

IL CAPRONI CA.20, UN'ALTERNATIVA NAZIONALE AI CACCIA PRODOTTI SU LICENZA?

INTRODUZIONE

Nel corso del Primo Conflitto Mondiale si ebbe il primo impiego estensivo dell'aviazione come strumento bellico; durante i quattro lunghi anni di guerra l'aviazione militare subì uno sviluppo impetuoso, sia dal punto di vista tecnologico che dottrinale.

Sempre nel corso del conflitto si ebbe la prima, vera differenziazione degli apparecchi; nei cieli europei fecero la loro comparsa i ricognitori, i primi esemplari di bombardieri ed i velivoli destinati alla caccia.

Come noto, al suo ingresso nel conflitto nel corso del 1915 l'Italia risultava sprovvista di una specialità da caccia nella propria aviazione. Per rimediare a questa carenza si ricorse nei primi mesi di operazioni alla conversione (anche se sarebbe più corretto parlare di adattamento) di alcuni biplani biposto del tipo Nieuport Ni.10 prodotti su licenza dalla Macchi.

Tale soluzione di ripiego però dette scarsi risultati: il velivolo francese faticava a fare quota e aveva scarse prestazioni velocistiche.

Per tutta la durata del conflitto l'aviazione da caccia italiana avrebbe basato i propri organici su velivoli di concezione estera, segnatamente progettati in Francia, e riprodotti in Italia su licenza. Ciò nonostante i progettisti italiani non rimasero inoperosi cercando a più riprese di realizzare, con scarso successo, un caccia di concezione nazionale: il pur celebre Ansaldo S.V.A. dovette essere impiegato in missioni di natura completamente differente, mentre il derivato A.1 Balilla così come il primo, avveniristico, progetto di Marchetti siglato M.V.T., ed il velocissimo Adamoli-Cattani vennero realizzati troppo tardi per prendere parte attiva al conflitto. Ben prima di tutto questo, un altro velivolo da caccia venne progettato in Italia; infatti già nel 1914 Gianni Caproni depositò il brevetto di quello che sarebbe divenuto il Caproni Ca.20.

Col presente articolo, dopo una breve descrizione generale, verrà esposta una valutazione comparata delle prestazioni del caccia Caproni e del suo diretto "concorrente": il Nieuport Ni.11 che allora equipaggiava la quasi totalità delle squadriglie da caccia italiane.

CAPRONI CA.20

Storia

Fra gli italiani colpiti dalla "febbre" per l'aviazione, diffusasi in Europa al passaggio delle notizie dei successi conseguiti dai fratelli Wright, un posto d'onore spetta sicuramente a Gianni Caproni.

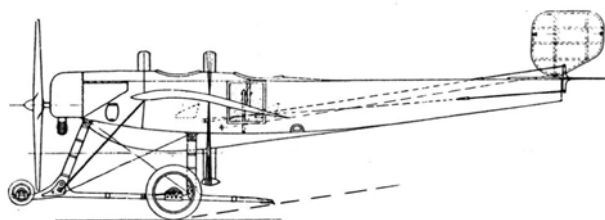
Accostatosi molto presto all'aviazione Caproni completò, iniziando una proficua collaborazione con H. Coanda, il primo veleggiatore nel corso del 1908; già nel 1910 l'ingegnere trentino riuscì ad approntare, e a far volare il suo primo velivolo a motore. Ad esso seguirono nell'anno successivo diversi prototipi, tutti contraddistinti da un elevato contenuto tecnologico, e da una serie di brevetti direttamente correlati all'aviazione.

Tra essi spiccano il sistema di comando del velivolo adottato su tutti i primi velivoli Caproni (ed oggi apprezzabile sul Ca.1 restaurato ed esposto presso il Museo dell'Aviazione di Malpensa) ed il profilo alare a doppia curvatura adottato sul Caproni Ca.6.

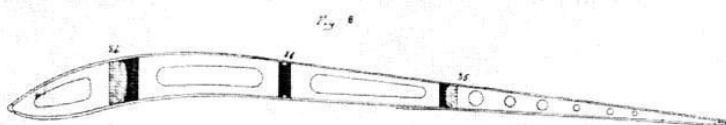
Sull'onda del clamore suscitato dalla traversata della manica da parte di Bleriot, Caproni passò nel corso del 1911 alla realizzazione di una prolifica serie di monoplani che, nel periodo 1911-1913, conquistarono una serie di primati nazionali e mondiali, attirando nel contempo l'attenzione dei militari. Nel corso del 1912 le autorità italiane, per compensare l'usura dei mezzi impiegati nel conflitto libico, indissero un concorso per apparecchi militari; le richieste ufficiali si orientarono verso la preferenza di velivoli già ampiamente collaudati, fu così che tutte le aziende interessate si rivolsero all'estero per ottenere le necessarie licenze di produzione.

Caproni si orientò verso il monoplano Bristol, progettato dal già citato vecchio compagno di studi, Coanda.

La scelta venne premiata con un ordine per 12 esemplari del velivolo inglese; con la sua struttura semplice e moderna il Bristol Monoplane influenzò Caproni tanto da convincerlo ad adottare un'analogia struttura alare, ancorché irrobustita, ed un profilo alare simile per il monoplano Caproni Ca.18, realizzato nel 1913.



Il Bristol Coanda Monoplane del 1913



Il profilo alare adottato sul Ca.18 e sul Ca.20

Come evidenziato da Alegi¹ in questo stesso periodo Caproni ed un altro grande nome dell'aviazione, Giulio Douhet, iniziarono una lunga e proficua collaborazione: a questo binomio è attribuibile la definizione e la realizzazione del miglior velivolo da bombardamento lontano in campo alleato, il Ca.300 Hp.

Così come avvenne per le possibilità offerte dal bombardiere, Caproni e Douhet furono capaci di intuire sin dal 1914 la futura necessità di un velivolo destinato alla caccia degli apparecchi avversari.

Che i due italiani stiano precorrendo i tempi lo dimostra il già citato brevetto depositato da Caproni, datato febbraio 1914, in cui viene proposto un monoplano, monoposto dotato di una struttura a traliccio al cui vertice risulta installata una mitragliatrice brandeggiabile.

Tale arma, sparante al di fuori del disco dell'elica, risultava azionabile tramite una serie di rinvii connessi al grilletto dell'arma, accoppiati ad un mirino installato all'altezza degli occhi del pilota.

In realtà tale sistema non risulta installato in nessuna delle foto del Ca.20 disponibili, mentre il supporto appare reso più efficiente grazie alla possibilità di inclinare quasi verticalmente l'arma, senza costringere il pilota ad incredibili "evoluzioni" per ricaricare l'arma.

Grosso modo nello stesso periodo i francesi sperimentarono sui monoplani Morane dei deflettori montati sull'elica all'altezza della mitragliatrice.

Per incontrare un sistema più avanzato, e più efficiente, bisognerà attendere il 1915 inoltrato, quando nei cieli francesi appariranno i primi monoplani Fokker dotati di sincronizzazione dell'arma col moto dell'elica.

Le caratteristiche innovative nella versione caccia del velivolo italiano, non si limitavano però alla sistemazione dell'arma, che consentiva al pilota il brandeggio della mitragliatrice sia in senso verticale che orizzontale; il Ca.20 infatti, pur mostrando una chiara derivazione dal Ca.18, presentava un'ala di apertura ridotta ed una serie di soluzioni atte a ridurre la resistenza aerodinamica del velivolo.

Tra esse spicca sicuramente la grande ogiva destinata a coprire il motore, probabilmente mutuata², ad alcuni progetti Bristol-Coanda contemporanei, in cui erano ricavate le sei aperture destinate a fornire aria per il raffreddamento del motore.

Gli scarichi dei gas combusti erano invece posizionati nella parte inferiore della fusoliera, finemente raccordata all'ogiva per ridurre la resistenza parassita del velivolo. Ala, fusoliera, traliccio dell'arma e

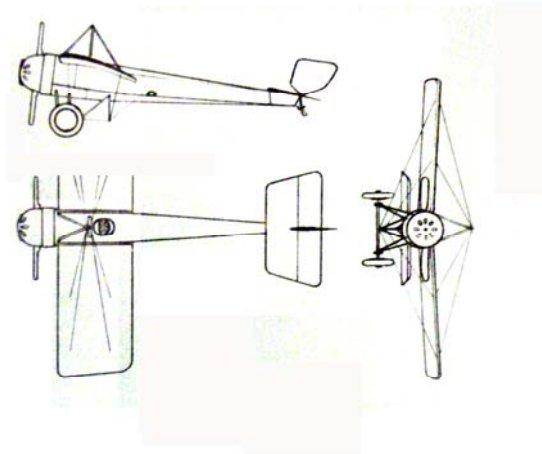
¹ G. Alegi, *Un caccia mancato: Caproni Ca.20*, Aerofan n°61 aprile giugno 1997

² G. Alegi, *Op. Cit.*

superfici di controllo erano pesantemente controventate, per assicurare la necessaria robustezza alla struttura.

Il progetto del Ca.20 nel 1914 purtroppo non destò l'interesse delle autorità e non poté essere tradotto in realtà prima del 1916 quando, finalmente, poté dimostrare di possedere, nonostante i due anni di intensissima evoluzione tecnologica trascorsi, prestazioni all'altezza dei contemporanei velivoli da caccia.

L'unico esemplare di Ca.20 realizzato, a lungo conservato dalla famiglia Caproni a Venegono è oggi esposto a Seattle negli Stati Uniti, presso il *Museum of Flight*.



Trittico di origine incerta del Ca.20, da notare l'assenza della mitragliatrice e l'ala sprovvista di alettoni (fonte Uff. Storico A.M.)

Caratteristiche tecniche

Tabella I

Apertura alare (m)	7,8
Altezza (m)	2,85
Lunghezza (m)	8,24
Sup. alare (m ²)	13
Carico alare (Kg/m ²)	39,4
Peso massimo (Kg)	500
Peso a vuoto (Kg)	350
Potenza (Hp)	110
Tangenza pratica (m)	5000

NIEUPORT Ni.11

Storia

Nata per volontà di Edouard Nieuport nel 1908 come azienda sussidiaria alla nascente industria aeronautica francese, la Nieuport fu inizialmente impegnata a fornire materiale elettrico per i motori Antoinette.

Già nel corso del 1909 volava però il primo prototipo interamente progettato da Nieuport: un monoplano propulso da un Darraq da 20 Hp.

Caratteristiche tecniche

Tabella II

Apertura alare (m)	7,55
Altezza (m)	2,4
Lunghezza (m)	5,65
Sup. alare (m ²)	13
Carico alare (Kg/m ²)	36,9
Peso massimo (Kg)	480
Peso a vuoto (Kg)	330
Potenza (Hp)	80
Tangenza pratica (m)	4500

CONTESTO STORICO

Benché nell'immaginario collettivo il velivolo da caccia della Prima Guerra Mondiale sia invariabilmente impegnato in combattimenti manovrati con altri caccia, una delle funzioni principalmente a questa specialità era l'interdizione del cielo all'aeronautica avversaria; la maggior parte delle azioni fu quindi una ininterrotta sequela di intercettazioni di ricognitori, sporadicamente anche di bombardieri, piuttosto che l'abbattimento dei caccia avversari.

Ferma restando la necessità di un'ottima capacità di manovra, a gran voce richiesta dai piloti e strenuamente ricercata dai progettisti di tutti i paesi belligeranti, per i velivoli da caccia erano quanto meno altrettanto importanti fattori quali la velocità massima, le capacità di arrampicata, una notevole quota di tangenza massima ed un pesante armamento; fondamentali per abbattere i velivoli avversari. Ad essi andava unita una buona armonizzazione dei comandi ed una velocità di stallo il più bassa possibile, onde operare in relativa sicurezza dalle approssimative aviosuperfici disponibili all'epoca.

Volendo quindi valutare la bontà di un velivolo caccia devono essere tenuti in conto tutti questi parametri che di seguito verranno determinati e posti a confronto.

La scelta, come pietra di paragone per il Caproni Ca.20, è caduta sul Nieuport Ni.11 per una serie di motivazioni:

- Ambedue i velivoli vennero concepiti nel corso del 1913-14, cioè prima dello scoppio del conflitto;
- I due caccia furono realizzati rispondendo a diverse esigenze costruttive, che originarono macchine di configurazione profondamente differente (almeno per quanto concesso dalla tecnologia dell'epoca);
- Il caccia francese, prodotto su licenza dalla Macchi, costituì per un lungo periodo l'ossatura della specialità caccia dell'aviazione italiana.

Proprio quest'ultimo punto risulta di estrema importanza: infatti il fronte alpino, lungo cui si affrontarono italiani ed austro-ungarici, presentava delle peculiarità tali da distinguerlo dagli altri fronti di guerra.

Innanzitutto le operazioni belliche si svolsero per buona parte su di un territorio montano, o comunque a quota elevata, tanto da costituire serio impedimento sia sulla condotta delle singole missioni, che sull'andamento generale delle operazioni aeree dei due belligeranti.

Inoltre va rilevata la presenza sul territorio italiano di numerosissimi obiettivi civili, buona parte delle città della pianura veneta rientravano nel raggio d'azione dei bombardieri austro-ungarici, rendendo spesso necessaria l'onerosa difesa "su punto" degli stessi, ulteriormente enfatizzata dal limitato numero di macchine disponibili al fronte.

ANALISI DELLE PRESTAZIONI

Forze agenti sul velivolo e stato dell'arte delle conoscenze aerodinamiche

Ogni aeroplano, durante il volo è sostanzialmente soggetto a quattro tipologie di forza: il peso, la portanza, la trazione e la resistenza; esse agiscono come in Fig.1.

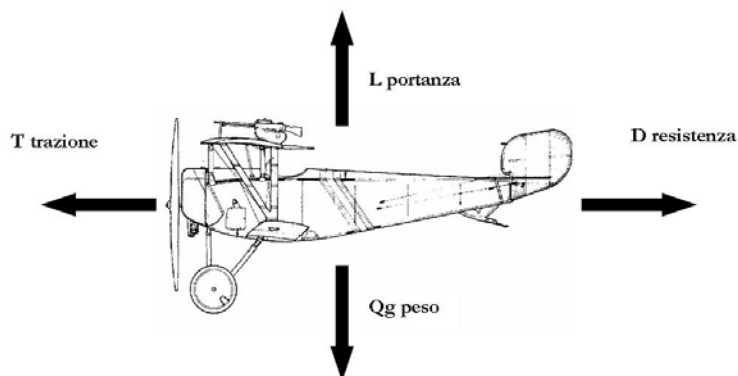


Fig 1, forze agenti su un velivolo in volo alla velocità massima

Le informazioni a disposizione dei progettisti di velivoli all'inizio del Primo Conflitto Mondiale erano generalmente frammentarie e spesso non del tutto corrette; all'epoca infatti non era ancora stato definitivamente chiarito il fenomeno che porta un profilo a generare portanza, così come non erano note le caratteristiche aerodinamiche di strutture complesse.

Se da un lato è vero che nei quattro anni di guerra vi furono diversi tentativi di comprendere meglio i complessi fenomeni generati da un'ala durante il volo, dall'altro si può affermare che tali nozioni fecero un'enorme fatica a penetrare negli studi di progettazione aeronautica.

Un esempio lampante di tale situazione è ricavabile dallo studio dell'evoluzione dei profili alari durante il conflitto: sin dal primo volo dei fratelli Wright era convinzione diffusa che i profili alari "sottili" possedessero le caratteristiche aerodinamiche migliori. In accordo a tale teoria un profilo alare spesso avrebbe irrimediabilmente danneggiato le prestazioni velocistiche del velivolo.

I primi ad intuire che anche un profilo spesso poteva consentire prestazioni elevate furono i tedeschi che, grazie alle ampie e sistematiche ricerche condotte da Prandtl nella galleria del vento di Göttinga, furono anche gli unici ad adottarli su caccia riprodotti in serie.

Fokker infatti venuto a conoscenza dei vantaggi aerodinamici dei nuovi profili sviluppati, intuì anche le loro enormi potenzialità in campo strutturale: il maggior volume interno disponibile consentiva infatti di irrobustire a piacimento la struttura alare, consentendo quindi di ridurre al minimo o addirittura abolire le controventature che, con la loro enorme resistenza aerodinamica, penalizzavano fortemente le prestazioni velocistiche dei velivoli.

Non a caso i due caccia di Fokker ad ala spessa, il Dr.I ed il D.VII, furono velivoli di grande successo; mentre l'ala spessa su profili Göttinger sopravvisse alla fine del conflitto, pressoché invariata, sino ai progetti di trimotori commerciali, realizzati da Fokker sin oltre la metà degli anni '20.

Nel 1914 tutto questo era ancora di là dal venire, infatti nel progettare i loro velivoli da caccia, sia Caproni che Delage si attennero alla regola classica; i profili impiegati esibivano una sezione particolarmente snella (in modo da consentire alte velocità.....) e con una notevole curvatura (fig.2).

Con gli strumenti in nostro possesso oggi è possibile determinare le caratteristiche di questi due profili; dai dati emergono buone caratteristiche aerodinamiche per assetti di volo "normali" anche se con valori di resistenza elevati, che divengono però pessime in assetti prossimi allo stallo. Se si aggiunge il problema della scarsa potenza installata sui velivoli, si può avere una chiara percezione di quanto rischioso fosse eseguire figure acrobatiche su queste macchine.

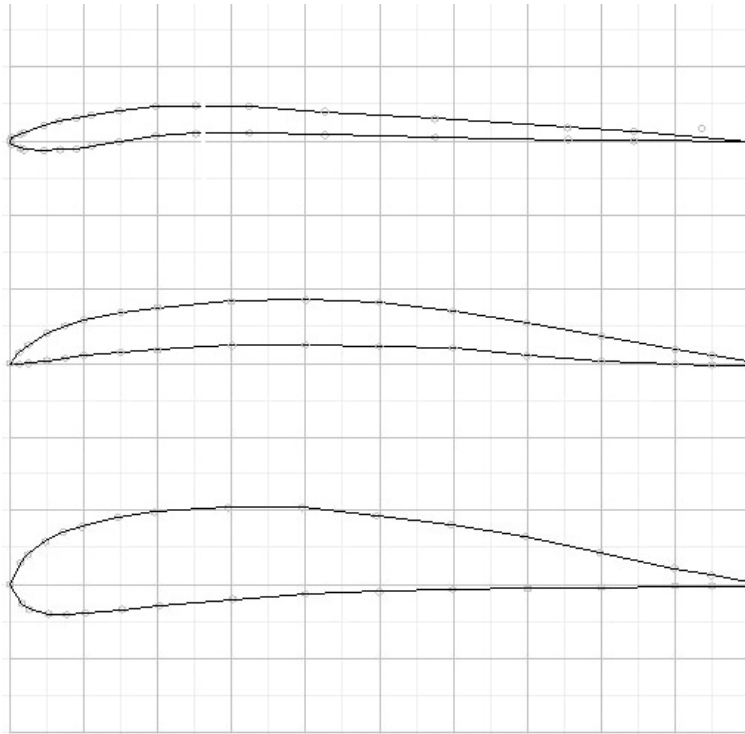


Fig.2 I profili alari Caproni, Eiffel 53 e Göttinger 298, rispettivamente impiegati sul Caproni Ca.20, sul Nieuport Ni.11 e sul Fokker Dr.I

Prestazioni velocistiche e capacità di salita

Identificate le caratteristiche fisiche di interesse dei due caccia, il primo passo da compiere per valutarne le rispettive prestazioni è la determinazione della potenza motrice disponibile in funzione della velocità della quota di volo; ambedue gli apparecchi montavano propulsori rotativi realizzati dalla Le Rhone, il Nieuport un nove cilindri da 80 Hp ed il Caproni un suo sviluppo: in base alle prestazioni del Caproni appare verosimile l'installazione di un modello Le Rhone 9J da 110 Hp.

Generalmente, per velivoli della Prima Guerra Mondiale, gli unici punti dell'involuppo di volo conosciuti con un certo grado di sicurezza sono la velocità massima V_{max} e la quota di tangenza pratica; i due caccia analizzati non fanno eccezione, pertanto dalla V_{max} e dalla massima quota raggiungibile verranno derivate tutte le curve caratteristiche di potenza.

Partendo dalle prestazioni note in funzione delle caratteristiche fisiche e geometriche dei velivoli è stata determinata la potenza necessaria W_{nec} al volo alla massima velocità.

Quando un apparecchio si muove immerso in una corrente d'aria, esso genera inevitabilmente resistenza: per il volo subsonico, come nel caso in esame, la resistenza D risulta composta da due distinti elementi: la resistenza parassita D_0 , generata dall'attrito del velivolo con l'aria e la resistenza indotta, D_i come diretta conseguenza della portanza generata dall'ala.

Partendo dall'assunto che alla velocità massima del velivolo V_{max} , che come detto è nota, la trazione generata dall'impianto propulsivo e la resistenza aerodinamica del velivolo si eguagliano (fig.1 e appendice I Sez. I è possibile ricavare il coefficiente di resistenza parassita C_{d0} ; esso è determinato come differenza tra il coefficiente di resistenza totale C_d e coefficiente di resistenza indotta C_{di} ; in tabella III sono riportati i coefficienti di tali resistenze

Il coefficiente C_{d0} è un parametro fondamentale per la determinazione delle prestazioni di un velivolo; esso infatti è intrinseco della macchina, determinato esclusivamente dall'architettura costruttiva scelta dal progettista e dalla pulizia aerodinamica di tale struttura; pertanto tale coefficiente è in grado di fornire una precisa indicazione della pulizia aerodinamica dell'apparecchio.

I velivoli della Prima Guerra Mondiale, con i loro cavi di controventatura (per giunta spesso a sezione tonda e non a goccia), i motori parzialmente scoperti e le complesse strutture di montanti tra le ali, tendevano ad avere valori di C_{d0} molto elevati.

Altro fattore aerodinamico considerato è la Efficienza massima E_{max} , ovvero il miglior rapporto tra la portanza e la resistenza generati dal velivolo.

Tabella III

	Caproni Ca.20	Nieuport Ni.11
Coefficiente di resistenza C_d	0,835	0,730
Coeff. Resistenza indotta C_{di}	0,0075	0,0088
Coeff. Resistenza parassita C_{d0}	0,076	0,064
Efficienza massima E_{max}	6,30	6,92

Dal confronto tra i parametri rilevati appare evidente che, quanto meno nel periodo 1914-1916, l'architettura biplana consentiva di raggiungere un grado di finezza aerodinamica notevolmente inferiore a quanto possibile per un monoplano, e questo nonostante la cellula del Caproni Ca.20 fosse stata studiata per ridurre al massimo la resistenza parassita.

Nel Caproni i risultati conseguiti con la totale copertura del motore ed il fine raccordo tra capottatura integrale e fusoliera erano più che compensati dalla resistenza generata dai cavi di controventatura, demandati a coadiuvare i longheroni alari nel creare una struttura di adeguata resistenza.

Come anticipato la formula monoplana sarebbe tornata in auge nel corso del 1918, ma solo grazie all'avvento dei profili alari spessi, che avrebbero consentito la soppressione della maggior parte dei cavi di controventatura.

Il passo successivo ha visto la calibrazione delle curve di potenza dei propulsori in funzione della potenza W_{nec} alla velocità massima V_{max} ; il risultato di tale operazione non è altro che la curva della potenza disponibile W_{av} , in funzione della velocità del velivolo. (Fig.3).

Allo stato attuale delle ricerche non risultano disponibili le curve di potenza dei velivoli interessati né le caratteristiche di rendimento delle eliche installate ma, approfittando della larga diffusione dei motori Le Rhone è stato possibile estrapolare le curve della W_{av} da quelle di velivoli e di propulsori con caratteristiche, architettura e prestazioni simili a quelle del Ca.20 e del Ni.11.

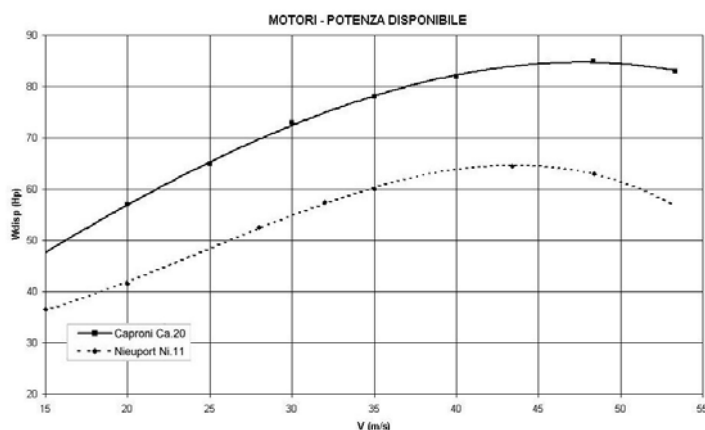


Fig.3, potenza disponibile in funzione della velocità di volo

La potenza disponibile W_{av} presentata in Fig. 3 risulta nettamente inferiori a quella nominale del propulsore; essa infatti deve tenere conto anche del rendimento dell'elica η^3 e delle perdite di potenza dovute alla resistenza generata dal movimento del propulsore, tipica problematica prerogativa dei motori rotativi.

Queste curve permettono di determinare l'andamento delle velocità caratteristiche in funzione della quota di volo, ovvero:

³ Per lo più non risultano disponibili relazioni sulle eliche impiegate sui caccia impiegati sui velivoli del Primo Conflitto Mondiale; dalle relazioni tecniche redatte dalla NACA nel primo dopoguerra è stato possibile stimare il rendimento massimo delle eliche di legno a passo fisso intorno al 77%; Tale valore infatti consente di ottenere nelle stime delle prestazioni eseguite valori molto prossimi ai dati disponibili, e storicamente considerati corretti.

V_{max} , come velocità orizzontale massima ottenibile dal velivolo

V_{stallo} , come velocità di sostentamento minima del velivolo

V_{salita} , come velocità in cui si ottengono le migliori caratteristiche di salita del velivolo

I dati raccolti sono riportati graficamente in Fig.4

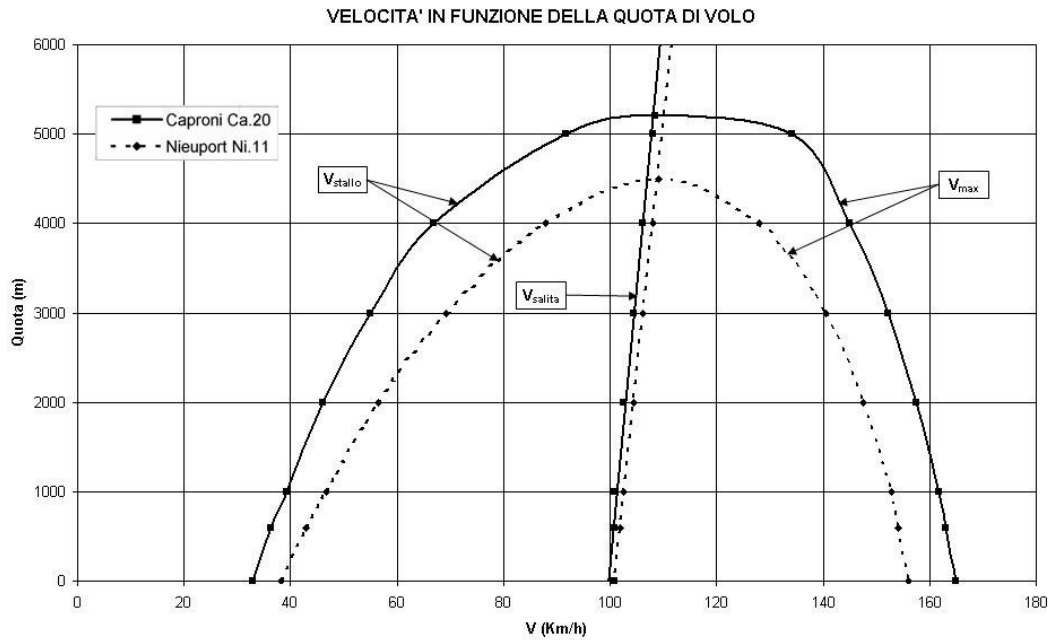


Fig.4 velocità caratteristiche in funzione della quota di volo

Infine sono state determinate le velocità verticali ed i tempi necessari ai due apparecchi per raggiungere la quota di tangenza (Figg. 5 e 6).

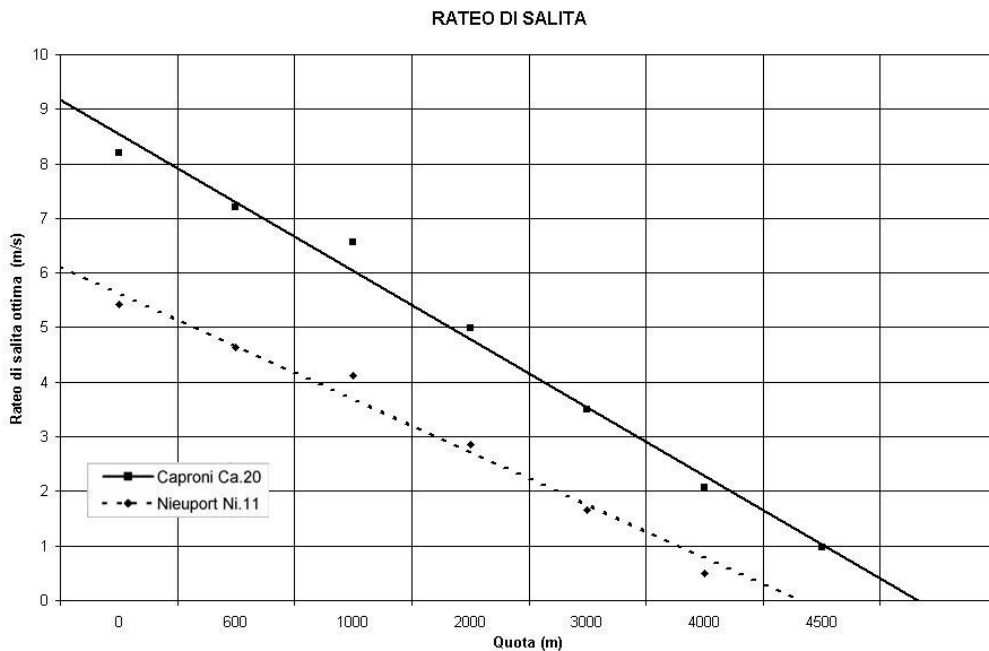


Fig. 5 Rateo di salita ottima in funzione della quota di volo

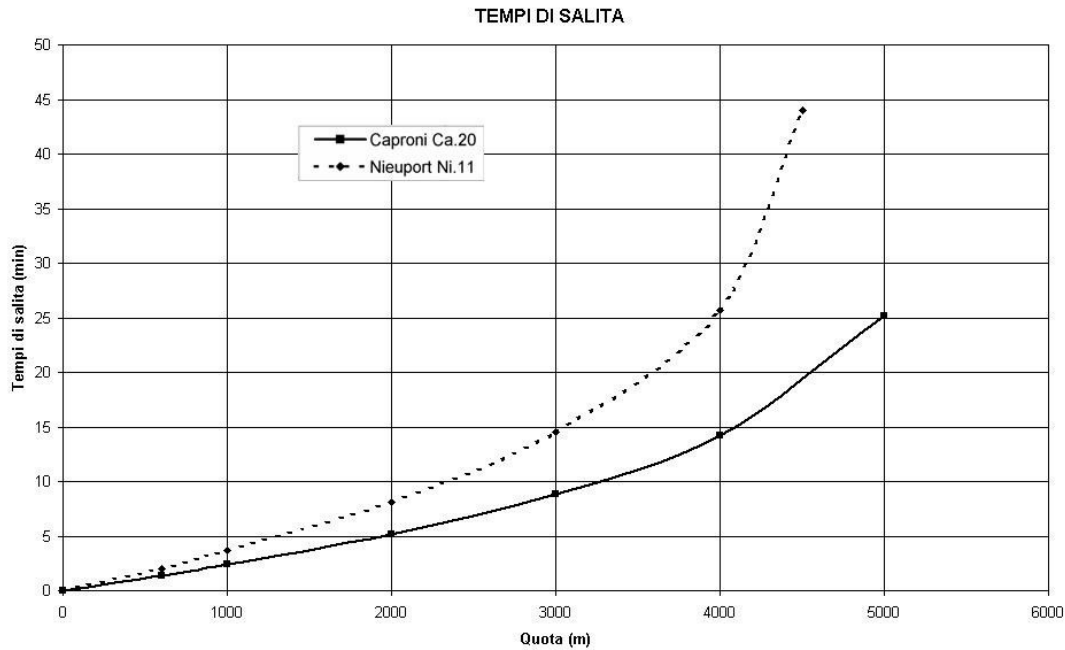


Fig. 6 tempi di salita in funzione della quota di volo

Manovrabilità

Nota la potenza disponibile W_{av} attraverso il diagramma in Fig. 4 per determinare le caratteristiche di manovrabilità di un aeromobile è necessario conoscere le caratteristiche aerodinamiche delle sue superfici portanti.

Il primo passo compiuto prevede la determinazione delle caratteristiche dei rispettivi profili alari; questo è possibile attraverso la definizione della curva caratteristica $C_L-\alpha$; nello specifico le caratteristiche del Nieuport Ni.11, sono state ricavate da rapporti redatti nel primo dopoguerra, mentre quelle del profilo alare utilizzato sul Caproni e sul Bristol, che pare non essere mai stato codificato, è avvenuta tramite elaborazioni con apposito software di calcolo.

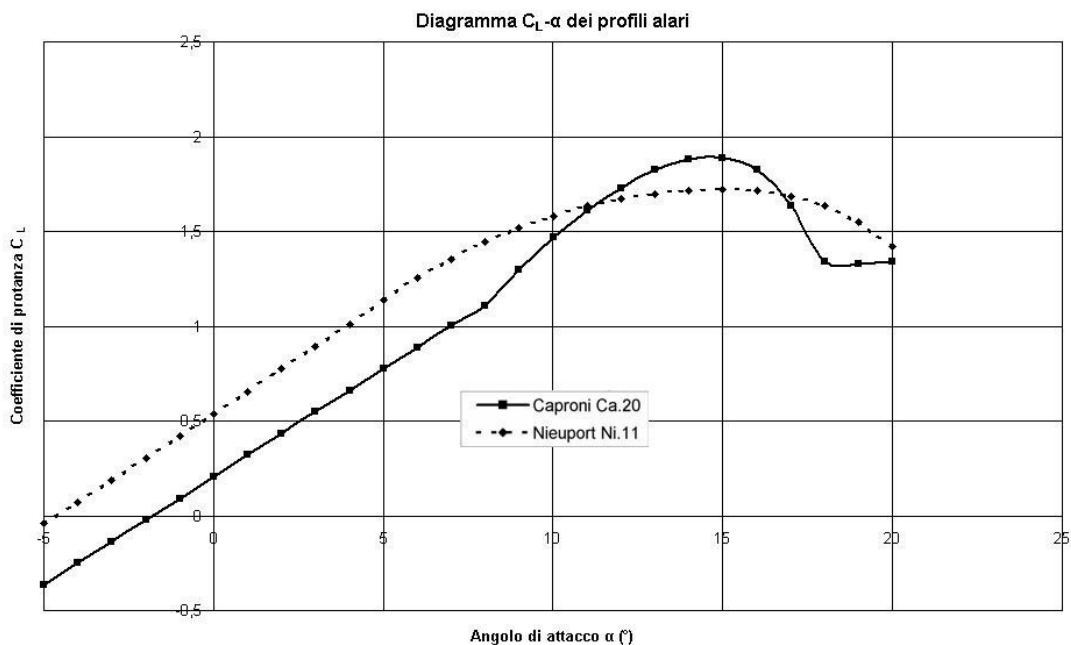


Fig.7 Diagramma $C_L-\alpha$ dei profili alari adottati sul Ni.11 e sul Ca.20

Attraverso le analisi compiute su modelli di apparecchi del Primo Conflitto Mondiale nella galleria del vento della NACA è stato possibile determinare per similitudine, partendo dalla curva $C_L-\alpha$ del profilo alare, quella dell'intero velivolo⁴.

Le migliori prestazioni assolute in termini virata sono ottenute portando il velivolo in assetti prossimi a quelli di stallo, questo però su un velivolo della Prima Guerra Mondiale poteva essere estremamente pericoloso: date le scarse potenze fornite dai motori ed il pessimo comportamento dei profili sottili in queste condizioni uno stallo, non necessariamente solo a bassa quota, poteva avere conseguenze fatali.

In considerazione dei fatti esposti precedentemente si è ritenuto più significativo determinare le capacità di manovra dei caccia ad un assetto corrispondente all'85% di quello di stallo, garantendo così "al pilota" un buon margine di sicurezza.

Utilizzando le formule riportate nella sezione II dell'Allegato I è stata determinata la sollecitazione strutturale n_a (espressa solitamente in "g") agente sul velivolo in fase di manovra; la corrispondente sollecitazione dinamica $n_{dinamica}$ ha permesso quindi di determinare la velocità di manovra V_a e di tracciare il diagramma delle sollecitazioni agenti sul velivolo in funzione della velocità.

In questo diagramma le sollecitazioni ammissibili per il velivolo, corrispondenti l'area sottesa alla curva tracciata, sono limitate dalla V_{stallo} , dalla V_{max} e dalla n_a .

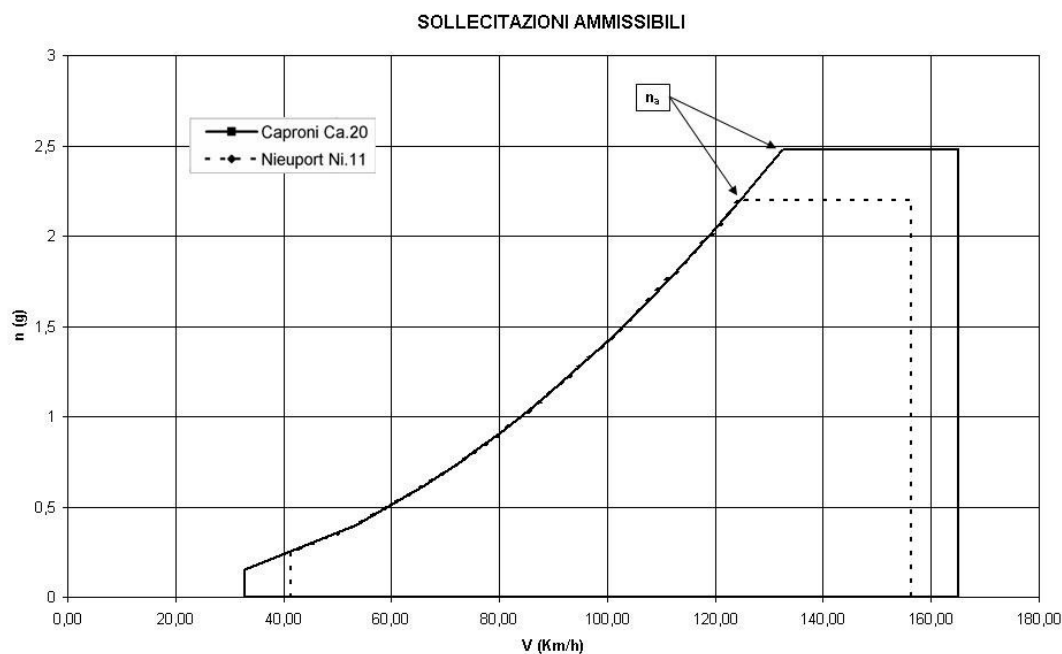


Fig. 8 Diagramma delle sollecitazioni ammissibili

Una volta determinato l'assetto corrispondente alla migliore manovrabilità, è possibile analizzare le prestazioni dei velivoli durante l'esecuzione di una virata corretta di 360° sotto forma di: raggio di virata r_a , tempo necessario alla virata t_a ed il rateo di virata χ .

Nella virata corretta la componente verticale della portanza (fig.9), per sostenere il velivolo in aria, deve eguagliare il peso, mentre la sua componente orizzontale concorre alla virata del velivolo stesso.

Le formule impiegate per la determinazione delle capacità di manovra sono in allegato I, sez II.

⁴ Per questo vedasi G. J. Higgins, G. L. DeFoe, *Test on model of three English airplanes in the variable density wind tunnel*, NACA Rep. 279

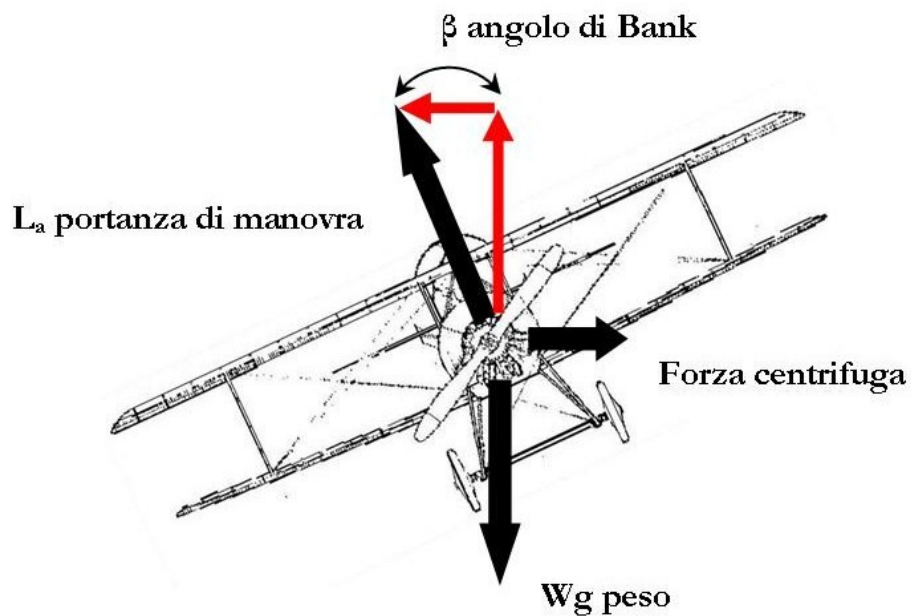


Fig. 9 forze agenti su un velivolo in fase di virata

I risultati numerici delle capacità di manovra sono invece riportati analiticamente e graficamente nelle seguenti tabelle e figure.

Tabella IV

	Caproni Ca.20	Nieuport Ni.11
Sollecitazione di manovra n_a	2,48	2,19
Velocità di manovra V_a (Km/h)	132,3	124,4
Angolo di bank β ($^\circ$)	66	63
Raggio di virata r_a (m)	60,8	62,5
Tempo di virata a 360° t_a (sec)	10,4	11,4
Rateo di virata χ ($^\circ$ /sec)	34,6	31,6



Fig 10 Raggi e tempi di virata

In figura 10 sono rappresentate graficamente le caratteristiche di manovrabilità del Caproni Ca.20 e del Nieuport Ni.11: mentre il raggio di virata dei due apparecchi appare praticamente identico, la maggior potenza dell'impianto installato e l'ala con prestazioni superiori consentono al velivolo Caproni di effettuare la virata con una sollecitazione ed una velocità maggiori; nello stesso tempo impiegato dal caccia italiano per compiere un arco di 360° il velivolo di progettazione francese riesce ad effettuarne una di "soli" 328° .

Nelle analisi delle prestazioni di manovrabilità appena esposte si è deciso di non considerare gli effetti giroscopici generati dai motori rotativi, in quanto non di interesse per le finalità dell'articolo. In generale va considerato che il raggio di virata di un velivolo dotato di questo tipo di impianto propulsivo risulterà migliore in caso di virata nel senso di rotazione del motore, mentre esso sarà superiore in caso contrario.

Analogamente, nel calcolo delle prestazioni relative alla manovrabilità, per il Caproni Ca.20 è stata trascurata l'ipotesi di una configurazione originale comprendente un motore da 80 Hp del tutto analogo a quello del Nieuport. Nei disegni e nelle foto d'epoca disponibili inoltre le ali del velivolo non sembrano dotate di comuni superfici di comando, mentre in alcune recenti foto dell'esposizione del *Museum of Flight* essi appaiono installati.

G. Alegi⁵ e S. Heberhardt⁶ nei loro lavori avanzano la più che plausibile ipotesi di una costante evoluzione della macchina nel corso del conflitto; per le finalità del presente lavoro sono però state

⁵ G. Alegi, *Un caccia mancato il Ca.20*, Aerofan n° 61, aprile-giugno 1997

⁶ S. Heberhardt, *Performance Analysis and Tactics of Fighter Aircraft from WWI*, AIAA paper 2005-119

considerate solo le caratteristiche della macchina come appare oggi, ovvero con motore da 110 Hp e alettoni di tipo tradizionale.

Capacità di carico, autonomia ed armamento

Per un velivolo progettato per compiere missioni belliche di caccia, oltre alle prestazioni di salita, velocità e manovrabilità rivestono grande importanza anche le capacità di carico, autonomia e l'armamento installato, i valori di tali grandezze sono riportati nella seguente tabella:

Tabella V

	Caproni Ca.20	Nieuport Ni.11
Autonomia (h)	2	2,5
Frazione di carico utile Q_u	0,30	0,27
Armamento installato	1 mitragliatrice da 7,7 mm	1 mitragliatrice da 7,7 mm

In ambedue i velivoli l'armamento installato risulta composto da una delle universalmente diffuse mitragliatrici Lewis.

CONCLUSIONI

Dal confronto tra le prestazioni dei due caccia emerge un quadro abbastanza chiaro dei pregi e dei difetti delle due macchine: il caccia italiano dimostra di possedere caratteristiche generalmente superiori al concorrente transalpino.

Il prezzo di queste capacità del Ca.20, ottenute soprattutto grazie alla maggior potenza installata ed al profilo alare più "spinto", era con ogni probabilità un comportamento in volo più brusco e nervoso, soprattutto in prossimità della velocità di stallo. In mano a collaudatori del calibro di Pensuti questo poteva essere un fattore di minore importanza, mentre nell'impiego in linea queste peculiarità avrebbero inciso negativamente sulle impressioni dei piloti dell'epoca.

Proprio per le sue elevate caratteristiche aerodinamiche, in funzione inoltre della minore autonomia, stimata intorno alle due ore, il Ca.20 appare come un velivolo più "difficile" del Nieuport, certamente più adatto alle missioni di intercettazione pura che a quelle di scorta ed interdizione sul fronte.

L'armamento installato era il medesimo: una mitragliatrice aerea calibro .303, in genere adeguata alle esigenze della guerra aerea sul fronte italiano nel 1915-1916.

Per la specialità caccia che, come anticipato nacque in Italia nel corso del 1916, il velivolo Nieuport, più flessibile a livello operativo e di pilotaggio più intuitivo, era decisamente il più adatto dei due per comporre la spina dorsale di una specialità in fase di formazione.

Di contro il caccia Caproni, pur richiedendo maggiori attenzioni nel pilotaggio in cambio di prestazioni più elevate, appariva più consono ad ipotetici reparti destinati all'intercettazione.

Probabilmente il caccia italiano, se fosse stata riconosciuta la sua reale importanza, avrebbe potuto essere immesso in servizio quantomeno nei primi mesi del 1916, consentendo all'Italia di conseguire un immediato, ed estremamente prezioso, vantaggio nella corsa al dominio dell'aria.

Allegato I

Sez. 0 Definizioni

σ_0	Densità dell'aria s.l.m.		Parametro di Munk pari a:
σ_z	Densità dell'aria alla quota indicata	K	1 per monoplani,
G	Accelerazione gravitazionale (m/sec ²)		1,1 per biplani,
W_{av}	Potenza disponibile (Hp)		1,19 per triplani
W₀	Potenza a quota zero (Hp)	ε	Parametro di Oswald, definito pari a 0,8
Q_g	Peso massimo al decollo (Kg)	η	Rendimento dell'elica
Q_c	Peso a Vuoto (Kg)	AR	Aspect Ratio
b	Apertura alare (m)	b*	Apertura alare parametrizzata
b¹	Apertura alare ala inferiore (m)	C_{Lmax}	Coefficiente di portanza massimo
l	Distanza tra le due ali (m)	z_{max}	Quota di tangenza pratica
S	Superficie alare (m ²)	V_{max}	Velocità massima del velivolo (m/s)

I parametri K; ε, η sono stati scelti in accordo a quanto riportato da Loftin⁷ e suggerito dall'Ing Ricci Moretti.

Sez. I Prestazioni velostiche e capacità di salita

$$D = T = \frac{1}{2} \rho V^2 S C_D$$

$$C_D = \frac{2W_{av}}{\rho_0 V_{max}^3 S}$$

$$C_{Di} = \frac{C_L^2}{\pi AR \epsilon} \text{ con } AR = K \frac{b^{*2}}{S}, b^* = \sqrt{\frac{1}{\Pi}} \sqrt{\frac{b^1}{b}} \sqrt{\frac{h}{b}} \text{ e } C_L = \frac{2L}{\rho_0 V^2 S}$$

$$C_{D0} = C_D - C_{Di}$$

$$E_{max} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{\pi AR \epsilon}{C_{D0}}}$$

Sez. II Capacità di manovra

$$n_a = \frac{L_a}{Q_g}$$

$$V_a = \sqrt{\frac{2W_{av}}{C_{Lmax} S \rho_0}}$$

$$t_a = \frac{2\Pi r_a}{V_a}$$

⁷ L. Loftin Jr, *Subsonic Aircraft: Evolution and the Matching of Size to Performance*, NASA Rep. 1060

$$\beta = \arccos\left(\frac{2Q_g}{\rho_0 V_a^2 SC_{L_{\max}}}\right)$$

$$\chi = V_a / r_a$$

$$r_a = \frac{V_a^2}{g \sqrt{n_a^2 - 1}}$$

$$W_{av} = W_0 \left(\frac{\sigma_z}{\sigma_0}\right)^{1,355} \eta_z$$

$$W_{nec} = \left(\frac{1}{2} \sigma_z V_{\max}^3 SC_{D0}\right)$$

$$t_z = \frac{z Q_g}{(W_{av} - W_{nec})}$$

Sez. III capacità di carico

$$Q_u = 1 - (Q_e / Q_g)$$

RINGRAZIAMENTI

La preparazione del presente elaborato ha richiesto l'acquisizione di una notevole messe di dati e conoscenze di aerodinamica ed informatica, il mio sincero ringraziamento va a tutti coloro, che nelle diverse discipline ma con eguale pazienza, hanno contribuito alla realizzazione di questo articolo: G. Alegi, G. Apostolo, H Baldwin, G. Caproni, B. Di Martino, Y. Dinkov, I. Forti, S. Manessi, L. Ricci Moretti, R. Sardo, F. Tuoti, P. Varriale, S. A. Zaccardi.

BIBLIOGRAFIA STORICA

- G. Alegi, *Un caccia mancato il Ca.20*, Aerofan n° 61, aprile-giugno 1997
- G. Caproni, *Gli aeroplani Caproni 1910-1935*, Milano 1937
- G. Caproni, *Tre anni d'aviazione nella brughiera di Somma Lombardo*, Milano 1913 Ristampa Ass. Il Sommolago 2004
- R. Gentilli, P. Varriale, *I reparti dell'aviazione italiana nella Grande Guerra*, Roma, Ufficio Storico A.M, 1999
- Lamberton, W. M., comp.: *Fighter Aircraft of the 1914-1918 War* (Letchworth, Herts, England: Harleyford Publishers, 1960).
- G. Milanesi, *Le aquile*, Milano, Casa ed. Caschina, 1928
- L. E. Opdycke, *French aeroplanes before the Great War*, 1999 Schiffer Publishing

BIBLIOGRAFIA TECNICA

Prestazioni velocistiche e capacità di salita

- AA. VV, *Aerodynamic characteristic of aerofoils*, NACA Rep. 93
- AA. VV, *Aerodynamic characteristic of aerofoils*, NACA Rep. 124
- AA. VV, *Aerodynamic characteristic of aerofoils*, NACA Rep. 182
- AA. VV, *British Air Board data*, July 1917
- AA. VV, *Le Rhone 110 Instruction book n° 8*, The Gnome & Le Rhone engine Co.
- AA. VV, *Instruction for 80 Hp Le Rhone engine*
- I. Abbott, A.E. Von Doenhoff, and L.S. Stivers Jr, *Summary of Airfoil Data*, NACA Rep. 824 (1945).
- W. F. Durand E. P. Lesley , *Experimental research on air propellers II* , NACA Rep. 30 (1919)
- W. F. Durand E. P. Lesley , *Experimental research on air propellers V* , NACA Rep. 141
- G. J. Higgins, G. L. DeFoe, *Test on model of three English airplanes in the variable density wind tunnel*, NACA Rep. 279
- S. Hoerner, *Fluid-Dynamic Drag* (Brick Town, New Jersey: Hoerner Fluid Dynamics, c.1965).
- W. Knight, *Italian and French experiments of wind tunnel*, NACA Rep. 17 (1920)
- V. S. Pyshnov, *Iz istorii letatel'nyh apparatov*, 1968
- L. Prandtl, *Göttingen wind tunnel for testing aircraft models*, NACA Rep. 66 (1920)

Capacità di manovra

- S. Campbell, *Airfoil and turning ability of WWI Fighter*, Aerodrome N°140
- S. Heberhardt, *Performance Analysis and Tactics of Fighter Aircraft from WWI*, AIAA paper 2005-119
- H. Kahn, *Airplanes in horizontal curvilinear flight*, NACA Rep. 174 (1924)
- L. Loftin Jr, *Subsonic Aircraft: Evolution and the Matching of Size to Performance*, NASA Rep. 1060
- L. Loftin Jr., *Quest for Performance: The Evolution of Modern Aircraft*
- W. Phillips, *Appreciation and Prediction of Flying Qualities*, NACA Rep. 927 (1949).

SITOGRAFIA

www.flightglobal.com

www.hq.nasa.gov

www.luftfahrtmuseum.com

www.museumofflight.org

www.selair.selkirk.bc.ca

www.theaerodrome.com