

Capitolo LXXI
Consulenza tecnica Bazzocchi - 31.12.94.

Questa relazione dell'ing.Bazzocchi fa seguito ad una relazione precedente depositata dai consulenti di parti imputate in data 19.04.94, nella quale veniva raggiunta la conclusione che la caduta del DC9 fosse da attribuirsi ad attentato terroristico effettuato mediante una bomba collocata nella parte posteriore della fusoliera e, in particolare, nella toilette in prossimità del lavello o della vasca di raccolta sotto la tazza.

Essa – che appare opera di grande rilievo ed affronta una molteplicità di questioni – è articolata in quattordici capitoli che saranno di seguito sintetizzati, in ognuno dei quali l'ing.Bazzocchi, riprendendo quanto già esposto nel predetto documento, effettua alcuni studi specialistici a supporto della predetta ipotesi.

1. Nel primo capitolo vengono riportati i risultati ottenuti attraverso l'impiego di un programma di calcolo messo a punto presso il Naval Ordnance Laboratory (USA) che consente di valutare i carichi indotti su strutture aeronautiche dallo scoppio di ordigni costituiti da esplosivo di differente tipo e peso in funzione della distanza dalle strutture stesse.

In particolare sono stati valutati, per i più comuni tipi di esplosivo, i valori di pressione, pressione riflessa, impulso ed impulso riflesso in funzione del peso della carica e della posizione all'interno della fusoliera. Tali risultati sono privi di ogni commento e viene solo riportato che ad essi si farà riferimento nelle analisi effettuate nei successivi capitoli.

2. In questo capitolo vengono calcolate le traiettorie di caduta dei vari frammenti del velivolo e si cerca di dimostrare come esista un ottimo accordo tra tracce radar e traiettorie di caduta di essi con l'intento di attribuire le tracce radar susseguenti al verificarsi dell'incidente ai frammenti stessi. L'analisi delle traiettorie di caduta viene effettuata con la stessa metodologia adottata nella perizia tecnica e basata sulla valutazione del parametro K caratteristico di ciascun frammento (indicato come R nella perizia tecnica).

In particolare vengono calcolate le traiettorie di caduta di sei particolari frammenti e cioè:

- 1) - del relitto principale costituito dal sistema ali-fusoliera (ritrovato in zona C);
- 2) - del tronco di coda (ritrovato in zona A);
- 3) - dei motori (ritrovati in zona B);
- 4) - dei pannelli laterali di destra (ritrovati in zona E);
- 5) - dei pannelli laterali di sinistra (ritrovati in zona F);
- 6) - della scala posteriore di accesso (ritrovata in zona F).

Viene rilevato come le traiettorie relative ai frammenti di cui ai punti 2,4,6 terminino effettivamente in prossimità delle rispettive zone di ritrovamento, mentre questo non avviene per i restanti frammenti 1,3,5. Per adeguare le traiettorie di caduta alle effettive zone di ritrovamento, nella

relazione viene ipotizzato che il relitto principale ed i motori abbiano iniziato la fase di caduta con una pendenza iniziale verso il basso della traiettoria pari a 55° e con lo stesso modulo di velocità pari a 240m/s.

Nella relazione non vi è traccia della dimostrazione dell'accordo fra traiettorie di caduta dei frammenti e tracce radar.

L'Ufficio rileva come questa analisi, pur applicando la stessa metodologia, sia molto più grossolana di quella effettuata nella perizia tecnica nella quale, utilizzando le traiettorie di caduta dei motori che, per le loro caratteristiche aerodinamiche e ponderali son più precisamente definibili, veniva effettuata una taratura del metodo che consentiva di affinare ulteriormente la determinazione del punto dell'incidente.

Utilizzando questo nuovo punto come origine delle traiettorie di caduta, in perizia tecnica veniva riscontrata una buona congruenza fra analisi teorica e ritrovamenti effettivi, tenendo anche conto della presenza della corrente marina durante l'affondamento, evento completamente trascurato nella relazione Bazzocchi.

L'Ufficio rileva anche come sia stato commesso un grave errore concettuale nella determinazione delle traiettorie di caduta del frammento principale e del tronco di coda perchè per essi non è applicabile la teoria basata sulla valutazione del parametro K (od R). Tale teoria, infatti, è applicabile solo a corpi che cadono sotto l'influenza della forza peso e della forza di resistenza aerodinamica. I predetti frammenti, essendo dotati di superfici aerodinamiche e potendo quindi sviluppare anche notevoli forze di portanza, possono percorrere traiettorie completamente diverse da quelle ipotizzate e non precisamente definibili. I risultati presentati e le conseguenti ipotesi di frammentazione del velivolo sono pertanto del tutto inaffidabili.

3. Questo capitolo è costituito da pochissime pagine nelle quali, prendendo come riferimento la sezione maestra della fusoliera del DC9, costituita da due lobi cilindrici che si intersecano in corrispondenza del pavimento della cabina, viene valutata la pressione che potrebbe determinare lo scoppio della fusoliera che, tenendo conto degli indebolimenti determinati dalla chiodatura, risulta di circa 2.85kg/cmq, essendo, invece, di circa 1.26kg/cmq la pressione di esercizio dovuta alla pressurizzazione.

Questi valori sono riportati senza alcun commento.

4. In questo capitolo, anch'esso molto breve, viene valutata l'energia accumulata nella cabina passeggeri per effetto della pressurizzazione che risulta dell'ordine di 1.438.000kgm.

Viene poi valutata l'energia disponibile all'interno del velivolo dovuta alla pressurizzazione quando la struttura della fusoliera venga danneggiata per effetto di un'esplosione. Tale energia è stata stimata in circa 3.070.000kgm.

Anche questi valori sono riportati senza alcun commento.

5. In questo capitolo viene sinteticamente riportato come nei cuscini e negli schienali dei sedili del DC9 siano stati ritrovati moltissimi frammenti principalmente costituiti da materiale plastico e materiale metallico.

Sulla base di questi ritrovamenti viene ipotizzata l'esplosione interna per i seguenti principali motivi:

- 1) - La minuta frammentazione è indice di esplosione e non può essere dovuta all'impatto con la superficie del mare.
- 2) - Per perforare i rivestimenti e penetrare all'interno dei cuscini le schegge dovevano essere dotate di elevata velocità.
- 3) - La direzione del moto va dalla periferia verso l'interno del velivolo.

In particolare viene ipotizzato che le onde d'urto dell'esplosione, canalizzandosi fra struttura esterna ed intercapedine interna della fusoliera, avrebbero determinato l'origine delle schegge e la proiezione di esse verso l'interno della fusoliera stessa, con un meccanismo simile a quello verificatosi nel caso dell'incidente di Lockerbie.

In effetti si deve rilevare come le assunzioni effettuate nei precedenti punti contrastino con i dati oggettivi riportati e discussi nella perizia tecnica. Dalle indagini effettuate sulle caratteristiche di ritrovamento delle schegge è infatti emerso come nessuna di quelle ritrovate abbia perforato i rivestimenti dei cuscini e sia penetrata nelle imbottiture, ma, tutte, si siano ritrovate addensate in rotture e squarci delle imbottiture preesistenti e derivanti dall'impatto in mare. Questo è un dato oggettivo e non può essere alterato in nessun caso.

Di conseguenza non è neppure vero che dalle caratteristiche di ritrovamento si possa dedurre che la direzione del moto delle schegge vada dalla periferia verso l'interno perchè esse si trovano nei predetti danneggiamenti che occupano nei cuscini e negli schienali posizioni del tutto casuali. Si deve quindi ritenere del tutto ragionevole l'ipotesi avanzata nella perizia tecnica che le schegge si siano determinate al momento dell'impatto in mare e che siano state trasportate e depositate negli squarci dei cuscini e degli schienali, nel frattempo originatisi, dall'effetto dell'acqua irrompente all'interno della fusoliera.

Non risulta neppure accettabile il paragone con l'incidente di Lockerbie, perchè la destrutturazione del Boeing 747 avvenne per canalizzazione delle onde d'urto all'interno della struttura del velivolo che era di tipo particolare e, cioè, costituita da elementi "scatolati" che funzionarono come "guide d'onda" determinando fenomeni di esplosione virtuale nei punti di confluenza. La struttura del DC9 è completamente diversa, costituita da elementi "aperti" che non possono in alcun caso dare origine al predetto fenomeno.

Si deve perciò ritenere che la conclusione del capitolo nel quale si afferma che l'implosione delle schegge all'interno dei cuscini sia indice di esplosione interna non possa essere accettata in quanto basata su

presupposti errati, alcuni dei quali contrastanti con le evidenze emerse da meticolose indagini sulle caratteristiche di ritrovamento delle schegge effettuate nell'ambito della perizia tecnica.

6. In questo capitolo viene ricordato come siano state recuperate la paratia posteriore di pressurizzazione, la paratia verso l'avanti che delimita sul fianco destro il locale della toilette e sul fianco sinistro lo spazio adibito alla cambusa e la scaletta di accesso posteriore al velivolo.

Viene fatto rilevare come la paratia posteriore di pressurizzazione, costruita secondo un arco sferico per meglio resistere alle sollecitazioni derivanti dalla pressurizzazione, presenti una curvatura superiore a quella di costruzione, indice, quindi, di un rigonfiamento dovuto ad una pressione interna alla cabina passeggeri superiore a quella normale. Viene fatto ancora osservare come la paratia posta di fronte ad essa presenti un rigonfiamento dalla parte opposta. Da questi elementi viene dedotto come in mezzo alle due paratie e, cioè, all'interno della toilette fra esse compresa, possa essersi verificata un'esplosione con forte aumento della pressione che ha fatto rigonfiare le pareti. Utilizzando i risultati esposti nel precedente capitolo l'ing. Bazzocchi ha poi dimostrato come l'esplosione all'interno della toilette di una bomba costituita da 2lbs di TNT (0.9kg) avrebbe determinato un carico di pressione tale da divellere la paratia pressurizzata e scagliarla posteriormente fuori dal velivolo.

A tal punto si deve rilevare come non possa ritenersi corretto il metodo ragionativo adottato dal consulente in questo ed anche in successivi capitoli. E' certamente fuori da ogni dubbio che l'esplosione di una bomba all'interno della toilette avrebbe potuto determinare la caduta del velivolo con relativa frammentazione in volo, ma non è questo il problema. Il vero problema è se sia possibile risalire dalle caratteristiche di recupero e di deformazione dei frammenti all'evento esplosione interna.

A questo proposito si deve osservare come quanto rilevato in consulenza in merito alle deformazioni delle due paratie non possa fornire alcuna utile indicazione in merito all'ipotizzata esplosione interna. In effetti non corrisponde al vero il fatto che la paratia di pressurizzazione presenti una curvatura superiore a quella di progetto e che questo possa essere attribuito alla pressione derivante dall'esplosione. La parte di paratia a contatto con la toilette manca completamente e, quindi, su di essa non possono farsi ipotesi. La rimanente parte non presenta sensibili deformazioni nel senso indicato dall'ing. Bazzocchi. Eventuali non perfette corrispondenze con le curvature di progetto possono senz'altro essere attribuite all'impatto in mare dell'intero frammento.

Per quanto concerne poi la deformazione del frammento di paratia posto di fronte al precedente, si deve rilevare come sulla stessa paratia, ma nella parte opposta, sia presente una deformazione in senso esattamente contrario. L'informazione non è quindi univoca. Al riguardo si concorda con quanto esposto nel documento redatto dai periti Casarosa-Held in

risposta ai commenti generali effettuati dalle parti imputate nel quale, a proposito delle informazioni che possono trarsi dall'esame del relitto, fanno osservare (pag.3.3): "In caso di incidente aereo, specialmente se verificatosi in quota, non è semplice ed immediato individuare le cause di particolari deformazioni riscontrabili sul relitto perchè esse possono derivare da differenti cause. Esse, infatti, possono essere determinate sia dall'evento che può aver causato l'incidente, sia da azioni fluidodinamiche e/o da successive rotture generatesi durante la caduta, sia dall'impatto al suolo, sia, infine dalla concomitanza di tutte o di parte di queste singole cause.

Nel caso del DC9 Itavia, tale complessa situazione è ulteriormente complicata dal fatto che il velivolo è caduto in mare e, pertanto, è andato soggetto ad ulteriori intense azioni fluidodinamiche, non inferiori a quelle attribuibili a fenomeni esplosivi sia interni che esterni, come ampiamente esposto in perizia.

Affermare che particolari deformazioni, come quella in esame, siano prove inconfutabili di un qualsivoglia evento dimostra, a parere dei PCH (periti Casarosa Held), una eccessiva sicurezza e poco senso critico... . Pertanto, per poter stabilire che una particolare deformazione possa essere attribuita, ad esempio, ad un fenomeno esplosivo, occorrono, a parere dei PCH, approfondite analisi critiche e, soprattutto, estesi controlli incrociati volti principalmente, nel caso specifico, ad individuare i ben noti segni tipici derivanti dal fenomeno esplosivo stesso. Come più volte discusso, tali segni sono completamente assenti sul relitto del DC9".

7. Con ragionamento analogo al precedente, l'ing. Bazzocchi dimostra che una esplosione all'interno del bagagliaio posteriore avrebbe potuto determinare il cedimento e l'arricciolatura della lamiera visibili sul portello del medesimo. Anche per questo particolare tipo di deformazione valgono le osservazioni in precedenza esposte. E a questo proposito, si deve concordare con quanto affermato dai periti Casarosa-Held alla pag.3.5 del documento di cui al precedente capitolo e di seguito riportato: "Ad ogni buon conto, supponiamo che la deformazione in esame (arricciolatura della lamiera; si sia verificata per effetto dell'esplosione e che, di conseguenza, essa fosse presente sul relitto al momento dell'impatto in mare.

Come esposto in perizia e come ritenuto anche dai consulenti di parti imputate il relitto principale del velivolo ha urtato con la superficie del mare in corrispondenza del suo fianco destro che è andato completamente distrutto secondo le modalità descritte nella parte IV della perizia stessa. Nella Fig.IV-55 di perizia e, ancor meglio, sul relitto ricostruito, si può osservare come l'arricciolamento a scatola di sardine, si trova al centro di una zona completamente deformata ed in parte distrutta dall'impatto. Se esso si fosse determinato in quota, occorrerebbe accettare la singolare situazione che l'impatto avrebbe danneggiato o distrutto tutta la predetta zona, lasciando indenne solo la preesistente arricciolatura.

I PCH (periti Casarosa-Held) ritengono molto più logico ipotizzare che l'arricciolatura si sia verificata al momento dell'impatto, forse per effetto delle azioni fluidodinamiche derivanti dall'impatto stesso, contemporaneamente alle rotture e deformazioni di tutta la zona circostante.

Inoltre, un attento esame dell'intero bagagliaio posteriore e, in particolare, delle zone adiacenti al portello di carico, può consentire di verificare immediatamente come all'interno di tale vano non possano essersi generati gli elevati valori di pressione ipotizzati dall'ing. Bazzocchi e ritenuti all'origine della arricciolatura in esame.

Infatti, gli elementi di lamiera sottostanti la parte arricciata non presentano alcun segno di imbozzamento mentre il rivestimento in materiale sintetico del vano bagagli o non risulta danneggiato o, in alcune zone fortemente danneggiate, presenta vistose deformazioni verso l'interno del bagagliaio stesso, (e quindi in senso opposto a quello che dovrebbe logicamente derivare dall'esplosione; nde) come visibile nelle fotografie riportate in Fig.25".

L'Ufficio ritiene quindi che il cedimento e le deformazioni della lamiera del portello in esame non possano ritenersi prove di esplosione perché, molto più verosimilmente, possono ritenersi originate al momento dell'impatto del relitto principale con la superficie del mare.

8. In questo capitolo l'ing. Bazzocchi prende in considerazione le modalità di frammentazione della scaletta posteriore di accesso ed il punto di recupero a circa 10km dal relitto principale. Come al solito valuta il carico che si sarebbe determinato sulla scaletta stessa per effetto di una esplosione e rileva, ovviamente, come esso sarebbe stato in grado di scardinare la scaletta stessa. In alcune fotografie riporta poi quello che, a suo dire, sarebbe il tubo a torsione che comanda i ganci di bloccaggio della scaletta quando è retratta e rileva come esso sia stato fratturato proprio per una sollecitazione di torsione esercitata dagli agganci della scaletta mobile ai dispositivi di bloccaggio che sono azionati da un martinetto idraulico. Conclude poi, in modo del tutto assertivo, che anche la scaletta posteriore di accesso, ritrovata a circa 10km dal relitto principale, avrebbe fornito un'altra conferma che la caduta del velivolo sarebbe stata determinata dallo scoppio di una bomba posta nella toilette.

Sulle modalità di frammentazione e recupero della scaletta l'Ufficio ha formulato uno specifico quesito ai propri periti, chiedendo se essa avesse potuto distaccarsi secondo le modalità descritte dall'ing. Bazzocchi. Sul punto deve stimarsi del tutto esauriente quanto esposto dai periti Casarosa-Held nella pag.5.25 e seg. del loro documento di risposta che, di seguito, nuovamente si riporta.

“E' infatti fuori da ogni dubbio che l'esplosione di un opportuno ordigno posto in opportuna posizione avrebbe potuto distaccare la scala, ma

il problema che interessa è di stabilire, invece, se dalle caratteristiche di distacco e di ritrovamento della scala si può dedurre che a bordo, ed in particolare all'interno della toilette, si sia verificata un'esplosione.

A questo proposito i PF (periti firmatari del documento Casarosa-Held) intendono effettuare le osservazioni di seguito riportate.

Dalla Fig.IV-75 di perizia si può osservare come i relitti della scala, ed in particolare i relitti dei gradini della parte fissa (AZ465), della struttura della parte fissa (AZ604), del corrimano (AZ569), siano stati recuperati in prossimità del limite sud dei ritrovamenti (il relitto della parte mobile è leggermente più a Nord dei precedenti, ma sempre prossimo al limite sud dei ritrovamenti). Questo significa che essi sono stati fra gli ultimi elementi a distaccarsi dal velivolo (almeno fra quelli recuperati) e, di conseguenza, questa loro caratteristica di ritrovamento, che è un elemento di valutazione oggettivo, contrasta con l'ipotesi che il distacco della scala possa essere avvenuto per effetto dell'onda di pressione generata da fenomeno esplosivo.

Infatti, in questo caso, il distacco della scala avrebbe dovuto essere immediato ed i suoi frammenti avrebbero dovuto trovarsi in prossimità del limite nord dei ritrovamenti.

D'altra parte, la posizione di ritrovamento dei relitti in esame è congruente con le modalità di distacco del tronco di coda che non è avvenuto immediatamente, ma dopo alcuni secondi dall'inizio della frammentazione della parte posteriore della fusoliera, come ampiamente descritto nel paragrafo 12.3 e 12.4 della parte IV di perizia (pag.IV-78 e IV-84).

Tali risultati sono stati ricavati basandosi sui dati oggettivi desumibili dalle caratteristiche di ritrovamento dei frammenti e, pertanto, possono ritenersi ragionevolmente certi.

Ad ulteriore conferma, l'esame dei relitti della scala e della zona ad essa adiacente, non consente di rilevare danneggiamenti imputabili agli elevati valori di pressione ai quali tali elementi avrebbero dovuto essere assoggettati, secondo l'ipotesi dei periti di parte.

Ad esempio, non si vedono fenomeni di deformazione o rottura degli scalini che, sicuramente, si sarebbero dovuti verificare se, sulla scala, avessero agito gli elevati valori di pressione ipotizzati.

Inoltre, il rivestimento esterno della scala è visibilmente deformato verso l'interno del velivolo, certamente per effetto dell'impatto con la superficie del mare.

Infine, le deformazioni dell'intera zona del tronco di coda adiacente alla scala, sono tutte dirette verso l'interno del velivolo.

Ai PF, non risulta poi chiaro il seguente passo, contenuto alla pag.3 del cap.8 della II Relazione di parte, in precedenza citata: (riportato interamente anche nella relazione Bazzocchi - nde).

“Alle foto 4, 5 e 6 è illustrato il tubo a torsione che comanda i ganci di bloccaggio della scaletta mobile quando è retratta. Il tubo a torsione è indicato dalle frecce. Il tubo risulta troncato proprio per una sollecitazione di torsione esercitata dagli agganci della scaletta mobile ai dispositivi di bloccaggio che sono azionati da un martinetto idraulico.”

Dall’esame del relitto si può rilevare che il tubo fratturato a torsione, non è il tubo che comanda i ganci di bloccaggio della scala, ma è il tubo sul quale sono vincolate le aste di comando del sistema di apertura/chiusura della scala stessa, come indicato nella Fig.19-1 allegata (v. documento) Il particolare tipo di rottura a torsione del tubo, visibile in Fig.19-2 (v. documento) allegata, è stato determinato dagli elementi di fissaggio del manicotto di attacco dell’asta al tubo stesso, come osservabile nella stessa figura.

Il tubo di comando dei ganci di bloccaggio della scaletta è situato posteriormente a quello fratturato ed è presente sul relitto, ancora integro per tutta la sua lunghezza. I ganci di bloccaggio destri e sinistri della scala, sia in posizione aperta che chiusa, sono vincolati alla struttura del tronco di coda e sono ancora integri. La rotazione di questo tubo avviene meccanicamente attraverso un sistema di cavi e bilancieri azionati da una maniglia posta alla sinistra della porta posteriore di ingresso al velivolo, e non attraverso martinetto idraulico (Fig.19-3 allegata (v. documento)). L’apertura e chiusura dei ganci avviene mediante camme montate sul tubo stesso. La rotazione del tubo aziona anche la valvola di comando del martinetto che, attraverso il tubo di torsione (fratturato sul relitto), aziona, a sua volta, le aste (puntoni) di comando per aprire e chiudere la scala (Fig.19-4 allegata (v. documento)). I ganci di bloccaggio della scala in posizione chiusa agiscono su appositi perni vincolati alla scala, mentre quelli di bloccaggio in posizione aperta, agiscono sulle aste di comando (Fig.19-4 allegata (v. documento)).

Tutto ciò premesso, i PF non comprendono come la rottura a torsione del tubo possa essere avvenuta attraverso l’azione dei dispositivi di aggancio, come ipotizzato nel passo citato. Infatti, a scala chiusa, essi non agiscono sul tubo stesso ma sul perno vincolato alla scala, attraverso un sistema meccanico del tutto indipendente dal sistema di apertura/chiusura al quale il tubo fratturato appartiene, come visibile nelle figure allegate.

La rottura a torsione del tubo, a parere dei PF, è invece congruente con le azioni di torsione trasmesse dall’asta di comando sinistra del sistema di apertura/chiusura al momento del distacco della scala (trazione sul tubo

telescopico vincolato alla scala sul lato sinistro, flessione sull'asta sinistra, torsione sul tubo).

Per i motivi esposti, i PF ritengono che il distacco della scala si sia verificato al momento del distacco del tronco di coda, principalmente per effetto di azioni meccaniche che su di essa possono aver agito. Basti pensare che essa da un lato è vincolata ad elementi del velivolo che appartengono al relitto principale, rinvenuto in zona C, e, dall'altro, al tronco di coda distaccatosi in volo e caduto in zona A. Le azioni meccaniche determinatesi al momento del distacco, sono state sicuramente tali da causare la rottura degli attacchi anteriori e posteriori della scala.

I PF, pertanto, non concordano con la ricostruzione dell'evento effettuata dai periti di parte e non ritengono il distacco della scala dal velivolo imputabile ad effetti conseguenti all'esplosione.

A maggior ragione, sempre a loro parere, il distacco della scala non può fornire alcuna indicazione sulla possibile posizione della carica”.

L'Ufficio concorda, come detto anche in altra sede, con quanto esposto dai periti Casarosa-Held e rileva quindi come le modalità di frammentazione della scaletta descritte dall'ing.Bazzocchi non siano assolutamente congruenti con quanto rilevabile sul relitto ed il punto di ritrovamento del frammento non sia congruente con l'ipotesi di un immediato distacco per effetto dell'esplosione. Quanto esposto dall'ing.Bazzocchi, che, tra l'altro, contiene non trascurabili errori nell'individuazione dei reperti e delle modalità di apertura/chiusura della scaletta, non può quindi essere ritenuto come prova di esplosione interna.

9. L'ing. Bazzocchi prende in considerazione i frammenti costituiti dalle due fiancate posteriori destra e sinistra contenenti sei finestrini.

Rileva come le fratture in corrispondenza delle sezioni di distacco presentino aspetti particolari come se si trattasse di una frattura fragile senza deformazioni della testa dei chiodi nè deformazioni plastiche del bordo di frattura. Questi aspetti particolari non vengono minimamente documentati con alcun tipo di analisi specialistica.

Per quanto riguarda il meccanismo di rottura, l'ing.Bazzocchi sostiene che le onde d'urto, canalizzate nell'intercapedine fra rivestimento esterno e rivestimento interno della fusoliera, riflettendosi sulle pareti, abbiano moltiplicato il loro effetto distruttivo, distaccando i due frammenti.

Segue poi l'ormai noto e criticato ragionamento con il quale si dimostra la cosa ovvia che un'esplosione sarebbe stata in grado di generare una pressione interna capace di distaccare i frammenti.

A questo proposito non si può non rilevare l'incongruenza dell'ipotesi in quanto tale pressione, sufficiente a distaccare i pannelli, non sarebbe stata in grado di frantumare i vetri dei finestrini che, per il pannello di destra, risultano integri (5 su 6). Si deve ritenere molto più credibile

l'ipotesi di frammentazione delle due fiancate discussa in perizia tecnica (Vol.II-pag.IV-85) e di seguito riportata; "Alcune più precise informazioni sulle modalità di rottura e distacco dei frammenti possono trarsi dall'esame dei due elementi di fiancata destra e sinistra contenenti le file di sei finestrini (frammenti n°461 e 529).

Il frammento di sinistra (n°529) si è distaccato dal resto della fusoliera in corrispondenza dell'ordinata 642. Il distacco è avvenuto per cedimento di parte dell'ordinata che è rimasta vincolata al frammento e per tranciatura della chiodatura di vincolo del frammento all'ordinata stessa ed alla parte di rivestimento superiore adiacente al frammento stesso.

La deflessione dell'ordinata in corrispondenza del punto di rottura e la tranciatura di alcuni fori di alloggiamento dei rivetti in corrispondenza del vincolo con l'ordinata e con la parte di rivestimento superiore, sono osservabili in Fig.IV-78.

Appena verificatosi il cedimento del vincolo con l'ordinata e, probabilmente, anche con il rivestimento superiore ad esso adiacente, le azioni fluidodinamiche hanno determinato la deflessione del frammento in senso contrario al moto del velivolo portandolo ad urtare contro la presa d'aria del motore sinistro che, in quel momento, stava anch'esso distaccandosi.

La deflessione del frammento indica con ragionevole certezza che al momento del suo distacco dall'ordinata 642, la parte posteriore di fusoliera ad esso adiacente era ancora integra e presentava adeguate caratteristiche di vincolo, tali da consentire la deflessione stessa.

Questa modalità di distacco è in accordo con l'ipotesi in precedenza formulata che la rottura della parte posteriore della fusoliera sia iniziata dall'ordinata 642.

La deflessione in senso contrario al moto non è invece visibile nel frammento 461 contenente i sei finestrini di destra. Questa particolarità è in accordo con la sequenza dei distacchi in precedenza discussa, dalla quale è emerso che la parte di fiancata destra adiacente al motore destro (situata posteriormente al frammento in esame; nde) si sia distaccata immediatamente al momento dell'incidente, insieme al motore stesso.

Alla rottura del vincolo del frammento 461 (frammento con i sei finestrini; nde) con l'ordinata 642 non è seguita la predetta deflessione del frammento in quanto esso, a quell'istante, era privo del vincolo con la parte posteriore, già distaccatasi insieme al motore destro.

Un fenomeno di "pelatura" parziale è comunque visibile sulla parte superiore del frammento, probabilmente indotta dal distacco e "pelatura" della parte adiacente, come rilevabile in Fig.IV-79.

Le modalità di distacco dei frammenti considerati sono pertanto in ragionevole accordo con l'ipotesi di cedimento della parte posteriore della

fusoliera in corrispondenza dell'ordinata 642 e successivo effetto di "pelatura" generato dalla pressione dinamica, nonchè con l'ipotesi di sequenza di distacchi in precedenza discussa, a sua volta congruente con le caratteristiche di ritrovamento dei frammenti".

Inoltre, i periti Casarosa-Held, nelle risposte alle osservazioni dei consulenti di parte imputata, alla pag.3.6 fanno osservare come non corrisponda a verità che il pannello destro contenente i sei finestrini si sia distaccato "immediatamente" dalla fusoliera, ma come esso, trovandosi al limite Sud dei ritrovamenti, sia stato invece uno degli ultimi elementi a distaccarsi da relitto principale. Questo fatto oggettivo è certamente in contrasto con l'ipotesi di esplosione che avrebbe avuto come conseguenza l'immediato distacco del pannello.

I periti riferiscono anche come non sia vero quanto affermato dall'ing. Bazzocchi in un suo successivo documento di sintesi, nel quale viene affermato che su tale pannello esisterebbero leggere ondulazioni fra un finestrino e l'altro, tali da far pensare ad una sovrappressione interna. Tali leggere ondulazioni non esistono.

Deve pertanto reputarsi che quanto affermato dall'ing. Bazzocchi a proposito delle modalità di distacco dei due frammenti considerati non possa in alcun modo essere ritenuto come prova di esplosione interna.

10. In questo capitolo l'ing. Bazzocchi prende in considerazione il problema che un certo numero di tubazioni appartenenti agli impianti del velivolo risultano schiacciate per buona parte della loro lunghezza. Esclude che questo possa essersi verificato per danneggiamento meccanico al momento dell'impatto a causa delle regolarità degli schiacciamenti e per effetto della pressione dell'acqua durante l'affondamento perchè esso si è verificato in condizioni di equilibrio fra pressione esterna ed interna agente sulle tubazioni. Ritiene che l'unica spiegazione sia quella di un impulso di pressione esterna dovuto ad esplosione che può aver causato il collasso delle tubazioni per schiacciamento. Per dimostrare questo ha effettuato una prova di schiacciamento su un simulacro di tubazione ed ha verificato che esso, ovviamente, può verificarsi ad opportuni valori di pressione che, nell'esempio considerato, è stata dell'ordine di 3.6kg/cmq.

Si deve rilevare come la prova di schiacciamento, per i motivi più volte espressi, non fornisca alcuna conferma all'ipotesi e come nel formularla il Bazzocchi non abbia tenuto conto di alcuni fattori importanti che rendono l'ipotesi estremamente labile, fra i quali:

- 1) - Tubazioni delle stesse dimensioni e collocate in posizione adiacente a quelle schiacciate non hanno subito alcuna deformazione.
- 2) - Tubazioni poste sicuramente al di fuori di ogni ipotizzabile zona di esplosione (tubi di ventilazione dei serbatoi della semiala sinistra) risultano schiacciate in modo analogo a quelle considerate.

3) - In incidenti aerei certamente non verificatisi per esplosione interna, una parte non trascurabile delle tubazioni risulta schiacciata e deformata come quelle del DC9.

11. In questo capitolo l'ing. Bazzocchi affronta il problema del distacco in volo dei due motori ed effettua lo studio delle deformazioni di un frammento di lamiera del pilone, a suo dire strappato e proiettato dallo scoppio contro il soffiato di dilatazione del tubo dell'impianto pneumatico che ha stampato su di esso le proprie ondulazioni. L'ing. Bazzocchi ipotizza che il distacco dei due motori sia avvenuto per effetto della pressione generatasi al momento dello scoppio che, dopo aver divelto le due fiancate destra e sinistra adiacenti ai motori stessi, si sarebbe scaricata sulle gondole determinando un carico orizzontale sul complesso gondola-motore tale da provocare il distacco. A supporto di questa ipotesi, con l'ormai più volte criticato ragionamento, viene riportato come il calcolo delle pressioni effettuato come indicato nel capitolo 1 dimostrerebbe la possibilità di questo evento.

L'Ufficio ritiene che questa ipotesi di distacco dei due motori sia del tutto "teorica" e non tenga minimamente conto di quanto rilevabile dal relitto ed analizzato nell'ambito della perizia frattografica.

Per quanto riguarda il distacco del motore destro, nella perizia frattografica si legge che la rottura della travatura di attacco posteriore del motore visibile sul relitto è avvenuta per carico di compressione e la rottura degli angolari dell'attacco anteriore, anch'essa visibile sul relitto, per carichi dovuti prevalentemente a momento flettente. Tali situazioni di carico si sarebbero determinate al momento dell'impatto in mare del sistema motore-gondola-pilone, con massa del pilone sovrastante il motore, e non sono certamente congruenti con l'ipotizzato carico di pressione sulla gondola che avrebbe determinato carichi di trazione su tali elementi.

In perizia tecnica è stato riportato come il valore del fattore di carico che certamente ha agito sul predetto complesso al momento dell'impatto in mare possa aver raggiunto valori estremamente elevati, tali da giustificare le predette rotture.

Di conseguenza risulta accettabile l'ipotesi avanzata in perizia che al momento dell'incidente si sia verificato il cedimento dell'attacco anteriore del motore destro con la struttura del velivolo.

Questo fatto è ragionevolmente ipotizzabile per il motore destro, in quanto la zona dell'attacco con la fusoliera non è stata recuperata, ed è certo per quanto riguarda il motore sinistro, in quanto sul relitto si può osservare come l'attacco anteriore del motore si sia sfilato dalla fusoliera in condizioni integre con cedimento della chiodatura con la struttura della fusoliera (ordinata alla Staz.786) e non con le modalità indicate nella

Fig.13 della relazione Bazzocchi (rottura degli angolari che, invece, sono integri sul relitto).

Il distacco dei motori per effetto della pressione laterale sulle gondole non è poi compatibile con il sistema di vincolo degli elementi interessati. Infatti i portelloni superiore ed inferiore che definiscono la gondola del motore non sono vincolati al motore ma al pilone (apron) e, di conseguenza, il carico derivante da una pressione agente su di essi non si sarebbe scaricato sugli attacchi del motore, ma sugli attacchi dei portelloni sull'apron. E' ragionevole pensare che un elevato valore di pressione avrebbe divelto gli attacchi dei portelloni, certamente meno resistenti degli attacchi del motore, causando la separazione in volo dei portelloni stessi che, invece, non si è verificata.

Le parti anteriori e posteriori di entrambe le gondole destra e sinistra (prese d'aria e coni di scarico) che risultano vincolate al motore non presentano alcun segno di deformazione per carichi di pressione sulle zone prospicienti le fiancate della fusoliera.

Questo GI ritiene quindi che la ricostruzione delle modalità di distacco dei due motori effettuata dall'ing. Bazzocchi non sia congruente con quanto verificabile sul relitto.

Ritiene poi privo di ogni validità lo studio delle deformazioni del frammento di lamiera del pilone in quanto il frammento considerato non è un frammento del pilone ma la scatola porta salviette della toilette e le deformazioni riprodotte sperimentalmente dal Bazzocchi non sono dovute all'impatto del frammento contro il soffiato di dilatazione della tubazione ma sono scanalature realizzate sul particolare al momento della sua costruzione per irrigidirne il fondo, come rilevato dai periti Casarosa-Held nel loro documento di risposta alle osservazioni dei consulenti di parti imputate (pag.2.16).

12. In questo capitolo il consulente analizza le modalità di separazione del tratto terminale dell'ala sinistra ipotizzando che tale separazione si sia verificata successivamente al distacco del tronco di coda e per effetto di esso. Egli afferma che la perdita delle superfici di coda avrebbe indotto sul relitto del velivolo un forte momento picchiante in seguito al quale le ali avrebbero assunto un'incidenza negativa, opposta cioè a quella normale di volo, di entità tale da determinare un carico aerodinamico sufficiente a determinarne la rottura per flessione negativa.

Attraverso un calcolo semplificato egli valuta che l'incidenza negativa necessaria per determinare la rottura dell'estremità dell'ala avrebbe dovuto essere di $5^{\circ}48'$ e, con considerazioni di equilibrio sul relitto privo di coda, valuta in $5^{\circ}1'$ il massimo valore di angolo di incidenza che il relitto avrebbe potuto raggiungere durante la possibile oscillazione longitudinale.

I rimanenti 47' necessari per raggiungere l'angolo di incidenza di rottura sarebbero stati raggiunti con un moto di rollio del relitto di $16^{\circ}15'$ gradi/sec derivante da un angolo di imbardata di $4^{\circ}36'$ assunto per effetto del diedro e della freccia alare. Ricontrata attendibile questa l'ipotesi di rottura l'ing. Bazzocchi passa ad una analisi del fenomeno utilizzando un metodo di calcolo più accurato, basato sulla soluzione delle equazioni del moto del relitto, rilevando un ragionevole accordo con i risultati precedenti. Conclude ritenendo il processo esposto come uno dei più importanti per la dimostrazione dello scoppio della bomba a bordo.

Su tale metodo di indagine e sui relativi risultati si sono pronunciati i periti Casarosa-Held nel loro documento di risposta ai commenti generali dei consulenti di parti imputate. Questo GI concorda con quanto esposto nel documento e, in particolare, sugli elementi di critica al metodo di indagine dell'ing. Bazzocchi di seguito riportati.

“Le osservazioni critiche che i PCH (periti Casarosa-Held) ritengono di dover rivolgere a tale metodo, possono articolarsi in due punti essenziali.

Il primo è che, a parere dei PCH, tale dimostrazione è inessenziale in quanto è statisticamente dimostrato e riportato anche nei manuali di investigazione per gli incidenti aerei che la rottura in volo delle superfici di coda, per qualsivoglia motivo, porta come conseguenza molto probabile la susseguente rottura di una o di entrambe le semiali, a causa delle complesse situazioni di moti e di carichi derivanti dall'evento.

Questa possibilità è stata considerata anche in perizia tecnica quando è stato discusso se la rottura della semiala sinistra potesse essere considerata come evento primario o come evento secondario, successivo, appunto, al distacco del tronco di coda.

Il secondo punto nel quale possono articolarsi le predette osservazioni critiche è relativo alla inadeguatezza sia dei mezzi teorici sia dei dati iniziali utilizzati dall'ing. Bazzocchi per l'analisi del comportamento del velivolo, a seguito del distacco della coda.

I PCH ritengono di poter avanzare le predette critiche in quanto anche nell'ambito delle indagini svolte dal collegio peritale è stato affrontato il problema della determinazione delle caratteristiche del moto del relitto susseguente al distacco della coda.

Per effettuare tale analisi è stato usato il simulatore di volo del Dipartimento di Ingegneria Aerospaziale dell'Università di Pisa che, come descritto in perizia, è in grado di effettuare l'analisi dinamica a sei gradi di libertà con variazioni non lineari delle caratteristiche aeromeccaniche. Su tale simulatore sono state implementate sia le caratteristiche del velivolo completo, sia le caratteristiche del sistema senza coda, fornite dalla McDonnell-Douglas, plausibilmente modificate per tenere conto dei danneggiamenti derivanti dal distacco del tronco di coda.

La simulazione è stata condotta ipotizzando due secondi di volo di crociera e, quindi, il distacco della coda.

L'obiettivo della simulazione era di effettuare una analisi del moto del frammento susseguente al distacco del tronco di coda ed un controllo della traiettoria seguita dal frammento stesso, tenendo conto, ovviamente, delle caratteristiche di vento presenti al momento dell'incidente".

A questo punto del loro documento i periti Casarosa-Held allegano i risultati delle simulazioni effettuate e rilevano come questi siano stati del tutto insoddisfacenti specialmente per quanto riguarda la traiettoria di caduta ed il punto di impatto che non hanno praticamente alcuna attinenza con quelle reali.

Proseguono quindi con le seguenti osservazioni.

"Tutto ciò premesso, i PCH ritengono che la metodologia utilizzata dall'ing. Bazzocchi, basata inizialmente su considerazioni di equilibrio e, successivamente, su analisi dinamiche effettuate con modelli di gran lunga più schematici di quelli impiegati dal CP, utilizzando dati iniziali affetti da incertezze certamente non inferiori a quelle ipotizzate dai PCH, senza tenere conto dei determinanti effetti delle non linearità presenti nei coefficienti aerodinamici nè della loro sostanziale dipendenza dal n° di Mach, sia inadeguata a dimostrare la sequenza degli eventi che può aver portato alla rottura della semiala.

I PCH ritengono velleitario voler apprezzare con tale metodologia angoli di incidenza del velivolo con approssimazione dell'ordine della frazione di grado, come più volte effettuato sia nell'ambito delle analisi statiche, sia nell'ambito delle analisi dinamiche effettuate nel documento in esame".

Per quanto esposto, l'Ufficio ritiene che il considerare questo processo esposto dal consulente di parte come uno dei più importanti per la dimostrazione dello scoppio della bomba a bordo sia un'affermazione estremamente criticabile. Poiché è vero che nell'ambito degli incidenti aerei il cedimento del tronco di coda ed il distacco di parte o della totalità delle ali sono eventi fra loro correlabili, ma il vero problema da prendere in esame non sarebbe stato la modalità con la quale tali eventi possano essersi determinati, ma quale dei due possa essersi verificato per primo.

13. Questo capitolo si riferisce al danneggiamento del lavello della toilette ma l'ing. Bazzocchi non svolge alcuna particolare analisi rimandando a quanto esposto a questo proposito nel documento presentato insieme agli altri consulenti della sua parte, depositato in data 19.04.94.

14. In questo capitolo Bazzocchi affronta il problema della quasi collisione tentando di dimostrare, attraverso due livelli di ragionamento, come questo evento non possa essersi verificato.

Il primo di essi è basato sulla analisi dei risultati di una trattazione approssimata effettuata dall'ing.Bazzocchi, nella quale si sostiene che nel caso del passaggio a distanza ravvicinata di due velivoli, il campo di pressioni agenti sul ventre di un'ala avrebbe interagito con il campo di depressioni agente sul dorso dell'altra, determinando una riduzione di carichi aerodinamici sulle due ali, tale da impedire il superamento dei carichi di rottura.

Nel loro documento di risposta ai commenti generali dei consulenti di parti inquisite, i periti Casarosa-Held hanno fortemente criticato questa analisi semplificata. Essi hanno infatti osservato (pag.2.6 del documento) che il disturbo di pressione all'interno del fluido che circonda l'ala si estende fino a dove si estende il disturbo di velocità generato dalla presenza dell'ala stessa e, cioè, a distanze dalle sue superfici inferiore e superiore dell'ordine della decina di centimetri (qualche frazione del semispessore massimo del profilo alare). Tale effetto è assolutamente assente per distanze superiori.

Essi fanno poi rilevare come se la teoria dell'ing.Bazzocchi fosse valida, risulterebbe assai problematico il volo dei biplani che, come noto, sono costituiti da due ali poste una sopra l'altra.

In questo contesto viene anche inserito il riferimento alla teoria del prof.Förshing, allegando relativa nota trasmessa al collegio peritale, la quale, come noto, sostiene l'impossibilità di rottura dell'estremità della semiala sinistra per effetto dell'interferenza aerodinamica a causa delle attenuazioni sui carichi prodotte da effetti dinamici.

Questo argomento è stato ampiamente dibattuto dai periti Casarosa-Held nelle loro note di risposta ai diversi documenti delle parti facenti ad esso riferimento, evidenziando come la predetta teoria non sia applicabile all'ipotesi di quasi collisione sostenuta in perizia tecnica.

Prova ne sia che in essa non è stato fatto ad essa riferimento, con il consenso implicito del prof.Förshing che ha firmato la perizia stessa.

Infatti, come precisato dal perito Förshing in un successivo documento (per lungo tempo non citato da alcuno), l'attenuazione dei carichi dinamici può verificarsi solo per velocità relativa di incrocio dei due velivoli nell'ordine dei 250m/s, mentre in perizia tecnica è ipotizzata una velocità relativa almeno dieci volte più bassa.

I periti Casarosa-Held hanno poi verificato come applicando la teoria di Förshing nel caso di velocità relativa di incrocio compresa tra 20 e 50m/s non si avrebbero le predette attenuazioni dei carichi dovute ai fenomeni di interferenza, ma anzi l'effetto dinamico sarebbe tale da aumentare gli stessi rispetto ai valori calcolati staticamente (fenomeno di "overshot").

Il secondo livello ragionato è basato sull'impiego di un programma di calcolo che, analogamente a quanto effettuato in perizia tecnica,

consente di valutare le caratteristiche di sollecitazione agente sull'ala del DC9 per effetto di un'ala con essa interferente. Il programma di calcolo utilizzato è basato sugli stessi schemi concettuali di quello utilizzato in perizia tecnica e, pertanto, i risultati sono del tutto paragonabili. L'ing. Bazzocchi allega lo studio effettuato, probabilmente da suoi collaboratori, e non effettua alcun commento dei risultati che, invece, confermano quanto riportato in perizia tecnica.

In essa si afferma, infatti, che la rottura dell'estremità della semiala sinistra è avvenuta per un fenomeno di "crippling" dovuto ad un elevato valore di momento flettente locale raggiunto nella sezione di rottura, stimato in circa 9.87 tonnellate x metro.

Nel documento allegato dall'ing. Bazzocchi si può osservare (Fig.25) come per una distanza delle due ali di circa tre metri, nella sezione di rottura della semiala sinistra del DC9 possano essere stati raggiunti valori di momento flettente dell'ordine di 11 tonnellate x metro.

Al riguardo deve rilevarsi sulla scorta dei periti Casarosa-Held nel documento citato, come questo momento flettente sia notevolmente superiore a quello critico di rottura per crippling valutato in perizia tecnica e come, pertanto, tale analisi non possa che confermare la possibilità di verificarsi della rottura per quasi collisione.

I periti Casarosa-Held rilevano anche come riducendo ulteriormente la distanza delle due ali possano raggiungersi valori di momento flettente nella sezione di rottura dell'ordine di 20 tonnellate x metro, in grado quindi di determinare rotture di tipo "esplosivo".

Deve perciò rilevarsi quindi come quanto esposto dal Bazzocchi in merito all'ipotesi di quasi collisione non possa portare alcun elemento di valida critica ad essa, ma al contrario nella sua seconda parte relativa al secondo metodo di analisi, esso sia di forte conferma dell'ipotesi, giacché dimostra che si possono ottenere condizioni di rottura dell'estremità della semiala sinistra del DC9, utilizzando anche un programma di calcolo diverso da quello utilizzato in perizia tecnica.

Si deve quindi concludere che le analisi effettuate dall'ing. Bazzocchi in supporto all'ipotesi di esplosione di un ordigno all'interno della toilette del DC9, non apportano utili contributi ad essa. Infatti è emerso come molte di esse siano basate su osservazioni non congruenti con quanto oggettivamente rilevabile sul relitto, su errate interpretazioni del funzionamento di alcuni sistemi di bordo considerati, su confusione fra reperti, su metodologie e schemi ragionativi non appropriati, se non, talvolta, basati su errata interpretazione dei fenomeni fisici ad essi correlati, e, infine, a proposito della quasi collisione, portando a supporto analisi

specialistiche che, invece, se correttamente interpretate, risultano di conferma dell'ipotesi stessa.

* * * * *