

numero di atti terroristici e, per la loro qualità professionale, altrettanta esperienza in materia di esplosivi militari.

I periti esplosivisti hanno dunque esaminato il relitto del DC9 e le ipotesi prospettate dal Collegio SANTINI circa le possibili localizzazioni di ordigni a bordo dell'aereo; hanno valutato i risultati del lavoro degli esperti chimici e metallografici. Hanno, infine, tenuto conto delle osservazioni dei Consulenti di parte.

Il lavoro preliminare, di contesto, dei Periti è stato oggetto di critiche da parte del Generale MELILLO, il quale ha osservato che il Collegio non ha affatto esaminato la questione delle numerosissime intrusioni nei cuscini e negli schienali (oltre che nei corpi delle vittime). Omissione, a dire dell'imputato, tanto più grave se si pensa che la quantità e le caratteristiche delle intrusioni erano state considerate dall'Ente specialistico inglese Air Accident Investigation Board (AAIB) come prova di un evento esplosivo¹¹⁷. Le deficienze nella traduzione di detto elaborato, poste in evidenza dal MELILLO, non impediscono di valutare che:

¹¹⁷ Si trascrive integralmente la lettera inviata dall'AIB alla Commissione LUZZATTI il 5 novembre 1981, nel testo inglese, in quanto effettivamente (come notato dal MELILLO) la traduzione lascia a desiderare ed è fonte di possibili equivoci:

"On 3 and 4.11.81 members of your Accident Commission made a presentation to AIB of the evidence so far acquired in the course of your investigation into this accidente and you asked for our comments. These I give below:

1. The initial part of the flight proceeded normally to the assigned cruise flight level.
2. While established in normal cruising flight, the aircraft suffered a massive structural break - up.
3. There was no evidence of a mid - air collision.
4. The metallic particles recovered from the bodies of the victims were not characteristic of a break - up following an explosive decompression.
5. There was no evidence of blast damage resulting from the detonation of explosive material.
6. Multiple high velocity penetration of cabin furnishings, particularly seat cushions by small particles, is a feature commonly associated with the detonation of explosive devices within passenger cabins.
7. This evidence is not found in cases of structural failure resulting from material defects, structural overload or mid - air collisions.
8. The Inex Adria DC9 which was involved in a mid - air collision over Zagreb - Yugoslavia - in 1976 was a case where, although a severe structural failure occurred at a height of 33.000 ft., no evidence of high velocity penetration of cabin furnishing was found".

Il testo fu così tradotto:

"Il 3 e 4.11.81 i membri della Vostra Commissione sugli incidenti presentarono all'AIB le prove acquisite durante il corso delle vostre indagini riguardo questo incidente, richiedendo le nostre osservazioni in merito. Ciò di cui sotto è quanto da noi commentato:

1. La parte iniziale del volo procedette normalmente al livello di crociera assegnato.
2. Durante la normale velocità di crociera il velivolo subì un'enorme rottura strutturale.
3. Non ci fu traccia di collisione in aria.

- le conclusioni dell'AIB furono il frutto non di un esame dei reperti, ma solo di discussione con i membri della Commissione Luzzatti, che fornirono all'Ente britannico gli elementi di fatto
- tali elementi contenevano notevoli imprecisioni, giacché l'AIB fa sempre riferimento alla penetrazione di oggetti ad "alta velocità"

E' dunque ovvio che il breve scritto dell'Ente britannico non può costituire spunto per utili valutazioni. Ciò nonostante va osservato che l'AIB si esprime con grande cautela, distinguendo nettamente gli aspetti che ritiene certi nel caso in esame (come la mancanza di segni di *blast*) da valutazioni di carattere generale, che devono evidentemente essere sottoposte a controllo nel caso concreto. Le intrusioni sono invece state oggetto di approfondimenti in diverse occasioni e il risultato di tali indagini fu posto a disposizione del Collegio esplosivistico, man mano che si andava sviluppando. Questo Ufficio non condivide integralmente le conclusioni cui sono giunti i Periti. Di ciò si discuterà in altra parte delle requisitorie.

I. 16. 1. GLI ESPERIMENTI DI SCOPPIO

Sulla base del complesso materiale esaminati i Periti esplosivistici hanno valutato che L'unico luogo dell'aereo che presentasse indizi di un'esplosione interna fosse la parte posteriore destra e in particolare il vano toilette. Di conseguenza, hanno formulato ipotesi di collocazione di un ordigno, di diversa potenza, e le hanno sottoposte a una prima verifica attraverso modelli matematici.

In questa opera preliminare si è tenuto conto delle conclusioni cui era provvisoriamente giunto il Collegio SANTINI e, in questo contesto, i suggerimenti circa la posizione dell'ordigno.

4. Le particelle metalliche ritrovate nei corpi delle vittime non erano caratteristiche di una rottura in seguito a decompressione esplosiva.
5. Non ci fu traccia di esplosione risultante dalla detonazione di materiale esplosivo.
6. La penetrazione multipla ad alta velocità nella mobilia della cabina, in particolare le particelle ritrovate nei cuscini dei sedili, è una caratteristica comunemente associata alla detonazione di ordigni esplosivi nelle cabine passeggeri.
7. Questa traccia non viene trovata nei casi di guasti strutturali derivanti da difetti di materiale, sovraccarico strutturale o collisione in aria.
8. Il DC9 Inex Adria che fu coinvolto in una collisione in aria sopra Zagabria - Jugoslavia - nel 1976, fu un caso nel quale, sebbene a 33.000 piedi avvenne un serio guasto strutturale, non venne trovata traccia di penetrazione ad alta velocità della mobilia di cabina."

Valutata l'entità e localizzazione dei danni delle diverse ipotesi, attraverso il modello matematico, hanno proceduto a una prima serie di prove sperimentali, finalizzate a verificare la correttezza di quel modello e ad affinare le ipotesi formulate. Sulla base di queste prime prove, si è proceduto a prove sperimentali via via più complesse, fino a riprodurre l'esplosione, con quantità di esplosivo e localizzazione selezionate sulla base delle precedenti, in un vano toilette reale, del quale si è cercato di riprodurre per quanto possibile la corrispondenza all'originale.

Ora, gli esperimenti sopra citati sono stati oggetto di numerose critiche, alcune in corso di esecuzione dei primi esperimenti.

In particolare, i Consulenti di parte imputata, già nel corso dell'esecuzione della prova sperimentale del 17 giugno 1993, osservarono tra l'altro che le prove non tenevano conto degli effetti di sforzo strutturale derivanti dal fatto che il velivolo era in volo e pressurizzato, che due mensole della parete della toilette erano collegate agli attacchi del motore, che il pavimento non corrispondeva né morfologicamente né strutturalmente a quello reale. Sugerivano per l'espletamento della seconda prova la localizzazione dell'esplosivo nel contenitore sottostante il lavello e non quella nella zona immediatamente ad esso soprastante, come ipotizzato ai Periti sulla base delle simulazioni e delle prove sperimentali precedenti. Richiedevano la collocazione di sensori in alcune specifiche posizioni.

In un successivo documento (depositato il 19 aprile 1994) i Consulenti di parte riprendevano le osservazioni critiche, notando che:

- non erano stati definiti preliminarmente lo scopo e gli obiettivi delle prove
- che la riproduzione della toilette era approssimativa
- che le prove sperimentali non avevano tenuto conto delle effettive condizioni del velivolo, pressurizzato e in volo, con conseguenti effetti di sforzi strutturali
- che la carica era stata posizionata in modo non corretto.

Le prove sperimentali furono condotte in realtà con la più grande accuratezza. Esse furono precedute da simulazioni matematiche e da un notevole numero di esperimenti preliminari, finalizzati proprio a meglio definire obiettivi e modalità della sperimentazione, per approssimazioni successive. A tutte queste attività partecipò attivamente il Collegio dei Consulenti di parte. Non si vede proprio né come meglio potessero essere definiti scopo, obiettivi e modalità delle prove sperimentali. Né si vede come avrebbe potuto riprodursi o rappresentarsi in

maniera più fedele la condizione reale del velivolo al momento del fatto da riprodursi, a meno di non fare esplodere in volo un aereo nelle medesime condizioni.

D'altra parte, quando in altro caso un esperimento è stato condotto con modalità pedissequamente riproductive dell'evento reale (intercettazioni di un DC9 a opera di F104 del 1985 e 1989) e gli esiti non sono stati favorevoli alle tesi difensive non sono mancate critiche circa le condizioni di propagazione delle onde radar e così via.

Che non sia possibile riprodurre esattamente eventi complessi quali quello in esame era già noto nelle premesse del lavoro peritale. Prendere atto di ciò avrebbe forse dovuto portare semplicemente a non esperire alcun tipo di prova sperimentale? Si è invece ragionevolmente seguita la strada di ipotesi preliminari, verificate sia attraverso modelli matematici che prove sperimentali e quindi sostituite da ipotesi più accurate, fino a quella più probabile, secondo un metodo assolutamente corretto. I risultati sono quindi stati valutati nella piena consapevolezza dei limiti dell'esperimento e la loro significatività è stata considerata anche in rapporto al complesso degli elementi acquisiti. La posizione C della carica, contestata dai Consulenti, è stata scelta sulla base delle precedenti prove sperimentali e convalidata dalle simulazioni matematiche.

Gli esperimenti sono stati dunque condotti con modalità che appaiono particolarmente convincenti, sia per gli studi preliminari che per l'accurata riproduzione (nei limiti del possibile e dell'utile) delle condizioni della struttura al momento del fatto. Non vi è dubbio che le condizioni non riproducano integralmente quelle effettive, né sotto il profilo dei dati di pressione esterna e interna e di velocità relativa dei diversi oggetti, essendo le prove condotte in ambiente statico, né sotto quello derivante dall'inserimento del vano e degli attacchi dei motori in una struttura particolarmente studiata per coniugare la massima resistenza con il minor peso.

Ciò nonostante, i dati ricavati sono tali da non poter esser pretermessi, anche perché in accordo con le simulazioni matematiche e con i risultati delle indagini frattografiche e metallografiche.

I. 16. 2. LE SIMULAZIONI - STUDI PRELIMINARI ED ESPERIMENTI

Sulla base delle prospettazioni del Collegio SANTINI, il Collegio esplosivistico ha avviato le prove (simulazioni ed esperimenti) individuando un luogo di collocazione dell'ordigno che potesse esser compatibile con quelle ipotesi.

Tale collocazione avrebbe, in ipotesi, potuto essere quella del vano che contiene il lavabo. Tale mobiletto, infatti, si trova a contatto con la paratia di pressurizzazione e un'esplosione in detta zona avrebbe potuto dar conto delle deformazioni patite dal lavello che, come s'è detto, appaiono determinate dall'applicazione di forze di trazione, simili a quelle che l'oggetto avrebbe patito se esposto direttamente agli effetti di un'esplosione. Si ricorderà che, però, nessuna modificazione macroscopica o microstrutturale fu possibile rilevare sul lavello.

Il Collegio esplosivistico dovette quindi formulare e verificare ipotesi di collocazione di un ordigno che potessero determinare i danni riportati (e non riportati) sui diversi oggetti recuperati e al contempo determinare il distacco del motore destro.

Anche in questo caso si procedette a simulazioni matematiche e quindi a prove sperimentali, con approssimazioni successive. A questa fase elaborativa ha partecipato direttamente anche il Collegio tecnico principale.

Il Collegio SANTINI ha dunque collaborato prima nella definizione della fase preliminare, consistente nella predisposizione di una simulazione al computer; per tale simulazione fu espressamente chiesto al Collegio di fornire le indicazioni necessarie 1) per la posizione della carica all'interno della toilette (oppure subito fuori di essa) 2) massa della carica¹¹⁸. Il Collegio SANTINI fu molto attento nel "richiedere che la simulazione fosse condotta con un modello il più possibile vicino alla realtà". Per questa ragione, sottolinea il Prof. SANTINI, l'immissione dei dati nell'elaboratore avrebbe richiesto parecchi giorni e avrebbe considerato particolarmente le caratteristiche degli oggetti su cui maggiormente si incentrava l'attenzione dei Periti.

Questa prima fase di simulazione diede luogo a due rapporti preliminari, redatti da uno specialista, il Prof. VAUDANO.

Tali studi furono poi oggetto di ulteriori osservazioni e specificazioni.

Ad esempio, con nota del 1° marzo 1993, LILJA suggeriva che la simulazione avesse luogo innanzitutto ponendo nel cestino dei rifiuti della toilette ordigni costituiti da 0.5, 1.0 e 1.5 chilogrammi di esplosivo; come ipotesi successiva, l'ordigno avrebbe dovuto esser posto nella cisterna del water. Si noti che è ben chiaro, nella prospettazione della simulazione, che dovranno ricercarsi gli effetti delle esplosione soprattutto sulle pareti, sul pavimento e sulla cisterna del water;

¹¹⁸ Cfr. Nota del Coordinatore scientifico, prof. Paolo SANTINI, in data 25 febbraio 1992.

LILJA suggerisce, ancora, di limitare l'analisi degli effetti ai soli valori di pressione e impulso (anche se la ragione di tale limitazione non è chiarita).

La fase sperimentale vera e propria consistette a sua volta di più prove sperimentali, con modalità diverse, affinate a seconda dei risultati ottenuti e sulla base di un ampio contraddittorio, concernente anche la rispondenza dei modelli e delle condizioni sperimentali alla situazione reale.

Va premesso che il Collegio esplosivistico ha sempre manifestato piena consapevolezza della non piena corrispondenza delle condizioni in cui veniva replicato l'esperimento rispetto a quelle esistenti sull'aereo reale¹¹⁹. Di esse, dunque, si è tenuto conto.

Ci si riporta alle conclusioni del Collegio balistico - esplosivistico. Si perdonerà la lunga citazione, che appare necessaria viste le controversie cui gli esperimenti hanno dato luogo e visto che i risultati cui essi giungono sono invece considerati da questo Ufficio di notevole rilevanza:

In base alle indagini preliminari di cui s'è detto innanzi, "è stato possibile dedurre che le localizzazioni più probabili della carica erano da individuare all'interno del mobiletto porta - lavello, posto in aderenza della paratia di pressurizzazione (stazione 817) ovvero in un vano situato vicino alla vasca sottostante il water, adiacente alla "pelle" della fusoliera; quest'ultima posizione è stata presa in considerazione solo a livello di simulazione numerica in quanto l'esplosione di un ordigno posizionato in tal modo avrebbe sicuramente danneggiato la tavoletta copri water, che invece è stata rinvenuta pressoché integra tra i rottami del DC9, ed inoltre, per la sua vicinanza al rivestimento del motore destro dell'aereo, avrebbe provocato un forte danneggiamento del medesimo, non riscontrato nel caso reale.

Per le medesime ragioni non è stato preso in considerazione il posizionamento all'interno della succitata vasca sottostante il water.

In definitiva, per le prove di scoppio sono state prese in considerazione le tre seguenti posizioni di sistemazione dell'ordigno:

¹¹⁹ Da ultimo, il Generale MELILLO, in una memoria depositata il 30 aprile 1998 nella quale richiama le osservazioni critiche già in precedenza avanzate su diversi aspetti delle indagini peritali, contesta l'attendibilità dei risultati degli esperimenti balistici, per esser stati condotti in condizioni diverse da quelle originarie e con mezzi inadeguati.

A Sotto il lavello, entro un contenitore utilizzato per la raccolta delle salviette di carta utilizzate come asciugamano

B Sotto il lavello al di sopra del suddetto contenitore

C In un vano del mobiletto porta - lavello, utilizzato per la sistemazione di salviette di carta e situato a fianco del lavello medesimo, in posizione leggermente superiore a esso.

Sono state effettuate due serie di prove di scoppio al fine di:

I Accertare la possibilità di induzione di modificazioni microstrutturali superficiali su materiali metallici esistenti nella zona toilette, da parte di cariche a peso crescente, poste nel mobiletto porta - lavello nelle suddette tre posizioni compatibili con la geometria del medesimo

II Accertare se le cariche poste sotto il lavello producono sul medesimo danneggiamenti simili a quelli riscontrati nel caso reale

III Accertare se i pesi di carica e la posizione ipotizzata come meno improbabile nel corso delle simulazioni numeriche, producano sul lavello danneggiamenti simili a quelli riscontrati nel caso reale.

IV Effettuare misure della pressione e dell'impulso (in aria e sul bersaglio), nonché della velocità delle schegge, da porre a confronto con i dati ricavati nelle simulazioni numeriche, tenendo conto che le due metodiche poste a confronto prendono in considerazione diverse geometrie di contorno e bersagli diversi.

Sulla scorta delle risultanze sperimentali si possono trarre le seguenti conclusioni:

1. Le prove di scoppio effettuate nel periodo 26 / 30 aprile 1993 presso il balipedio Cottrau di La Spezia hanno consentito di individuare una geometria di scoppio che, in una struttura aperta, provoca sul lavello della toilette danneggiamenti simili a quelli riscontrati sui resti del lavello originale del DC9 ITAVIA.

E' stato così possibile accertare che sistemando una carica di Compound B del peso di 730 grammi circa nella posizione C si producono sul lavello danneggiamenti simili a quelli riscontrati nel caso reale. Questa deduzione risulta anche in sufficiente accordo con i risultati della simulazione matematica che individuano la posizione C e un peso di carica di circa 1,5 Kg come i parametri

meno improbabili per la produzione dei danneggiamenti riscontrati sui reperti F40 ed E76.

E' stato pertanto deciso di adottare la suddetta geometria di scoppio per l'effettuazione delle due prove sperimentali presso il poligono di Ghedi nei giorni 16 e 17 giugno 1993. Di tali prove di scoppio, la seconda, effettuata su un modello di toilette che riproduceva, il più fedelmente possibile, la struttura reale della toilette del DC9 ITAVIA, ha provocato un danneggiamento del lavello di entità assai superiore rispetto a quello riscontrabile nella suddetta prova C effettuata a La Spezia il 30 aprile 1993. Ciò può essere spiegato osservando che in un ambiente chiuso, quale era il simulacro di toilette impiegato, le onde d'urto riflesse hanno contribuito in maniera significativa a incrementare gli effetti distruttivi della carica.

In base a tali osservazioni si dovrebbe quindi dedurre che il peso di carica impiegato nelle prove sperimentali sia sicuramente eccessivo rispetto al peso dell'ipotetica carica che sarebbe stata posizionata nella toilette del DC9 ITAVIA. D'altra parte, facendo riferimento ai danneggiamenti riscontrati sulle pareti della toilette, costituite dalle paratie 786 e 817, si può notare che la prova effettuata a Ghedi il 17 giugno 1993 ha provocato sui simulacri di tali strutture effetti di gran lunga inferiori rispetto a quelli effettivamente riscontrati sul DC9 ITAVIA.

La prova sperimentale ha provocato sul simulacro di paratia 817 (praticamente a contatto con la carica) un foro di diametro pari a circa 60 cm e sulla paratia 716 (posta a una distanza di circa 0,5 mt. dalla carica) piegature e deformazioni, ma non rotture attribuibili a onde d'urto.

Risulterebbe pertanto che, da questo punto di vista, il peso di esplosivo impiegato nelle prove sperimentali sarebbe inferiore a quello ipotizzabile per l'eventuale ordigno usato nella toilette, il che risulta in contrasto con quanto deodotto in precedenza.

2. Ipotizzando, peraltro, che la scelta della suddetta geometria di scoppio non sia corretta e ragionando in base alle condizioni sperimentali adottate nelle prove A e B effettuate alla Spezia il 30 aprile 1993, si può dedurre che il danneggiamento sulle paratie 786 e 817 sarebbe stato ancora inferiore a causa del minor peso di carica utilizzato per quel tipo di prove (circa 300 grammi di Compound B). Anche in questo caso, quindi, si dovrebbe pensare che il peso di esplosivo contenuto in un eventuale ordigno dovrebbe essere superiore a quello impiegato nelle prove sperimentali.

D'altra parte, come è stato dimostrato nelle prove da nr. 1 a nr. 10, effettuate alla Spezia il 26 e 27 aprile 1993, pesi di carica superiori a circa 300 grammi produrrebbero sul lavello effetti distruttivi più marcati rispetto a quelli osservati nella realtà.

Si può quindi concludere che, indipendentemente dalla geometria di scoppio prescelta, non può essere identificato univocamente un peso di carica in grado di produrre contemporaneamente danneggiamenti al lavello e alle paratie 786 e 817, paragonabili a quelli riscontrati nel caso reale.

3. Il foro provocato dalla carica sulla paratia 817 presenta, in entrambe le prove effettuate presso il poligono sei di Ghedi, forti petalature sui bordi, non riscontrate nel caso reale. Tale fenomeno di petalatura del foro provocato dall'esplosione quasi a contatto di una carica di esplosivo è risultato anche nella simulazione matematica effettuata su tutta la toilette. Inoltre sulle superfici interne di tali petalature si possono notare fori e impronte di schegge, mentre nessun segno di tale tipo è stato riscontrato nel caso reale.

4. La prova di scoppio nella toilette ha provocato fori e improntature di schegge sulla paratia 786, senza peraltro danneggiarla in maniera massiva; nel caso reale, invece, tale paratia risulta fortemente danneggiata, ma non presenta segni di schegge.

5. Nella prova sperimentale sul simulacro di toilette, il rivestimento del motore è risultato fortemente danneggiato e presenta numerosi segni di schegge, mentre nel caso reale tale elemento risulta praticamente integro.

6. La pressione interna alla toilette, generatasi nel corso della prova sperimentale, ha provocato il collasso completo della cabina, lanciando, in particolare, le paratie 817 e 786 a notevoli distanze. Nel caso reale tale fenomeno avrebbe dovuto lasciare segni di danneggiamento all'interno della cabina passeggeri e nel cono di coda dell'aereo mentre, invece, tali segni non sono evidenti sul DC9 ITAVIA."

Il Galley, inoltre, è risultato fortemente danneggiato dalla proiezione di schegge, con caratteristiche tipiche degli oggetti ad alta velocità.

A seguito delle critiche avanzate dai Consulenti di parte imputata (e sulle quali si è già detto) il Collegio peritale, dopo aver risposto alle osservazioni metodologiche, ha posto in evidenza¹²⁰ che molti dei risultati ottenuti sono

¹²⁰ Relazione in data 7 giugno 1994, depositata il 13 giugno 1994.

sostanzialmente indipendenti dalle condizioni indicate dai predetti e segnatamente:

- la proiezione di schegge e di frammenti della struttura in tutte le direzioni
- le segnature e i fori delle schegge sulle strutture interne ed esterne
- i valori di velocità delle schegge
- i valori di pressione quasi statica all'interno della toilette
- i valori di pressione massima riflessa all'interno e all'esterno della toilette
- i segni di trasformazioni microcristalline sui materiali esposti all'azione dei gas di esplosione anche a distanze relativamente superiori rispetto a quelle indicate dai consulenti di parte imputata
- il mancato schiacciamento dei tubi di condizionamento e di irrorazione della vasca del water
- le condizioni della tavoletta copri - water
- la mancanza di petalature e segni di impatto sui fori asseritamente cagionati dall'esplosione sulle paratie

Con definitiva chiarezza afferma il Perito BRANDIMARTE, a seguito di ulteriori osservazioni critiche, che "la spiegazione dell'impossibilità di riprodurre con un'unica geometria di scoppio tutte le tipologie di danneggiamento osservate sul relitto del DC9 (zona toilette) non deve essere ricercata nell'errato posizionamento o dimensionamento della carica ma, più ovviamente, nel fatto che *è impossibile che un'esplosione a bordo dell'aereo, nella zona toilette, possa produrre effetti così vari e contrastanti tra loro*"¹²¹.

Le conclusioni del Collegio esplosivistico concordano pienamente con le indagini di carattere frattografico e metallografico.

In particolare, per ciò che concerne il lavello, la relazione di perizia metallografico - frattografica conclude che:

"Le prove condotte sui lavelli sottoposti a prova di scoppio in varie condizioni hanno permesso di rilevare la *totale dissomiglianza* fra le deformazioni macroscopiche subite dai lavelli (A e B) per i quali la carica esplosiva era posizionata al di sotto degli stessi e quella del lavello recuperato come reperto n. 1566 (AZ 558); una forte analogia delle deformazioni macroscopiche nel caso del lavello sottoposto a prova con carica esplosiva leggermente soprastante (lavello C) e una discreta somiglianza nel caso del lavello sottoposto a prova con carica esplosiva leggermente soprastante il simulacro di toilette (lavello D) ... Inoltre

¹²¹ Osservazioni depositate il 21 luglio 1994, corsivo nostro.

viene confermata l'assenza sui campioni prelevati dal reperto AZ 558 di fenomenologie riconducibili all'effetto di onde di pressione o di temperatura, visibili invece nelle lastre e nei lavelli sottoposti a prova di scoppio".

Si è osservato che il danno riportato dal lavello per l'esposizione all'esplosione avrebbe accelerato i fenomeni di ossidazione e quindi reso impossibile rilevare le modifiche microstrutturali in occasione di tali indagini tecniche. In realtà, anche di questi aspetti i Periti avevano tenuto conto, nel trarre le loro conclusioni.

E' difficile non concordare con il Collegio dei consulenti di parte civile quando, nella memoria del 22 novembre 1994, osserva che *"l'impossibilità di trovare una posizione univoca della bomba, partendo dall'insieme delle deformazioni presenti sui pezzi della toilette, non è, come sembra credere il Collegio dei Periti d'Ufficio un semplice dettaglio, ma dimostra invece come gli elementi, tra l'altro neanche in numero rilevante, sui quali si fonda l'asserzione di un'esplosione nella toilette, siano contraddittori tra loro"* (pag. 5).

D'altra parte, anche il RARDE aveva espresso una garbata, ma assai ferma, opinione dissenziente con l'ipotesi di collocazione di un ordigno nel vano toilette:

"Siamo a conoscenza delle opinioni di Frank Taylor e di altri riguardo a un'esplosione nella toilette. I nostri risultati non sono incoerenti con questa teoria, ma nessuna prova sicuramente positiva di esplosione fu trovata sui pezzi provenienti dalla toilette che furono esaminati dal DRA"¹²².

Al termine di questa complessa indagine, la conclusione inequivoca delle indagini peritali del Collegio esplosivistico è che *"l'esplosione di un ordigno all'interno dell'aeromobile, in particolare nella toilette di poppa, può essere considerato come un evento estremamente improbabile"*.

I. 16. 3. CONCLUSIONI DESUMIBILI DAGLI ESPERIMENTI

Si è già visto come, singolarmente presi, i frammenti recuperati del DC9 non presentino modificazioni morfologiche caratteristiche di un'esposizione ad esplosione. Su tutti i reperti sono assenti modificazioni di carattere microstrutturale, che certamente avrebbero dovuto rinvenirsi in quelli che -

¹²² Lettera inviata da DRA al prof. SANTINI il 24 febbraio 1994: "We are aware of the opinions of Frank Taylor and others concerning an explosion in the toilet compartment. Our findings on the fragments etc. are not inconsistent with this theory, but non clearly positive explosive evidence was found in the items from the toilet which were examined at the DRA [ex RARDE]."

secondo l'ipotesi accettata dal Collegio SANTINI - si trovavano a breve distanza dalla sorgente dell'esplosione; così come assenti sono su tutti i reperti quelle modificazioni macroscopiche (petalatura, *pitting*, ecc.) che del pari sono causate dalla vicinanza alla sorgente dell'esplosione. Su alcuni reperti (in particolare sui frammenti innanzi citati di paratia parafiamma, di componenti della paratia di pressurizzazione e di elementi del riquadro della porta di accesso posteriore, sul lavello) sono state individuate deformazioni che possono essere attribuite agli effetti di un'esplosione, ma disgiunte dalle modificazioni morfologiche di cui s'è detto.

Attraverso la perizia esplosivistica si è quindi voluto, tra l'altro, verificare se fosse ipotizzabile che un'esplosione nel vano toilette determinasse le deformazioni anzidette, senza le modificazioni morfologiche, non riscontrate. Più in generale, se quelle stesse deformazioni fossero compatibili tra loro e con i danni riportati (o non riportati) da altre componenti del vano toilette, pure recuperate. Si è già osservato, infatti, che anche a un primo esame appariva evidente l'incompatibilità tra i punti di collocazione che un ordigno avrebbe dovuto avere, per realizzare contemporaneamente gli effetti riscontrati sulla parete esterna dell'aereo all'altezza del pilone di attacco del motore destro e in una zona prossima alla congiunzione tra la paratia di pressurizzazione (alla stazione 817) e il riquadro della porta posteriore.

La perizia esplosivistica ha consentito di determinare innanzitutto, con certezza, che tali danni sono tra loro incompatibili, cosicché non è lecito fare riferimento alle due serie di frammenti per sostenere la tesi dell'esplosione dell'ordigno all'interno del vano toilette: gli elementi sono in contrasto e per il principio di non contraddizione essi, se si ritengono entrambi di assoluta significatività, finiscono per escludersi a vicenda.

Se, invece, li si esamina singolarmente (e cioè le due diverse serie) si dovrà innanzitutto escluderne una quale non è significativa e poi valutare se la seconda, in sé considerata e quindi con esclusione degli elementi incompatibili, sia idonea a far accettare l'ipotesi considerata.

Ora, dalle simulazioni matematiche e poi dalle prove di scoppio è risultato innanzitutto che nelle ipotesi di collocazione dell'ordigno in posizioni tali da determinare gli effetti di proiezione di parti della paratia parafiamma e del rivestimento della fusoliera nel pilone e il distacco del motore di destra, nessun dubbio vi è che gli elementi di copertura del motore hanno riportato danni assai consistenti, venendo investiti non solo dall'onda d'urto, ma anche dai numerosissimi frammenti scagliati a grande velocità dalla violenza

dell'esplosione. Essi hanno lasciato sulla gondola (o meglio sulla struttura metallica che la simulava) segni inconfondibili e numerosi; molte schegge hanno attraversato il rivestimento esterno e avrebbero dovuto, di conseguenza, raggiungere le parti interne dei motori in moto, cagionare gravi danni aggiuntivi, derivanti dai danni indotti sulle pale delle turbine ed esservi rinvenuti - insieme ai trami - al momento delle indagini tecniche. I fori manifestano le caratteristiche tipiche della penetrazione da oggetti ad alta velocità.

D'altra parte, molto chiara è la documentazione fotografica allegata al rapporto dell'AAIB relativo all'attentato verificatosi nella toilette di sinistra di un BAC 1-11 delle Philippine Airlines il 17 agosto 1978. L'esplosione dell'ordigno (composto da RDX e nitroglicerina, per un peso stimato di 0.5 - 1.0 libbre) ebbe luogo nel contenitore degli asciugamani di carta usati; essa non causò la perdita dell'aereo, il quale riuscì ad atterrare regolarmente, con la perdita di un solo passeggero. L'esplosione lasciò tuttavia marcature assolutamente inequivoche, sia sui rivestimenti sia sulle strutture. Benché l'ordigno non abbia determinato le gravissime conseguenze ipotizzate nel nostro caso (immediata espulsione del motore di destra, a causa della frattura delle strutture di forza, e conseguente collasso dell'intera struttura nello spazio di pochi secondi) sulle gondole è possibile riscontrare numerosi fori, così come sul rivestimento corrispondente alla parte centrale e inferiore della gondola (cosicché è ragionevole che altri se ne potessero rilevare nella parte della gondola che non è visibile nelle fotografie) si tratta di fori che, per forma e concentrazione, sono palesemente collegati a una sorgente di proiezione degli oggetti che li hanno prodotti¹²³.

Singolarmente, questo materiale non è stato in alcun modo utilizzato nei lavori peritali, pur potendo costituire una buona base di comparazione, anche per le caratteristiche simili dei due aerei e pur essendo stato acquisito sin dal 21 dicembre 1993.

Nulla di tutto questo è stato possibile rinvenire sui reperti del DC9, nonostante accertamenti molto accurati e ripetuti, anche a seguito di specifiche segnalazioni da parte del Collegio SANTINI a quello frattografico - metallografico¹²⁴. È pacifico che i motori non riportarono danni severi da ingestione di oggetti durante il funzionamento e che i fori non furono prodotti da oggetti penetrati ad alta velocità. Deve dunque concludersi che, se un ordigno è esploso nel vano toilette, esso doveva trovarsi in una posizione tale da potere contestualmente: determinare

¹²³ Si allegano le fotografie n. 84540, 84541, 84527, 84518, tratte dalla relazione innanzi citata.

¹²⁴ Cfr. verbali di operazioni peritali del 10 e 14 gennaio 1994. Tutta la zona dei motori e in particolare i fori individuati sui rivestimenti del motore di destra dal Collegio metallografico - frattografico, che ne hanno dato ampio conto nella relazione in data 29 luglio 1994.

il distacco del motore di destra e quindi l'immediato distacco di quello di sinistra; non provocare sui detti motori alcun danno diretto.

Molto interessante, anche dal punto di vista metodologico è l'appunto del 4 novembre 1993 di F. TAYLOR, con il quale si sollecitano nuove investigazioni sulle coperture delle gondole - motore, rilevando quanto sia importante accertare l'esistenza dei fori, in considerazione degli esiti delle prove di scoppio e mettendo in dubbio che gli esami diretti sulle gondole, condotti fino a quel momento, fossero esaustivi.

TAYLOR aggiunge poi: "La "ragion d'essere" per quello che pensavamo essere un riesame delle coperture era un risultato delle recenti prove (di scoppio). Queste avevano suggerito che un'esplosione nella parte posteriore della toilette avrebbe causato qualche danno ai rivestimenti adiacenti. Siccome io ero già sicuro che avevamo prove sufficienti di un'esplosione da qualche parte nella toilette, ho scritto al Prof. SANTINI." Le prove confermano che i rivestimenti verosimilmente vengono danneggiati con una carica esplosiva in certe posizioni, così la mancanza reale di danno suggerisce che la carica probabilmente non si trovava in queste posizioni. Ciò certamente non esclude un'esplosione in qualche altra parte [della toilette].

E' importante notare che TAYLOR, il quale riteneva che in effetti i più approfonditi accertamenti sulle coperture dei motori avessero portato a scoprire su quella di destra ammaccature e buchi, che invece non erano riscontrabili su quella di sinistra, asserisca:

"Il fatto che si siano trovate le prove *predette* dalle prove esplosivistiche dimostra il reale valore di queste prove. Le previsioni che sono in seguito provate esser corrette sono molto più convincenti che le conferme di ciò che è già conosciuto"¹²⁵.

E' difficile non esser d'accordo con il Prof. TAYLOR: la verifica sperimentale della teoria porta alla sua corroborazione principalmente attraverso il verificarsi del risultato predetto; quanto maggiore è l'improbabilità del contenuto della teoria, tanto maggiore è il sapere aggiunto quando essa è corroborata. Di qui l'importanza della sottolineatura di TAYLOR circa il rilievo della predizione del fatto ignoto, rispetto alla mera verifica del fatto noto.

¹²⁵ Nella citazione sono state introdotte alcune modifiche rispetto alla traduzione in atti. E' sembrato, infatti, che il termine *likely* dovesse esser reso con "verosimile", piuttosto che con "probabile"; "evidence" è stato tradotto con "prove"; "predicted", tradotto con "predicata" è stato reso con "predetto" o "previsione", trattandosi per di più di termine tecnico della logica formale, a significare le inferenze desumibili da una teoria e sottoponibili a controllo sperimentale.

Dovrebbe però anche portarsi il ragionamento fino alla sua naturale conclusione e cioè che la mancanza di corroborazione per risultato contrastante dell'esperimento non è evento neutro, ma porta alla *falsificazione* della teoria; a meno che non si dimostri o che l'esperimento non era correttamente impostato o eseguito oppure che vi sono sotto - formulazioni della teoria che le consentono di sopravvivere al risultato negativo (nel nostro caso, ad esempio, una diversa collocazione dell'ordigno).

Resta però il dato di fatto della incompatibilità della teoria, nella forma sottoposta a controllo, con il risultato sperimentale (nel nostro caso, con tutte le collocazioni in contrasto con il fatto che sulle gondole non vi siano tracce di penetrazione correlabili con un'esplosione, interna o esterna).

E infatti le analisi successive hanno accertato, definitivamente, che i buchi e le ammaccature rilevate da TAYLOR non sono in alcun modo causate da un evento esplosivo.

I. 16. 4. CONCLUSIONI SULL'IPOTESI DI ESPLOSIONE INTERNA

Da tutto quanto sin qui osservato devono trarsi alcune provvisorie conclusioni sulla possibilità di attribuire la perdita del DC9 a un'esplosione interna.

Vi sono molti elementi che potrebbero provare, *di per sé*, un'esplosione e alcuni di questi sarebbero indicativi di un'esplosione avvenuta all'interno del velivolo.

Come s'è già ricordato, i danni sul vestito di bambola, le schegge 52-1M e 6-4Mii, le particelle incombuste di esplosivo TNT e T4 sarebbero di per sé sufficienti a far affermare che vi è stata una detonazione di esplosivo, qualora fossero ritenuti sicuramente attendibili, ciascuno in sé considerato.

Le particelle di esplosivo, poi, sono attribuibili più specificamente e con alto grado di probabilità ad esplosione interna.

In questo caso, la localizzazione più probabile sarebbe l'interno della cabina passeggeri.

Gli elementi suddetti sono però tra loro incoerenti: le schegge provengono con ogni probabilità da elementi esterni o che si trovano lungo componenti esterne del velivolo; le particelle incombuste di esplosivo sono state rinvenute su oggetti che

si trovavano certamente in un vano bagagli, ma anche su di un gancio all'interno della cabina passeggeri; il vestito di bambola è stato reperito tra i relitti della parte anteriore della cabina.

Per superare l'incoerenza interna di tali elementi, il Collegio SANTINI ha accuratamente esaminato l'ipotesi che un ordigno fosse stato posto all'interno del vano toilette.

Questa ipotesi non era suggerita da nessuno degli elementi sopra citati e anzi era con essi in netto contrasto. L'ipotesi derivava invece dalla constatazione della mancanza di una parte della fusoliera, che di conseguenza appariva essersi separata nelle fasi iniziali del collasso, unita alla valutazione delle modalità e dei tempi di collasso dell'aereo e dalle deformazioni patite da alcuni elementi strutturali.

Tutte le verifiche di questa ipotesi sono state sostanzialmente negative. Quelle non incompatibili trovano comunque ragionevole spiegazione alternativa. Tutte si scontrano con la possibilità di giustificare, con un'unica ipotesi di collocazione e di composizione dell'ordigno, i danni attribuiti ad esplosione, ma riscontrati in posizioni incompatibili tra loro.

Tutte si scontrano, ancora, con l'assenza di danni su parti dell'aereo recuperate e che sia per una semplice operazione logica, sia per le simulazioni all'elaboratore che, infine, per le prove sperimentali, non potevano non esser direttamente esposte agli effetti primari e secondari di una esplosione.

In conclusione, vi sono elementi di prova, in sé considerati, indicativi di un'esplosione di un ordigno contenente TNT e T4, avvenuta all'interno dell'aereo.

Questi elementi sono tra loro in contrasto e sono in contrasto anche con gli altri elementi desumibili dall'esame del relitto.

I. 17. MISSILE

Con il bagaglio conoscitivo che si è sin qui esposto deve esaminarsi l'ipotesi che il DC9 sia stato abbattuto da un missile.

Si premette che, per le considerazioni che appresso si dettaglieranno, partiremo dalla premessa che sia fondatamente ipotizzabile che uno (o due, a seconda

dell'interpretazione del tracciato radar) aerei militari abbiano intersecato la rotta del DC9 con modalità compatibili con il lancio di missili e in coincidenza spazio-temporale con l'evento distruttivo. Si tratta cioè delle rotte ricostruibili a partire dai punti -17 e -12 e che quindi limitano di conseguenza l'area della possibile aggressione.

Tuttavia in questa sede si esamineranno solo gli elementi a favore o contro l'ipotesi considerata emergenti dall'analisi del relitto. Naturalmente andrà tenuto conto che ipotesi in contrasto con le modalità sopra indicate non potranno in ogni caso avere fondamento. Dovranno quindi considerarsi esclusivamente ordigni con capacità di attacco laterale.

All'epoca dei fatti esisteva questo tipo di missili, sia a guida infrarossi (di tipo avanzato) sia a guida radar semiattiva. Nel secondo caso il radar dell'aereo attaccante, o di chi gli prestasse assistenza, avrebbe dovuto "illuminare" il bersaglio per un tempo necessario a consentire l'ingaggio da parte del radar del missile; in tutti e due i casi il bersaglio (fosse esso il DC9 o un aereo a questo vicino) avrebbe dovuto essere seguito prima della fase di attacco vera e propria attraverso il controllo visivo o, assai più probabilmente radar, dell'aereo attaccante oppure di altri mezzi (aerei, navi o siti terrestri) in grado di dirigere gli attaccanti.

Dando per ammessa, in questa parte della requisitoria, la ricostruibilità di una traiettoria originariamente parallela alla rotta del DC9 e poi con questa perpendicolare, a partire da qualche punto prossimo al -17, può concludersi che questi dati non sono in contrasto con il lancio di un missile. Si è però sottolineato che essi indicano una geometria di attacco non ottimale. A questo primo stadio di approssimazione riterremo comunque accettabile l'ipotesi che sia stata seguita la geometria risultante dai tracciati radar. Qualora l'esame delle risultanze probatorie avvalorasse l'ipotesi dell'attacco missilistico, questo aspetto dovrebbe essere approfonditamente discusso.

Nella perizia BLASI erano stati considerati indizi di esplosione esterna i seguenti:

- a) mancanza di ustioni su tutti cadaveri recuperati
- b) mancanza di CO e di HCN nei polmoni e nel sangue dei cadaveri sottoposti ad autopsia
- c) cadaveri con poche lesioni esterne
- d) rilevazione sul portellone portabagagli anteriore destro di almeno un foro con direzione esterno - interno e velocità decisamente superiore a 400 ms

- e) presenza tra i frammenti recuperati nei corpi o in oggetti che si trovavano all'interno della fusoliera di materiale proveniente dall'esterno della stessa (frammenti del rivestimento esterno- *skin*- o del carrello, ecc.)
- f) traiettoria esterno - interno di due ribattini
- g) traiettoria di una fascetta del condotto di ventilazione
- h) traiettoria di un frammento di plastica
- i) due schegge di alluminio, con tracce di fenomeno esplosivo e con composizione chimica corrispondente a quella di parti esterne del velivolo
- j) assenza di tracce di esplosione su tutte le parti interne recuperate
- k) impulso acustico registrato dal registratore di cabina, proveniente dall'esterno
- l) traccia radar di velivolo estraneo con rotta quasi perpendicolare a quella del DC 9
- m) individuazione di tracce di miscela TNT / T4, caratteristica di ordigni militari

Di alcuni di questi elementi si è già detto. Si limiterà qui l'analisi agli aspetti concernenti i danni riportati dal relitto e le prove ricavabili dalle indagini chimiche, frattografiche, metallografiche ed esplosivistiche. Agli elementi indicati dalla perizia BLASI devono poi essere aggiunti quelli desumibili dal lavoro dei nuovi colleghi peritali, dal recupero di altri oggetti, dalle prospettazioni delle parti private.

Il recupero di gran parte della fusoliera del DC9 consente ora valutazioni molto più complete, rispetto a quelle che poterono esser fatte in passato. In particolare, molte delle zone nelle quali si individuavano dei vuoti, attribuiti di volta in volta a esplosione interna ed esterna, sono ora state colmate. Anche l'artificio logico, spesso usato, di contrastare la mancanza di prove positive dell'evento ipotizzato, asserendo che le parti probanti erano andate disperse, perde di conseguenza gran parte della sua rilevanza, giacché sempre minori sono le zone su cui possano non esser rimasti i segni di un evento esplosivo.

Resta, certamente, il carattere indiziante dell'assenza di intere parti del relitto, che è in sé un fatto non contestabile e che può dare utili indicazioni, quanto meno sui tempi e le modalità di separazione di dette parti.

I. 17. 1. LA RICERCA DI INDIZI SUI REPERTI

Sull'assenza di qualunque traccia di un'esplosione di una testata bellica sono concordi tutti coloro che hanno esaminato i resti dell'aereo per conto del Collegio peritale.

In particolare, molto accurate indagini in questo senso - anche sulla base delle sollecitazioni delle parti civili - sono state condotte dal Collegio metallografico -

frattografico. Il Collegio ha anche, in progresso, sottoposto ad esame singoli oggetti che venivano via via indicati come recanti quelle che, a un primo esame, potevano apparire marcature causate dall'impatto di schegge di missile (testata o corpo).

Sono quindi stati esaminati fori situati in diverse parti dell'aereo (e specificamente sul motore destro e sulle ali), alcune sferule recuperate in un flap, deformazioni dei pannelli della fusoliera.

Su nessuno di questi oggetti furono individuati elementi caratteristici di impatti da oggetti provenienti dall'esplosione di una testata missilistica o dall'impatto di oggetti provenienti dal corpo di un missile¹²⁶.

Gli esperti esplosivisti hanno poi esaminato i reperti sotto un diverso profilo. Circa la possibilità - da escludersi - che particelle incombuste di esplosivo siano state portate all'interno dell'aereo dalle schegge della testata o del corpo del missile o dalla nube gassosa si dirà in altra parte delle requisitorie.

Il Collegio esplosivistico ha accuratamente esaminato le uniche due serie di elementi che potevano supportare l'ipotesi di un'esplosione esterna: i fori sul portellone del vano bagagli anteriore destro e le lesioni patite dall'estremità dell'ala sinistra (ipotizzandosi che essa potesse essere stata tranciata dagli effetti della corona di una testata *continuous rod*). Quest'ultimo esame, peraltro, prescindeva dalle conclusioni del Collegio frattografico, che aveva individuato modalità di frattura da flessione.

Il Collegio concludeva dunque osservando che: "l'assenza totale sui reperti esaminati di elementi caratteristici (perforazioni multiple, deformazioni attribuibili a onde d'urto) sicuramente correlabili all'esplosione di una testa di guerra di un missile, ovvero a un'azione di mitragliamento, porta a ritenere estremamente improbabile l'ipotesi dell'abbattimento del DC9 ITAVIA a seguito di un attacco diretto da parte di un velivolo militare"¹²⁷.

Nessun frammento o segni di penetrazione, riconducibili a missile (testata o altre sue componenti) sono stati dunque rinvenuti.

¹²⁶ Relazione depositata il 30 luglio 1994.

¹²⁷ Relazione depositata il 14 aprile 1994, pag. 6.5.



I. 17. 2. I DANNI CAGIONATI DA MISSILI SU AEREI

Sin dal 1990 si osservò che gli accertamenti che erano stati condotti dal Collegio BLASI sul funzionamento delle teste di guerra dei missili e sui loro effetti sulla struttura di aereo in volo apparivano del tutto inadeguati. Essi, infatti, si basavano essenzialmente sulla relazione del dr. SPOLETINI, a sua volta condizionata dai limiti di un segreto militare che appariva francamente assurdo, in considerazione della comune disponibilità - su qualunque rivista specializzata - di informazioni assai più dettagliate di quelle rese utilizzabili per i periti in forma processuale.

Si chiesero e ottennero, quindi, accertamenti sia di carattere istruttorio che peritale, che fornissero al Giudice e ai Periti, in forma processualmente utilizzabile, elementi valutativi seri.

Il Collegio balistico - esplosivistico rispose ai quesiti con la relazione in data 14 aprile 1994, nella quale sono affrontate con chiarezza tutte le principali questioni che in materia si erano poste, in particolare circa la possibilità di trasferimento di residui incombusti di esplosivo all'interno dell'aereo, in conseguenza della detonazione di una testata missilistica.

Su tale punto gli esperti conclusero che "nessun residuo di sostanza esplosiva incombusta (in quantità analiticamente rilevabili) può penetrare all'interno di un velivolo a seguito dell'esplosione di una testa di guerra di un missile aria - aria, sia nel caso di veicolazione di schegge, sia nel caso di veicolazione da parte della nube dei gas di esplosione"¹²⁸.

Particolarmente importante è stato, poi, il contributo del Prof. HELD¹²⁹, la cui competenza non è posta in dubbio da nessuna delle parti.

Il Prof. HELD ha descritto, in maniera sintetica ma esauriente, le caratteristiche principali dei diversi ordigni impiegati nel 1980 e ha indicato gli strumenti concettuali utilizzabili per individuare le tracce dell'esplosione di una testa di guerra, in considerazione dei diversi tipi di testate e di spolette e di sistemi di localizzazione del bersaglio e guida del missile.

Il complesso delle informazioni così rese disponibili può essere sintetizzata, limitatamente agli effetti riscontrabili sul bersaglio, nei seguenti fatti:

¹²⁸ Relazione citata, pag. 8/4.

¹²⁹ Cfr. in particolare l'elaborato "Missili contraerei", datato 22 settembre 1993 (recante in copertina la data 29 luglio 1993) e depositato il 23 settembre 1994.

- L'obiettivo per il quale vengono costruiti missili, quali quelli di cui si ipotizza l'utilizzo, è di causare l'abbattimento di oggetti in volo. Nella loro progettazione, di conseguenza, si pone particolare cura perché si realizzi la massimizzazione degli effetti distruttivi.
- Gli effetti distruttivi si verificano in primo luogo per l'esplosione della testata. Questa è quindi realizzata in maniera tale da determinare, con la sua esplosione, la maggiore probabilità di raggiungere il bersaglio.
- Gli effetti distruttivi derivano sia dall'onda d'urto causata dall'esplosione (blast), cui sono associati fenomeni termici, sia dalla proiezione di una serie di frammenti metallici.
- Tali frammenti metallici provengono in buona parte dalla struttura della testata, che è progettata proprio al fine di causarli; in alcuni casi la testata è costruita in modo tale da generare frammenti predisegnati, che si disperdono secondo modalità predefinite, al fine di aumentare la probabilità di raggiungere il bersaglio e di causare danni consistenti.
- Tra le testate così progettate ve n'è in particolare quella denominata "*continuous rod*", che genera frammenti che, nella fase iniziale, si dispongono in un cerchio che si dilata - mantenendosi per un certo periodo integro - progressivamente e che è proiettato in avanti secondo un angolo predeterminato, per effetto congiunto della velocità del vettore e dell'impulso causato dall'esplosione.
- I missili destinati all'impiego contraereo sono muniti di spoletta di prossimità (*TDD - Target Detecting Device*) e di spoletta ad impatto. Se la dinamica relativa del velivolo bersaglio e del missile è tale da determinare l'innesco della spoletta di prossimità, l'impatto del corpo residuo del missile con il bersaglio è una possibilità remota. Se tale dinamica è invece tale da determinare l'innesco della spoletta ad impatto, l'esplosione della testata avverrà nelle immediate vicinanze del bersaglio o addirittura al suo interno.
- Le caratteristiche complessive del missile condizionano le scelte sulle modalità di attacco.
- E' possibile calcolare - a seconda dei diversi tipi di missile e delle diverse testate, nonché del rapporto dinamico tra missile e bersaglio - l'angolo di dispersione dei frammenti preformati e quello delle componenti residue del missile e quindi ricercarne gli effetti sul bersaglio secondo criteri predefiniti.

Ora è pacifico, non essendo affermato il contrario da nessuno, ad eccezione di quanto appreso si dirà a proposito degli elaborati dei Consulenti della parte civile ITAVIA, che sulle parti recuperate del DC9 non vi è alcun segno di impatto di schegge di testata di guerra o di fenomeni di esposizione a blast.

Come s'è visto, quelli che tali erano ritenuti dal Collegio BLASI non reggono a un esame approfondito, sulla base anche dei nuovi e più completi accertamenti peritali e dei reperti successivamente recuperati.

Assolutamente chiaro in proposito è il Prof. HELD in una nota redatta per il Collegio peritale e nella quale sono messi a frutto gli elementi valutati già rappresentati nello scritto innanzi citato. Afferma dunque HELD¹³⁰:

"I missili antiaerei aria - aria sono progettati per colpire il bersaglio o per lo meno per passargli vicino. Negli anni '80 e prima sono stati utilizzati essenzialmente due tipi di dispositivi autocercanti:

- *dispositivi autocercanti IR per missili autonomi*
- *dispositivi autocercanti a radar semiattivo che necessitano di un aeroplano che 'agganci' il bersaglio.*

Prima del lancio i dispositivi autocercanti vengono indirizzati verso il bersaglio dall'aeroplano che ha a bordo i missili. Unicamente dopo che il pilota ha ricevuto un segnale di ritorno positivo che il dispositivo autocercante ha agganciato il bersaglio, i missili possono venire lanciati. Il dispositivo autocercante IR era in grado di attaccare un aereo soltanto dall'emisfero posteriore negli anni '80 e prima. Il dispositivo autocercante era in grado di 'vedere' solamente la scia calda del/dei motore/i.

Il dispositivo autocercante a radar semiattivo (SAR) ha bisogno di un aeroplano che agganci il bersaglio. Esso riceve la radiazione riflessa dal bersaglio¹³¹.

Tutti i missili con i dispositivi autocercanti IR o SAR si avvicinano al bersaglio con il cosiddetto "andamento a guida proporzionale". Ciò significa che il punto di intercettazione viene predeterminato prima dal computer dell'aereo che trasporta i missili e questa informazione viene trasmessa al missile. Questo percorso viene poi corretto dai segnali del dispositivo autocercante mediante il computer di bordo del missile. Questo sistema di navigazione dà una buona stima degli angoli di intersezione (angolo statico) tra la direzione di rotta del bersaglio e la direzione di rotta del missile, se sono conosciute le posizioni di lancio e del bersaglio.

Impatto diretto. *La ricostruzione dell'aereo con i pezzi recuperati nel mar Mediterraneo, effettuata a Pratica di Mare, è stata analizzata con attenzione. Non è*

¹³⁰ "Tracce di collisione di missili sul DC9?", nota del 20 dicembre 1993.

¹³¹ La differenza tra sistemi IR e SAR è ben illustrata dalla figura allegata, tratta dalla relazione HELD del 22 settembre 1993; nella figura non è rappresentata però l'ipotesi di IR Seeker con capacità di attacco antero-laterale; il punto è discusso oltre.

stato possibile notare i tipici danni provocati dall'onda espansiva né frammenti dell'esplosione di una ogiva di un missile antiaereo. Non c'è il tipico foro causato dall'onda espansiva dell'esplosione di una carica ad alto esplosivo o la tipica propagazione circolare di fori di un'ogiva dirompente.

L'esame delle fotografie frattografiche delle lesioni nel rivestimento della fusoliera mostra genericamente l'azione tipica di forze di trazione causate da sollecitazioni di flessione e non lesioni causate da un carico esterno di un'onda espansiva.

Non è possibile descrivere in forma particolareggiata qualcosa che non c'è. Quindi l'espressione "non è visibile alcun effetto tipico dell'onda espansiva né di un'esplosione dirompente sui rottami del DC9" è per questo molto sintetica! (c.v.o nostro).

Nel caso di un impatto diretto l'ogiva si trova a una distanza molto ravvicinata rispetto al bersaglio e quindi il danno risulta chiaramente visibile. Se non si riesce a trovare alcuna traccia, ciò costituisce un chiaro indizio del fatto che nessun missile ha colpito direttamente l'aereo. Se un missile colpisce direttamente l'aereo bersaglio e la testata esplosiva viene fatta esplodere da una spoletta a percussione, che viene sempre progettata come aggiuntiva in un missile, in tal caso oltre ai danni provocati dall'esplosione e dalla frammentazione dell'ogiva, vengono prodotti numerosi frammenti che danneggiano il bersaglio attorno al foro d'entrata. Il numero dei detriti oltre ai frammenti dei componenti del missile collocati attorno all'ogiva dipende molto dalla struttura del missile e dell'ogiva ecc. ma senza alcun dubbio il numero dei frammenti aumenta drasticamente. Essi vengono utilizzati in vari esperimenti come uno strumento letale aggiuntivo e come effetto extra per gli aerei attaccanti. *

Esplosione a distanza ravvicinata. L'unità di puntamento, di guida e di controllo dei missili non funziona in modo così perfetto da ottenere sempre degli impatti diretti. Una delle ragioni di ciò è che il dispositivo autocercante "vede", con l'avvicinarsi del bersaglio, più punti di barbaglio (centri di riflessione) che variano di intensità e creano problemi al computer della sezione di guida e controllo. Ma i missili hanno una testata appositamente progettata, insieme a una spoletta di prossimità, entrambe ottimizzate assieme per ottenere un'alta efficacia anche nel caso che il missile passi il bersaglio a una distanza ravvicinata, lontano pochi metri, normalmente a distanze inferiori a 5 - 10 metri. La spoletta di prossimità, quando il missile raggiunge, rispetto al bersaglio, la posizione Migliore per ottenere la maggiore probabilità di distruzione - cioè il maggior numero possibile di frammenti che colpiscono il bersaglio - innesca il detonatore elettrico nella sezione di sicura e armamento, che innescherà la carica ad alto esplosivo. La

detonazione della carica ad alto esplosivo accelererà i frammenti in maniera tale che questo sciame circolare di frammenti in espansione colpirà il bersaglio.

Questo sciame circolare di frammenti si evidenzia in modo chiaro in una serie di fori diffusi in una linea a striscia - dritta o leggermente incurvata - sul bersaglio. Questi frammenti perforano sempre il sottile rivestimento, non perdendo quasi velocità, e fuoriescono nella stessa direzione se non vengono fermati nel loro cammino da materiali molto più spessi e molto più resistenti.

Da un esame molto attento di ogni singolo pezzo del DC9 a disposizione non risulta alcun foro di entrata o uscita di frammenti nella fusoliera o sulle ali. (gr.to nostro)

Effetti della vaporizzazione. Se frammenti con velocità molto alte colpiscono pezzi di lamiera più spessa e più resistente appartenenti al bersaglio, vengono frantumati e parzialmente vaporizzati. Questo materiale reagisce in parte con l'ossigeno dell'aria. Ciò riscalderà l'aria nel volume dato e ciò significa una pressione più alta in uno spazio chiuso. Simili effetti producono i cosiddetti structural Kills. Questo materiale frantumato o evaporato si trova normalmente sotto forma di uno strato molto sottile sulle superfici interne, simile a uno strato di metallizzazione per vaporazione. Nulla di simile è stato trovato ... Il rivestimento del bersaglio è, d'altro canto, troppo sottile perché possa verificarsi una reale frantumazione o vaporizzazione di materiali di frammenti, considerando che essi dovrebbero colpire il rivestimento dell'aereo con una velocità tra i 1.800 e i 2.000 mt./sec. I frammenti vengono realizzati per avere una certa resistenza, altrimenti non resisterebbero all'accelerazione della detonazione, pari a molti milioni di G. Quindi essi hanno una sufficiente resistenza rispetto alla scarsissima sollecitazione d'urto determinata dall'impatto con sottili lamine di scarsa densità.

Traiettoria. [Stabilite le posizioni relative dell'aereo attaccante e del DC9 - bersaglio, desunte dai dati radar, e le posizioni al momento del lancio, HELD indica l'angolo statico di intersezione e quello dinamico]. Valutando con attenzione queste indicazioni, dovremmo trovare segni dell'impatto di frammenti per lo meno sulle ali, se non sulla fusoliera. Ma non è stato possibile rinvenire alcun indizio [di tali segni]".

Come si vedrà, la conclusione di HELD circa i danni necessariamente da rinvenirsi almeno sulle ali (rectius sull'ala destra) coincide pienamente con quella - più ampiamente argomentata - dei Consulenti della parte civile ITAVIA.

La mancanza di elementi obiettivi di riscontro dell'ipotesi missilistica non dipende, come ritenuto dai Consulenti di parte civile, dal fatto che il Collegio peritale abbia concentrato la sua attenzione sull'ipotesi di esplosione interna, omettendo qualunque accertamento in direzione diversa¹³². Infatti ogni suggerimento in direzioni diverse da quella dell'ordigno esplosivo fu seguito non solo dal Collegio peritale, ma anche dall'Ufficio e persino con la formulazione di specifici quesiti ai Periti chimici e metallografici; fu disposto un autonomo accertamento peritale, da parte di soggetto di grande esperienza (prof. HELD) e che ha fornito utilissime informazioni; l'ipotesi di esplosione esterna è stata poi accuratamente vagliata, senza alcun pregiudizio, da parte del Collegio esplosivistico.

Di alcuni di questi accertamenti, su aspetti che furono controversi, si darà ora conto.

I. 17. 3. DEPOSITI NERI SULLA SUPERFICIE ESTERNA DELL'AEREO

L'esame dei depositi rilevati sulle superfici di parti del DC9 recuperate dal fondo del mare è stato, per un certo periodo dell'istruttoria, di rilievo, giacché essi venivano indicati come elemento indiziante di un'esplosione esterna.

Il Collegio BLASI condusse accertamenti molto accurati su tali depositi e, dopo una prima serie di indagini negative, trovò la presenza di carbonio (amorfo¹³³) e di azoto. Ora, tali elementi sono componenti fondamentali degli esplosivi TNT e T4 e fu dunque ipotizzato che i residui carboniosi provenissero dagli effetti di un'esplosione esterna; furono anche prospettate ipotesi alternative, ritenute però non altrettanto verosimili.

Per la verità, già la localizzazione su superfici opposte (porta anteriore cabina passeggeri e portello vano portabagagli) o comunque site in posizioni non raggiungibili dagli effetti diretti di un'esplosione ipotizzata nella parte anteriore superiore destra della fusoliera (portello destro chiusura vano carrelli) avrebbe dovuto condurre ad escludere i residui carboniosi dagli elementi utilizzabili ai fini dell'individuazione delle cause del sinistro.

¹³² Si vedano le osservazioni che i Consulenti di parte fecero inserire nel verbale delle operazioni peritali del 22 aprile 1993, riprese nella memoria sulla relazione di perizia tecnica depositata il 23 novembre 1994.

¹³³ Si dubitò del carattere amorfo del carbonio rinvenuto nelle analisi, ma i Periti hanno indicato, nelle risposte ai quesiti a chiarimenti, le ragioni per le quali si giunse a tale determinazione (pag. 42)

Il RARDE, nel rapporto del novembre 1988, aveva escluso che i depositi suddetti potessero essere rilevanti per le investigazioni e aveva ipotizzato che essi fossero la risultante di fenomeni connessi con la permanenza degli oggetti per un lungo periodo di tempo sul fondo del mare.

Al fine di non lasciare nulla di intentato o di non chiarito si è ciononostante, disposta una indagine peritale collegiale, che ha così concluso:

“Su alcune parti dell'aeromobile DC9 sono evidenti chiazze bruno - nerastre con tonalità lievemente diverse, in alcuni casi di intensità non uniforme, intensità che si irradia, ad esempio, con tono decrescente intorno a una superficie sporgente dell'oggetto 'macchiato'. La presenza di queste 'macchie' è indicata nella Perizia BLASI e nel rapporto del RARDE Esse sono particolarmente evidenti sul lato sinistro, parte anteriore dell'aereo, e il loro aspetto e forma poteva far pensare a un evento esterno del tipo incendio/esplosione interessante tale parte dell'aereo. E' stata innanzitutto esaminata accuratamente la dislocazione delle macchie: queste si riscontrano in parti esterne ed interne dell'aereo, e anche in superfici che, al momento della caduta dell'aereo, non erano esposte, essendo ricoperte da arredi e imbottiture. Inoltre sono presenti macchie nere su parti dell'aereo che giungendo sino ai bordi del frammento fanno supporre che la macchia - se formata sull'aereo integro - debba proseguire sul frammento contiguo nella ricostruzione. Ciò, almeno in un caso di particolare evidenza, non avviene. Anche questo suggerisce che le macchie nere si sono formate sui pezzi dell'aereo e non sulla struttura integra. In ogni caso è stato fatto il possibile per accertare la natura chimica delle macchie nere ...”*

Sono state condotte quindi una serie di indagini, anche comparative, consistenti nell'analisi di scaglie di vernice annerita con metodi diffrattometrici, nell'analisi mediante spettroscopia IR, nell'analisi per la ricerca dei solfuri.

Si è così accertato che i depositi neri sono costituiti da solfuri e carbonio, in proporzioni variabili; la spettroscopia IR suggerisce trattarsi di carbonio *carbon black*, differente dal carbonio residuo di esplosione. In conclusione, le analisi suddette, la morfologia e la dislocazione delle macchie pertanto ad attribuire l'origine delle macchie a depositi marini¹³⁴.

¹³⁴ Relazione di perizia chimica depositata il 12 marzo 1994.

I. 17. 4. FORI SUL PORTELLO VANO BAGAGLI ANTERIORE

Il portello è sito nella zona anteriore destra dell'aereo, nell'emisfero inferiore (si allegano fotografia e disegno, tratti da risposte a quesiti chiarimenti BLASI, f. 8.1 e 8.2).

Sul portello furono rilevati tre fori, uno dei quali con ancora infisso un frammento di ordinata della fusoliera, che lo aveva causato.

I due fori restanti venivano sottoposti ad accurate analisi, al fine di accertare se fossero stati causati da oggetti ad alta velocità (ipotizzandosi frammenti di teste di guerra e in particolare componenti della corona della testata detta *continuous rod*).

Sull'interpretazione delle conclusioni cui era giunto il RARDE vi sono state divergenze. E' dunque necessario citare ampiamente e trascrivere anche il testo originale. L'Ente britannico così concluse¹³⁵:

¹³⁵ Relazione Royal Armament Research and Development Establishment / RARDE del novembre 1988. Si riproduce anche il testo inglese in quanto la traduzione lascia molto a desiderare e il rapporto è stata oggetto di differenti interpretazioni:

"Results from the metallurgical and SEM examinations show quite conclusively that the holes were for at relatively low velocities by objects which had penetrated door from the outside.

In hole A the extended petal formation and the other fracture features are consistent with the hole being formed at low impact velocities The evidence suggests that the hole was punctured by an object which, after coming to rest in the hole underwent some limited lateral movement causing secondary abrasions, within the major score marks and bruising to the top edge of the cover plate."

Hole B: "Although no extensive petal formation evident on this hole it showed a number of fracture features consistent with a low velocity impact ...".

"It was observed that many of the features of the holes A and B are similar to holes C and D, which would appear to have been formed by impact with structural spars or rods. In particular, it should be noted that there is very clear evidence that hole C was formed by penetration from the outside of the door followed by lateral movement, whereas hole D was obviously produced internally by the door gear. There were no indications of pitting or small penetrations present on the inner skin of the door in the region of the holes. These features would be characteristic of penetrations resulting from fragments or projectiles traveling at explosive velocities and lack of them again suggests low velocity impact.

.....
It can be stated with certainty, however, that none of the characteristics of the holes A and B consistent with their formation being associated with the impact velocities and other features resulting from close proximity an external explosion".

In conclusione: "Exhaustive and detailed examination of the hole A and B in the cargo door showed that all features are consistent with their formation being caused by impact with irregularly shaped objects at comparatively low velocities"

"I risultati degli esami metallurgici e SEM mostrarono in conclusione che i fori furono creati ad una velocità relativamente bassa da oggetti che erano penetrati attraverso la porta dall'esterno.

Nel foro A l'estesa formazione a petalo ed altri segni di frattura sono compatibili con il foro essendo formati a bassa velocità di impatto.....L'evidenza suggerisce che il foro fu creato da un oggetto che dopo essersi incastrato nel foro subì un movimento limitato laterale, quindi causando abrasioni di ordine secondario all'interno delle maggiori scanalature e schiacciando il bordo superiore della lastra di copertura".

.....
Foro B: "Sebbene nessuna estesa formazione a petalo fosse evidente su questo foro esso presentò una quantità di fratture compatibili con un impatto a bassa velocità.

Fu osservato che molte delle caratteristiche dei fori A e B sono simili ai fori C e D che sembrerebbero essere stati formati da un impatto con barre di metallo strutturali.

In particolare si dovrebbe notare che non ci sono prove chiare che il foro C sia stato creato dall'esterno della porta seguito da un movimento laterale, mentre il foro D fu ovviamente prodotto internamente dal meccanismo della porta.

Non ci sono segni di corrosione per vaiolatura, o di piccole indicazioni presenti sul rivestimento esterno della porta nella regione dei fori. Questi aspetti sarebbero caratteristici di penetrazioni risultanti dai frammenti o dai proiettili viaggianti a velocità da esplosivo e la loro assenza suggerirebbe ancora un impatto a bassa velocità.

.....
Si può anche dichiarare con certezza, comunque, che nessuna delle caratteristiche presentate dai fori siano compatibili con la loro formazione essendo associate con la velocità di impatto ed altre caratteristiche risultanti dalla prossimità ravvicinata di un'esplosione esterna".

In conclusione, "l'esame esauriente e dettagliato dei fori A e B nella porta da carico, dimostrano che tutte le caratteristiche sono coerenti con la loro formazione essendo state causate da impatto con oggetti di forme irregolari a velocità relativamente basse".

Tali conclusioni furono ritenute, dal Collegio BLASI, compatibili con frammenti ad alta velocità, provenienti da testata bellica di un missile. In realtà il RARDE fu abbastanza chiaro nell'indicare che le velocità sopra indicate sono comparativamente inferiori a quelle che ci si aspetterebbe dalle schegge di una testata (al massimo 700 ms contro i 1.000 / 1.200 ms di una barra (*rod*) preframmentata che costituisce parte di una testata e che ha somiglianza con le caratteristiche di uno solo dei due fori¹³⁶; a questo proposito va osservato che la velocità iniziale decresce in maniera esponenziale con la distanza, ma che le barrette preframmentate, formando un cerchio, lasciano tracce molto caratteristiche e cioè un taglio pressoché continuo nella struttura del bersaglio).

Il Collegio ritenne però che, essendo la velocità stimata di impatto del velivolo contro la superficie del mare sensibilmente inferiore a quelle valutate dal RARDE per i due fori (nell'ordine delle centinaia di m/s), i frammenti non potessero che provenire da un'esplosione esterna.

Il Collegio non tenne però conto dei fenomeni dinamici connessi con l'impatto e con l'accumulazione di energia in parti sottoposte a tensione che esso dovette generare.

Anche in questo caso va rilevato - come già emergente dalla formulazione della richiesta di chiarimenti del 19 settembre 1990 - che anche la direzione di penetrazione dei frammenti appare incompatibile con la posizione del portello nella fusoliera dell'aereo e con il punto relativo ipotizzato per l'esplosione della testata (che avrebbe dovuto interessare la parte superiore della fusoliera, nella zona immediatamente dietro la cabina di pilotaggio). Nella risposta i Periti, questa volta sostanzialmente concordi, affermano che la direzione presumibile degli oggetti che provocarono i fori è compatibile con un'esplosione esterna di una testata missilistica, giacché questa si suppone essersi verificata in corrispondenza della zona laterale anteriore destra dell'aereo e con rotta del missile ortogonale. Non si tiene però conto che la parte interessata dall'esplosione della fusoliera, secondo le originarie ipotesi del Collegio, poi sostenute dai soli IMBIMBO, LECCE e MIGLIACCIO, dovrebbe essere quella superiore, mentre il portellone è orientato verso il basso; i fori di ingresso A e B hanno, per di più, direzione approssimativamente ortogonale alla superficie esterna del portello e quindi dovrebbero essere penetrati dal basso verso l'alto, rispetto all'aereo (risposte quesiti a chiarimenti in data 29 ottobre 1990, pag. 29).

¹³⁶ Il valore indicato per una *continuous rod warhead* è ricavato dalla Perizia BRANDIMARTE e altri, pag. 14; SPOLETINI indica valori ancora superiori, nell'ordine dei 2.000 m/s.

Dirimenti appaiono comunque le indagini tecniche condotte a partire dal 1991 da un Collegio peritale appositamente nominato e con competenze specifiche.

Tale Collegio innanzitutto ricalcolò le velocità stimate degli oggetti che avevano prodotto le perforazioni, stabilendo per quello del foro A una velocità di 150/400 m/s e per il foro B tra i 200 e i 300 m/s. Velocità perfettamente compatibili con quelle stimate dal RARDE e non compatibili con l'ipotesi della provenienza degli oggetti dalle schegge prodotte da una testata di guerra. I Periti escludevano anche che gli oggetti potessero provenire dal corpo del missile.

Deve quindi escludersi che i fori sul portello bagagliaio possano essere stati causati da un'esplosione esterna.

I. 17. 5. RESIDUI DI ESPLOSIVO RILEVATI ALL'INTERNO DELL'AEREO

Deve escludersi, del pari, che i residui di esplosivo possano esser stati portati all'interno dell'aereo come conseguenza di un'esplosione avvenuta all'esterno (e cioè a opera di un missile).

Gli unici vettori ipotizzabili dei residui di esplosivo sono infatti le schegge prodottesi nella detonazione e la nube gassosa.

Nel primo caso le schegge dovrebbero aver trasferito piccoli quantitativi di esplosivo residuo per contatto con gli oggetti su cui essi sono stati poi rinvenuti. A parte la difficoltà di immaginare schegge di tal genere per le quali non sia possibile rinvenite tramite corrispondenti ai punti dove i residui di esplosivo sono stati rilevati, va osservato - con il Collegio dei Periti esplosivistici BRANDIMARTE, IBISCH e KOLLA - che, non essendo l'esplosivo a contatto con le schegge (giacché nella testata essi sono separati da un involucro), piccoli quantitativi di esplosivo possono aderire alle schegge solo al momento dell'esplosione e a causa della formazione della nube gassosa.

Va però considerato che in realtà le teste di guerra dei missili detonano in maniera pressoché completa, lasciando pochissime - se non nessuna - tracce di esplosivo incombusto (pag. 16/5). Inoltre "dopo la detonazione le schegge, che viaggiano più rapidamente dei gas, raggiungono elevatissime temperature a causa dell'attrito con l'aria, per cui le tracce di esplosivo eventualmente presenti su di esse vengono rapidamente decomposte". "E' pertanto estremamente improbabile che le tracce di esplosivo possano essere state veicolate all'interno dell'aereo attraverso le schegge eventualmente penetrate in esso" (pag. 2/4).

Per ciò che concerne la seconda ipotesi, la distanza raggiungibile dai residui di esplosivo indecomposto per proiezione diretta è molto limitata e "in ogni caso le suddette tracce potrebbero essere ritrovate solamente sulla superficie esterna del velivolo", supponendosi un'esplosione all'esterno (pag. 7/4).

La diffusione attraverso i gas di esplosione dei residui di un'esplosione interna non può invece essere esclusa, anche se con un raggio limitato.

I. 17. 6. LE SFERE RINVENUTE NELL'ALA

Certamente irrilevanti nella dinamica del sinistro sono le sferette rinvenute all'interno di una semiala. Anche su questi oggetti sono state condotte indagini chimiche e metallografiche, essendo stato ipotizzato che potesse trattarsi di componenti di testate di guerra di proiettili a carica multipla. Si è infatti accertato che esse hanno dimensioni e composizione chimica molto simili a quelle delle sferette utilizzate per un processo di produzione di componenti dell'aereo (pallinatura) nonché di quelle che sono contenute nelle pulegge dell'aereo. Questa identificazione è stata contestata dai Consulenti di parte civile, che rilevano come non risulti dalla documentazione di bordo che sia mai stata effettuata un'operazione di manutenzione che richiedesse l'impiego delle sferule; in ogni caso, le sferette rinvenute sarebbero di caratteristiche diverse da quelle utilizzate per la pallinatura, come verificabile attraverso il materiale comparativo messo a disposizione dall'Alitalia.

Qualunque sia l'origine delle sferette, va sottolineato:

- Esse, comunque, non sono state interessate da fenomeni esplosivi e non hanno causato i fori sull'ala e su altri reperti, determinati invece da corrosione.
- Non vi è alcuna possibilità che esse siano penetrate nel luogo ove sono state rinvenute attraverso un foro, individuato dai Consulenti di parte come prodotto della penetrazione di una scheggia generata da una testata: non è neppure immaginabile che le numerose sfere abbiano seguito il frammento per infilarsi nel buco, senza causare autonomamente altri danni.

Sostenere ancora che le sfere possano avere avuto un qualche ruolo nell'evento sminuisce il valore dei seri tentativi di individuare le cause del disastro.