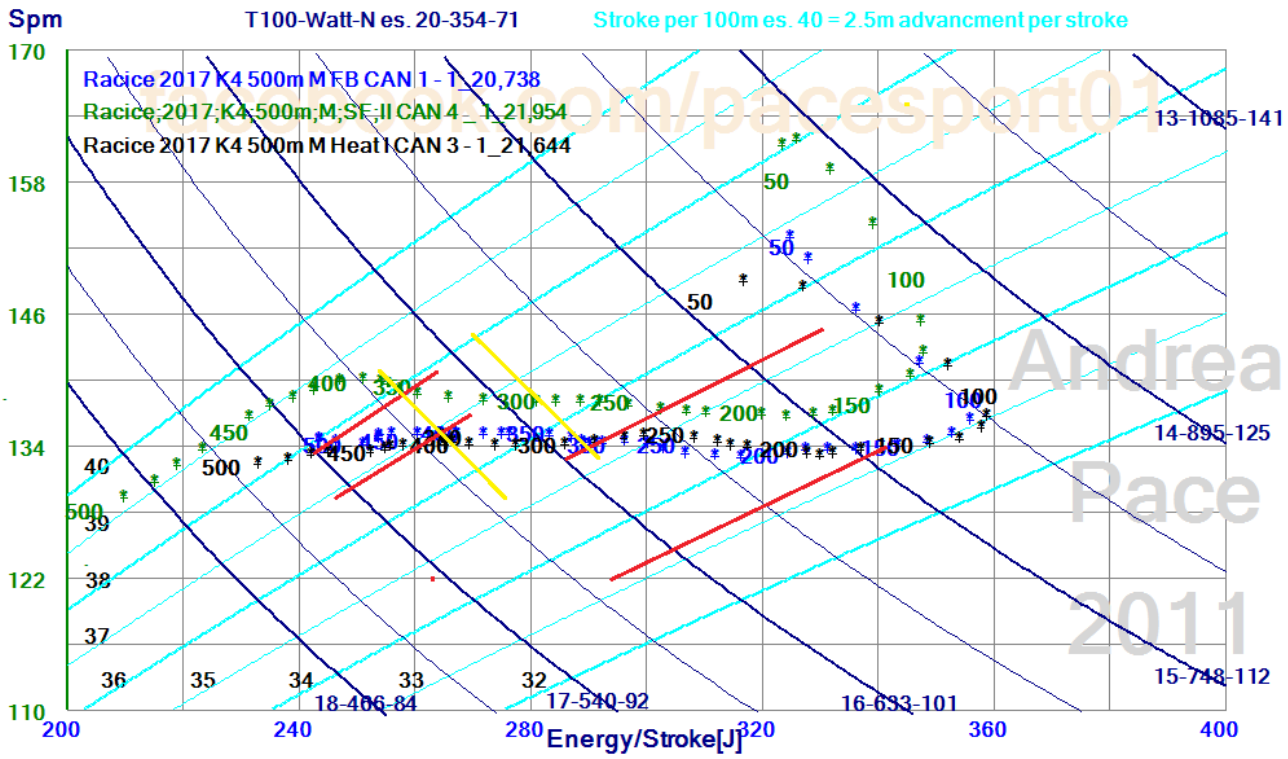


Fig. 3.10

In **Fig. 3.10** l'equipaggio primo arrivato in Finale B, il K4 CAN. Nei tre tratti di gara abbiamo:

- variazione massima di n100 tra i 150 ed i 300m uguale a **2.1**;
- variazione di T100 tra i 300m e 400m di **0.5"** (calo di velocità); e
- variazione di n100 tra i 400m e 500m uguale a **0.9**;

In questo caso nella Semifinale II si è raggiunta una velocità massima maggiore, ma già ai 150m la velocità risulta uguale a quella relativa al grafico della Finale A; negli ultimi 100m si è perso molto di più di quanto non si sia guadagnato all'inizio; il risultato è peggiore di 1.2".

In **Fig. 3.11** l'equipaggio secondo arrivato in Finale B, il K4 ITA. Nei tre tratti di gara abbiamo:

- variazione massima di n100 tra i 150 ed i 300m uguale a **1.4**;
- variazione di T100 tra i 300m e 400m di **0.3"** (calo di velocità); e
- variazione di n100 tra i 400m e 500m uguale a **1.7**;

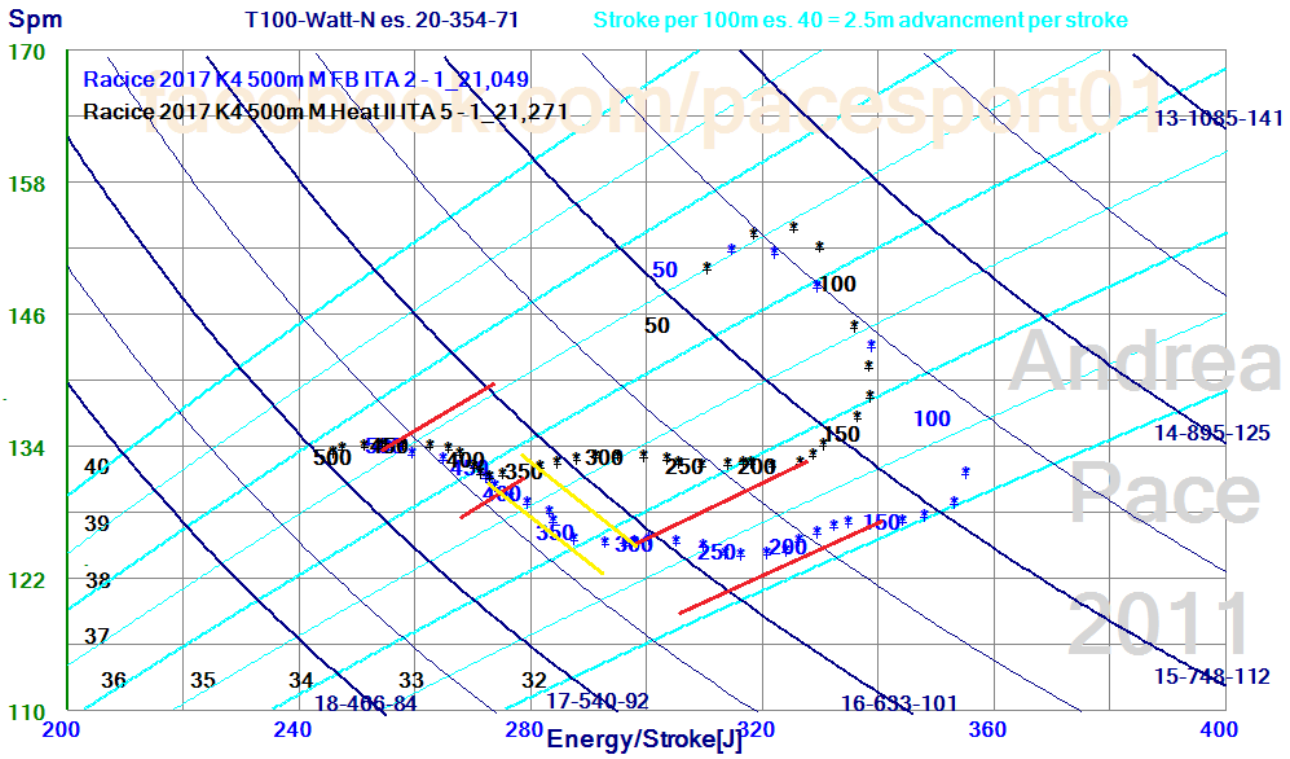


Fig. 3.11

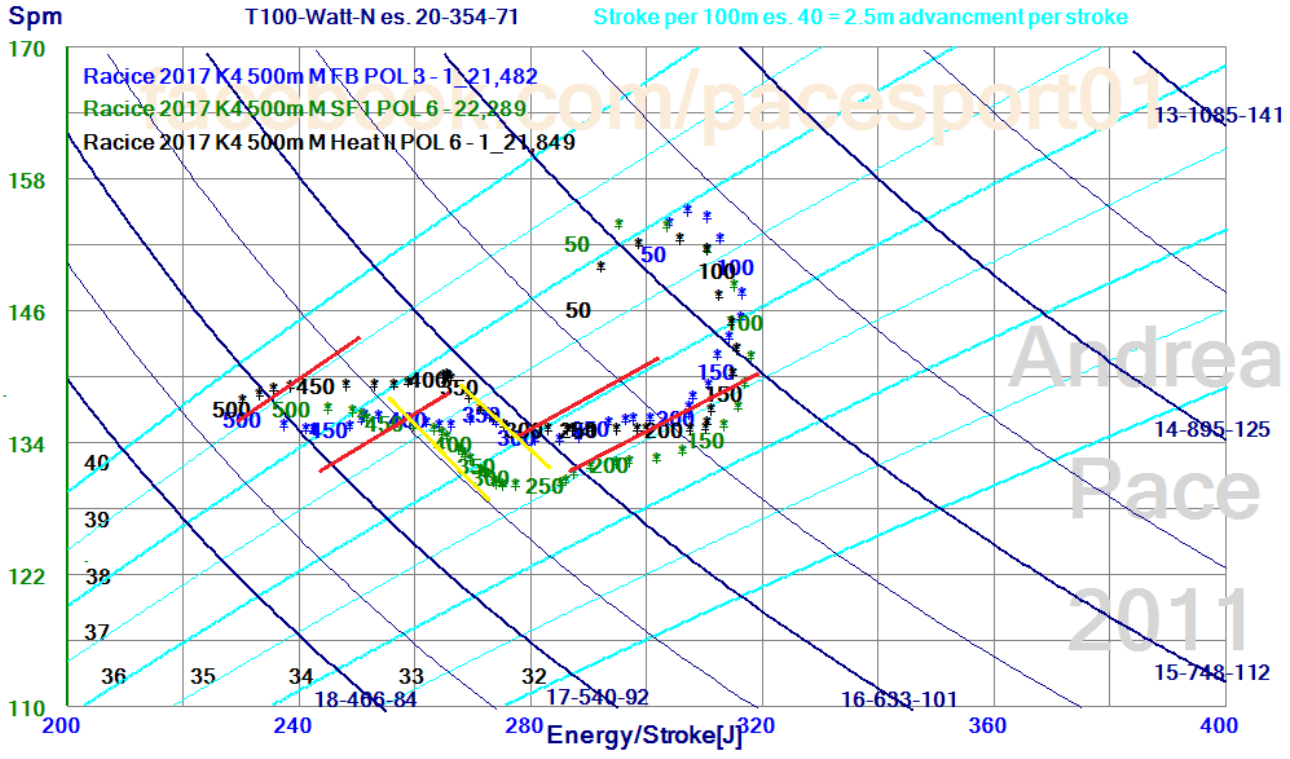


Fig. 3.12

In **Fig. 3.12** l'equipaggio terzo arrivato in Finale B, il K4 POL. Nei tre tratti di gara abbiamo:

- variazione massima di n100 tra i 150 ed i 300m uguale a **1.0**;
- variazione di T100 tra i 300m e 400m di **0.3"** (calo di velocità); e
- variazione di n100 tra i 400m e 500m uguale a **1.7**;

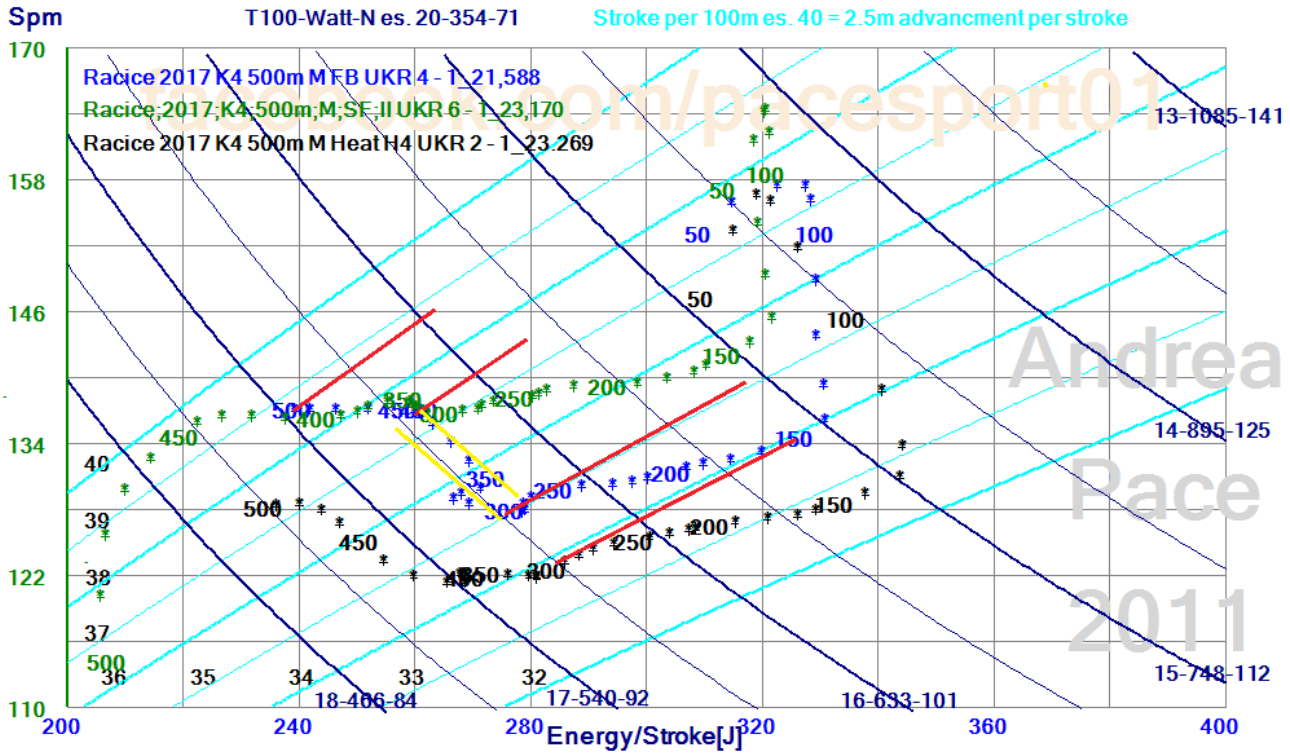


Fig. 3.13

In **Fig. 3.13** l'equipaggio quarto arrivato in Finale B, il K4 UKR. Nei tre tratti di gara abbiamo:

- variazione massima di n100 tra i 150 ed i 300m uguale a **1.1**;
- variazione di T100 tra i 300m e 400m di **-0.2"** (incremento di velocità); e
- variazione di n100 tra i 400m e 500m uguale a **1.3**;

Questo equipaggio in Finale B ha fatto una partenza simile a quella della Semifinale perdendo 0.1" per ogni 100m fino ai 300m; poi un aumento di velocità (raro in queste gare di K4 500m) ed un mantenimento di velocità tra i 400m ed i 450m hanno prodotto un tempo inferiore di 1.5". C'è da pensare che, sia dal punto di vista idrodinamico che quello fisiologico, ci sia stato un rendimento migliore

durante la Finale B, dal grafico-h si nota facilmente che la frequenza di pagaiata durante la Semifinale (colore verde) sia molto più elevata. Nella Batteria (colore nero) invece sembra essere successo l'esatto opposto, quindi una frequenza forse troppo bassa; ma non è possibile sapere se l'equipaggio abbia dato il meglio in questa fase eliminatoria.

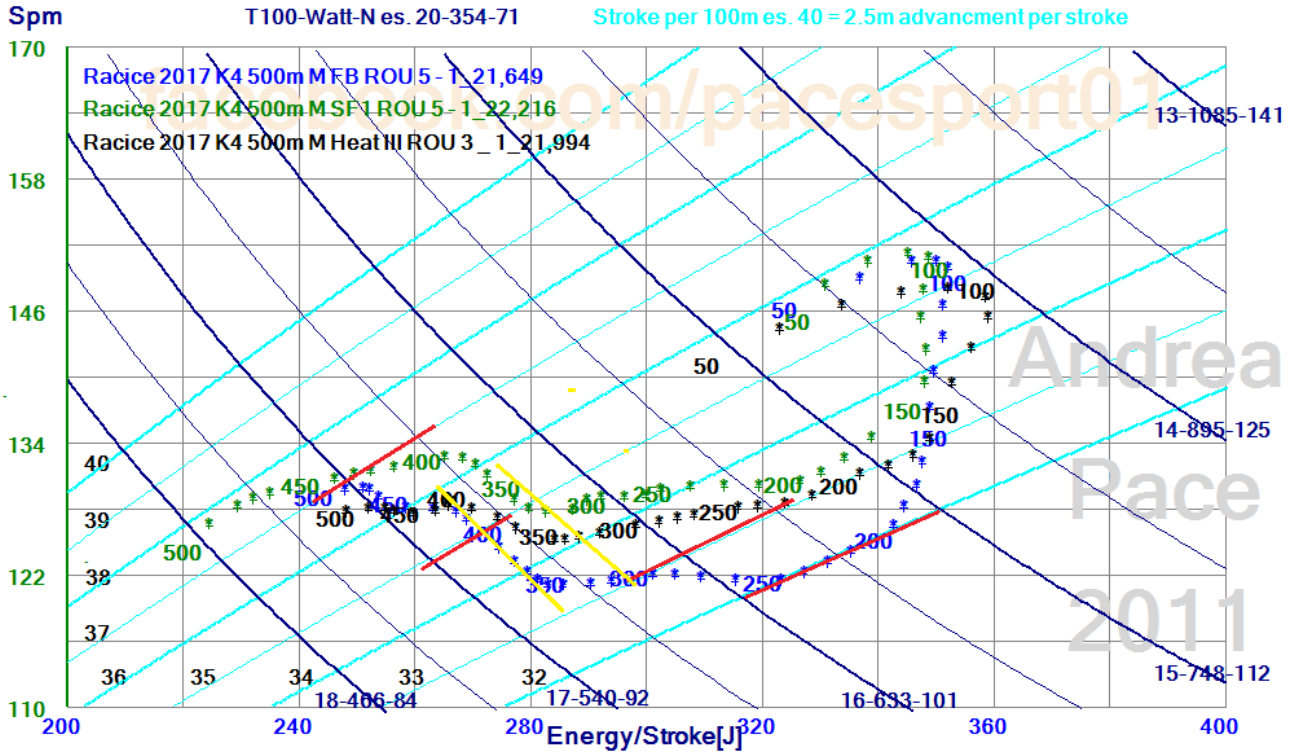


Fig. 3.14

In **Fig. 3.14** l'equipaggio quinto arrivato in Finale B, il K4 ROU. Nei tre tratti di gara abbiamo:

- variazione massima di n100 tra i 150 ed i 300m uguale a **1.0**;
- variazione di T100 tra i 300m e 400m di **0.3"** (calo di velocità); e
- variazione di n100 tra i 400m e 500m uguale a **2.1**;

Riguardo al rendimento valgono le stesse considerazioni del K4 UKR; una frequenza più bassa durante la Finale B ha permesso un risultato migliore. Si tratta di considerazioni che possono cambiare da equipaggio ad equipaggio.

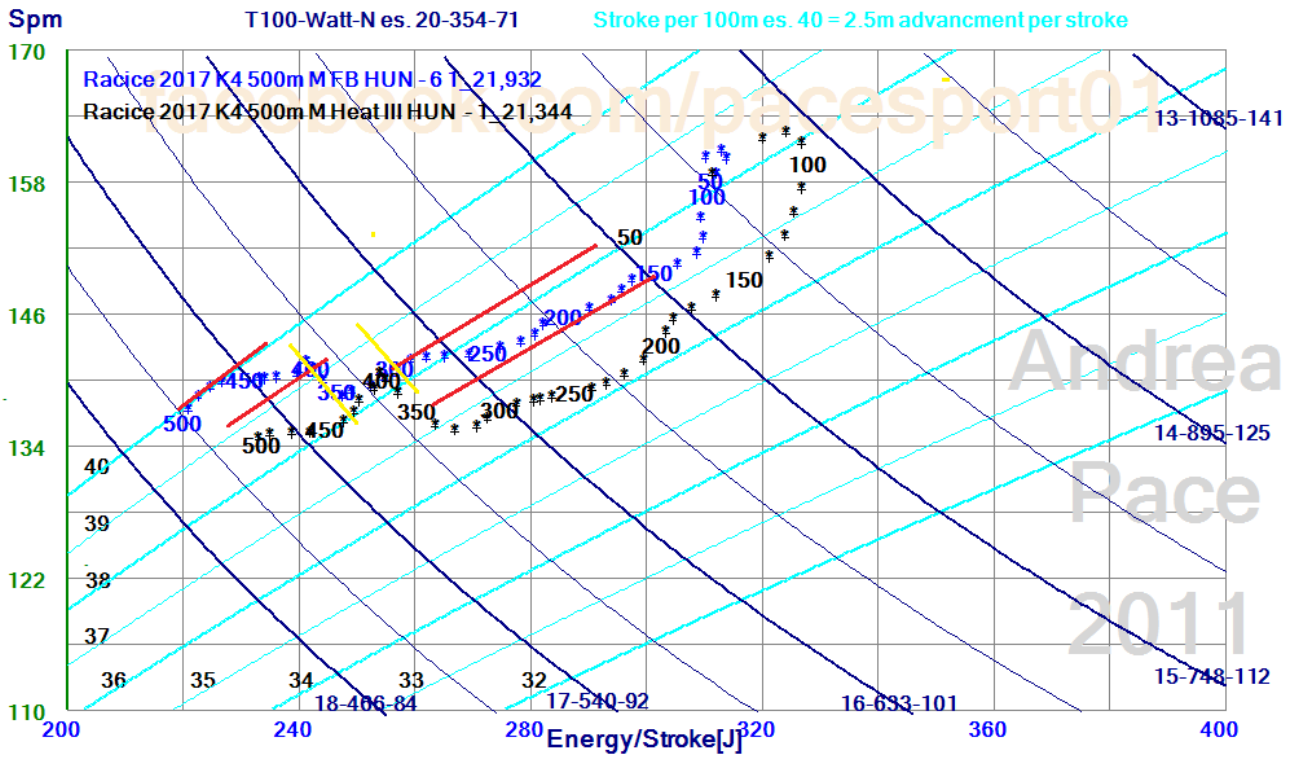


Fig. 3.15

In **Fig. 3.15** l'equipaggio sesto arrivato in Finale B, il K4 HUN. Nei tre tratti di gara abbiamo:

- variazione massima di n100 tra i 150 ed i 300m uguale a **0.9**;
- variazione di T100 tra i 300m e 400m di **0.4"** (calo di velocità); e
- variazione di n100 tra i 400m e 500m uguale a **0.8**;

In **Fig. 3.16** l'equipaggio settimo arrivato in Finale B, il K4 ARG. Nei tre tratti di gara abbiamo:

- variazione massima di n100 tra i 150 ed i 300m uguale a **2.2**;
- variazione di T100 tra i 300m e 400m di **0.3"** (calo di velocità); e
- variazione di n100 tra i 400m e 500m uguale a **1.4**;

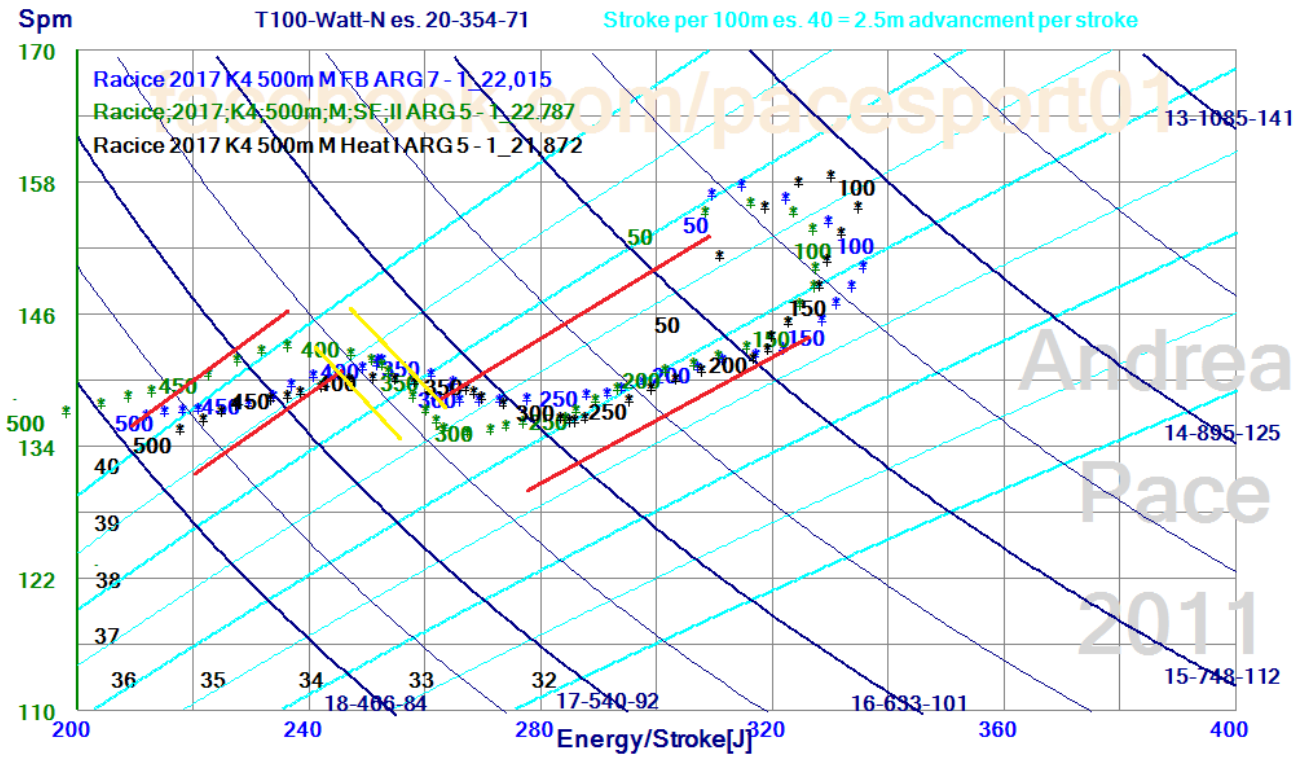


Fig. 3.16

-

In **Fig. 3.17** l'equipaggio ottavo arrivato in Finale B, il K4 POR. Nei tre tratti di gara abbiamo:

- variazione massima di n100 tra i 150 ed i 300m uguale a **1.1**;
- variazione di T100 tra i 300m e 400m di **0.1"** (calo di velocità); e
- variazione di n100 tra i 400m e 500m uguale a **0.8**;

Questo equipaggio nella statistica effettuata con i tre parametri indicati sopra (cioè 1.1, 0.1" e 0.8) figurerà tra gli equipaggi con caratteristiche qualitative più simili agli equipaggi della Finale A; tuttavia il risultato è tra i peggiori; in questo caso i punti critici vengono evidenziati in **Fig. 3.17b** con tre circonferenze in colore Magenta.

L'errore principale, è quello di avere un comportamento fisso: tranne lo n100, il resto deve variare durante la gara; questo comprende anche la velocità stessa.

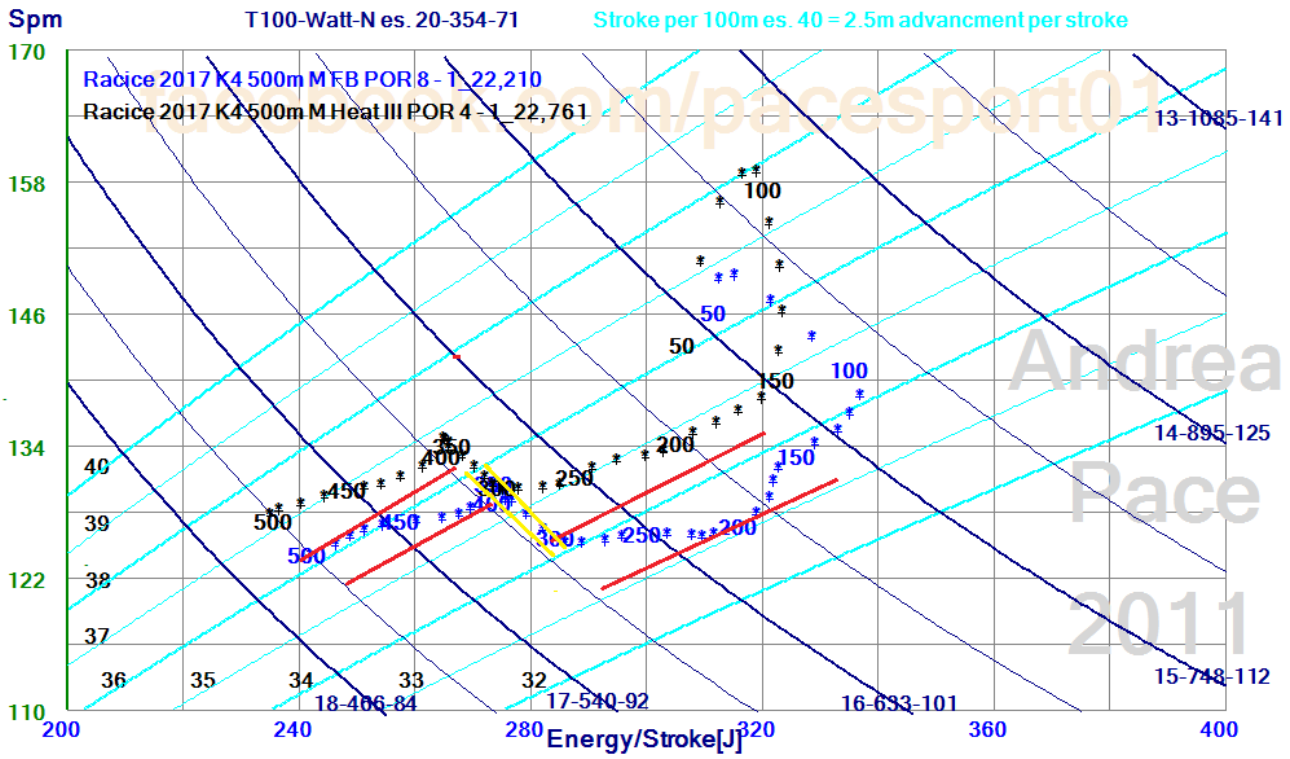


Fig. 3.17

In **Fig. 3.17b** a partire da destra la prima circonferenza evidenzia un velocità costante per ben 30 metri (dai 70m ai 100m); questa tattica produce molti danni per un piccolo vantaggio; osservando le altre gare dei partecipanti alla Finale A si noterà che questo non accade mai; è meglio ottenere una velocità maggiore e poi adeguare la frequenza con energia/colpo in leggera diminuzione per poi iniziare ai 150m la fase di decelerazione con n100 costante, ottenendo la stessa velocità con un rendimento decisamente superiore; risparmiando in questo modo le energie che permettano insieme ad altri elementi, di effettuare un incremento di velocità ai 300m. Inoltre, il fatto stesso che (nella finale B rappresentata in colore blu) la velocità ai 110m sia uguale a quella riportata ai 70m ed ottenuta con un valore di frequenza inferiore di 10 (da 149spm a 139spm) indica che l'equipaggio K4 POR ha una assoluta incapacità di gestire bene le frequenza al di sopra del 140spm: sono bloccati da quello che da decenni viene indicato come "il muro della velocità"; questo termine venne coniato da qualche allenatore che, non riuscendo a far migliorare la velocità degli atleti ipotizzava che si trattasse di un limite degli atleti piuttosto che una sua incapacità.

La seconda circonferenza evidenzia il fatto che nella Finale B (colore blu) dai 200m ai 300m il K4 POR ha effettuato un tratto con frequenza costante

diminuendo la velocità; questo è un altro elemento utilizzato in Finale A solo dal K4 CZE.

La terza circonferenza evidenzia il punto ai 350m che coincide con il punto ai 400m; si tratta di un altro elemento fisso; fissare la velocità della barca ha un costo notevole, in quanto la mancanza di decelerazione richiede una forza aggiuntiva che varia dal 5 al 10% della forza applicata e l'equipaggio non può essere in grado di fornirla con le stesse condizioni di avanzamento.

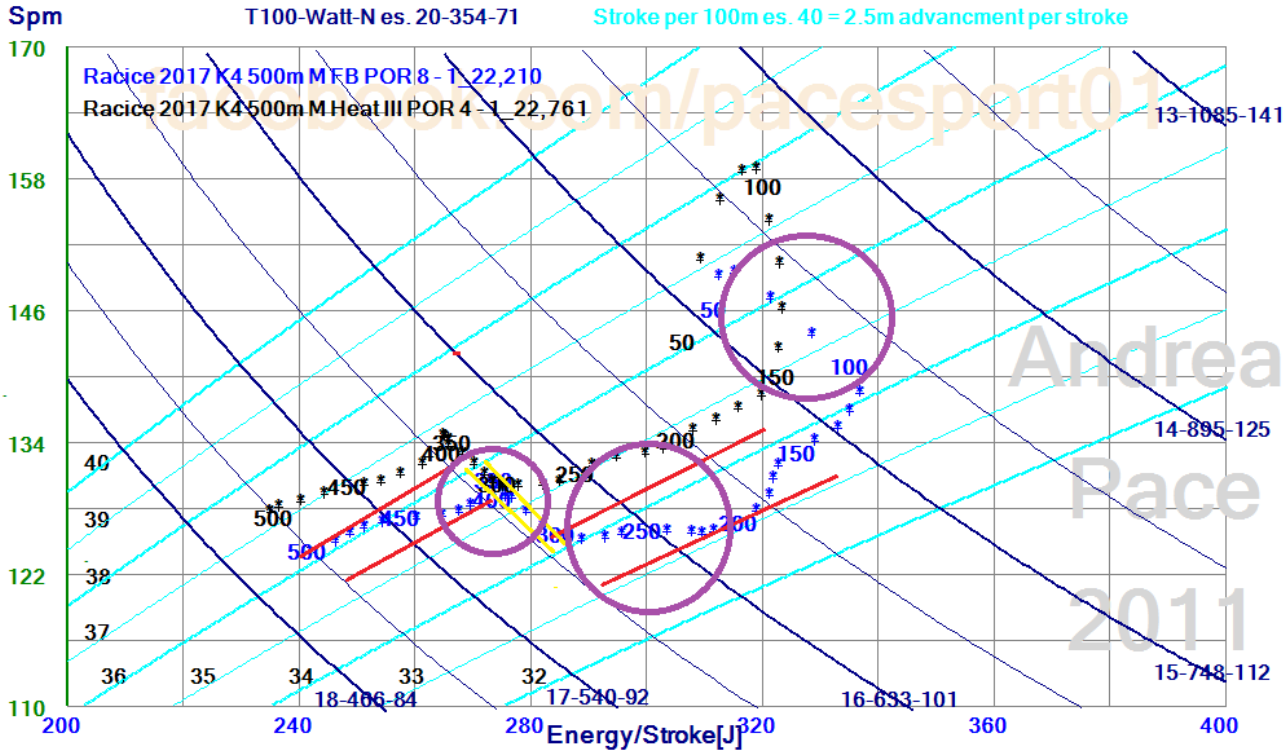


Fig. 3.17b

In **Fig. 3.18** l'equipaggio nono arrivato in Finale B, il K4 NOR. Nei tre tratti di gara abbiamo:

- variazione massima di n100 tra i 150 ed i 300m uguale a **1.5**;
- variazione di T100 tra i 300m e 400m di **0.4"** (calo di velocità); e
- variazione di n100 tra i 400m e 500m uguale a **1.9**;

In **Fig. 3.19** una tabella con i 17 risultati delle finali A e B del K4 500m W (nella finale B mancano i dati dell'equipaggio terzo arrivato RUS). Nelle tre colonne sono riportati i valori di variazione massima nei tre tratti considerati per gli equipaggi maschili. In blu sono stati inseriti i dati della Finale A ed in colore verde gli equipaggi della Finale B.

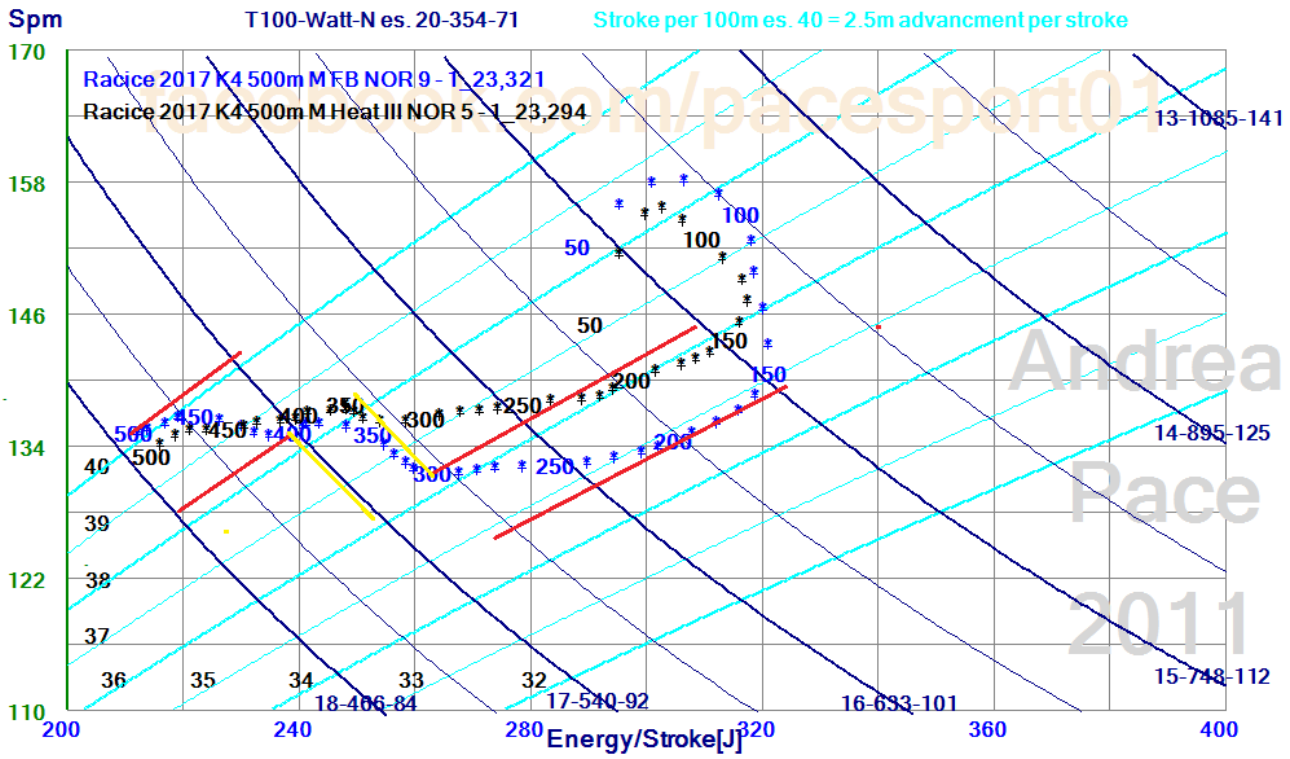


Fig. 3.18

K4 W	150m .. 300m	300m .. 400m	400m .. 500m
HUN	1,0	0,4	1,5
GER	1,7	0,3	0,8
NZL	1,0	0,4	1,2
FRA	0,9	0,3	1,9
UKR	0,8	0,3	1,8
POL	2,2	0,1	1,9
SRB	1,0	0,3	1,0
ESP	3,1	0,3	2,3
GBR	1,9	0,8	0,7
POR	0,9	0,9	0,5
CAN	0,9	0,3	1,4
RUS			
DEN	1,5	0,9	0,5
ARG	1,2	0,4	0,9
KOR	2,2	1,4	0,9
UZB	1,5	0,4	0,9
ROU	1,7	1,3	2,3
CZE	0,8	1,0	0,7

Fig. 3.19

Capitolo 4: Correlazione statistica tra dati qualitativi raccolti dalle gare ed ordine di arrivo.

Nel **Capitolo 3** sono stati estratti 3 valori per ogni equipaggio; questi valori sono stati definiti nel Capitolo 2; per comodità si riporta qui sotto la definizione:

- variazione di n100 tra i 150m e 300m;
- variazione di T100 tra i 300m e 400m; e
- variazione di n100 tra i 400m e 500m;

Come viene mostrato nella **Fig. 4.1** i valori vengono normalizzati in modo tale da fornire zero per il valore minimo e 100 per il valore massimo; il valore qualitativo di ogni equipaggio è espresso dalla colonna **L** in Fig. 4.1; si ricorda che il valore 100 corrisponde all'equipaggio con qualità peggiori. In colonna I, J e K ci sono i valori in parti per cento, per ogni tratto di percorso analizzato e corrispondenti ai punti 1, 2, e 3 indicati all'inizio del Capitolo 2.

Dal punto di vista aritmetico la colonna L è stata realizzata come una media delle colonne I, J e K pesata rispetto alla lunghezza in metri del tratto di gara rappresentato con la seguente formula:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1									1,7 = 100	0,7 = 100	2,4 = 100	Ris 100
2								Tempo	A	B	C	Tot
3	GER	0,8	-0,2	-0,7	0,3	0	0,5	77,734	17,65	0,00	20,83	13,51
4	ESP	0,5	0,4	-0,6	0	0,6	0,4	78,371	0,00	85,71	16,66	29,25
5	CZE	1,3	0,1	0,7	0,8	0,3	0,5	78,729	47,06	42,86	20,83	38,36
6	RUS	1,4	-0,2	-1	0,9	0	0,8	79,039	52,94	0,00	33,33	32,21
7	SVK	0,6	0,1	2,1	0,1	0,3	1,9	79,471	5,88	42,86	79,15	37,38
8	SRB	0,6	0	0,5	0,1	0,2	0,3	79,666	5,88	28,57	12,50	14,25
9	FRA	1,4	0	-2,6	0,9	0,2	2,4	79,766	52,94	28,57	99,98	59,41
10	BLR	1,6	0,4	0,2	1,1	0,6	0	79,887	64,70	85,71	0,00	52,21
11	LTU	1,4	0,4	0,4	0,9	0,6	0,2	80,176	52,94	85,71	8,33	49,55
12	CAN	2,1	0,5	0,9	1,6	0,7	0,7	80,738	94,11	100,00	29,16	77,23
13	ITA	1,4	0,3	1,7	0,9	0,5	1,5	81,049	52,94	71,43	62,49	60,94
14	POL	1	0,3	1,7	0,5	0,5	1,5	81,482	29,41	71,43	62,49	50,86
15	UKR	1,1	-0,2	1,3	0,6	0	1,1	81,588	35,29	0,00	45,83	28,22
16	ROU	1	0,3	2,1	0,5	0,5	1,9	81,649	29,41	71,43	79,15	55,62
17	HUN	0,9	0,4	0,8	0,4	0,6	0,6	81,932	23,53	85,71	25,00	41,71
18	ARG	2,2	0,3	1,4	1,7	0,5	1,2	82,015	99,99	71,43	49,99	77,54
19	POR	1,1	0,1	0,8	0,6	0,3	0,6	82,210	35,29	42,86	25,00	34,51
20	NOR	1,5	0,4	1,9	1	0,6	1,7	83,321	58,82	85,71	70,82	69,93
21					1,7	0,7	2,4					

Fig. 4.1

L = I * (150/350) + J * (100/350) + K * (100/350);

Il comportamento qualitativo migliore è stato realizzato dagli equipaggi GER e SRB rispettivamente con 13.51 e 14.25; il record negativo va agli equipaggi CAN e ARG rispettivamente con 77.23 e 77.54.

La correlazione tra le singole colonne I, J e K rispetto il tempo impiegato in gara **non** è statisticamente significativo: è logico aspettarselo, poichè un equipaggio può guadagnare qualche decimo di secondo in un tratto di gara, e poi perdere più di un secondo facendo male il resto della gara.

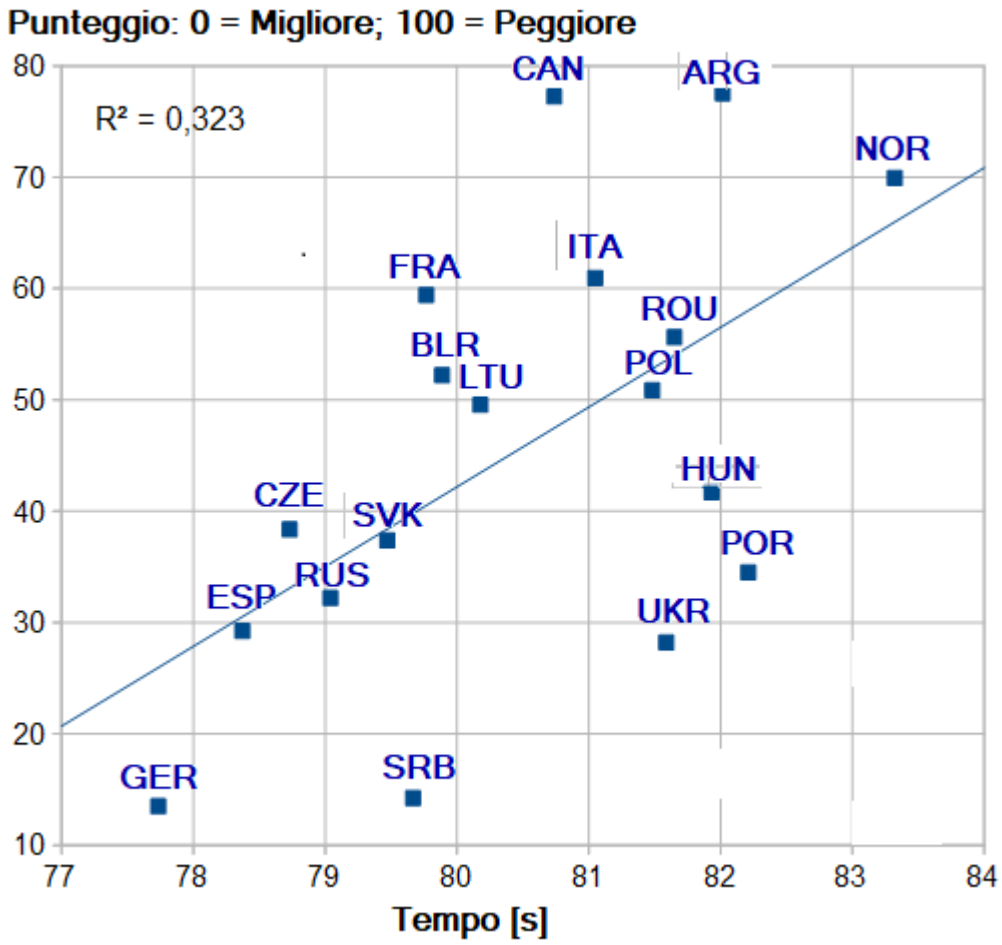


Fig. 4.2

In **Fig. 4.2** si mostra il grafico relativo al RIS 100 (colonna L di Fig. 4.1) rispetto ai tempi di arrivo; si aggiunge la linea di regressione dei dati e il coefficiente di

correlazione r^2 = 0.323.

Ai fini pratici, il fatto che il nostro equipaggio sia uno dei 18 esaminati o meno, non ha alcuna importanza: basta avere i dati per elaborare il grafico-h (tramite gps o videoanalisi) e poi eseguire i pochi conti fatti per eseguire il confronto con tutti i finalisti dei campionati del mondo. Fino ad ora avevamo solo la possibilità di confrontare il tempo di un nostro equipaggio rispetto agli altri; ora possiamo misurare le qualità del nostro equipaggio e, tramite i dati statistici, sapere quale sarebbe la sua posizione di arrivo in base a queste qualità; poi sarebbe facile giudicare se prestare più attenzione al rendimento idrodinamico e meccanico piuttosto che ai fattori metabolici. Ad esempio, se il nostro equipaggio avesse un risultato pari a 80 dovremmo cercare di migliorare prima gli aspetti tecnici con un feedback che riguardi il rendimento piuttosto che i tempi realizzati; se il nostro equipaggio avesse un risultato pari a 10, prima dovremmo misurare gli aspetti metabolici individuali in gara, per assicurarci che tutti gli elementi abbiano espresso il massimo potenziale disponibile, e poi procedere per un allenamento basato sulla fisiologia. Nel caso in cui ci sia un stagnazione del risultato resta una speranza di miglioramento solo nell'aspetto tecnico-meccanico-idrodinamico; quindi, in pratica, più è elevato il punteggio dell'equipaggio, e più abbiamo speranze di migliorare tempo realizzato in gara elevando il rendimento.

Capitolo 4.1: Significatività della correlazione effettuata.

Vengono utilizzati i metodi statistici standard per controllare se la correlazione tra punteggio e risultato cronometrico sia dovuta un fenomeno casuale. Si anticipa che la probabilità che la correlazione sia valida per caso, è risultata essere inferiore allo 1%; questo significa che la correlazione con il modello di gara scelto nel capitolo 2 ed il risultato cronometrico è ottima.

Con il valore di **r^2** pari a 0.323 (indicato in Fig. 4.2) ed il numero di punti pari a 18 la variabile **t** di Student ha il valore di:

$$\mathbf{t} = r * \text{sqrt}((n-2)/(1-r^2)) = 0.568 * \text{sqrt}((18-2)/(1-0.323)) = 2.76$$

confrontando questo valore con le tabelle ad una coda (la valutazione è monodirezionale, poichè il caso ideale ha un valore uguale a zero) si trova il valore di P, la probabilità che questa correlazione sia avvenuta per caso, inferiore a 0.01, cioè esiste meno dello 1% di probabilità che la correlazione risulti valida per caso.

Capitolo 4.2: Conclusioni riguardo la correlazione statistica ed il suo utilizzo.

Come già è stato accennato per il K4 POR (Capitolo 3), ci sono altri aspetti qualitativi da esaminare; tutti questi elementi sono stati scelti in base alle conoscenze di idrodinamica e fisiologia.

Il senso di questo studio è di avere un sistema diagnostico basato sul modo migliore per ottimizzare il rendimento idrodinamico e fisiologico; l'obiettivo è quello di poter capire intuitivamente ed istantaneamente le differenze tra tre gare inserite nello stesso grafico; in seguito si può approfondire, discriminare ed analizzare i punti critici; quindi analizzeremo il nostro equipaggio, guidati dal grafico-h e dal confronto con il risultato statistico, per poi andare oltre ed ottimizzare i singoli atleti e l'attrezzatura.

Questo tipo di analisi guida l'allenatore; come è stato visto nel Capitolo 3, nessun equipaggio riesce a cambiare di molto le sue qualità tra le gare eliminatorie e la finale; questo lavoro diagnostico serve per un programma a lungo termine in cui gli atleti vengano addestrati secondo alcuni criteri, come indicato dai libri [1, 3]. Gli elementi come gli automatismi, la adattabilità individuale e gli automatismi in equipaggio, fanno emergere le qualità correlate al punteggio migliore.

Per rendere più semplice la comprensione dei problemi tecnici si immagini di avere due coppie di atleti per formare un k2 500m

- Rauhe, Liebsher
- McKeever, Dostal

E' una scelta ovvia, anche perchè McKeever fa unicamente gare di 200m; il senso però è un altro. Rauhe e Liebsher mostrano di avere un rendimento molto elevato sia con n100 = 35 che n100 = 45, e questo riescono a realizzarlo durante una stessa gara in K1; Dostal sembra rendere solo con avanzamenti elevati (con n100 < 40) mentre McKeever gareggia con n100 superiori a 45; quindi nel K2 uno dei due avrebbe sicuramente un rendimento inferiore a quanto non realizzi in K1.

Una altra considerazione la possiamo fare così: per i K4 con il punteggio più basso non possiamo affermare che si sia stato simultaneamente il massimo rendimento tecnico-idrodinamico e quello fisiologico; è infatti possibile che uno degli elementi del K4 si sia sacrificato per ottenere una ottima qualità tecnica per il K4 ma che non sia riuscito ad esprimere al meglio tutte le sue risorse fisiologiche. L'esempio più semplice potrebbe essere quello di un elemento che è abituato a gareggiare con una frequenza molto diversa dagli altri tre canoisti

Quindi, anche per gli equipaggi qualitativamente migliori occorre saper valutare i

singoli K1 sia dal punto di vista individuale che nelle condizioni di gara in K4 per i parametri utilizzati: cioè tutti i parametri riportati nella Tab. 1.2; ma in genere anche una semplice verifica con tutti gli n100 utilizzati in gara è sufficiente.

Dal punto di vista tecnico, per ottenere un diverso n100 non basta solamente cambiare la pagaia poichè in quel caso si rischia di peggiorare il rendimento; si tratta di una cosa molto più complessa e descritta bene in [1, 3].

Capitolo 4.3: Un uso statisticamente corretto della correlazione ottenuta tra elementi qualitativi e ordine d'arrivo in gara.

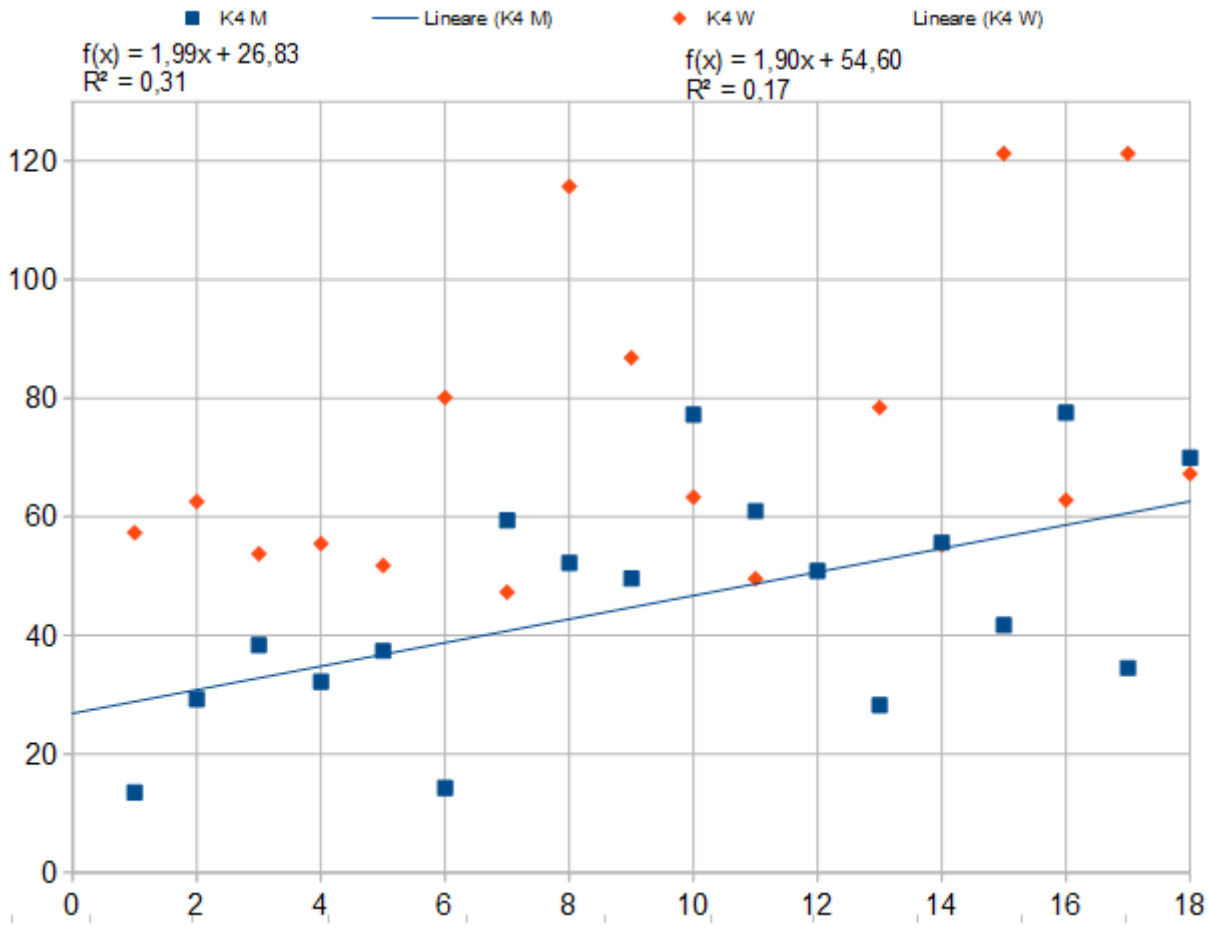


Fig. 4.3

In **Fig. 4.3** vediamo uno dei possibili utilizzi della statistica effettuata sui K4 500m M. Con le formule utilizzate per costruire la tabella in Fig. 4.1 si inseriscono

i dati della Finale A del K4 500m W; dai risultati si ricavano i punti e si confrontano con il grafico del K4 500m M. In questo caso si è scelto di analizzare il risultato qualitativo in funzione dell'ordine di arrivo. La significatività statistica è cambiata di pochissimo e quindi è ancora ottima.

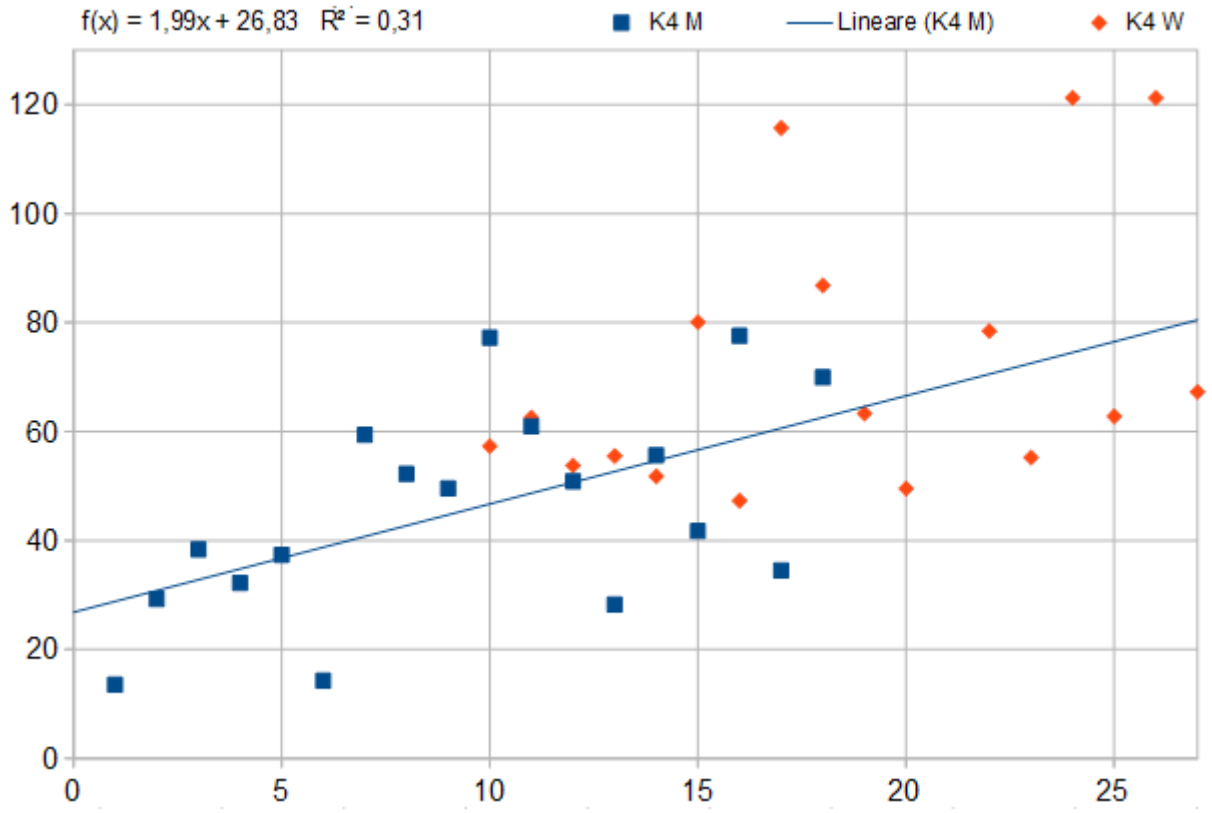


Fig. 4.4

Quello che si nota subito è che i punti in rosso, rappresentanti i 18 equipaggi del K4 500m W, hanno punteggi molto più elevati rispetto ai dati del K4 500m maschile; non è necessaria alcuna statistica per capire che non hanno alcuna correlazione con i dati del K4 500m M: tutti i punti si trovano al di sopra della retta di regressione. Questo indica comunque che il livello femminile sia qualitativamente inferiore.

In **Fig. 4.4** si ripete l'operazione associando l'ordine di arrivo del K4 femminile alle posizione da 10 a 27 della gara maschile; in pratica si associa la Finale A femminile alle posizioni di arrivo dalla Finale B maschile.

Non c'è bisogno di effettuare il calcolo della **t** di Student per capire che ci sia una

buona sovrapposizione, i dati del K4 500m W FA (rombi in rosso) hanno un comportamento qualitativo molto simile a quello del K4 500m M FB. I K4 della finale B femminile hanno valori qualitativi progressivamente superiori confermando che anche in campo femminile il criterio di valutazione utilizzato sia valido. Non ci si è soffermati a effettuare calcoli di significatività poichè comunque la gara è diversa ed è meglio approfondire la questione con più dati alla mano, e personalizzare la analisi qualitativa della gara utilizzando come riferimento i soli dati del K4 500m W.

K4 W											
HUN	1,0	0,4	1,5	0,5	0,6	1,7		29,41	85,71	70,82	57,32
GER	1,7	0,3	0,8	1,2	0,5	1		70,58	71,43	41,66	62,55
NZL	1,0	0,4	1,2	0,5	0,6	1,4		29,41	85,71	58,32	53,75
FRA	0,9	0,3	1,9	0,4	0,5	2,1		23,53	71,43	87,49	55,48
UKR	0,8	0,3	1,8	0,3	0,5	2		17,65	71,43	83,32	51,77
POL	2,2	0,1	1,9	1,7	0,3	2,1		99,99	42,86	87,49	80,09
SRB	1,0	0,3	1,0	0,5	0,5	1,2		29,41	71,43	49,99	47,29
ESP	3,1	0,3	2,3	2,6	0,5	2,5		152,93	71,43	104,15	115,69
GBR	1,9	0,8	0,7	1,4	1	0,9		82,35	142,85	37,49	86,81
POR	0,9	0,9	0,5	0,4	1,1	0,7		23,53	157,14	29,16	63,31
CAN	0,9	0,3	1,4	0,4	0,5	1,6		23,53	71,43	66,66	49,53
RUS											
DEN	1,5	0,9	0,5	1	1,1	0,7		58,82	157,14	29,16	78,43
ARG	1,2	0,4	0,9	0,7	0,6	1,1		41,17	85,71	45,83	55,22
KOR	2,2	1,4	0,9	1,7	1,6	1,1		99,99	228,56	45,83	121,24
UZB	1,5	0,4	0,9	1	0,6	1,1		58,82	85,71	45,83	62,78
ROU	1,7	1,3	2,3	1,2	1,5	2,5		70,58	214,28	104,15	121,22
CZE	0,8	1,0	0,7	0,3	1,2	0,9		17,65	171,42	37,49	67,25

Fig. 4.5

Capitolo 4.4: Utilizzo della retta di regressione a scopo motivazionale

Tutto quello che segue in questo paragrafo è soggetto ad errori, poichè non è stato dimostrato che i risultati delle analisi successive siano significativi; cioè i coefficienti della retta non sono necessariamente significativi ed il risultato va utilizzato a puro scopo motivazionale: per pensare oltre i limiti del 1'17".

Si procede ugualmente, per pura curiosità, ma ogni lettore dovrà ragionare autonomamente sul fatto che il risultato sia affidabile o meno.

In **Fig. 4.6** si risponde alla seguente domanda: quale è il tempo teorico che potrebbe essere realizzato dal nostro equipaggio se fosse qualitativamente perfetto?

Il punto in cui la retta di regressione interseca l'asse in cui il punteggio vale zero corrisponde ad un tempo di **1'14"1**: questo potrà essere il nuovo obiettivo teorico.

I dati utilizzati per riempire i grafici di Fig. 4.3 e Fig 4.4 (rombi in colore rosso) sono riportati nella tabella di **Fig. 4.5**

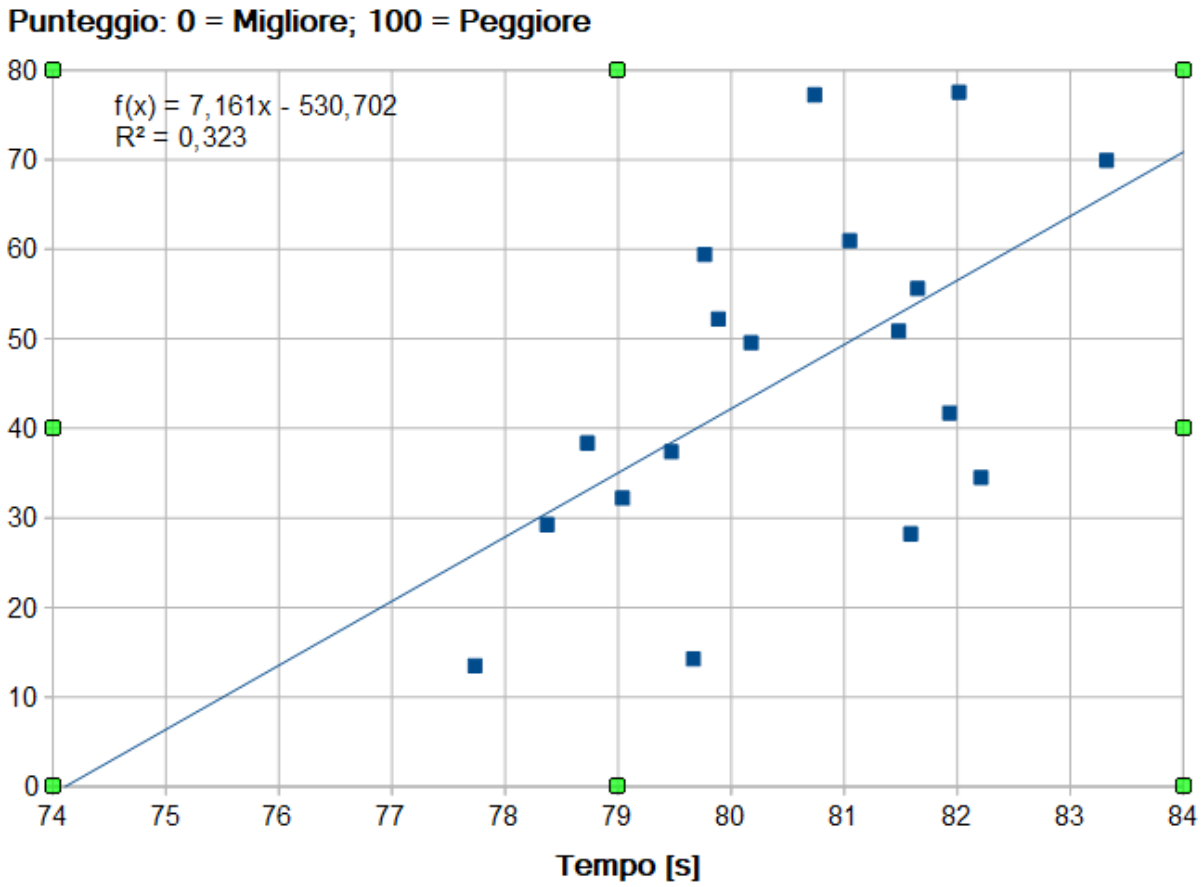


Fig. 4.6

Capitolo 5: Modelli di idrodinamica per la propulsione con diversi valori di avanzamento.

In **Fig. 5.1**. sono riportati i grafici-h dei primi tre equipaggi della finale A del K4 500m M. Dal punto di vista intuitivo, si nota subito che siano grafici molto diversi. Le differenze tra i grafici-h sono di origine qualitativa e quantitativa. Per "quantitativa" si intende una azione indipendente dalla tecnica applicata: nei casi studiati al Capitolo 3 si tratta della velocità massima e la frequenza di pagaiata.

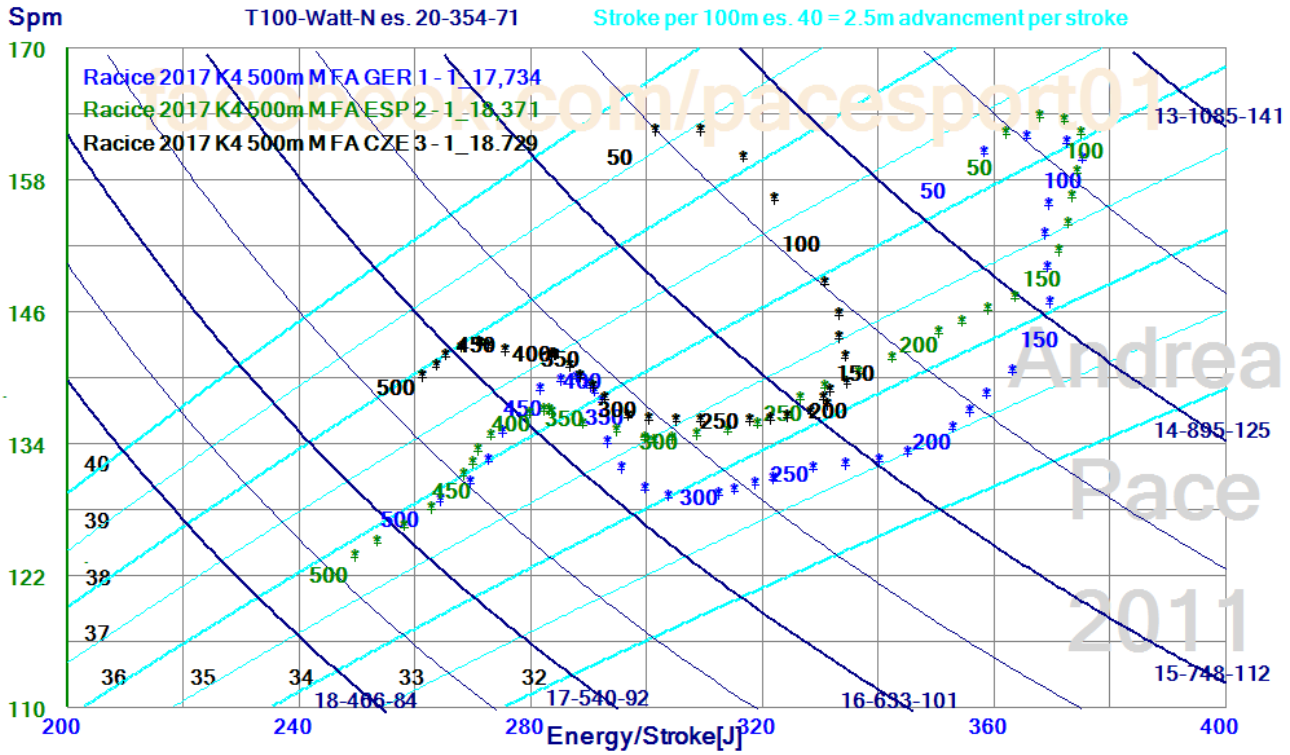


Fig. 5.1

Come già si è esposto nel Capitolo 3, molti equipaggi hanno ottenuto durante la finale un risultato cronometrico migliore rispetto alle fasi eliminatorie. Questo miglior risultato è stato ottenuto mediante una scelta tattica relativa unicamente ad elementi quantitativi. Non è stata effettuata una indagine statistica riguardo la precedente affermazione, ma è quello che risulta evidente osservando i 18 grafici del Capitolo 3.

Nell'articolo [4] è indicato il grafico del rendimento idrodinamico di una elica di nave (in quel testo del 1988, veniva riportato in fig. 6); qui viene ridisegnato in **Fig.5.2.**

I'avanzo, è l'elemento da cui dipende il rendimento.

Il rendimento (**R**) è uguale al rapporto tra potenza meccanica ottenuta e potenza meccanica applicata:

R = (Forza * Velocità della imbarcazione) / (Coppia * velocità angolare dell'elica)

Senza entrare nei dettagli di cosa accada durante le fasi in cui la barca subisce variazioni di velocità, concentriamo la attenzione sull'avanzo nelle condizioni di velocità costante.

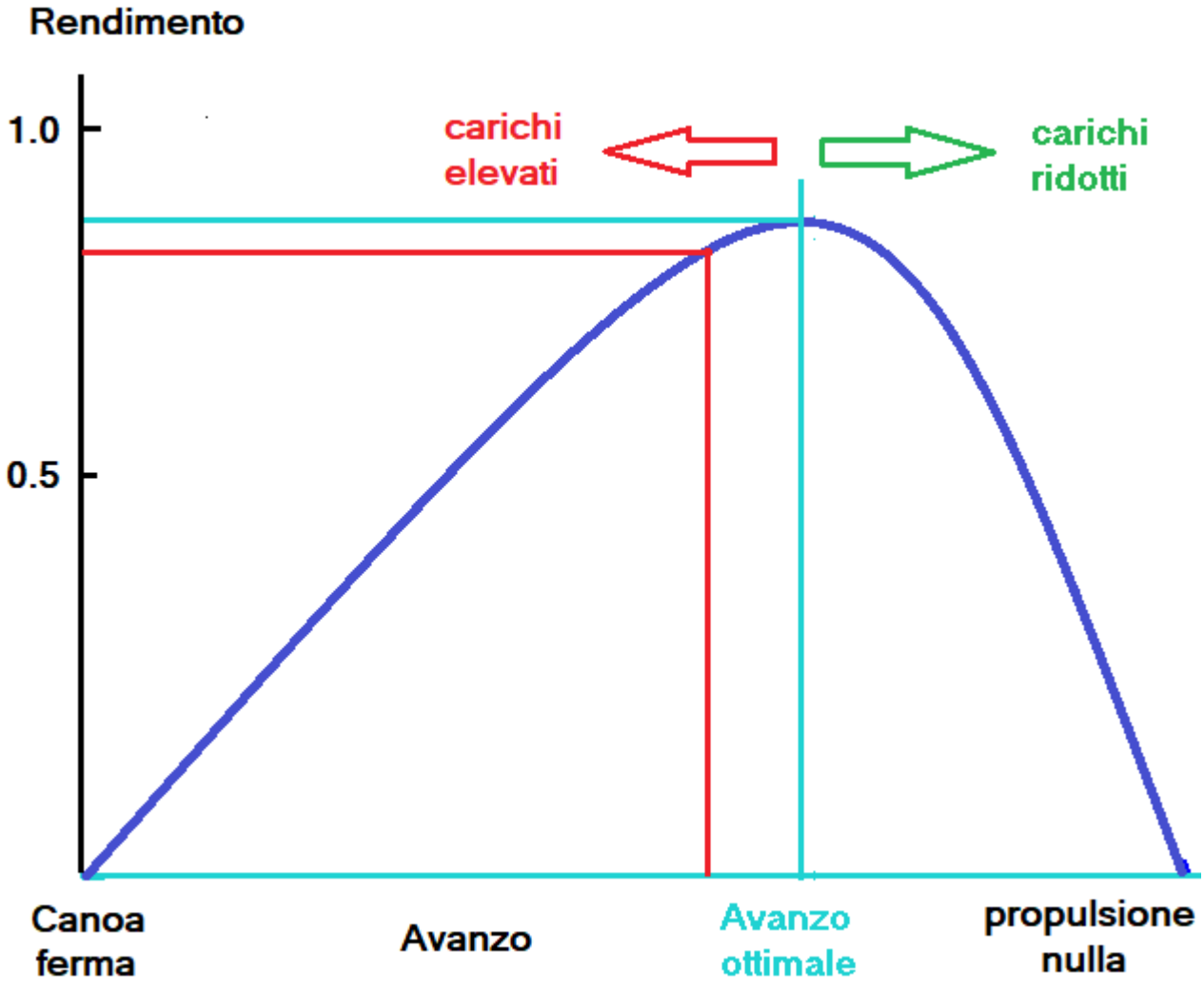


Fig. 5.2

L'avanzo equivale all'avanzamento della barca durante la fase di trazione in acqua. Per gli equipaggi che non effettuano variazioni della %tAcqua durante la gara, l'avanzamento e l'avanzo sono proporzionali e per le analisi del rendimento si preferisce utilizzare l'avanzamento che è facilmente individuabile dal grafico-h. Per una ulteriore facilitazione si utilizza lo n100 invece dell'avanzo.

Consideriamo due imbarcazioni che procedano con la stessa velocità e frequenza. Queste avranno necessariamente lo stesso avanzamento per colpo. In base alla loro %tAcqua avremo avanzi diversi.

Ad esempio due barche che procedano con velocità = 5m/s e frequenza = 120spm hanno un avanzamento pari a 2.5m (n100 = 40). Supponiamo che una delle due imbarcazioni abbia la %tAcqua uguale al 50% , l'avanzo è in questo caso esattamente la metà dello avanzamento (1.25m); in un equipaggio con la %tAcqua del 75 l'avanzo è superiore: precisamente 2.5*0.75 = 1.875m.

Nei casi in cui si vogliano confrontare equipaggi in cui la %tAcqua sia diversa, allora occorre riferire il il rendimento idrodinamico all'avanzo e non all'avanzamento.

Per il seguito utilizzeremo la seguente formula:

avanzo = avanzamento * %tAcqua /100

In questo caso l'allenatore che guardi esclusivamente velocità e frequenza, farebbe un grosso errore dal punto di vista idrodinamico. Supponiamo che il massimo rendimento sia corrispondente all'equipaggio con il 65% (linea in colore ciano nel grafico di Fig. 5.2 ed "avanzo ottimale"), allora con una %tAcqua inferiore l'equipaggio si troverebbe con un avanzo inferiore ed un rendimento inferiore (linee rosse nel grafico). L'osservatore più attento noterà che l'equipaggio con la %tAcqua maggiore muoverà la pagaia con una velocità angolare inferiore, questo fenomeno è dovuto ad un raggio di pagaiata superiore [1, 3].

Ora viene effettuato un confronto più approfondito tra due equipaggi: si tratta del K4 GER con punteggio pari a 13.51/100 contro il K4 CAN con punteggio di 77.23/100 (si rammenta che il punteggio più basso corrisponde alle qualità migliori come già riportato in Fig. 4.1). Durante le rispettive finali A e B disputate e vinte dagli equipaggi presi in considerazione analizziamo cosa accada dopo 160m dalla partenza. In **Fig. 5.3** possiamo verificare che ai 160m i due equipaggi

abbiano lo stesso avanzamento. Con il colore blu sono stati evidenziati i valori della posizione in metri e con il colore rosso sono stati evidenziati i valori di n100.

K4;	Pos;	E/s;	Force;	Adv;	n100;	t100;	Vel;	Pot;	Spm;
GER	140;	370;	126;	2.93;	34.1;	13.95;	7.17;	904;	146.7;
GER	150;	368;	124;	2.97;	33.7;	14.10;	7.09;	879;	143.4;
GER	160;	363;	121;	2.99;	33.4;	14.28;	7.00;	850;	140.5;
GER	170;	359;	119;	3.00;	33.3;	14.43;	6.93;	827;	138.4;
GER	180;	356;	118;	3.02;	33.2;	14.54;	6.88;	811;	136.8;
CAN	140;	343;	114;	3.01;	33.2;	14.86;	6.73;	767;	134.0;
CAN	150;	340;	113;	3.01;	33.3;	14.92;	6.70;	759;	133.8;
CAN	160;	336;	112;	2.99;	33.4;	15.00;	6.67;	748;	133.6;
CAN	170;	331;	111;	2.98;	33.6;	15.08;	6.63;	738;	133.7;
CAN	180;	327;	110;	2.96;	33.7;	15.15;	6.60;	729;	133.6;

Fig. 5.3

Dal momento che il criterio utilizzato per ben due dei tre elementi qualitativi definiti nelle prime righe del Capitolo 2 è proprio colleganto all'avanzamento, si ritiene importante **ripetere** che questo parametro è importante solo come variazione e che per quanto riguarda l'idrodinamica è invece l'avanzo il numero di riferimento. Per semplicità di calcolo viene utilizzato il parametro dell'avanzamento (oppure lo n100 che è matematicamente l'inverso dell'avanzamento: n100 = 100 / avanzamento). Nelle gare dei campionati del mondo gli equipaggi non variano la loro %tAcqua e quindi l'avanzamento è un valore proporzionale all'avanzo e la sua variazione è collegata direttamente a variazioni di rendimento idrodinamico (Fig. 5.2). Nelle gare di livello inferiore possiamo notare anche una variazione della %tAcqua; per verificare piccole variazioni di %tAcqua nelle gare di alto livello occorre avere filmati con un numero elevato di immagini per secondo (dai 60fps in su) e per tutto il percorso. Non disponiamo di tali filmati, tale operazione è comunque molto consigliata per il proprio equipaggio. In questo caso è stata fatta una misurazione sul solo capovoga; i casi in cui ci sia una sistematica mancanza di sincronismo tra i 4 atleti non verranno qui analizzati per brevità e mancanza di filmati adeguati.

I dati di %tAcqua rilevati dai filmati in prossimità dei 160m sono rispettivamente (ed approssimativamente, a causa della mancanza di un buon filmato) di:

K4 GER %tAcqua = 63.6% ; corrispondente a 7 fotogrammi in acqua e 4 in aria
K4 CAN %tAcqua = 54.5%; corrispondente a 6 fotogrammi in acqua e 5 in aria

I numeri relativi alla forza media riportata in tabella sono approssimativamente validi per un K1 con un atleta di 80Kg; dal momento che eseguiamo un confronto il risultato in percentuale è comunque valido. Per restare compatibili con i calcoli successivi è opportuno correggere tali valori moltiplicando per il valore di 2/3, in modo tale da approssimare meglio i dati rispetto al K4 piuttosto che al K1. Dalla tabella di Fig. 5.3 sono rispettivamente di:

K4 GER Forza media sul colpo = 121 * 2/3 = 80.7 N
K4 CAN Forza media sul colpo = 112 * 2/3 = 74.7 N

Dai dati mostrati fino a questo momento, l'allenatore del K4 CAN sarebbe indotto a allenare il deficit di forza (di quasi il 10%) per poter competere con l'equipaggio vincitore.

L'analisi continua. Calcolando la Forza media durante la fase di trazione in acqua il risultato si inverte:

K4 GER Forza media in acqua = 80.7/0.636 = 126.9N
K4 CAN Forza media in acqua = 74.7/0.545 = 137.1N

Fermandosi in questo momento si potrebbe pensare che ci sia un modo magico per andare più veloci con meno forza. L'impulso di forza (l'area del suo grafico in funzione del tempo) è maggiore per il K4 GER ma la forza media in acqua è maggiore per il K4 CAN.

Un altro elemento che interviene è la decelerazione della imbarcazione. Come abbiamo visto nel Capitolo 3 e 4 tutti gli equipaggi della finale A hanno ottenuto il miglior tempo nella finale portando l'imbarcazione ad una velocità molto più elevata. Il T100 è stato migliore di 0.3" ma è stato mantenuto più basso fino ai 300m portando il vantaggio finale a circa 1". Per accelerare l'imbarcazione occorre una forza aggiuntiva, di conseguenza, mentre l'equipaggio decelera dovrà applicare una forza inferiore.

In base a semplici calcoli effettuati con i dati di Fig. 5.2 tra i 150 ed i 170m si ottiene:

K4 GER (7.00-7.17) / (14.28/5) * 100 = -6.0N
K4 CAN (6.63-6.70) / (15.00/5) * 100 = -2.3N

dove il valore 100 è approssimativamente il peso dell'intero equipaggio più barca e pagaie diviso 4 e il risultato è la forza media sul colpo fornita che gli atleti devono applicare in meno sfruttando l'energia cinetica dell'equipaggio.

Sommando questa forza alla forza media sul colpo otteniamo:

K4 GER Forza media sul colpo Reale = 80.7 – 6.0 = 74.7N

K4 CAN Forza media sul colpo Reale = 74.7 – 2,3 = 72.4N

Poi possiamo calcolare anche il risultato della forza media in acqua:

K4 GER Forza media in acqua Reale = 74.7/0.636 = 117.5N

K4 CAN Forza media in acqua Reale = 72.4/0.545 = 132.8N

il rapporto è veramente sorprendente: i**l K4 GER procede applicando in acqua una forza media pari allo 100 * 117.5/132.8 = 88.5% rispetto al K4 CAN**, mentre la forza media sul colpo è quasi uguale. E queso dura dai 150 fino a circa i 300m.

Cerchiamo di capire il vantaggio ottenuto dal K4 GER ottenuto grazie alla sua velocità elevata dopo la partenza. Ai 160m, con lo stesso avanzamento del K4 CAN, procede ad una velocità più elevata (tale da produrre un tempo finale di 3" più basso) e lo fa con:

- circa con lo stesso valore di forza media sul colpo; e
- con una forza media in acqua inferiore di circa il 11%;

il fenomeno continua fino ai 300m ed i due K4 lo fanno in modo diverso: il K4 GER può sfruttare la maggiore energia cinetica dell'imbarcazione e la sua maggiore %tAcqua procedendo con minor forza in acqua fino ai 300m. Quando arrivano ai 300m, i due equipaggi sono praticamente alla stessa velocità: questo è giusto, perchè il K4 GER ha sfruttato la decelerazione e quindi ha perso più velocità rispetto all'altro equipaggio. Il K4 GER ha risparmiato energie fino ai 300m e, oltre al fatto che ha già accumulato un notevole vantaggio (2.0" ai 250m), in quel momento aumenta sia la frequenza che la velocità e può gestire nuovamente un buon tratto con n100 quasi costante nel tratto finale di gara.

Il motivo per cui il K4 CAN utilizzi la frequenza fissa di 134spm e questo lo obbliga ad una continua ricerca del massimo rendimento propulsivo come vedremo in seguito. Il K4 GER invece è in grado di procedere calando la frequenza fino ai 300m con il valore di 129spm, e questo gli permette di mantenere l'avanzo quasi costante. Ovviamente supponiamo che il valore di avanzo scelto sia prossimo all'avanzo ottimale e che il rendimento corrispondente sia molto elevato.

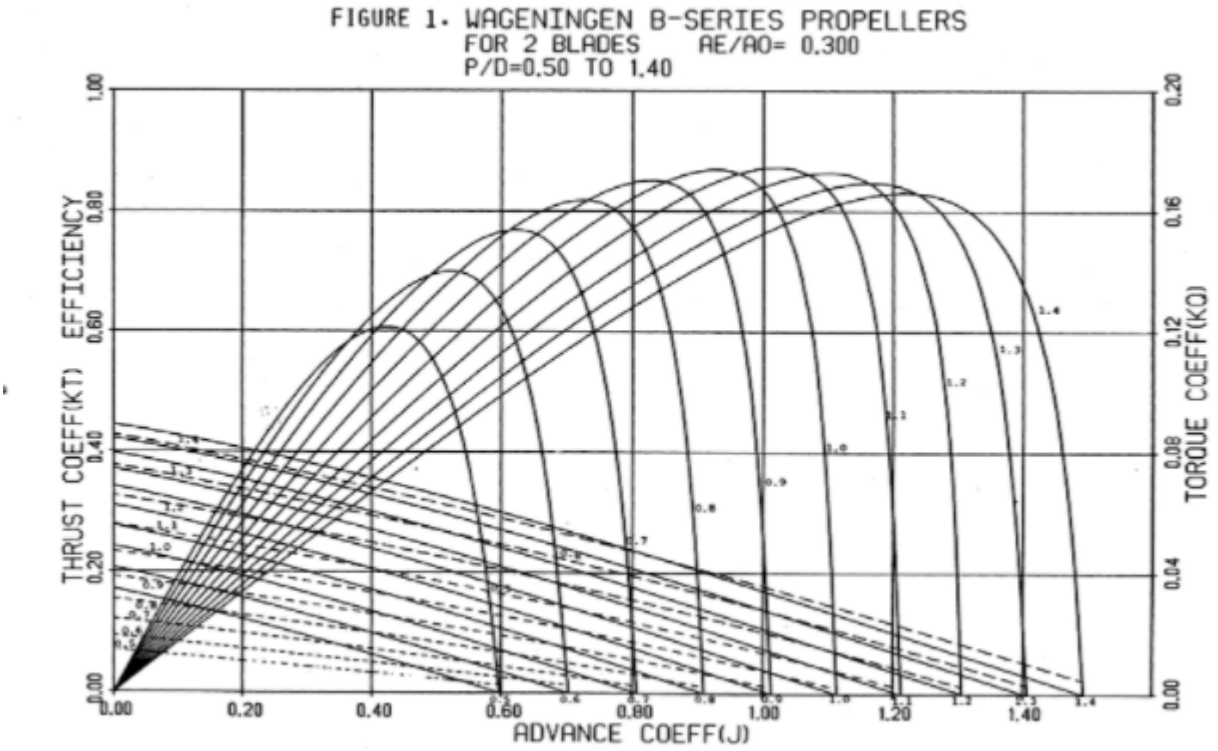


Fig. 5.4

Quello che non abbiamo discusso ancora è come sia possibile per il K4 GER avere il massimo rendimento relativo sia con n100 = 33.5 che 36.5 (con una differenza di circa il 10%. Come si è visto dalla Fig. 5.2 per avanzi inferiori (o superiori) all'avanzo ottimale si ha un rendimento inferiore.

Nelle serie sistematiche studiata in vasca navale (Wageningen 1981) si cercano i valori di massimo rendimento per ogni avanzamento possibile. Questo per l'elica di una nave viene ottenuto variando il "passo", e cioè l'angolo con il quale la pala dell'elica si "avvita" nell'acqua.

Nella **Fig. 5.4** viene mostrato il grafico del rendimento di dieci configurazioni di una elica in cui è stato variato il passo senza cambiare il diametro. Nel kayak accade lo stesso. Difficilmente un atleta cambia pagaia per modificare il suo avanzo, anche nel passaggio da un K1 ad un K4 in cui l'avanzo cambia notevolmente, non viene modificata la lunghezza della pagaia in proporzione e si utilizza qualcosa di simile a quanto fatto nelle eliche.

Non si discute del modo corretto di cambiare l'avanzo mantenendosi su un massimo relativo di rendimento (significa nel massimo di una delle curve di rendimento nella Fig. 5.4), ci occupiamo di come tale sistema sia stato ottimizzato due equipaggi in **Fig. 5.5.**

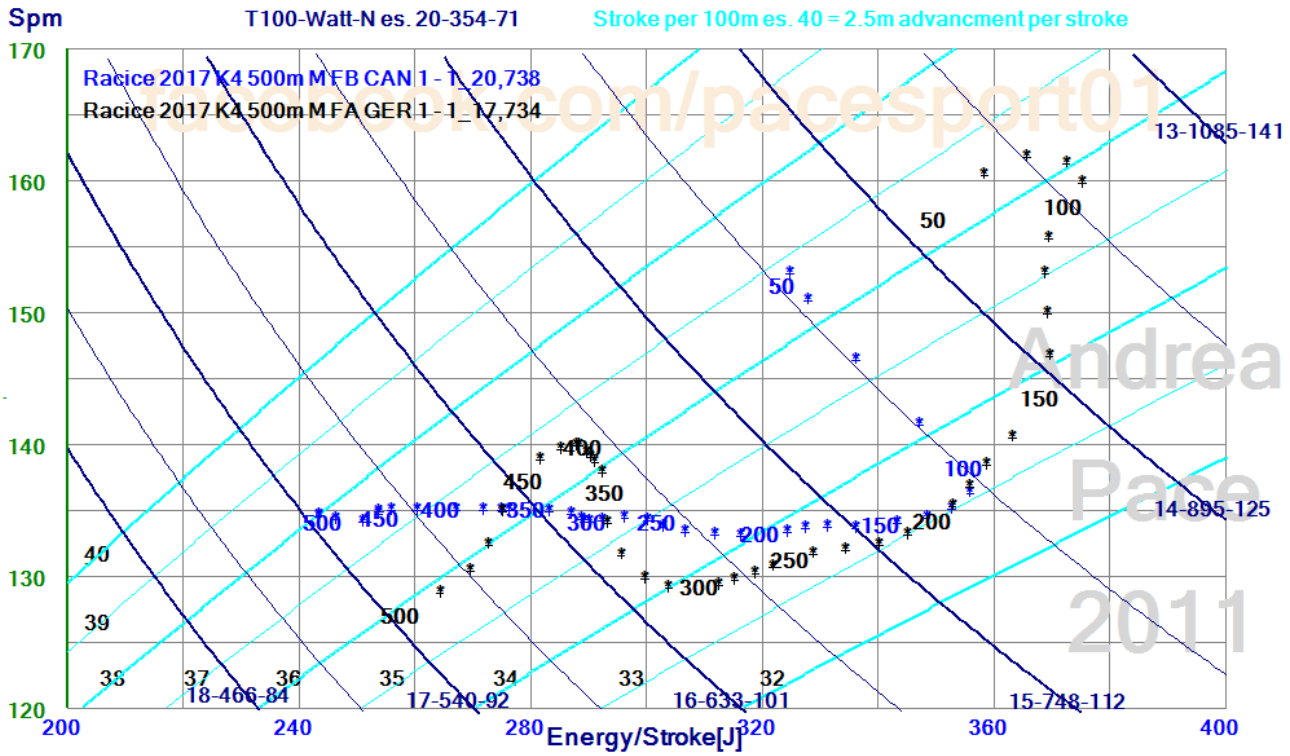


Fig. 5.5

In **Fig. 5.6** si mostra come può essere stato gestita la ricerca del massimo rendimento relativo (su due curve con "passi" diversi) dall'equipaggio K4GER dove con G33 e G36 (in colore blu) si indicano i punti di massimo rendimento relativi ai due avanzamenti utilizzati nelle diverse fasi della gara (da Fig. 5.5). Sempre in Fig. 5.6 si mostra in colore rosso la posizione dei massimi di rendimento per il K4 CAN relativi ai diversi valori di avanzamento utilizzati durante la gara con n100 che varia da 33 a 38. Si nota subito dal grafico di Fig 5.5 che ogni valore di massimo rendimento è più basso man mano che si utilizzino avanzi inferiori e la difficoltà pratica di trovare tante volte il massimo di ogni curva di rendimento utilizzata rende arduo il compito per il K4 CAN. Per questo motivo si è detto in precedenza che, per quanto sia possibile effettuare un'ottima

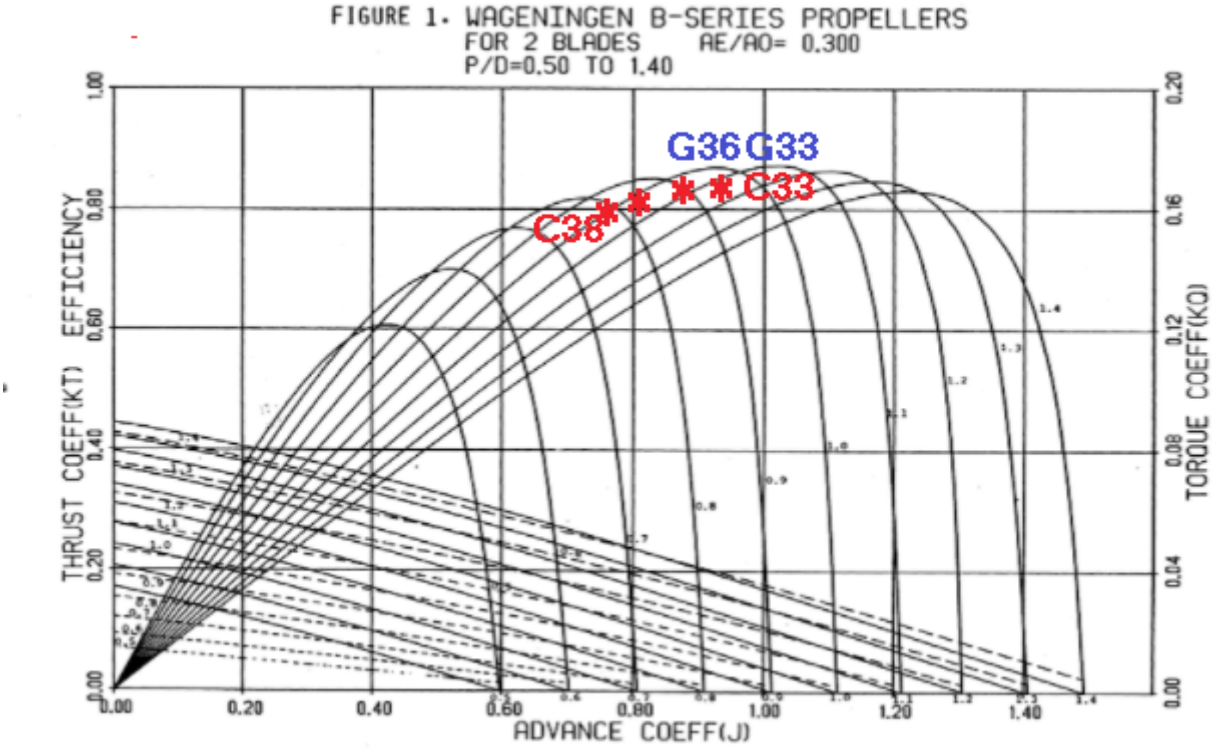


Fig. 5.6

gara variando la velocità e tenendo la frequenza costante, questo fenomeno sia comunque improbabile e destinato ad equipaggi con capacità tecniche superiori piuttosto che inferiori.

Per quanto riguarda la capacità di cambiare avanzamento tramite qualcosa di simile al "passo delle eliche (pitch)", conviene valutare attentamente gli atleti che lo fanno senza cambiare la tecnica o i parametri della metatecnica connessi al rendimento.

Come esempio pratico in **Fig. 5.7** si mostrano due K1 nei 1000m.

In questo caso un atleta (Poulsen in colore rosso) procede sostanzialmente con avanzamento quasi costante, o variabile lentamente di circa il 4% (relativo a n100 circa uguale a 40). Come è facile verificare dalla Fig. 5.2, una variazione del 4% dello avanzo produce una riduzione del rendimento molto bassa, purchè ci si mantenga nei valori intorno all'avanzo ottimale. Il fatto di avere comunque la capacità di adeguare lo avanzo è importantissimo quando cambino le condizioni che rendono la gara più o meno veloce, non a caso molti atleti vincono

prevalentemente nelle gare "veloci" mentre ad altri accade di vincere solo con il vento contrario. L'atleta che riesce a far coincidere l'avanzo ottimale dal punto di vista propulsivo all'avanzo ottimale dal punto di vista della energia ciclica esposta in questo capiloto, avrà migliori probabilità di successo.

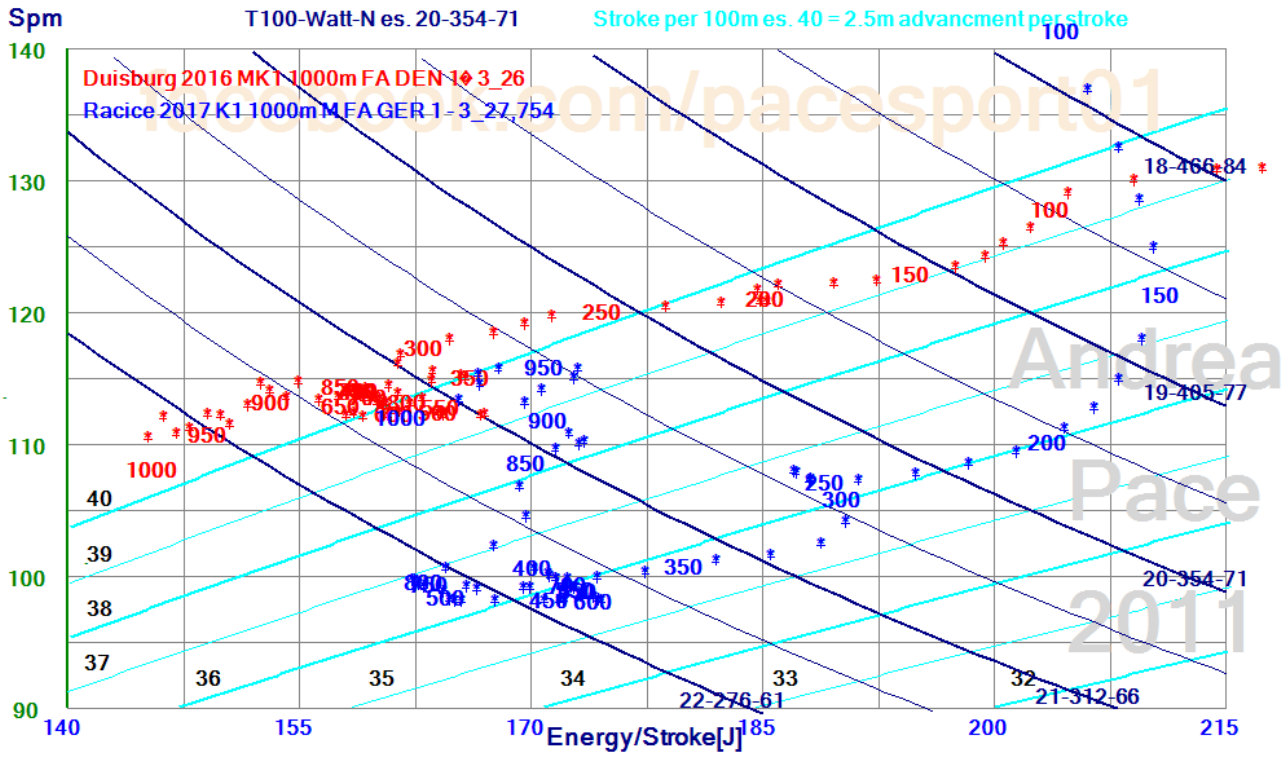


Fig. 5.7

Un altro atleta (Liebscher in colore blu) procede con n100 = 36 per la fase centrale ed n100 = 40 per le fasi iniziale e finale. I tratti intermedi vengono affrontati con una modalità molto vicina alla verticale nel grafico-h, e cioè con energia/colpo costante. Per informazioni di come si effettui un tale cambio di avanzamento, oppure di come si riesca ad evitarlo, conviene osservare direttamente i filmati di questi due atleti, ed in seguito anche di altri indicati nel testo [3]. Per i dettagli di come tutto questo si possa realizzare e preparare con esercitazioni in acqua ed in palestra si rimanda ad una successiva pubblicazione in corso di preparazione.

Bibliografia

- [1] Jernej Župančič Regent, "Priročnik za trenerje kajaka na mirnih vodah" (Manuale per allenatori di canoa sprint)
- [2] Andrea Pace, "Diagnosis from the race"
- [3] Andrea Pace, "Complements to the Base Technique in Sprint Kayak; Methods of Evaluation" – EBS Print – ISBN 9788893491389
- [4] Andrea Pace, "Aspetti meccanici ed idrodinamici della canoa" Canoa Ricerca Anno III N°10 - Settembre 1988.