

I. 12. INDAGINI AUTOPTICHE

Nessuna delle salme recuperate reca segni di esposizione a un'esplosione, interna o esterna al velivolo. In alcuni cadaveri esaminati sono stati repertati frammenti metallici, ma nessuno di essi appare esposto direttamente a esplosione⁸³.

E' da escludersi nella maniera più assoluta che i passeggeri, o alcuni di essi, possano esser deceduti per annegamento e che quindi potessero essere vivi al momento della sommersione.

Può darsi per acquisito anche che alcuni corpi furono proiettati nel vuoto durante la caduta dell'aereo, mentre altri rimasero all'interno della fusoliera fino all'impatto con il mare.

L'esame delle lesioni riscontrate nell'orecchio medio ha fornito elementi utili, anche se non incontrovertibili, in considerazione del campione esiguo su cui è stato possibile effettuarlo. La lacerazione della membrana timpanica in quattro casi (tre a destra e uno, la hostess, a sinistra) e la estroflessione di quelle non lacerate fa ritenere possibile individuare una rapida decompressione, probabilmente localizzata sul lato destro del velivolo. Anche in questo caso non vi sono elementi valutabili per una sovrappressione e anzi, quelli raccolti, indicano una dinamica opposta.

Particolarmente importante è l'esame della salma di CALDERONE Vincenza. La salma fu sottoposta ad ispezione subito dopo il recupero; fu poi disposta la riesumazione della salma e fu effettuato un esame autoptico il 14 dicembre 1985. Infine, il perito medico legale, Prof. GIUSTI, ha riesaminato il materiale documentale raccolto in precedenza.

Non vi sono incertezze sulle cause della morte. Sia le caratteristiche delle lesioni che il fatto che il cadavere fosse interamente vestito sono indicative del fatto che non vi sia stata precipitazione nel vuoto. Neppure vi sono contrasti circa il fatto

⁸³ E' di parere contrario C. PROTHEROE. Egli infatti afferma che "Sembra che una valutazione recente degli esami medico-legali basata sulle fotografie dei corpi dei passeggeri abbia portato al riconoscimento di somiglianze con le lesioni caratteristiche prodotte sulle vittime trovate in prossimità di un ordigno esplosivo. Tra questi il riconoscimento nelle radiografie (di un numero ridotto di vittime) di frammenti opachi del diametro di qualche millimetro in piccoli grappoli, uno schema generale delle lesioni su alcuni corpi risulta compatibile con la vicinanza ad una esplosione e altre caratteristiche come la rottura del timpano dell'orecchio e l'enfisema"; rapporto in data 15 aprile 1992, pag. 25. Le considerazioni di PROTHEROE, tuttavia, si basano su fonti indirette e sono state superate dagli accertamenti medico legali nuovamente espletati, che hanno escluso che sulle vittime vi fossero tracce comunque indicative della esposizione a un'esplosione.

che all'esame autoptico non si potevano riscontrare tracce di esposizione a un evento esplosivo. Vennero rinvenuti, nel corso dell'autopsia, due corpi metallici, che però non presentavano segni di esposizione ad esplosione.

La rilevanza dell'esame della salma della Calderone è data dal fatto che si tratta dell'unico passeggero di cui è certa la posizione a bordo al momento del disastro.

La Calderone, infatti, aveva patito un intervento chirurgico e aveva una gamba ingessata. Di conseguenza ella fu portata a bordo dal personale di scalo e fatta sedere nell'ultima fila di sedili, quella di destra composta da tre sedili. La Calderone si trovava quindi a diretto contatto con la paratia di separazione dal vano toilette. Ciò è stato considerato di notevole rilievo ai fini della valutazione della possibilità che in detto vano fosse stata posta un ordigno esplosivo.

Si è introdotto un elemento di dubbio sul posto occupato dalla Calderoni, a causa di dichiarazioni rese nel 1992 da personale della Croce Azzurra, MASTROCHIRICO Ottaviano e CAPRARA Giancarlo, che asserì di avere aiutato la Calderoni a salire a bordo del DC9, utilizzando la scala anteriore dopo che l'imbarco degli altri passeggeri era terminato e sistemando l'inferma nella prima fila di sedili; affermavano i due testimoni, inoltre, che la Calderoni era stata fatta erroneamente salire in precedenza su di un diverso aereo, da cui era stata fatta scendere e da loro accompagnata sul DC9 ITAVIA:

Queste dichiarazioni non sono attendibili. Esse sono con ogni probabilità frutto di un equivoco, giacché risulta che è possibile (anche se ne ha ricordo solo il pilota, GENTILE) che la signora Calderone sia stata imbarcata in un primo momento sul volo Bologna / Cagliari e che sia stata fatta scendere per evitarle uno scalo aggiuntivo per la sua destinazione (Palermo). Su questo aereo, secondo GENTILE, la donna era seduta nella prima fila di destra. E' dunque possibile che a distanza di 12 anni i barellieri abbiano equivocato nella successione dei fatti.

Vi sono infatti elementi dichiarativi e documentali da cui risulta con certezza che la Calderone fu fatta salire dalla porta posteriore e sedere nell'ultima fila.

Il Comandante ASCIONE, indicato sin dal 1980 come colui che si era preso cura della Calderone, molto preoccupata per il volo imminente, ricorda senza incertezze di avere assistito la donna nei locali dell'ITAVIA e di averla poi, per cortesia, accompagnata personalmente sull'aereo per Palermo, insieme a personale del quale non sa dare indicazioni certe, né sull'identità, né sulle mansioni: *"da terra sollevammo la Calderone a braccia, lasciando la sedia a rotelle sotto bordo e la facemmo accomodare, salendo dalla porta posteriore del velivolo, sul primo*

sedile entrando a destra (fila da tre) davanti alla paratia della toilette; vorrei precisare che ricordo benissimo che fui io personalmente ad allacciare la cintura di sicurezza alla signora"

Il racconto del Comandante è avvalorato da quello di FORTINI Guglielmo, tecnico dell'ITAVIA, che vide il Comandante ASCIONE aiutare il personale di scalo a portare a bordo la Calderone attraverso la porta posteriore e di Peppino ANGELINI, incaricato della compilazione del piano di carico; da Vito PASQUALE, che era a bordo del velivolo e che notò la Calderone entrare tra i primi passeggeri, aiutata da personale dell'ASAER, e sedersi nell'ultima fila a destra.

Dirimente è in realtà un dato di fatto: la scala anteriore estraibile del DC9 era guasta e non vi è alcun elemento che faccia ritenere che sia stata utilizzata una rampa mobile.

Il guasto risulta documentalmente dalla relazione in data 14 luglio 1980 della Commissione interna d'inchiesta, nella quale si afferma: "la scala anteriore era U/S" (cioè fuori servizio); l'anomalia risulta dal "foglio delle anomalie compatibili" del 26 maggio 1980 e dai fogli dei quaderni tecnici di bordo e fu segnalata il 22 giugno 1980 (scala passeggeri non rientrante elettricamente)..

Nel "riepilogo movimenti tecnico operativo sul piazzale aeroporto di Bologna dalle ore 18,00 alle ore 20,30 del giorno 27.6.1980", redatto nell'immediatezza, si fa riferimento al guasto che sarebbe stato riparato a Palermo e si legge che il PASQUALE sali dalla scala posteriore per recarsi in cabina pilotaggio.

- Ciò confermato dalle dichiarazioni del tecnico addetto alla verifica delle segnalazioni di guasti, Vito PASQUALE, il quale dichiara:

"L'ITIGI, per quanto ho potuto verificare, era in perfette condizioni; il com.te PALAGI, che effettuò il volo precedente, aveva segnalato soltanto la rottura del vetro dell'orologio del secondo pilota. Il velivolo presentava inoltre un'anomalia, cosiddetta compatibile, che consisteva nella inagibilità della scala anteriore; la riparazione della scala si sarebbe dovuta effettuare a Palermo. Rimasi a bordo del velivolo fino all'imbarco dei primi passeggeri; infatti volevo evitare di intralciare l'imbarco che avveniva soltanto dalla scala posteriore".

D'altra parte nell'immediatezza dei fatti (luglio 1980) nessuna incertezza vi era stata sulla posizione che la Calderone aveva preso a bordo dell'aereo: ultima fila posteriore, a seguito di preimbarco.

Nella memoria in data 15 dicembre 1994 (allegato A) i Consulenti di parte imputata rilevano contraddizioni e imprecisioni nelle deposizioni dei testimoni che videro la Signora Calderone seduta nelle file posteriori.

Queste contraddizioni sono in realtà inesistenti o del tutto irrilevanti, anche tenuto conto che le dichiarazioni del luglio 1980 furono rese nel contesto di un'inchiesta amministrativa e finalizzate a dare un quadro preciso e immediato della situazione, non certo a prevenire contrasti interpretativi.

Certamente inesistente è il contrasto tra le dichiarazioni di Peppino ANGELINI e quelle degli altri testimoni. Questi infatti non disse di aver visto i barellieri mentre sistemavano la Signora Calderone, ma precisamente che all'atto della consegna al personale di bordo di una minore, "notava con certezza che la passeggera invalida, signora Calderone, era stata sistemata dai barellieri nell'ultima fila di destra dell'A/M". Egli cioè vide la donna già seduta e dedusse che vi fosse stata portata dai barellieri.

Inoltre ASCIONE ha sempre affermato di essere stato aiutato da personale di scalo, il cui nome però non è più in grado di ricordare.

Va infine rilevato che sin dal 14 luglio 1980 Luciano ASCIONE e Pierfranco DEL MORO, entrambi componenti della Commissione interna d'inchiesta sul disastro, avevano concluso che solo quella della Calderoni fosse una posizione a bordo assolutamente certa (avevano infatti investigato anche sul posto assegnato a una bambina) e così scrivevano: "I sottoscritti ... ritengono necessario che la Commissione di inchiesta IH faccia richiesta alla magistratura competente per avere i referti sull'autopsia effettuata sulla Sig.ra Calderone, essendo certi del posto da lei occupato sull'A/M in coda ed essendo impossibilitata a cambiarlo in quanto inferma."

Deve quindi darsi per accertato che la Calderone sedeva nella fila posteriore, a contatto con la paratia del vano toilette.

Nella memoria dei Consulenti tecnici citata si indica come ulteriore elemento a sfavore dell'ipotesi che la Calderone fosse seduta nella fila posteriore il fatto che i passeggeri non deambulanti vengono abitualmente fatti salire a bordo attraverso la scala anteriore e fatti sedere nella prima fila; ciò sia per ragioni di sicurezza, che di comodità di accesso, in quanto la scala anteriore in dotazione all'aereo è più larga di quella posteriore e può anche prevedersi l'applicazione di una scala mobile aeroportuale. I posti anteriori, inoltre, avendo maggiore spazio per le gambi, sono anche più confortevoli per il passeggero. Si tratta di osservazioni incontestabili in genere.

Nel caso di specie, però, deve tenersi conto della indisponibilità della scala anteriore estraibile e della mancanza di ogni indizio dell'utilizzo di quella mobile (si veda quanto si è già osservato sul punto). Di conseguenza, è ovvio che coloro che trasportarono la donna a bordo del DC9 l'abbiano fatta accomodare sulla fila più vicina alla porta d'accesso. Inoltre va considerato che l'ultima fila posteriore destra è indicata per passeggeri che abbiano difficoltà a stare in posizione seduta (come appunto la Calderone, che aveva un'ingessatura fino all'inguine).

Più rilevanti appaiono invece le osservazioni del Collegio dei Consulenti di parte circa l'espulsione della passeggera al momento del collasso del velivolo:

"Con il cedimento della paratia pressurizzata posteriore, il volume pressurizzato della cabina si è scaricato attraverso l'apertura prodottasi ed attraverso il rivestimento esterno fusoliera lato toilette, portando con sé tutto ciò che, nelle immediate vicinanze, non era solidamente vincolato (ciò è testimoniato dal fatto che alcune salme sono state recuperate quasi sulla verticale del punto del disastro). la perizia necroscopica conclude che la Sig.ra Calderone era invece ancora sul suo sedile al contatto con il mare. Ciò è possibile solo se essa era seduta nella parte anteriore della cabina" (memoria del 15 dicembre 1994).

Si condivide la conclusione che la Calderone non fu espulsa durante il volo e che si trovava all'interno del DC9 quando questo si schiantò sulla superficie del mare.

Tale circostanza, però, non è sufficiente a fare escludere che la donna si trovasse seduta nella fila posteriore.

- In primo luogo dovrebbe argomentarsi convincentemente circa il fatto che la rottura dell'ordinata prossima alla fila di sedili in questione e le successive separazioni di varie parti della fusoliera dovessero necessariamente portare all'espulsione della Calderone, qualora questa fosse stata - come pare logico, trattandosi di passeggero non deambulante - vincolata dalla cintura di sicurezza. Sono noti (ed esaminati anche nella perizia) casi in cui la completa apertura della fusoliera non ha portato all'espulsione dei passeggeri.

Ma più in generale, va osservato che il ragionamento si presta ad essere capovolto (come in effetti fanno i Consulenti di parte civile) e il rilievo del Collegio dei consulenti di parte imputata porterebbe un ulteriore elemento in contrasto con l'ipotesi della collocazione dell'ordigno esplosivo nel vano toilette.

Nella risposta ai quesiti a chiarimenti, i periti HELD e CASAROSA hanno approfondito la questione della relazione tra la collocazione a bordo dell'aereo della Calderone e la collocazione dell'ordigno esplosivo; essi così' concludono:

"I periti firmatari, allo stato attuale di ricostruzione della parte posteriore della fusoliera, non sono in grado di dare una risposta definitiva a questo dubbio: la mancanza di buona parte della paratia anteriore della toilette e quindi l'impossibilità di rilevare il suo grado di deformazione o frammentazione, non rende possibile definire con ragionevole accuratezza il grado di schermatura che essa può aver svolto nei riguardi della Calderone.

Infatti, se a causa dell'esplosione essa si fosse solo deformata verso l'interno del velivolo senza frammentarsi, essa avrebbe svolto un notevole grado di schermatura, probabilmente tale da giustificare l'assenza di tracce di esplosione sul predetto corpo.

Questa possibilità non può essere esclusa, tenendo conto che il frammento AZ495, appartenente alla parte inferiore della paratia in esame ed adiacente al pavimento, non porta chiari segni di frattura per esplosione, come dettagliatamente discusso in perizia. Di conseguenza potrebbe non essere illogico ipotizzare che l'esplosione avesse potuto soltanto deformare la paratia, la quale potrebbe essersi fratturata successivamente, a seguito del collasso generale della struttura³⁴

Meno chiaramente, gli altri periti ribadivano l'incertezza nella localizzazione effettiva della Calderoni e sottolineavano che "uno dei piedi della Sig.ra Calderone manca. Se questo era quello che probabilmente poggiava a terra, potrebbe essere stato staccato dagli effetti dell'esplosione sotto il suo sedile. Se invece era quello sollevato, è più probabile che sia stato perduto durante la rottura della fusoliera."

Il dubbio, contrariamente a quello che scrivono i Periti, è facilmente risolvibile: il piede che fu tranciato e' quello sinistro (relazione autoptica) mentre la gamba ingessata era quella destra.

Ciò è dunque di rilievo circa la valutazione degli effetti schermanti degli oggetti interposti. Anche su questo punto la relazione sui quesiti a chiarimenti è del tutto insoddisfacente, giacché si limita a ripetere quanto già indicato nella relazione che aveva dato origine alla richiesta di chiarimenti, aggiungendo solo che l'effetto schermante del sedile non avrebbe dovuto avere effetto sulle gambe, scarpe, vestito (per la verità quest'ultima parte dell'affermazione non è condivisibile).

³⁴ Elaborato depositato in data 23 novembre 1994.

In realtà dirimente appare il fatto che nessun segno di esposizione ad esplosione è dato rilevare nemmeno sui reperti provenienti dalle strutture che dovettero fare da schermo, cosicché la mancanza di lesioni sul corpo della Signora CALDERONE discende dalla mancanza di segni di qualunque genere (da *pitting* o da penetrazione) su dette strutture. Il che ci porta al punto - che sarà oggetto di specifico esame - della possibilità di un'esplosione nella zona toilette che non determini danni su tali strutture.

In conclusione, i risultati degli esami autoptici consentono di escludere con certezza l'annegamento. Per il resto, è riduttivo, e quindi fuorviante, asserire che essi siano compatibili con una depressurizzazione della fusoliera con onda di depressurizzazione proveniente da destra. Tale affermazione è in realtà basata solo sull'osservazione di lesioni all'orecchio; il numero di persone su cui è stato possibile effettuare questo esame non consente di trarre elementi certi sulla direzione della depressurizzazione. Il fatto che non sempre le esplosioni interne lascino tracce sulle salme non è dirimente: occorre infatti valutare se nel caso concreto, in considerazione della localizzazione e della quantità presumibili di esplosivo e della posizione a bordo delle salme osservate, sia ragionevole supporre che quest'ultime non rechino segni di esposizione all'esplosione.

Si è già detto che la Signora CALDERONE era seduta nell'ultima fila, a contatto diretto con la parete che divide il vano passeggeri da quello toilette. L'unico danno attribuibile in ipotesi all'esplosione - anche se tale non considerato al momento delle visite necroscopiche e delle indagini autoptiche - è quello al piede sinistro (tranciamento). Ciò dovrebbe limitare la localizzazione dell'ordigno esplosivo, nell'ipotesi che esso si trovasse nella toilette, a zone adiacenti al pavimento.

✕ I. 13. PRIME VALUTAZIONI DEL COLLEGIO PERITALE

Il Collegio SANTINI ha riassunto in una tavola le conclusioni che ha tratto dalle analisi di primo livello⁸⁵:

INDAGINI VOICE RECORDER	SUL	Al momento dell'incidente si è avuta interruzione di alimentazione al VR. L'interruzione di alimentazione non è stata istantanea, ma è avvenuta attraverso uno scintillamento che ha causato una prima interruzione, un successivo riattacco, dopo circa 200 ms, della durata di circa 10 ms ed una definitiva interruzione. Il sistema VR, negli ultimi istanti di funzionamento, non ha registrato alcun evento acustico ad esclusione del fonema "qua" o "gua", pur continuando a registrare regolarmente il rumore di fondo presente in cabina per circa 1.2 s prima dell'interruzione.
INDAGINI FLIGHT DATA RECORDER	SUL	Il volo si è svolto regolarmente fino al momento dell'incidente. La traiettoria di volo ricavata dai dati dell'FDR è in accordo con la rotta che doveva seguire il velivolo ed i parametri di volo registrati sono in accordo con le condizioni di volo di crociera del velivolo. Al momento dell'incidente, si è avuta interruzione di energia elettrica all'FDR che ha causato l'arresto del sistema di trascinamento del nastro e, quindi, interruzione di tutte le tracce utili. Le tracce registrate dopo l'incidente non consentono di trarre informazioni utilizzabili.
INDAGINI SULL'IMPIANTO OSSIGENO		Al verificarsi dell'evento, non si sono aperti i portelli di chiusura dei contenitori delle maschere. Possibili cause di questa anomalia, possono essere danni causati dall'evento direttamente alla bombola dell'ossigeno, posta in cabina di pilotaggio, od alle tubazioni del sistema di distribuzione.
INDAGINI STRUMENTAZIONE DI VOLO	SULLA	Le indicazioni degli strumenti recuperati confermano che il volo si è svolto regolarmente fino al momento dell'incidente e che, al momento dell'incidente stesso, si è avuta interruzione di energia elettrica anche al sistema strumentazione di volo.

⁸⁵ La tavola è riprodotta dalla Perizia. VIII - pag. 4.

**INDAGINI
SULL'IMPIANTO
ELETTRICO**

Gli esami effettuati sulla centrale elettrica portano ad escludere danneggiamenti della centrale derivanti da sovraccarichi e/o corto circuiti. Tenendo conto che il CVR, in condizioni normali di volo è alimentato dalla barra destra una plausibile ipotesi è che, al momento dell'incidente, si sia verificato un danno che abbia interessato il bus di destra (generatore e/o cavi di alimentazione), determinando una situazione "a barra morta" con conseguente immediato intervento del crosstie relay che ha commutato la barra destra sul bus di sinistra. Un immediatamente successivo danno al bus di sinistra avrebbe poi causato la definitiva interruzione dell'energia elettrica. I danni su entrambi i bus possono aver coinvolto sia i generatori sia i cavi stessi di trasporto dell'energia. Il primo danno deve comunque essere stato tale da generare una situazione di "barra morta" per determinare l'immediato intervento del crosstie relay.

**INDAGINI SULLE
SCHEGGE**

L'esame delle schegge rinvenute nei cuscini, ha consentito di rilevarne le caratteristiche di penetrazione e, per molte di esse, la relativa provenienza. Sulla base dei risultati dell'indagine, è stato possibile formulare l'ipotesi che le schegge si siano originate al momento dell'impatto del velivolo con la superficie del mare e che siano penetrate all'interno di squarci e/o danneggiamenti nei cuscini, causati dall'evento catastrofico, trascinate dall'acqua, satura di detriti, penetrata all'interno della fusoliera.

**INDAGINI SUL
RIVESTIMENTO
DEL PAVIMENTO**

I fori ed i danneggiamenti presenti sui frammenti di tappeto non mostrano evidenti segni di attraversamento di schegge ad alta velocità del tipo prodotto da esplosioni sia interne che esterne.

**INDAGINI SUI
RELITTI DEI
MOTORI**

Al momento dell'impatto con la superficie del mare entrambi i motori erano fermi. I motori non hanno ingerito in modo severo corpi estranei. Tutti i corpi estranei ritrovati all'interno dei motori, appartengono alla struttura di elementi del velivolo. Non sono state rinvenute tracce di incendio o sovratemperature nei

diversi componenti di entrambi i motori. I motori funzionavano regolarmente prima dell'incidente.

**INDAGINI SUI
BAGAGLI**

Le indagini sui bagagli non hanno dato alcuna utile informazione ai fini delle indagini, se non quella che su di essi non vi sono segni di penetrazione di corpi esterni.

**INDAGINI SULLE
MODALITÀ DI
COLLASSO DEL
VELIVOLO**

Il primo evento che si è verificato a bordo e che ha determinato l'inizio del collasso della struttura è stato il cedimento dell'attacco anteriore del motore destro, in corrispondenza del vincolo con l'ordinata 786. A seguito di questo evento, si è avuto il distacco del motore destro con parte della fiancata adiacente all'attacco posteriore (recuperata in zona B) e, plausibilmente, anche con parte della fiancata adiacente all'attacco anteriore (non recuperata).

Immediatamente dopo si è avuto il distacco del motore sinistro per cedimento completo dell'ordinata di attacco 786 ed il cedimento dell'ordinata di forza 642, con distacco della fiancata sinistra contenente i finestrini (frammento numero 529) che, deflessa dal flusso di aria in senso contrario al moto, ha urtato contro la presa d'aria del motore stesso della fascia dei ritrovamenti.

Il cedimento dell'ordinata di forza 642 ha determinato, in rapida sequenza, il distacco, in corrispondenza ad essa, della parte posteriore della fusoliera e la sua distruzione, principalmente per effetto di "pelatura" in direzione contraria al moto del velivolo determinata dalla pressione dinamica esercitata dal flusso di aria. Tale distruzione ha determinato la dispersione dei frammenti nelle zone di ritrovamento Fed E. ||

Contemporaneamente a questi eventi si è avuto il distacco dell'estremità della semiala sinistra e del tronco di coda. Di conseguenza, il distacco del tronco di coda può essere avvenuto contemporaneamente al cedimento dell'ordinata o, quanto meno, in istanti immediatamente successivi.

Il resto del relitto non ha subito ulteriori frammentazioni durante la caduta e si è distrutto al

momento dell'impatto con la superficie del mare in corrispondenza della zona di recupero C. ~~X~~

**INDAGINI
FRATTOGRAFICHE**

Non sono state rinvenute rotture per fatica. Le modalità di rottura dei principali frammenti sono congruenti con la sequenza dei distacchi.

**INDAGINI
ESPLOSIVISTICHE
(precedenti Perizie)**

In precedenti Perizie l'evento esplosivo fu ipotizzato sulla base di analisi morfologiche ed analisi chimiche. Le analisi morfologiche mostrarono Rolled, Gas Wash, Pitting su alcune schegge, fibre globularizzate su fodere di cuscini ed involucri di valigie, superficie a buccia d'arancia su disco metallico e fusioni su vestito della bambola.

Le analisi chimiche mostrano tracce di esplosivo su schegge estratte da cuscini e su gancio estratto da schienale di seggiolino.

**INDAGINI
CHIMICHE**

Nell'intorno del foro di alloggiamento del gancio dello schienale del sedile numero 2 rosso sopra il quale furono trovate tracce di TNT e T4 non è stata rinvenuta alcuna traccia di tali esplosivi. Le tracce di TNT e T4 rinvenute sul gancio, non possono ragionevolmente essere attribuite ad interferenti derivanti da sostanze con le quali il gancio stesso era sicuramente venuto a contatto. Il solco annerito trovato sul pacco delle schede doganali conservate a bordo del velivolo, è stato originato con ragionevole certezza, dal contatto con materiale riscaldato ad alta temperatura. Le tracce di vernice rossa sul serbatoio rinvenuto in prossimità dei relitti del DC9, non corrispondono né alla vernice rossa utilizzata per le scritte e per la livrea del velivolo, né alla vernice rossa con la quale era verniciato il ponte della nave che ha effettuato il recupero (Sea Mussel). La scheggia indicata come 6-4M nella Relazione RARDE dalla quale sono emerse indicazioni di rolled-edges e parziale melting attribuiti a possibile fenomeno esplosivo, in realtà non è la scheggia 6-4M rinvenuta dai laboratori AMI ed inviata al RARDE stesso, sulla quale tali fenomeni sono assenti, ma una diversa scheggia etichettata come 6-4M (ii) che non è parte

della 6-4M e non risulta, almeno dai controlli effettuati a diversi anni di distanza, fra i reperti inviati dalla Commissione "Blasi" al RARDE. Analoga discrepanza è rilevabile a proposito della scheggia 52-1M. Sono state rinvenute fibre globularizzate su tessuto verde. Sono state rinvenute tracce di esplosivo sulle valigie 11 e 14.

INDAGINI MEDICO-LEGALI

I dati di ordine biologico appaiono compatibili con la ipotesi di una depressurizzazione della fusoliera con onda di depressurizzazione proveniente da destra. La morte dei passeggeri i cui corpi sono stati recuperati, può farsi risalire alle lesioni derivanti dall'evento. E' esclusa la morte per annegamento. Non vi sono dati di ordine biologico che confermino l'ipotesi di una esplosione interna, ma, solo su questa base, tale ipotesi non può essere esclusa. La letteratura e la casistica mostrano che a bordo di un velivolo possono verificarsi esplosioni senza che i cadaveri ne rechino visibili tracce (Lockerbie).

La rappresentazione schematica di tali conclusioni è molto utile. Per chiarezza espositiva la si riproduce qui, ma va tenuto ben presente che esse in realtà sono state, in sede di discussione, molto più articolate e che alcuni degli elementi esposti (come ad esempio il rinvenimento di TNT e T4) sono stati sottoposti a serrate valutazioni critiche.

Nei limiti rappresentati nello schema, le conclusioni possono esser generalmente condivise.

I. 14. POSSONO TRARSI DELLE PRIME CONCLUSIONI.

Le indagini sui reperti hanno consentito di individuare alcuni elementi indicativi di un'esplosione di un ordigno, contenente TNT e T4.

Alcuni di questi elementi (vestito di bambola, schegge 52-1M e 6-4Mii, particelle incombuste di esplosivo) 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 schegge 52-1M e 6-4Mii sono in via principale riconducibili a un'esplosione in prossimità della pelle della fusoliera, con andamento esterno - interno o a un'esplosione interna, localizzata in posizione assai vicina a elementi strutturali esterni. Alcuni degli elementi di prova (particelle di esplosivo, vestito di bambola) sono attribuibili invece con alto grado di probabilità ad esplosione interna.

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

Tali elementi, purtroppo, sono tra loro incoerenti. Essi non si escludono a vicenda ma portano a dubitare che tutti o alcuni di essi siano frutto di errore nelle metodologie di indagine applicate o addirittura di manipolazione dei reperti.

Si condivide, quindi, lo sforzo del Collegio peritale di sostanziare queste prime acquisizioni con indagini che sono state definite di secondo livello e che mirano a individuare le cause della catastrofe a partire dall'analisi delle deformazioni rilevabili sugli elementi strutturali che sono stati recuperati.

Tali indagini sono state affiancate, sia d'iniziativa dal Collegio peritale, sia attraverso la nomina di Collegi peritali autonomi e con competenze specifiche, da indagini su diversi aspetti, che venivano di volta in volta evidenziati dal Collegio principale o dalle parti, pubblica e private. Sono state così condotte indagini tecniche frattografiche, metallografiche, chimiche, esplosivistiche (anche con simulazioni ed esperimenti).

Il Collegio SANTINI ha infine concluso che "l'esame dettagliato del relitto ricostruito ha consentito di individuare delle prove oggettive, consistenti in particolari deformazioni ed improntature di frammenti tutti provenienti dalla zona toilette certamente determinatesi al momento del collasso in volo della parte di struttura adiacente alla toilette, che possono spiegarsi solo con elevati valori di pressione generatisi nella zona in esame. Questo va ritenuto un segno di esplosione assai importante e determinante per l'ipotesi in esame" (IX - 107).

I. 15. IPOTESI DI ESPLOSIONE NELLA TOILETTE

E' dunque necessario ricostruire il percorso logico seguito dal Collegio peritale. Si sottolinea però che ciò non si farà in forma espositiva (a tal fine sarebbe sufficiente il rinvio all'elaborato peritale) ma nei limiti della necessità di

evidenziare i punti che si ritengono di particolare rilievo e a prospettare le ragioni di consenso o di dissenso sulle conclusioni raggiunte dal Collegio.

Il punto di partenza è costituito dal rilievo che, al termine delle operazioni in mare, risultavano ancora mancanti molte parti della zona posteriore della fusoliera, tra le ordinate 642 e 877 e in particolare quelle corrispondenti alla toilette, posta sul lato destro dell'aereo. Nonostante il recupero di frammenti di questa zona nel 1992, rimane ancora mancante una vasta area, corrispondente soprattutto a quella della toilette e quindi nella parte posteriore destra del velivolo.

Aggiunge la relazione peritale che "in prossimità della parte anteriore di questa zona sono poi osservabili i fenomeni di imbozzamento verso l'esterno della struttura (*quilting*), in precedenza descritti". Si discuterà a lungo di questo aspetto. Basti qui rilevare che l'indicazione del Collegio può indurre in errore. Essa infatti si basa sul presupposto di avere convenzionalmente assunto come "zona toilette" l'intera area posteriore, ricompresa tra le stazioni 642 e 877. Ma, come può verificarsi dai disegni allegati⁸⁶, quella ricompresa tra le stazioni predette è in realtà un'area molto più ampia, che parte dal termine dell'attaccatura delle semiali e giunge fino alla paratia di pressurizzazione. Essa cioè si identifica con l'intera "area 3", selezionata al termine della prima fase dei recuperi.

Il *quilting* fu infatti osservato su di un frammento di struttura in corrispondenza della zona di attacco della semiala di sinistra, nel tratto compreso tra le stazioni 604-642. Si tratta quindi di un punto del tutto diverso rispetto a quello in esame. La questione non è irrilevante, giacché il *quilting* sarà infine da escludersi, a nostro avviso, dal novero degli elementi indicativi di un'esplosione, contrariamente a quanto suggestivamente prospettato in apertura della discussione sul tema.

Selezionata, dunque, la zona toilette come l'unica nella quale poteva essersi verificata un'esplosione, a causa della mancanza di molte sue parti e della completa assenza di tracce di un siffatto evento in tutte le altre zone, si procedeva a identificare relitti che potessero recare deformazioni attribuibili agli effetti di un'esplosione.

Si anticipa che su nessuno di essi è stata rinvenuta alcuna traccia, tra quelle caratteristiche della diretta esposizione a una sorgente di esplosione (vaiolature, petalature, marcature di impatto di schegge, modificazioni microstrutturali ecc.). Le deformazioni di cui si parla sono dunque solo deformazioni attribuibili agli effetti di pressione o, più propriamente: "deformazioni e segnature che potrebbero

⁸⁶ Si allegano i disegni tratti dalla Perizia, III.

essere considerati consistenti³⁷ con l'ipotesi di una sovrassollecitazione dovuta a elevati valori di pressione generatasi all'interno della toilette³⁸. Questi andranno poi distinti da quelli analoghi derivanti dalle complesse forze dinamiche scaturite dal devastante evento, prima, e poi dall'impatto con l'acqua.

I. 15. 1. LE ZONE PRINCIPALI DI INDAGINE SUL VELIVOLO

Il Collegio ha distinto l'aerea in esame in quattro diverse zone di indagine:

- A. Interno e pareti della toilette (compresa la paratia di pressurizzazione)
- B. Travature del pavimento sottostanti alla toilette
- C. Pilone del motore destro
- D. Gondola del motore destro.

I. 15. 1. A. Interno e pareti della toilette

Gran parte degli elementi di questa zona mancano. Di quelli recuperati, particolarmente importanti sono risultati essere i frammenti AZ497 e AZ534, appartenenti alla parte inferiore dell'insieme di elementi che definiscono la riquadratura della porta di ingresso posteriore del velivolo³⁹. Di questi si discuterà appresso. Qui è però necessario riprodurre la descrizione dettagliata dei due frammenti e le ragioni per le quali si ritiene che essi siano indicativi di un'esplosione nell'adiacente vano toilette:

"L'esame del frammento AZ 497, consente di verificare come esso risulti visibilmente inflesso, con curvatura verso l'interno del velivolo (faccia anteriore convessa, faccia posteriore concava). La parte di frammento indicata nello schema di Fig. IX-41 porta anche l'impronta delle teste di alcuni rivetti appartenenti alla faccia posteriore della porta di ingresso al velivolo, come osservabile nella fotografia di dettaglio riportata in Fig. IX-42.

³⁷ Nei quesiti formulati dal Giudice istruttore il 18 ottobre 1994 su richiesta di questo Ufficio si è sollecitato un chiarimento sul significato da attribuirsi al termine "consistente", spesso usato dal Collegio per indicare una qualche valenza probatoria e palesemente tratto dalla lingua inglese (coerente, logico, conforme). Il Collegio chiarì che il termine "consistente" veniva utilizzato per definire un'elemento di prova di per sé "ambiguo", nel senso che "non sembra condurre direttamente [all'ipotesi da provare] come unica spiegazione, ma non sembra nemmeno contraddirla". Sembra cioè che esso sia stato utilizzato come sinonimo di compatibile.

³⁸ Relazione SANTINI, IX, pag. 63.

³⁹ Si allegano le figure IX - 38 (segue e fine); 39 a) e b); 40, tratte dalla relazione SANTINI.

Il frammento AZ 534 porta sulla sua superficie chiari segni di impronta lasciati dal montante verticale della porta di ingresso adiacente ad esso.

In Fig. IX-42 sono riportati i dettagli delle impronte sul frammento e della struttura del montante che le avrebbe lasciate (in realtà il montante rappresentato è quello relativo alla parte opposta della porta, del tutto identico a quello in esame, non recuperato).

Per gli stessi motivi di cui al precedente punto a), si può ritenere che tali deformazioni ed improntature si siano verificate al momento del distacco dei frammenti dal velivolo.

Le caratteristiche osservate possono ritenersi consistenti con una azione di pressione generatasi all'interno della toilet che abbia agito sulla faccia posteriore di entrambi i frammenti, secondo lo schema indicato nella predetta Fig. IX-41.

Dallo schema si può infatti osservare come una pressione agente sulle facce posteriori dei frammenti avrebbe potuto determinare l'imbozzamento del frammento AZ 497 con suo distacco dalla paratia di pressurizzazione, successiva rotazione approssimativamente intorno all'asse AA (indicato in figura) ed urto contro la parete posteriore della porta.

Sempre lo stesso elevato valore di pressione avrebbe potuto spingere il frammento AZ 534 contro il montante della porta e l'elemento trasversale del frammento AZ 497 contro la faccia posteriore della porta di ingresso, determinando su di essi le predette improntature.

Particolare attenzione meritano le deformazioni dei due irrigidimenti vincolati alla faccia interna della riquadratura della porta posteriore di ingresso al velivolo, indicati nello schema di Fig. IX-41.

Le deformazioni di questi irrigidimenti sono visibili nelle Fig.re LX-37 e LX-39 e, con maggiore dettaglio, nella Fig. IX-43.

A questo proposito sarebbe ragionevole supporre che la riquadratura della porta, sotto l'effetto della ipotizzata pressione agente sulla sua faccia interna (rispetto il vano toilet), si fosse comportata come una piastra vincolata lungo la linea di giunzione con la paratia di pressurizzazione e lungo il montante verticale (schema di Fig. IX-41).

I due irrigidimenti in esame risultano vincolati alla faccia interna della riquadratura ed al montante verticale, ma sono liberi in corrispondenza dell'estremità a contatto con la paratia di pressurizzazione.

In queste condizioni di vincolo e di carico, la deformazione dell'irrigidimento dovrebbe seguire quella della piastra e non viceversa.

Da questo punto di vista risulterebbero pertanto apparentemente anomale le deformazioni degli irrigidimenti visibili nelle predette figure, superiori come entità a quelle della piastra stessa.

Lo stesso tipo di deformazione apparentemente anomala può osservarsi sulla scatola rigida posta alla base del frammento AZ 497.

Questo tipo di deformazione può probabilmente attribuirsi ad effetti di esplosione. Le analisi esplosivistiche di tipo teorico hanno infatti evidenziato, come sarà successivamente discusso, che per opportuni pesi e posizionamenti della carica all'interno della toilet, almeno per uno degli irrigidimenti è possibile prevedere deformazioni del tipo riportato nelle predette figure."⁹⁰

Appartengono alla stessa zona altri frammenti, le cui deformazioni sono tuttavia quanto meno ambigue.

Così, il frammento AZ495 (parte dell'ordinata di attacco anteriore del motore) reca una bombatura verso l'esterno e un ripiegamento a livello del pavimento che vengono considerati coerenti con una sollecitazione dovuta a elevato valore di pressione agente verso l'esterno. Il frammento ha però anche deformazioni di segno completamente opposto.

I frammenti AZ537 e AZ639, dei quali pure si è a lungo discusso, appartengono alla parete di separazione del vano toilette dalla cabina passeggeri. Essi recano un tipo di signature (impronture e deformazioni) che "preso isolatamente potrebbe essere consistente con una depressurizzazione della toilette (pressione agente sulla faccia esterna della porta alla toilette). Si ipotizza però che la deformazione possa essere stata causata, alternativamente, "dal movimento della parete della toilette verso il corridoio", ciò che renderebbe ancora possibile l'ipotesi di esplosione interna, altrimenti gravemente compromessa.

Dei frammenti appartenenti agli impianti e agli arredi della toilette si discuterà ampiamente in seguito. Qui basti osservare che si individuano deformazioni

⁹⁰ Relazione SANTINI, IX-pag. 64 s. [si allegano le figure citate]

compatibili con un elevato valore di pressione sia su di un tubo contenuto all'interno della vasca di scarico del WC che sul lavello. Nei due casi, però, la posizione della bomba che ne deriva è totalmente differente (interno della vasca e zona sovrastante il lavandino).

I. 15. 1. B. Travature del pavimento sottostanti alla toilette

Delle travature sottostanti sono stati rinvenuti pochi frammenti e di questi solo due in zone compatibili con un distacco in volo (AZ539 e AZ451).

Di questi elementi, il primo reca segni che possono esser riferiti a un'azione di compressione in senso normale, forse dall'alto verso il basso. "Tale carico può ragionevolmente esser stato determinato da elevata pressione generatasi all'interno del vano toilette sovrastante la travatura in esame".

Il Collegio, però, non cita nella parte espositiva né le possibilità che le deformazioni siano state causate dalle forze dinamiche in fase di collasso (Collegio frattografico), né lo stato degli altri reperti sottostanti (cavi, bagagliai) che invece sono stati recuperati ed esaminati e non recano traccia alcuna dell'evento che potrebbe aver deformato e frantumato le travature.

Anche di questo si discuterà in seguito.

I. 15. 1. C. Pilone del motore destro

Molte componenti di tale parte sono state recuperate. Esse presentano deformazioni palesemente derivanti dalle azioni di compressione connesse con la separazione del motore dall'aereo e poi con l'impatto con il mare. Quelle che hanno direzione verso l'esterno vengono considerate "consistenti" con una sovrappressione interna. Si discuterà ampiamente di questi aspetti e in particolare di un frammento di paratia parafiamma.

Il caso del pilone del motore è però ben esemplificativo del metodo impiegato per valutare gli elementi ritenuti compatibili con l'esplosione: quando vi è una deformazione verso l'esterno si afferma che è "consistente" con tale ipotesi, anche se lo stesso frammento ha una deformazione di verso opposto, a pochi centimetri dalla prima.

La sostanza è invece che il pilone non reca alcuna traccia di evento esplosivo, neppure a livello macroscopico.

I. 15. 1. D. Gondola del motore destro

Lo stesso vale per il motore destro. Qui la presentazione dei dati nella relazione peritale è assai sintetica. Sta di fatto che, in accordo con gli accurati accertamenti condotti dal Collegio metallografico - frattografico, tutti i fori appaiono essere stati causati dalla penetrazione di oggetti o frammenti, alcuni dall'esterno verso l'interno e altri con direzione opposta, tutti a velocità verosimilmente bassa.

I danni sulla gondola del motore destro non sono strutturalmente dissimili da quelli della corrispondente parte del motore destro.

Sull'esame delle intrusioni si dirà in altra parte delle requisitorie.

Se, dunque, l'origine del distacco del motore è un'esplosione, è ragionevole attendersi che essa sia avvenuta in posizione tale da determinare come primo evento la rottura della parte anteriore dell'attacco. L'ordigno doveva quindi esser posto nell'immediata prossimità del pilone e nella sua parte anteriore.

Va poi sottolineato che nessuno dei reperti relativi al complesso dei vincoli del motore destro alla fusoliera reca segni di rottura per esposizione a esplosione. Le modalità di rottura, per momenti di sollecitazione flettenti e di compressione, non sono in sé indicative di un evento esplosivo.

- Sul punto è chiarissima la relazione metallografico - frattografica.

I. 15. 2. L'IPOTESI ACCETTATA DAL COLLEGIO SANTINI.

Si formula, dunque, un'ipotesi di collocazione dell'ordigno nella toilette a partire dall'osservazione dei danni strutturali (soprattutto la mancanza di intere aree della fusoliera) e delle deformazioni patite da alcuni pezzi, coordinando queste risultanze con quelle desunte dalle modalità di collasso del velivolo e delle zone di rinvenimento in mare dei frammenti.

E' opportuno sottolineare che il Collegio peritale è ben consapevole che tale ipotesi è in contrasto netto con gli "indizi di esplosione" rilevati nell'ambito delle indagini definite di primo livello.

D'altra parte il Collegio ritiene - coerentemente - che nessuno dei predetti elementi possa essere accettato come indizio di esplosione, per le diverse ragioni che si sono ampiamente viste in altra parte delle requisitorie.

Questa ipotesi viene sottoposta a verifica sia con modelli matematici, sia con prove di scoppio (condotte in collaborazione con il Collegio esplosivistico), finalizzate a individuare una composizione dell'ordigno e una sua collocazione che potessero dar conto della repentina frammentazione in volo della parte posteriore dell'aereo e delle caratteristiche dei danni (non) riportati dai diversi reperti. Di tali accertamenti si dirà in prosieguo.

Secondo il Collegio SANTINI, dunque, un ordigno sarebbe esploso nel vano toilette. L'esplosione avrebbe innescato una serie di eventi, in sequenza:

1. Distruzione della parte destra dell'ordinata 786, con conseguente distruzione del vincolo anteriore del motore destro con la fusoliera e conseguente distacco dello stesso.
2. Cedimento del vincolo anteriore del motore sinistro e suo distacco.
3. Distruzione per sovrappressione della parte superiore della fusoliera all'altezza della stazione 642 (si ricorderà che si tratta della zona ove fu osservato il fenomeno del *quilting*, che verrebbe così giustificato).
4. Distacco del tronco di coda, a causa dei danni patiti dalla paratia di pressurizzazione e degli elementi strutturali a essa prossimi.
5. Cedimento dell'estremità della semiala di sinistra, a causa dei carichi determinati dal distacco del tronco di coda.
6. Distacco progressivo di frammenti, durante la caduta delle diverse parti in cui l'aereo si è suddiviso.

Il Collegio formula poi diverse ipotesi di possibile collocazione della bomba, tenendo conto dei danni che devono esser stati causati perché l'aereo si destrutturasse in tempi rapidissimi, con le modalità descritte, e di quelli che - al contempo - non sono rilevabili su parti dell'aereo che sono state recuperate e che non recano alcun segno di esposizione diretta o indiretta a un'esplosione.

Sul punto sono chiarissimi sia il Collegio peritale frattografico che quello esplosivistico. Di tutte queste indagini tecniche si darà ora conto.

Si sottolinea sin d'ora che nessuna ipotesi di collocazione e peso dell'ordigno è in grado di giustificare i danni e le deformazioni riscontrabili nella toilette.

Il Collegio conclude, su questo punto, in maniera aperta. I requirenti ritengono, invece, che le difficoltà di individuare caratteristiche e posizione della bomba non siano un particolare secondario e che tali difficoltà derivino invece dal fatto che le parti recuperate della toilette non consentano di affermare che in quel vano si sia verificata un'esplosione.

A prescindere, quindi, dalla impossibilità di coordinare gli elementi raccolti nelle diverse fasi delle indagini peritali con la collocazione proposta, che ha come conseguenza la necessità di interpretarli tutti come frutto di errori o contaminazioni, si ritiene che anche il percorso logico seguito per sostenere l'ipotesi della bomba nella toilette non sia immune da vizi.

I. 15. 3. GLI ELEMENTI RITENUTI PROVA DI ESPLOSIONE

In buona sostanza, dei numerosi reperti esaminati e indicati come utili per l'individuazione degli effetti di un'onda di sovrappressione, solo due sono stati effettivamente considerati tali dal Collegio peritale (AZ 497 e AZ534 - sul punto si tornerà tra breve). Gli altri, infatti, sono del tutto equivoci o possono fondare un giudizio del tutto opposto, oppure sono in contrasto con altri reperti analoghi, che recano deformazioni del tutto divergenti, oppure, infine, non differiscono nelle deformazioni patite da altri reperti siti in luoghi assai distanti dell'aereo.

Questi rilievi furono oggetto delle richieste di chiarimenti formulate da questo Ufficio il 28 settembre 1994.

Le risposte ai quesiti a chiarimenti che furono formulati dal Giudice Istruttore non hanno consentito di diradare quei dubbi, come appresso si dirà.

Si è anzi avuta l'impressione che il Collegio peritale abbia preferito rimuovere il problema posto dalla richiesta di chiarimenti e che si sia, di conseguenza, limitato a trasformare alcune valutazioni da dubitative ad assertive, ma senza alcuna illustrazione né del percorso logico seguito per tale mutamento, né - tantomeno - degli elementi nuovi che potessero averlo indotto.

Hanno invece ben colto la radice delle osservazioni critiche i Periti CASAROSA ed HELD. Pur continuando a manifestare la ferma convinzione delle proprie opinioni, con uno sforzo di chiarificazione del quale i requirenti non possono non esser grati, hanno infatti posto in evidenza le ragioni di fondo di alcune scelte, anche espositive:

"Ovviamente, una volta costituita la banca dati, è stato necessario procedere ad una analisi critica di essa allo scopo di selezionare gli elementi che potessero sostenere l'ipotesi esplosione, gli elementi di natura dubbia e gli eventuali elementi contrari.

E' dopo questa analisi critica, che sarà brevemente commentata nel seguente paragrafo, che il Collegio peritale ha potuto formulare la sua valutazione dell'ipotesi.

Vale la pena solo di accennare al fatto che una identica metodologia è stata applicata anche per le analisi relative alle altre ipotesi formulate, come desumibile dai pertinenti capitoli della Perizia Tecnica.

Fino a questo punto, i PF ritengono che non sussistano sostanziali motivi atti a giustificare gli elementi di critica formulati dai PM.

Esame critico dei risultati

L'analisi critica dei risultati è stata estesamente riportata e discussa in Perizia e pertanto a tale documento si rimanda per più dettagliate informazioni.

In questa sede si vuole solo evidenziare che, fino a questa fase delle attività peritali, e cioè fino alla costituzione della predetta banca dati, vi è stata sempre completa unanimità di giudizio fra tutti i membri del Collegio.

La differenziazione fra i membri firmatari della Nota Aggiuntiva ed i rimanenti membri del Collegio stesso, si è verificata nell'ambito dell'esame critico del materiale disponibile.

In linea di massima, almeno secondo l'opinione dei PF, la differenziazione si è manifestata essenzialmente attraverso le seguenti due prese di posizione:

a) - Alcuni membri del Collegio hanno ritenuto che gli elementi contenuti nella banca dati fossero tali da far ritenere completamente accettabile l'ipotesi di esplosione interna e da far rigettare ogni altra ipotesi alternativa.

b) - I membri del Collegio firmatari della Nota Aggiuntiva hanno invece rilevato che, a loro parere, alcuni elementi della banca dati erano certamente a favore dell'ipotesi esplosione, altri, come ad esempio i risultati delle Perizie collegate, potevano fornire elementi di dubbio. Sulla base di questi elementi ed a seguito di valutazioni che saranno meglio evidenziate in seguito, i PF hanno quindi ritenuto che l'ipotesi esplosione interna doveva essere ritenuta molto probabile ma affetta da non trascurabili livelli di incertezza e che ipotesi alternative non potevano essere rigettate in modo drastico tenendo anche conto che le indagini giudiziarie sull'evento erano ancora in corso e che avrebbero potuto portare nuovi elementi di valutazione, anche in tempi successivi al deposito della Perizia Tecnica.

A parere dei PF, il giudizio negativo formulato dai PM su questa parte conclusiva della Perizia può essere derivato dal tentativo effettuato nella Perizia stessa di mediare queste due differenti correnti di pensiero presenti nell'ambito del Collegio.

Una presa d'atto di questi due diversi orientamenti con relativa evidenziazione e discussione nell'ambito della Perizia, sempre a parere dei PF, avrebbe certamente reso molto più chiara la parte contestata e, certamente, avrebbe evitato la necessità della Nota Aggiuntiva.

Questo poteva certamente essere fatto senza che il contenuto delle conclusioni potesse essere minimamente alterato. Anzi, il fatto che due gruppi di addetti ai lavori, seguendo percorsi logici diversi e pesando diversamente i molti elementi disponibili, avessero raggiunto la stessa soluzione, anche se con diverso grado di convincimento, non poteva che rafforzare la validità della soluzione stessa."

Ma è esattamente quello sottolineato dai due Periti il punto di partenza delle perplessità di questo Ufficio sulla Perizia del Collegio SANTINI. A fronte di elementi di grave incertezza, che permanevano pur dopo l'espletamento di ogni possibile prova, si è ritenuto di dover rappresentare una conclusione certa, anche a costo di forzare l'interpretazione del materiale probatorio.

Si comprende l'ansia di verità che ha animato il Collegio peritale, desideroso - dopo tanto impegno ed evidentemente sulla base di un'intima convinzione - di fornire al Giudice certezze, anziché ipotesi di lavoro. Ciò ha però portato a sottovalutare tutto ciò che con la tesi accettata non quadrava.

Significativa ci sembra la vicenda delle simulazioni e degli esperimenti esplosivistici. Una volta formulata l'ipotesi che una bomba fosse stata posta nel vano toilette, furono avviate simulazioni e prove empiriche per individuare quali potessero essere gli effetti di una simile esplosione, dove l'ordigno potesse esser stato collocato e se i danni riscontrati sui reperti fossero o meno compatibili con le diverse ipotesi. Queste simulazioni e prove furono condotte in buon accordo con il Collegio esplosivistico e in contraddittorio con le parti. Come meglio si vedrà appresso, questi accertamenti non solo non hanno consentito di verificare le diverse ipotesi di partenza, ma hanno fornito elementi tali da far considerare altamente improbabile l'esplosione di un ordigno nel vano toilette. Il Collegio non ha tratto le conseguenze di questi accertamenti, che pure aveva utilizzato, ma si è limitato a formulare di volta in volta ipotesi di posizionamento dell'ordigno che si adattassero ai diversi esiti, senza tener conto che permanevano ogni volta elementi in contrasto. Esempio è il caso del copritazza del water, recuperato dove furono rinvenute le altre parti distaccatesi dalla toilette nelle primissime fasi del collasso. Mai era stato posto in dubbio che l'oggetto provenisse dal relitto del DC9. Le prove di scoppio e le simulazioni erano state effettuate tenendo conto delle condizioni del copritazza. Le conclusioni stesse del Collegio avevano tenuto conto di tutto questo. A seguito delle richieste di chiarimenti, però, si liquida il dato di fatto della incompatibilità dell'ipotesi accettata con i danni (non) riportati dal

copritazza ponendo in dubbio - per la prima volta - che si tratti di un reperto effettivamente proveniente dal DC9 e sulla base di dati già ampiamente noti.

Non meno significative le vicende delle valutazioni delle perizie frattografiche e metallografiche. Su nessuno dei reperti vengono individuate caratteristiche morfologiche indicanti l'esposizione a fenomeni esplosivi. Tale fatto viene citato incidentalmente, quasi si trattasse di un mero accidente delle indagini tecniche, secondo il principio, più volte ripetuto, che ciò che non viene trovato non è detto che non ci sia. Eppure le stesse indagini, condotte sui materiali esposti alle diverse modalità di detonazione di un ordigno, avevano dato esiti ben diversi.

E' questo metodo di indagine (o forse di formazione ed esposizione del convincimento) che non convinceva e che non ha trovato alcuna ragionevole spiegazione nelle risposte ai quesiti a chiarimenti.

I. 15. 4. IL "QUILTING" COME PROVA DI ESPLOSIONE

Esemplificativo della cautela con la quale devono essere utilizzati gli strumenti interpretativi che deducono dalle caratteristiche delle deformazioni strutturali elementi per l'individuazione delle cause della perdita dell'aereo è il progressivo aggiustamento delle conclusioni tratte, nelle prime indagini di tal genere, risalenti al 1991/92, da PROTHEROE sulla base dell'esame del relitto.

Sia chiaro che non si intende criticare il tecnico inglese. Non solo ciò sarebbe ingeneroso, giacché egli ha dato un contributo di fondamentale importanza nella ricostruzione del relitto e nella individuazione delle fasi del collasso del velivolo; egli, per di più, fu sempre assai chiaro nell'attribuire valore di mera ipotesi di lavoro ai suoi studi preliminari, affermando espressamente che essi avrebbero dovuto esser rivisti, qualora fossero stati acquisiti nuovi elementi di valutazione. Anzi, fu proprio PROTHEROE a segnalare la necessità di coordinare il risultato delle indagini sulla deformazione delle strutture e delle altre componenti dell'aereo con quelle sui danni riportati dai singoli frammenti e sulle prove caratteristiche dei diversi eventi ipotizzabili (sollecitando analisi di carattere frattografico e metallografico).

La progressiva modificazione dell'ipotesi di localizzazione dell'ordigno a bordo è però molto importante perché: 1. consente di verificare che le caratteristiche di deformazione di parti dell'aereo non sono di per sé sufficienti ad accertare le cause del disastro 2. conferma la necessità che gli elementi di prova singolarmente

considerati vengano posti in relazione tra loro, innanzitutto sulla base del principio di non contraddizione.

Nel rapporto del 13 gennaio 1992, già ampiamente citato a proposito della ricostruzione del collasso del velivolo, PROTHEROE giunge a ipotizzare che la causa del sinistro fosse stata l'esplosione di un ordigno all'interno della fusoliera, in una zona che è oggi - a seguito del ritrovamento di altre componenti dell'aereo - certamente da escludersi:

"E' troppo presto per raggiungere conclusioni definitive nell'indagine, ma sulla base delle prove sinora disponibili sembrerebbe che la causa più probabile sia stata un'esplosione interna nella zona della cappelliera della cabina posteriore sul lato sinistro, immediatamente più avanti alle prese d'aria dei motori, che ha portato alla separazione, in questa zona, dei rivestimenti sopra la parte superiore della fusoliera ed indietro fino alla deriva di coda"⁹¹.

In un rapporto di poco successivo, PROTHEROE aggiungeva alcuni elementi di valutazione.

Innanzitutto notava che, dai pochissimi frammenti del rivestimento della parte posteriore della fusoliera, poteva arguirsi che il rivestimento rimasto attaccato alla base della pinna era "intatto e sostanzialmente non danneggiato" sul lato destro, mentre presentava su quello sinistro un arricciamento, apparentemente verso l'indietro, che lasciava una sottile striscia di *skin* attaccata lungo il lato attaccato alla base della pinna. L'orlo libero di questa striscia ha le caratteristiche di una leggera ondulazione, una forma più accentuata della quale era stata in precedenza osservata nei bordi liberi di materiale coinvolto in fenomeno di frattura rapida causati da sovrappressione.

La conclusione è sorretta dalla individuazione di deformazioni delle strutture e delle lamiere caratteristiche di sovrappressione; la mancanza di tutte le segnature sui frammenti che sarebbe stato ragionevole aspettarsi viene giustificata con la mancanza dei pezzi della zona in questione: ciò che non si vede, manca. E' lo stesso metodo argomentativo che abbiamo visto esser utilizzato dal Collegio SANTINI per giustificare un'analoga carenza di elementi per l'ipotesi di localizzazione nella toilette.

Seguiamo il ragionamento di PROTHEROE, anche perché esso fornisce criteri di valutazione dei danni di notevole rilevanza, che potranno esser applicati per le altre ipotesi di individuazione dei danni da esplosione interna.

⁹¹ Relazione PROTHEROE del 12 gennaio 1992, pag. 23 della traduzione.

Innanzitutto il tecnico dell'AAIB individua due elementi di prova, cui "si riconosce, anche se non in modo esclusivo, l'associazione con sovrappressione di tipo esplosivo:

- L'impuntura (*quilting*) dei pannelli del rivestimento nella zona di rivestimento della fusoliera proprio sopra la fascia dei finestrini all'estremo retro della zona 1. Si ricorderà che la zona 1 terminava bruscamente, in corrispondenza del bordo posteriore di attacco delle ali alla fusoliera, dando luogo a una sorta di cerchio, dopo il quale non si rinvenivano le parti della fusoliera (zona 3). Nella parte superiore di questo cerchio, proprio sopra la fascia dei finestrini sul lato sinistro, si poteva apprezzare una "sporgenza localizzata causata da pressione sui pannelli di rivestimento tra telaio e traverse orizzontali", definita appunto *quilting* (termine tradotto con impuntura).
- La leggera ondulazione del bordo libero della striscia di rivestimento della fusoliera adiacente alla base della deriva di coda sul lato sinistro (rappresentata nella parte descrittiva in maniera forse non coincidente: "Una curvatura dei rivestimenti leggermente verso l'alto era pure evidente in questa zona nelle vicinanze del bordo libero del rivestimento e c'era un leggero attorcigliamento dei rivestimenti in questa stessa zona ai punti in cui le traverse orizzontali si attaccavano al telaio"⁹²).

Questi elementi avrebbero dovuto esser confermati dall'individuazione: 1. dei frammenti minuti causati direttamente dal focolaio esplosivo in una piccola zona del rivestimento⁹³; 2. dei frammenti più grandi, provenienti dai bordi della zona frantumata sui quali sarebbero evidenziabili in maniera tipica i caratteristici danni da esplosione⁹⁴.

Né l'uno né l'altro tipo di frammenti è stato però rinvenuto. Secondo PROTHEROE ciò è ovvio per i frammenti del primo tipo, visto che l'aereo è caduto sul mare; buone probabilità di rinvenimento del secondo tipo di frammento

⁹² Rispettivamente, pag. 13 e 3 della traduzione

⁹³ "La frantumazione del rivestimento è il tipico risultato della detonazione interna di un ordigno esplosivo in prossimità ragionevolmente vicina al rivestimento di un aeromobile, diciamo entro più o meno un metro. Questa frammentazione di solito si limita soltanto a una zona piccola, a causa degli effetti scudo della struttura posta in mezzo, e anche per la formazione di fronti d'urto. L'effetto è la riduzione (entro un angolo di cono di circa 40° dal centro dell'esplosione) di una piccola zona di rivestimento fusoliera in piccoli frammenti di rivestimento - tipo frammenti di granata - del diametro di pochi centimetri", pag. 18.

⁹⁴ "Questo tipo di danno ha l'aspetto che si potrebbe immaginare essere il risultato della scarica, a distanza ravvicinata, di un fucile a pallini molto grande contro la superficie interna del rivestimento", pag. 18

avrebbero invece potuto esservi. In effetti, nel corso delle successive operazioni di ricerca in mare furono rinvenute importanti componenti della zona 3 della fusoliera e su nessuna di esse fu possibile riscontrare le caratteristiche marcature descritte dal tecnico AAIB⁹⁵

PROTHEROE continua notando l'assenza delle caratteristiche fratture da esplosione e giustificandola con la mancanza della zona 3 e quindi di quella ove sarebbe da localizzarsi l'esplosione. In seguito alcune di queste parti saranno rinvenute e non mostreranno traccia alcuna delle fratture tipiche. PROTHEROE è pienamente consapevole del carattere preliminare delle sue osservazioni, rispetto alle quali i successivi rinvenimenti costituiscono corroborazione o falsificazione, auspicata dallo stesso proponente. Non così è per il metodo espositivo seguito nella relazione SANTINI, ove la mancanza delle marcature, al termine delle investigazioni, viene ancora considerato un elemento neutro.

Seguiamo l'analisi di PROTHEROE. Si perdonerà la lunga citazione, necessaria per la chiarezza della descrizione delle lesioni tipiche da esplosione, che si potrà quindi utilizzare anche per la valutazione dei danni riportati da altre parti del velivolo:

"Danni causati da sovrappressione

Frattura a petalo

I danni imputabili alla sovrappressione di solito comprendono un allungamento ed un rigonfiamento locale rivolto verso l'esterno del rivestimento fusoliera, specialmente se l'esplosione avviene abbastanza vicino al rivestimento. Questo rigonfiamento, se avviene, ha normalmente il suo centro sulla zona frantumata del rivestimento al punto focale dell'onda espansiva. Il rigonfiamento è di solito seguito da una frattura energica dei rivestimenti tesi e le linee di frattura corrono radialmente verso l'esterno a partire dalla zona centrale frantumata. La combinazione tra l'uscita di gas esplosivo attraverso la frattura, insieme al contraccollo elastico degli elementi di rivestimento nel momento in cui si fratturano, di solito fa sì che i lembi di rivestimento tutto attorno alla zona della frattura si posizionino in una caratteristica forma a petalo verso l'esterno.

⁹⁵ Il quale, peraltro, già nel rapporto citato affermava che tali segni potevano non esser rilevabili qualora la carica, di ridotte dimensioni, fosse stata schermata da altri oggetti o posta a distanza dai rivestimenti; tale distanza, per una piccola carica di esplosivo viene quantificata in superiore al metro. Si osserva sin d'ora che queste notazioni, che saranno utilizzate per giustificare la mancanza delle marcature sulle componenti recuperate del vano toilette, non possono invece giustificare il vuoto probatorio in quella ipotesi, giacché non vi sono oggetti schermanti tra le ipotesi possibili di collocazione dell'ordigno (anzi, semmai vi sono oggetti produttori di schegge) e giacché le ridotte dimensioni della toilette impediscono di ipotizzare qualunque posizione della carica che sia a distanza superiore a un metro rispetto a parti recuperate e che non recano detti segni.

A secondo delle dimensioni dell'apertura prodotta dalla frattura, e della lunghezza della crepa critica per la struttura della fusoliera, la forma a scoppio stellare (ndt in inglese : "star burst") della frattura prodotta dall'evento esplosivo può portare all'estensione di queste fratture radiali al di là del limite di rottura. Queste, successivamente, si possono sviluppare in modo variabile portando alla disintegrazione immediata e catastrofica della struttura della fusoliera (come accadde a Lockerbie). In alternativa, le fratture si possono stabilizzare dopo che l'apertura nello scafo di pressione si è ingrandita ulteriormente, in relazione all'equilibrio tra la forza residua della fusoliera e la combinazione dell'esplosivo con le pressioni differenziali della cabina durante il periodo di calo della pressione, più i carichi di volo imposti sulla struttura.

Qualche volta, le fratture che corrono all'esterno a partire dalla zona di frattura possono girarsi, attraverso angoli retti, alle linee di giunzione dei rivestimenti producendo grandi pannelli rettangolari di rivestimento che sbattono verso l'esterno sotto il carico della pressione per poi staccarsi. I bordi liberi di queste fratture che corrono veloci spesso possono mostrare una forma di onda del tipo osservato sul bordo libero della striscia del rivestimento fusoliera sotto la deriva di coda al lato sinistro. La presenza di questa caratteristica suggerisce quindi che i rivestimenti superiori della zona 3 possono essersi staccati fino a tutto il cono di coda in seguito ad una sovrappressione esplosiva.

E' molto difficile individuare delle prove di frattura esplosiva sui singoli pezzi isolati dei rottami; la loro importanza può essere veramente capita quando essi sono parte di una ricostruzione. Farebbero eccezione le sezioni strettamente arriciate del rivestimento (che normalmente non ci sarebbero state in un relitto associato con un normale cedimento strutturale) e le tracce di rivestimenti che si sono arriciati in avanti nel flusso d'aria"⁹⁶.

Caratteristiche particolari sono invece determinati dalle onde di pressione quando esse, per la vicinanza al punto di generazione, sono particolarmente alte:

"Effetto impuntura (quilting)

Dato il tempo di salita molto lungo delle onde di pressione generate dalle detonazioni esplosive, la pressione esplosiva agisce localmente sul rivestimento della fusoliera. Conseguentemente, anziché la produzione da parte della pressione di una distribuzione bilanciata della membrana di sollecitazione intorno all'intera sezione trasversale, si verifica che i rivestimenti nelle zone di alta pressione sono allungati localmente e tendono a sporgere all'infuori al

⁹⁶ Rapporto PROTHEROE citato, pag. 19 ss.

centro dei pannelli (cioè i pannelli di rivestimento delimitati da telai e trasverse). Questo produce un caratteristico effetto impuntura dei rivestimenti - un rigonfiamento sferico dei rivestimenti costituito da una curvatura tridimensionale lontana dal bordo che delimita, composto dalla struttura del telaio e della traversa, come mostrato schematicamente nella figura 6. Il fenomeno può essere visto più facilmente guardando sotto un angolo obliquo i pannelli di rivestimento in modo che la luce si rifletta sulla superficie al fine di far vedere la curvatura della superficie. E' necessario fare attenzione per essere sicuri che la curvatura sia effettivamente tridimensionale, e non si tratti di una curvatura a due dimensioni provocata dal distacco sequenziale dei rivestimenti dai telai e dalle traverse, oppure da una deformazione distorta.

Questa forma di distorsione dovuta a sovrappressione è normalmente molto leggera e avviene soltanto in una zona limitata dove le sollecitazioni indotte dall'esplosione sui rivestimenti sono al di sopra del limite plastico. Di conseguenza, è molto probabile che questa caratteristica sia trovata nella zona confinante tra la zona di frattura esplosiva e le zone non danneggiate intorno ad essa⁹⁷.

Deformazioni di questo genere sono osservate da PROTHEROE nella parte finale posteriore della zona 3, come s'è detto, ove si nota "una piccola zona di distorsione del tipo effetto impuntura"⁹⁸, unitamente al leggero attorcigliamento dei rivestimenti alle intersezioni dei telai con le traverse.

"Queste due caratteristiche potevano essere il prodotto di un'enorme curvatura all'infuori delle sezioni del rivestimento immediatamente verso poppa rispetto a questa parte della zona 3, cioè di una frattura esplosiva nella cabina posteriore - sul lato sinistro nella zona della cappelliera".

Le figure allegate da PROTHEROE illustrano con molta chiarezza l'ipotesi di localizzazione dell'esplosione interna⁹⁹.

In conclusione, PROTHEROE ritiene che la più probabile causa della perdita del DC9 sia un'esplosione interna e fonda la sua convinzione essenzialmente sull'analisi dei danni riportati dalla struttura dell'aereo e in particolare dall'individuazione dei fenomeni di *quilting* e *skin rupture* (in assenza di altre deformazioni strutturali, che pure sarebbe stato necessario attendersi in un evento

⁹⁷ Rapporto PROTHEROE citato, pag. 21 ss.

⁹⁸ Nella figura 6, che si allega, del rapporto PROTHEROE è ben illustrato il *quilting* osservato nel rivestimento in zona 3.

⁹⁹ Si allegano le figure 7 e 8 della relazione citata.

esplosivo, quali lo *skin shattering*¹⁰⁰) corroborate da elementi probatori forensici, quali il rinvenimento di tracce di TNT e T4, le deformazioni macrostrutturali di metalli su alcuni frammenti, i risultati delle autopsie.

Tali elementi, però, non vengono posti in diretta correlazione con le deformazioni strutturali, al fine di individuarne la compatibilità. Ad esempio, il rinvenimento di tracce di TNT e T4 in un bagaglio che certamente non doveva esser custodito nella fusoliera e ciò benché in altra parte della relazione avesse sottolineato che è ben difficile che le particelle di esplosivo incombuste possano esser trasportate oltre un raggio assai breve (circa 1 metro) dal centro dell'esplosione. Inoltre, l'assenza delle caratteristiche marcature da esplosione sul rivestimento (*skin shattering*) viene giustificato con il mancato recupero della parte della fusoliera direttamente coinvolta nell'esplosione, proprio a causa della frammentazione e della dispersione delle parti anticipatamente separate dal resto della struttura.

Queste conclusioni dovranno però essere revocate quando le nuove operazioni di recupero e la redistribuzione di alcuni pezzi sul telaio, a seguito di più accurate identificazioni, consentiranno di ricomporre anche altre parti della zona 3¹⁰¹.

Significativi appaiono, in particolare, il frammento dell'ordinata alla stazione 661 (AZ585) e soprattutto l'ampio frammento di rivestimento della fusoliera, a partire dalla stazione 642 (AZ493)¹⁰².

Il Collegio SANTINI concluderà quindi con la perentoria esclusione "che possa essersi verificato un evento esplosivo nella cabina occupata dai passeggeri, ivi compresa la cabina di pilotaggio, o nei vani del bagagliaio anteriore o posteriore. Questa plausibile certezza deriva anche dai dettagliati esami che il Collegio Peritale ha effettuato su ogni singolo elemento costituente le parti indicate del velivolo, che sono state ricostruite praticamente per intero, i quali non hanno consentito di rilevare alcun immediato segno di esplosione"¹⁰³.

¹⁰⁰ E cioè le marcature causate sul rivestimento dell'aereo dalla diretta esposizione all'esplosione, di cui s'è innanzi discusso.

¹⁰¹ Nella campagna del 1992, si recupereranno infatti nelle zone E ed F molti frammenti appartenenti all'area mancante, cosicché - con il complesso del materiale precedentemente recuperato - gli elementi di valutazione (ivi compresi i tappeti, pressoché integralmente reperati) saranno ben più ampi.

¹⁰² Si allega la mappa del simulacro del DC9, sulla quale sono ben evidenziate le distribuzioni dei reperti recuperati successivamente (Zone E ed F) tratte dalla "Documentazione ricostruzione relitto A/M I-TIGI".

¹⁰³ Relazione Peritale, parte VIII pag. 12

Ciò dovrebbe mettere in guardia dall'utilizzare l'analisi delle deformazioni come strumento principale di interpretazione di un evento complesso quale quello della distruzione in volo di un aereo.

Si è compreso che essa fornisce elementi importantissimi di valutazione: le deformazioni patite dalla struttura e dalle componenti dell'aereo costituiscono un indizio irrinunciabile per l'individuazione delle cause dell'evento. Esse tuttavia devono essere integrate innanzitutto dall'accurato esame frattografico e metallografico delle parti deformate, per individuare con certezza le caratteristiche delle forze che hanno determinato le deformazioni; in secondo luogo devono essere corroborate dalla ricerca di specifici elementi che con essi siano coerenti e che forniscano informazioni ulteriori.

Il difetto di tali elementi o la loro genericità (tale cioè da essere non coerenti con l'ipotesi di localizzazione o da non essere impiegabili in diretta correlazione con le deformazioni) non può essere superato con artifici logici (ciò che non si trova è andato perduto e simili).

I. 15. 5. ALTRE IPOTESI DI ESPLOSIONE INTERNA. I CONSULENTI DI PARTE IMPUTATA ...

Prima di argomentare più approfonditamente le ragioni per le quali si ritiene che le conclusioni del Collegio SANTINI non possano essere integralmente accettate, va dato conto della ricostruzione delle cause del sinistro offerte dai Consulenti di parte imputata, che giungono a conclusioni simili, ma sulla base di un percorso argomentativo in parte differente.

Nella più volte citata memoria del 25 maggio 1994, l'Ing. BAZZOCCHI attribuisce particolare rilievo alle deformazioni patite dallo sportello del bagagliaio posteriore destro, che presenta il rivestimento nella parte anteriore superiore destra strappato dalla rivettatura che lo fissa alla struttura del portello e arrotolato su se stesso. Secondo il Consulente queste deformazioni sono caratteristiche di un'esplosione e sono compatibili con i calcoli effettuati per l'ipotesi di una detonazione avvenuta nel vano bagagliaio posteriore.

Questo danno era già stato descritto da PROTHEROE, il quale ne aveva così discusso:

"Il portellone di carico risulta intatto e ancora in posizione, ma la parte posteriore in alto del rivestimento del portellone risulta staccata verso l'esterno. Non si riesce a trovare una spiegazione inequivocabile per questo danno. L'esame della parte interna del vano bagagli in prossimità del portellone, oltre del rivestimento interno del portellone, non ha rivelato tracce di sovrappressione da esplosione e sembra che il danno sia stato causato da un qualche processo meccanico durante l'impatto o il recupero, probabilmente associato al bordo sporgente del rivestimento intorno al portellone.

Non risultano tracce di penetrazione del rivestimento interno in fibra di vetro del vano bagagli o altre tracce che possano indicare la detonazione di un ordigno esplosivo all'interno del vano bagagli o di penetrazione di una testata missilistica dall'esterno della fusoliera verso l'interno"¹⁰⁴.

In sostanza, PROTHEROE esclude che le deformazioni patite dal rivestimento del portello possano derivare da esplosione, interna o esterna.

Considerazioni analoghe a quelle relative al portello posteriore del vano cargo, vengono svolte da BAZZOCCHI su due parti della scaletta di accesso posteriore, recuperati a circa 10 Km dal relitto principale. Il luogo di rinvenimento sarebbe indicativo della separazione della scaletta nelle prime fasi del collasso e comunque durante il volo. Secondo il Consulente sulla scaletta si sarebbe scaricata, in caso di esplosione localizzata a 1,20 metri (ma non si specifica se nel bagagliaio, come ipotizzato per il portello, o nella toilette, come indicato altrove) una sovrappressione più che sufficiente a determinarne il distacco; ciò sarebbe confermato dall'esame delle deformazioni subite dal "tubo a torsione" che comanda i ganci di bloccaggio della scaletta quando è retratta: questo risulta troncato "proprio per una sollecitazione di torsione esercitata dagli agganci della scaletta mobile ai dispositivi di bloccaggio" (p. 3 del paragrafo 8)

Di quest'aspetto dell'ipotesi di ricostruzione dell'evento si è trattato in altra parte delle requisitorie e ci si riporta a quanto già rilevato.

¹⁰⁴ Rapporto PROTHEROE del 15 aprile 1992. L'originale inglese è il seguente: "The cargo bay door was intact and in position, but the upper rear section of door skin was peeled outwards off the frame. No clear explanation could be found of this damage. Examination of the interior of the cargo hold in the region of the door, and the inside skin of the door itself, did not reveal any evidence of explosive overpressure and it would appear that the damage was caused by some form of mechanical process during the impact or recovery, probably associated with the protruding edge of the skin around the periphery of the door. There were no penetration of the fiberglass cargo bay liner or other evidence which might indicate the detonation of an explosive device within the hold or missile warhead penetration from outside the fuselage".

Prova certa dell'esplosione di una bomba all'interno della fusoliera è poi, per il Consulente di parte imputata, la separazione delle fiancate della fusoliera, recuperate a grande distanza dal relitto principale.

X Si tratta di due grandi pannelli delle fiancate destra e sinistra del DC9, entrambi con 6 finestrini e di dimensioni approssimative di m. 3 x 1,6. Le caratteristiche delle deformazioni patite dai due oggetti e in particolare i margini della separazione e l'assenza, in genere, di deformazioni alle giunzioni potrebbero essere spiegate "come effetto di un aumento istantaneo di pressione all'interno della fusoliera a seguito della deflagrazione di esplosivo a non grande distanza"; "la frattura netta in corrispondenza delle chiodature e delle strutture rigide dei longheroni può essere spiegata come effetto di un carico impulsivo generato dalle onde d'urto irradiate dal focolaio dell'esplosione" (paragrafo 9, pag. 2 s.). Anche se il Consulente non vi fa qui espresso riferimento, la canalizzazione dell'onda d'urto nell'intercapedine tra il rivestimento esterno ed interno della fusoliera, cui si dovrebbe la moltiplicazione dell'effetto dell'onda di pressione, avrebbe determinato anche la diffusione delle schegge di cui s'è innanzi discusso.

Queste osservazioni del Consulente di parte imputata meritano attento esame; di esse si tratterà incidentalmente nel corso dell'esposizione dell'ipotesi di localizzazione dell'ordigno nella parte posteriore della fusoliera e in specie nel vano toilette. Va però sin d'ora sottolineato che, mentre per i danni riportati dalla scala posteriore si è rappresentata la compatibilità con l'ipotesi di localizzazione dell'ordigno conclusivamente proposta, ciò non è avvenuto per il bagagliaio posteriore, cosicché appare esservi, nelle prospettazioni dei Consulenti di parte imputata, un'insanabile contraddizione tra elementi diversi.

~ L'ipotesi, formulata nello stesso contesto, della derivazione dei danni riportati da alcune tubature dall'esposizione agli effetti dell'esplosione è invece immediatamente contraddetta dalle rilevazioni di danni del tutto analoghi su tubazioni certamente allo scoppio o alla sua onda d'urto non esposte e poi dalle accurate indagini esplosivistiche e morfologiche che furono comunque condotte sulle tubazioni.

Particolarmente rilevanti quelle condotte sul tubo che spruzza l'acqua nello sciacquone del WC e che è posto nel vano al di sotto della tazza (v. figura tratta da pag. 34 e 35); secondo il Consulente, infatti, i danni riportati dal tubo (da sola compressione, essendo pacificamente assenti modificazioni morfologiche caratteristiche di esposizione diretta a fenomeni esplosivi) porterebbero ad affermare che "la bomba deve essere stata depositata addirittura nella vasca sotto la tazza della toeletta o sul fondo dell'armadietto di raccolta degli asciugamani usati" (pag. 39 del paragrafo 10)

Mentre per ciò che concerne la collocazione di un ordigno si rinvia a ciò che si dirà appresso, si osserva che sia i tubi in alluminio dei condotti di condizionamento che quello in acciaio inossidabile dell'impianto di irrorazione del water sono stati sottoposti ad attente indagini. Essi non recano alcuna segnatura caratteristiche della vicinanza a un'esplosione, ne' dal punto di vista morfologico che microstrutturale.

Le deformazioni patite dai tubi nel corso di prove sperimentali di scoppio sono del tutto diverse da quelle riscontrabili sui reperti e recano segni di impatti multipli di schegge e di urti contro pareti piane. Altri condotti analoghi, appartenenti all'impianto di condizionamento, sicuramente provenienti dalla toilette e recuperati, non recano danni. La pressione misurata all'interno della toilette nel corso di prove sperimentali di scoppio, in prossimità dei tubi del condizionamento, fu di 1/10 rispetto a quelle calcolata per produrre l'effetto di schiacciamento.

Le prove condotte dai Consulenti di parte sul tubo in acciaio non sono scientificamente corrette, in quanto nel caso concreto il tubo sarebbe stato esposto a un'onda d'urto impulsiva e non sottoposto a una pressione statica, generata da un fluido compresso; di conseguenza, a detti valori di pressione sarebbe seguita non la compressione ma la frantumazione del tubo. In ogni caso, i valori di pressione individuati dai Consulenti presuppongono una vicinanza dell'oggetto alla fonte dell'esplosione, calcolabile - sulla base della carica ipotizzata in considerazione dei danni riportati dalla toilette - in circa 40 cm., con la conseguenza che il tubo avrebbe dovuto necessariamente portare i segni di modificazioni microstrutturali derivanti dai gas di esplosione a elevatissima pressione e temperatura.

La perizia metallografico - frattografica ha concluso escludendo che il tubo di irrorazione sia stato esposto a onde di pressione o che siano riscontrabili deformazioni microstrutturali e macroscopiche associabili ad esplosione. Il RARDE¹⁰⁵ aveva escluso che vi fossero evidenze positive di esplosione, osservando sul reperto modificazioni strutturali compatibili sia con la lavorazione a freddo che con un forte impatto, che potrebbe anche essere di origine esplosiva.

E' questa l'unica indicazione, espressa peraltro in forma alternativa e di mera possibilità, del coinvolgimento del tubo negli effetti di un'esplosione.

Va dunque escluso che i tubi di condizionamento e di irrorazione del water siano stati esposti a un'esplosione nella condizioni indicate dai Consulenti.

¹⁰⁵ Relazione del 5 novembre 1992

Ciò non è solo rilevante in sé, ma anche perché di tale circostanza dovrà tenersi conto quando si valuterà la compatibilità delle diverse ipotesi di collocazione di una bomba con i danni (non) riportati dai diversi reperti.

I. 15. 6. ... SEGUE. I DANNI RIPORTATI DAL MOTORE DESTRO

I danni riportati dai motori costituiscono un altro dei punti centrali nella decisione sulle cause della sciagura. Essi, si anticipa, costituiscono una delle ragioni principali per cui questo Ufficio ritiene di non poter condividere le conclusioni del Collegio peritale sulla localizzazione di un ordigno.

E' pacifico e può darsi per ammesso che i motori si siano separati dalla struttura dell'aereo nelle fasi iniziali del collasso.

Ciò risulta con chiarezza innanzitutto dalla localizzazione sul fondo marino dei reperti. In secondo luogo dalla dislocazione dei danni sulla carenatura e sulle strutture interne, che dimostrano senza ombra di dubbio che entrambe i motori hanno impattato con la superficie di mare con il medesimo angolo di incidenza.

Ciò implica che essi erano già separati dai longheroni al momento dell'impatto. L'angolo di impatto è determinato dal peso degli apparati interni e dalla resistenza aerodinamica dei due oggetti. Dal fatto che essi fossero separati sul fondo da circa 500 metri non può invece dedursi che essi abbiano subito una divergente forza, attribuibile alla pressione dell'esplosione.

Può anche darsi per assodato che i due motori non abbiano ingerito oggetti in quantità tale, mentre erano in moto, da determinare danni severi alle pale delle turbine. Ciò implica che i motori si sono spenti e separati nelle fasi assolutamente iniziali dell'evento.

E' altrettanto indubitabile, però, che le gondole dei motori sono del tutto immuni da impronture, segni, modificazioni morfologiche caratteristiche della esposizione agli effetti di un'esplosione.

Sul punto il Collegio SANTINI non è chiaro. Vengono infatti utilizzate espressioni che possono dare l'impressione che segni di tal genere siano state rilevate, ma in modeste entità: " L'intero relitto della gondola e' stato attentamente esaminato in quanto, nell'ipotesi di esplosione all'interno della toilette, su di esso se ne dovrebbero osservare visibili segni principalmente costituiti ... da deformazioni e impronte di schegge. Nella parte sottostante alla fusoliera,

nell'intorno della stazione 810, sono presenti una serie di ammaccature striate di rosso e di fori, dei quali alcuni presentano petalature verso l'interno della gondola e altri verso l'esterno. La maggior parte di queste segnature si trovano nella parte di gondola sottostante al pilone. Sopra il pilone si può osservare un considerevole numero di depositi rossi. L'insieme di tali segni può essere consistente con l'impatto di frammenti di rivestimento della fusoliera". Più avanti, valutando gli esiti delle prove sperimentali, il collegio peritale evidenziava "la mancanza di danneggiamenti sul rivestimento del motore destro *paragonabili* a quelli ottenuti in prova"¹⁰⁶.

Ciò non corrisponde al vero. Nessuna delle segnature genericamente indicate dal Collegio ha caratteristiche assimilabili a quelle provenienti dagli effetti di un'esplosione.

I. 15. 7. ... SEGUE. I FRAMMENTI AZ498 E AZ499 ,

Il Consulente tecnico che più ha approfondito tale aspetto, l'Ing. BAZZOCCHI, non ha potuto indicare nemmeno un solo elemento caratteristico dell'esposizione ad esplosione sulle carenature esterne dei motori. Gli unici due elementi indicati dal Consulente sono costituiti da:

- "pezzo di lamiera di titanio proveniente dalla paratia parafiamma del motore, situata sul soffierto di dilatazione inserito sul condotto alta pressione dell'impianto pneumatico di avviamento", modellatosi sulle ondulazioni del soffierto, a dimostrazione della violenza dell'impatto. Si tratta del frammento n. AZ 499¹⁰⁷
- "pezzo di lamiera di lega leggera proveniente dal rivestimento esterno della fusoliera, incastrato sulle olivette di fissaggio di uno sportello di ispezione praticato sul ventre del pilone"; anche in questo caso la forma delle "olivette" si è impressa sul pezzo di lamiera. [Si tratta del frammento AZ 498]

Dalla sagomazione dei due pezzi sulle superfici cui hanno aderito il Consulente ha tratto la convinzione che essi siano stati strappati dalla loro sede e scagliati con "estrema violenza", indicativa di elevata pressione all'interno della fusoliera e quindi, ancora, dello scoppio della bomba e della sua ubicazione nel vano toilette (pag. 45 del paragrafo 11). I Consulenti di parte imputata hanno anche condotto indagini (comprendenti esperimenti tendenti a riprodurre su frammenti di analoga composizione e forma le medesime deformazioni e improntature) per dimostrare che la stampatura del reperto AZ 499 sul tubo di spillamento aria del motore

¹⁰⁶ Relazione peritale IX cap. 5 corsivo nostro.

¹⁰⁷ Si allega una serie fotografica, estratta da BAZZOCCHI, memoria del 19 dicembre 1994.

destro non poté esser determinata da altro se non da esplosione all'interno del velivolo (si vedano in particolare le osservazioni in data 7 dicembre 1994 e 15 dicembre 1994 del Collegio dei consulenti di parte imputata)¹⁰⁸.

Queste considerazioni non possono essere condivise, in accordo con quanto rilevato dal Collegio SANTINI nella parte descrittiva della perizia (che a questo Ufficio appare in contrasto con quella conclusiva del paragrafo):

"La faccia interna del pilone del motore destro, costituita dalla paratia paraflamma in titanio e approssimativamente compresa fra le stazioni 786 e 859, risulta posizionata all'esterno del velivolo, in posizione adiacente al rivestimento di fusoliera che costituisce la parete esterna del vano toilette, in corrispondenza della zona immediatamente sovrastante al pavimento della toilette stessa ... Nell'ipotesi di esplosione all'interno della toilette, la paratia paraflamma, tutti gli elementi posizionati all'interno del pilone e l'ordinata esterna del pilone adiacente alla gondola del motore, potrebbero essere stati danneggiati dall'esplosione stessa. Il relitto del pilone del motore è stato accuratamente esaminato, effettuandone anche una ricostruzione in legno, In essa si possono osservare le posizioni relative del rivestimento della fusoliera, della paratia paraflamma, delle tubazioni contenute nel pilone stesso e della centina in corrispondenza della gondola del motore. In fig. LX-48 è riportata la vista esterna del relitto del pilone e in fig. LX-49 sono schematicamente indicati i frammenti recuperati, appartenenti alla paratia paraflamma e alla centina lato motore e di seguito indicati:

AZ 499, frammento di paratia paraflamma rinvenuto in zona E

AZ 769, frammento della parte centrale della paratia paraflamma ancora vincolato al pilone. La parte di questo frammento che guarda verso l'esterno fa parte della centina lato motore ...

AZ 1049, frammento della parte posteriore della paratia paraflamma ancora vincolata al pilone.

Il relitto della paratia paraflamma corrispondente al frammento AZ 769 è riportato in dettaglio nella figura ... Da essa si può osservare come il frammento risulti deformato prevalentemente verso l'interno del velivolo. Nel dettaglio ... si può inoltre osservare che sulla faccia posteriore del frammento (adiacente al

¹⁰⁸ Le particolari caratteristiche dei due frammenti erano state, per la verità, notate dal Collegio SANTINI quanto meno dalla fine del 1993, come risulta ad esempio dalla nota interna di F. TAYLOR in data 4 novembre 1993, nella quale si suggeriscono specifici accertamenti - poi effettuati dal Collegio peritale frantografico - metallografico - sui due pezzi, ipotizzandosi che le deformazioni patite potessero derivare dall'esposizione all'esplosione.

rivestimento della fusoliera) sono visibili alcune impronte ragionevolmente lasciate dalla testa tonda di ribattini. E' infatti possibile verificare che tali impronte si trovano su tre file parallele ed è possibile verificare che tali impronte si trovano su tre file parallele ed è possibile misurare la spaziatura delle file e il passo dei ribattini stessi. Un esame del rivestimento della fusoliera in posizione simmetrica a quella considerata, effettuato sulla parte sinistra del velivolo in corrispondenza del pilone sinistro, ha consentito di verificare che in tale zona è presente una giunzione di lamiera La spaziatura delle file dei ribattini e il passo dei ribattini stessi sono in accordo a quanto misurato sulla faccia posteriore del frammento AZ 769. E' pertanto plausibile ipotizzare che, al momento del collasso, il frammento AZ 769 sia venuto in contatto con la parte di rivestimento della fusoliera a esso adiacente.

Questo evento potrebbe essere consistente indifferentemente con un elevato valore di pressione che potrebbe avere agito sulla lamiera di rivestimento dall'interno del velivolo verso l'esterno, spingendola contro la paratia paraflamma, o con un elevato valore di pressione che potrebbe avere agito sulla faccia esterna della paratia paraflamma, spingendola contro il rivestimento della fusoliera.

Tenendo conto che la parte di frammento AZ 769 in esame è deformata verso l'interno del velivolo, la seconda delle predette possibilità non può essere esclusa. Alcune delle deformazioni e delle improntature osservate potrebbero essere consistenti con le azioni fluidodinamiche generate sul pilone al momento dell'impatto con la superficie del mare, nell'ipotesi che parte del rivestimento della fusoliera, al momento del collasso in volo di questa parte di struttura, sia rimasta vincolata al pilone. Questa ipotesi risulta ragionevolmente accettabile in quanto parte di rivestimento di fusoliera adiacente all'attacco posteriore del motore (zona posteriore del pilone) è stata ritrovata in zona B, insieme ai relitti del motore e del pilone stesso.

Nella fig. LX - 51 è invece riportato il relitto della centina esterna del pilone. Da essa si può osservare come la zona centrale della centina sia in parte deformata verso dietro e verso l'esterno del velivolo e in parte verso l'interno. Tali deformazioni sono consistenti sia con azioni di compressione dovuta a onda di esplosione, sia alle azioni di compressione che si sono originate sul frammento a causa dello schiacciamento subito dalla parte inferiore del pilone e chiaramente visibile nella figura stessa. Sulla parte superiore del pilone .. non sono visibili segni di rigonfiamenti attribuibili a sovrappressioni interne al pilone.

In fig. LX - 52 sono riportate le viste anteriore e posteriore del frammento AZ 499, appartenente alla paratia paraflamma e ritrovato in zona E. Tale frammento

risulta visibilmente deformato verso l'esterno e la curvatura della deformazione sembra essere in accordo con la curvatura dei tubi interni al pilone ... L'insieme di queste caratteristiche, ivi compresa la posizione di ritrovamento, potrebbe essere consistente con un effetto di pressione agente dall'interno della toilette che potrebbe aver distaccato il frammento in esame, schiacciandolo poi contro la tubazione interna al pilone i corrugamenti della quale ... avrebbero determinato alcune impronte visibili sulla parte concava del frammento stesso. Occorre comunque osservare che le deformazioni del frammento risultano del tutto simili a quelle della parte posteriore della centina esterna del pilone, rimasta vincolata a esso ... e che alcune di tali deformazioni sono state causate, con ragionevole certezza, dalle predette azioni di compressione che si sono determinate sul pilone stesso"¹⁰⁹.

In sintesi, ed esplicitando gli aspetti impliciti nella descrizione sopra riportata:

- le deformazioni dei frammenti che potrebbero indicare un evento esplosivo interno si ritrovano sia in altri frammenti, che certamente non furono esposti - nemmeno indirettamente - a un siffatto evento
- sui medesimi frammenti o su altri che in origine si trovavano a quelli vicini e' possibile riscontrare deformazioni di segno opposto
- le diverse deformazioni possono essere attribuite anche a meccanismi inversi rispetto a quelli ipotizzabili in caso di sovrappressione all'interno del vano toilette.

E' dunque possibile ipotizzare una causa alternativa delle deformazioni patite dai due frammenti. L'assoluta mancanza di qualsiasi altro segno sulle zone, pure recuperate, dei piloni, delle strutture di attacco e delle gondole dei motori in corrispondenza della traiettoria di espulsione dei due oggetti, è conferma della impossibilità di attribuire gli effetti suddetti a un'esplosione.

Tali conclusioni sono esplicitate in maniera più netta dal Collegio peritale nella risposta al quesito a chiarimenti concernente questi particolari frammenti (e altri con analoghe deformazioni), quando affermano che "gli unici frammenti le cui deformazioni possano essere attribuite con ragionevole certezza a fenomeno esplosivo siano quelli discussi nel precedente paragrafo [e cioè i frammenti AZ 497, AZ 534 su cui si tornerà tra breve]. I rimanenti frammenti, come quelli in precedenza elencati [e cioè, tra gli altri, i frammenti AZ 498 e AZ 519, quest'ultimo parte dell'ordinata 801 sottostante il frammento AZ 498], ai quali possono aggiungersi anche tutti i frammenti che costituiscono il relitto del pilone destro, il pavimento della toilette e le pareti della toilette stessa, danno delle

¹⁰⁹ Perizia SANTINI, Parte IX, 5.2.4.

indicazioni dubbie e fra loro contrastanti, come esposto in perizia, tant'è vero che dall'analisi delle loro deformazioni, ipotizzando che tutte possano essere imputate a esplosione, non è stato possibile identificare una possibile posizione della carica".

Per ciò che concerne specificamente il frammento di paratia parafiamma, i Periti osservano:

"Il frammento [AZ 499] è visibilmente deformato verso l'esterno e la curvatura della deformazione sembra essere in accordo con la curvatura dei tubi interni al pilone ... La deformazione del frammento è del tutto identica a quella visibile su analogo frammento (fig. IX - 54) appartenente alla parte posteriore della centina esterna del pilone, rimasta a esso vincolata, e determinata con ragionevole certezza da azioni di compressione che si sono esercitate sugli elementi del pilone".

A questo punto possono farsi le ormai solite due ipotesi:

La prima è che un evento esplosivo all'interno della toilette possa aver distaccato il frammento schiacciandolo poi contro le tubazioni all'interno del pilone.

La seconda è che tale deformazione si sia originata per effetto di compressione sugli elementi del pilone, in modo analogo a quanto avvenuto per il frammento riportato nella figura IX - 54.

A favore della prima ipotesi possono deporre le improntature sulla parte del reperto venuta a contatto con le tubazioni.

Osservazioni favorevoli alla seconda ipotesi possono discendere dall'esame della fig. IX - 47 di perizia nella quale si può osservare che l'ipotizzata esplosione dovrebbe aver frantumato la parete esterna del box toilette, il rivestimento della fusoliera e la paratia parafiamma alla quale il reperto appartiene (solo il rivestimento della fusoliera e la paratia nel caso che la carica fosse posizionata nell'intercapedine fra parete toilette e il rivestimento della fusoliera) lanciando frammenti all'interno del pilone dell'impatto dei quali, invece, non vi è traccia.

Inoltre, l'esame della parte di relitto del pilone adiacente al rivestimento della fusoliera consente ancora di individuare sottili frammenti di guarnizioni di gomma che sicuramente dovrebbero portare tracce di bruciature se la carica fosse stata posizionata tra rivestimento della fusoliera e parete della toilette e cioè in posizione a esse adiacente".

Non si comprende, quindi, come i frammenti della zona pilone possano essere stati inizialmente considerati dal Collegio, nella parte conclusiva del paragrafo IX della relazione peritale, come compatibili anche con l'ipotesi di una sovrappresione derivante da un'esplosione nel vano toilette. In buona sostanza, l'unico elemento in tal senso e' dato dal fatto che *isolatamente considerati* alcuni frammenti presentano deformazioni e improntature compatibili con una proiezione dall'interno verso l'esterno. Già il fatto che altri frammenti della medesima zona presentano deformazioni e improntature del tutto opposte dovrebbe escludere la significatività di tale circostanza e far considerare come causa il meccanismo opposto.

Ma se non si isola il singolo frammento e lo si considera, come appare ovvio anche al profano, nel contesto degli elementi ricavabili dall'esame delle altre componenti della struttura recuperati, appare subito evidente che né il pilone, né le componenti a esso solidali presentano il benché minimo segno di esposizione a una forza con andamento analogo a quello ipotizzato per i reperti AZ 499 e AZ 498. Come può ipotizzarsi che il fenomeno esplosivo si sia canalizzato in maniera tale da compellere un frammento di paratia parafiamma contro una componente interna del pilone, fino a farne assumere la forma, senza che le restanti strutture del pilone abbiano patito gli effetti di una così rilevante onda di pressione?

Se a ciò si aggiunge, poi, il dato di fatto *non controverso* che né gli esami metallografici e frattografici, né le indagini esplosivistiche hanno evidenziato marcature caratteristiche da esposizione a esplosione in tutti i reperti, risulta chiaro che l'ipotesi che i frammenti AZ 498 e AZ 499 siano stati esposti all'onda d'urto di un'esplosione deve essere esclusa.

Inoltre, anche nel caso che si accetti l'ipotesi che i frammenti siano stati espulsi dalla loro originaria allocazione dalla forza di un'esplosione, la carica dovette necessariamente essere collocata in posizione tale da non determinare gli effetti non riscontrati su di essi. Ciò implica [e si veda in proposito la risposta al quesito a chiarimenti sul frammento AZ 498] che deve in ogni caso essere esclusa come posizione della carica quella corrispondente alla parete esterna della toilette. Il Collegio peritale ipotizza come localizzazione della carica compatibile con le deformazioni [non] patite dal frammento quella indicata come 4 (e cioè il contenitore degli asciugamani di carta). Tale punto sarà rilevante, come appresso si dirà, giacché tale posizione è scartata perché incompatibile con altri danni (non) rilevati.

Ma a tutto ciò si aggiunga che la gondola del motore destro non presenta alcun segno di esposizione ad esplosione e la perizia balistica - esplosivistica ha

osservato che nessuno dei fori sulla carenatura del motore di destra ha le caratteristiche dei fori derivanti da impatti di oggetti ad alta velocità, mentre fori simili possono esser visti anche sulla carenatura di sinistra. Su tale punto si tornerà.

I. 15. 8. LAVELLO

Un altro elemento di notevole importanza per la ricostruzione delle cause del disastro è costituito dal lavello che si trovava nella toilette posteriore. Si tratta del reperto AZ 558.

In origine esso era "costituito da un solo pezzo in lamiera sottile di acciaio inossidabile ed e' verosimilmente fabbricato mediante operazioni di deformazione plastica a freddo (imbutitura profonda del bacino, delle nervature e dei bordi) e di tranciatura (per la realizzazione dei fori). Il lavello e' alloggiato nel mobiletto della toilette ed e' tenuto in sede mediante collegamenti a vite negli elementi di fissaggio ..., oltre che dal collegamento con i tubi di adduzione dell'acqua e con il tubo di scarico"¹¹⁰.

"Il reperto è costituito da una porzione del lavandino, fortemente ripiegata e accartocciata, in parte corrosa Originariamente (ed esattamente prima degli esami effettuati dal RARDE) il reperto era costituito da un pezzo unico ... All'atto della consegna al Collegio metallografico - frattografico per l'effettuazione di operazioni peritali, il reperto era costituito da tre pezzi".

Esso presenta deformazioni che sono state considerate dai Consulenti di parte derivanti dall'esposizione a un'esplosione ed è sito in un mobiletto aderente alla paratia di pressurizzazione (stazione 817), che è - per le ragioni che appresso si vedranno, quando si esamineranno i reperti AZ 497 e AZ 534 - tra le più probabili localizzazioni di un ordigno esplosivo. Sono quindi state condotte accurate analisi, anche attraverso una perizia metallografica.

I periti hanno descritto accuratamente i danni riportati dal lavello.

In particolare sul lavello "le piegature ottenute per deformazione plastica nella zona anteriore del lavello stesso (lavello integro) risultano quasi completamente raddrizzate prima di ulteriori deformazioni: il fenomeno di raddrizzatura sembra estendersi anche nella zona destra del lavello ad eccezione del bordino (superiore)

¹¹⁰ Relazione di perizia metallografico - frattografica depositata il 30 luglio 1994. Si allegano le fotografie tratte dalla perizia, sul lavello nelle condizioni originarie e lo stato dei frammenti.

rialzato all estremità destra (del lavello integro). Il fenomeno si estende anche alla parte destra della zona posteriore; per le altre zone non si può dire nulla in proposito per mancanza di materiale"

Tale deformazioni sono ritenute dai Consulenti di parte imputata "non ottenibili per azione meccanica di qualsivoglia complessità, ma solo mediante un'azione impulsiva ad alta energia, quale quella tipica dell'esplosione"¹¹¹.

La perizia frattografica ha però concluso in senso diametralmente opposto:

A Non vi è segno di precipitazione di carburi di cromo a bordo grano (intergranulari) ma solo presenza di carburi di titanio intergranulari; ciò porterebbe ad escludere esposizioni del lavandino a temperature elevate per un tempo tale da provocare ridissoluzione dei carburi di titanio e successiva precipitazione di quelli di cromo;

B Le dimensioni dei cristalli sono relativamente grandi nelle zone della coppa più in basso rispetto al piano del lavandino ... e nella zona della coppa più in alto (zona di massimo stiramento ..) [determinata probabilmente dal differente grado di incrudimento raggiunto nelle diverse zone durante la lavorazione]

C Non sono state inoltre osservati fenomeni di deformazione plastica per scorrimento multiplo localizzato su alcuni cristalli con eventuale orientazione favorevole, quali quelli che solitamente si osservano nei metalli sottoposti a onde d'urto;

D In nessun caso si è riscontrata una distribuzione duale della dimensione dei cristalli quale potrebbe essere indotta da un inizio di ricristallizzazione per una breve esposizione ad alta temperatura delle zone di localizzazione della deformazione.

.....
[le fenomenologie di raddrizzatura già descritte] sembrano coerenti con un'azione di trazione globale subita dal lavello in direzione prevalentemente alto - basso con i vincoli di reazione che possono essere costituiti dal fissaggio del lavello nella sua sede".

I periti, infine, escludevano recisamente che fosse riscontrabile una azione diretta dal basso verso l'alto, argomentando dalle caratteristiche osservabili sui bordini che delimitano la coppa del lavello nonché dal fatto che le porzioni di coppa

¹¹¹ Memoria dei Consulenti tecnici sulla perizia balistico - esplosivista, depositata il 9 giugno 1994.

rimaste ancora solidali al bordo sono rivolte verso il basso, cioè verso l'interno della coppa.

Queste conclusioni, peraltro, sono coerenti con quelle tratte dal RARDE nelle indagini tecniche del 19 e 21 ottobre 1992:

"Nessun segno di esplosione è stato osservato sulle superfici del lavello o del tubo di scarico. Studi microstrutturali condotti sul tubo hanno dimostrato che le caratteristiche indotte da deformazione erano state ampiamente indipendenti dal tasso di deformazione e i test con esplosivo non sono stati considerati validi".

Nelle note in date 15 dicembre 1994 i Consulenti tecnici hanno giustificato la, incontrovertibile, assenza di modificazioni microstrutturali e di fenomeni connessi con l'esposizione diretta a una esplosione con la possibilità che essi fossero andati perduti con le parti più danneggiate del reperto, o perché non recuperate o perché cancellati "da fattori ambientali quali la corrosione che nel caso specifico è di grossa entità e che, come è noto, attacca con maggiore facilità le zone alterate termomeccanicamente".

Il Sig. BAKER, esperto del RARDE e che aveva analizzato - tra l'altro - il lavello senza trovarvi tracce di esposizione a esplosione (come ribadirà ancora con nota in data 5 novembre 1992) replicando a notizie di stampa aveva infatti comunicato che fenomeni di corrosione potevano essere agevolati dalle modificazioni indotte da eventi esplosivi e dai residui da questi lasciati (26 ottobre 1992).

Anche questi aspetti, però, sono stati valutati dal Collegio frattografico, che ha espressamente escluso che i fenomeni di corrosione fossero collegabili, nel caso di specie, a particolari condizioni della microstruttura dell'acciaio, individuandone una diffusione indipendente dalle deformazioni.

Nelle conclusioni della relazione in data 24 novembre 1993, inoltre, il DRA ribadirà ancora nettamente che "nessun segno di esplosione è stato osservato sulle superfici del lavello o del tubo di scarico"¹¹².

¹¹² Una erronea traduzione del testo può indurre in errore circa la perentorietà della conclusione e può far ritenere che essa suoni critica verso gli esperimenti condotti dal Collegio balistico - esplosivistico. L'originale inglese infatti così recita: "No positive explosives evidence was observed on the surface of the sink remains of washdown tube. Microstructural studies on the tube showed that strain - induced features were largely independent of strain - rate and explosives trials were not considered worthwhile". Dalla parte esplicativa e dalla lettura del testo in inglese si comprende che le prove di deformazione meccanica del tubo, condotte dal DRA, avevano fatto ritenere inutile passare a prove di esposizione a esplosione.

Si può dunque affermare che il lavello (e gli oggetti a esso solidali) non risultano direttamente esposti a fenomeni esplosivi. Comunque, di tali fenomeni essi non recano alcun segno.

I. 15. 9. DANNI RIPORTATI DAL GALLEY

Il *Galley* si trovava nella zona posteriore dell'aereo, in corrispondenza con la toilette, sul lato sinistro. Sul coperchio del contenitore metallico e' stata rilevata una scheggia. I Consulenti tecnici di parte imputata hanno osservato su di esso "microincisioni e una bombatura molto pronunciata"; la serratura inoltre appare strappata.

In realtà, le indagini esplosivistiche hanno accertato che la scheggia e' dello stesso materiale di cui e' composto il coperchio del *Galley* e quindi si è, con ogni probabilità, formata al momento della deformazione della lamiera (cfr. risposta ai quesiti a chiarimenti dei Periti HELD e CASAROSA).

Sottoposto a indagini metallografiche e frattografiche, è risultato che "il frammento di metallo conficcato nel reperto 1434 (AZ 866) dal punto di vista qualitativo mostra le stesse caratteristiche dell'intero reperto 1434. Il frammento non mostra alcunché di quanto si possa far risalire a un'esplosione di sostanza detonante. Anche un'analisi più precisa non ha rivelato alcuna traccia che si potesse ricollegare a tale situazione come *gas wash* o *rolled edges*. Per una valutazione approssimativa dell'energia cinetica posseduta dal frammento al momento della penetrazione nel reperto 1434 e' fondamentale conoscere la massa originaria alla quale apparteneva il reperto" (relazione periti esplosivistici in data 4 agosto 1992).

I periti esplosivisti non si accontentavano di tali, già rilevanti, osservazioni e commissionavano a un Ente specializzato (VAW - Vereinigte Aluminium Werke AG Berlino - Bonn) un'ulteriore indagine, finalizzata a determinare se la frattura del frammento dalla sua originaria sede fosse stata o meno determinata da eventi esplosivi. Anche questo Ente concludeva nel senso che le caratteristiche della frattura erano difformi da quelle causate da esposizione ad esplosione e che "non sono stati trovati riferimenti che la scheggia nel coperchio provenga dalle immediate vicinanze di un focolaio d'esplosione o che sia entrata ad altissima velocità nel coperchio".¹¹³

¹¹³ "Analisi di una scheggia di alluminio in una lamiera d'alluminio proveniente da un aereo caduto", Progetto n. 1.8242.23 del 7 agosto 1992 del VAW, allegato 5/3 alla relazione peritale del 14 aprile 1994, depositata il 16 aprile 1994.

La perizia esplosivistica ha concluso escludendo che i frammenti che hanno colpito il *Galley* fossero ad alta velocità; anzi, proprio i limitati danni riportati dal *Galley* costituiscono, secondo gli esperti esplosivisti, uno degli elementi in contrasto con la localizzazione nella toilette di una sorgente esplosiva (si veda oltre).

Anche il Collegio SANTINI concorda sia sul fatto che la scheggia non e' penetrata ad alta velocità o che provenga "dalle immediate vicinanze di un focolaio di esplosione".

Non si comprende sulla base di quali elementi, quindi, il Collegio SANTINI abbia affermato che la scheggia sul reperto "mostra segni di compatibilità con l'esplosione stessa, il cui centro non è allocato nelle immediate vicinanze" (risposta ai quesiti a chiarimenti), giacchè nulla è detto circa tali segni e anzi non ve ne sono.

I. 15. 10 COMPONENTI SCALA POSTERIORE

La scala posteriore, con i diversi elementi di collegamento con la fusoliera, e' un altro reperto di particolare rilievo. Essa, infatti, si trovava nelle immediate vicinanze della zona ove potrebbe essere localizzato un evento esplosivo. Preliminare alla valutazione della dinamica del suo distacco, così' come suggerito dai Consulenti di parte imputata, e' l'accertamento della possibilità di rilevare sui singoli oggetti recuperati tracce dirette di esposizione ad esplosione ed elementi di natura metallografica e frattografica, utili per la ricostruzione dinamica.

E' indubbio che nessuno dei frammenti recuperati della scaletta reca fenomeni di deformazione compatibili con gli elevatissimi carichi di pressione ipotizzati.

Si è già discusso dei diversi aspetti delle prospettazioni dei Consulenti di parte e a tali argomentazioni si rinvia.

I. 15. 11. I FRAMMENTI AZ 497 E AZ 534

In sostanza, dei numerosi frammenti esaminati e in un primo momento ritenuti indicativi di un'esplosione esterna, nel momento in cui vengono formulate le risposte ai quesiti a chiarimenti solo per due di essi il Collegio peritale mantiene ferma siffatta conclusione. Certamente, a tali valutazioni concernenti specificamente singoli frammenti vanno ad aggiungersi quelle più generali,

concernenti le modalità di collasso del velivolo e di frammentazione in volo della zona posteriore della fusoliera. Su questi aspetti si tornerà. Va qui esaminato se effettivamente i due reperti, per così dire residui, abbiano caratteristiche tali da esser considerati in se' elementi di prova a favore di un'esplosione interna.

Come si ricorderà, ai quesiti a chiarimenti furono fornite risposte separate da parte di CASAROSA ed HELD e della restante parte del Collegio.

Quest'ultima osservo' che la deformazione del frammento AZ 497 "e il danno sulle altre strutture che sono intorno alla porta ventrale" potevano essere stati determinati esclusivamente da "un'altissima pressione" "le deformazioni sul reperto AZ 534 e parti vicine sono indicative di una violenta onda di pressione originata da un'esplosione e null'altro" (pag. 21).

Più esplicitamente, CASAROSA ed HELD: "Gli unici frammenti le cui deformazioni possano esser attribuite con ragionevole certezza a fenomeno esplosivo sono [i frammenti AZ 497 e AZ 534]". Il primo "presenta almeno tra caratteristiche notevoli che fanno ritenere estremamente probabile il suo coinvolgimento in un evento esplosivo. Le deformazioni visibili sul frammento AZ 534 "sono certamente congruenti con elevati livelli di pressione che possono avere agito dall'interno della toilette e, oltre a questo, sono anche in accordo con i risultati delle prove di simulazione di esplosione effettuate dal collegio esplosivistico [su questo punto si tornerà]"... I reperti predetti "rivestono un ruolo dominante per la formulazione dell'ipotesi di esplosione".

Singolarmente, i due oggetti, pur di così rilevante importanza, non furono segnalati dal Collegio peritale tra quelli per i quali fosse necessaria un'approfondita analisi frattografica e metallografica. Fu quindi necessario disporre un nuovo accertamento peritale.

I reperti AZ 534 e AZ 497 fanno parte della parete di separazione del vano toilette dalla parte interna del velivolo (corridoio) e fanno anche parte della riquadratura del portellone di ingresso posteriore passeggeri, in corrispondenza dell'ordinata 817; l'inserimento dei reperti nell'ordinata è riportata nelle figure IV - 74 della relazione di Perizia Collegiale.

Il reperto AZ 534 è costituito da due lamiere di lega di alluminio AA 2014, con un pezzo di cerniera del portellone e con un irrigidimento in corrispondenza della cerniera in lega AA 7075 (Relazione Perizia Metallografica - frattografica depositata il 18 marzo 1995).

Il reperto AZ 497 è essenzialmente costituito da lamiere di lega di alluminio AA 2014, con irrigidimenti trasversali di varia forma, dei quali alcuni potrebbero essere in lega AA 7075 e altri certamente in lega AA 2014 (relazione sopra citata).

I due reperti sono stati sottoposti ad accurate analisi, che hanno tenuto conto sia dei fenomeni di corrosione, che di quelli connessi con le diverse fasi di lavorazione delle leghe, ivi comprese quelle di placcatura.

Nessuno dei due reperti mostra segno alcuno di "*deformazione a livello microcristallino o altri fenomeni riconducibili all'effetto di un'esposizione a onde di elevata sovrappressione o di elevata sovratemperatura, connesse a un evento esplosivo a breve distanza dal reperto*".

Ai due reperti potrebbe ricollegarsi la traversa del pavimento della toilette, di cui s'è già discusso, che presenta una deformazione verso il basso, ritenuta compatibile con gli effetti di un'esplosione verificatasi nel vano soprastante. A prescindere dalla considerazione che neppure questa traversa presenta segni macroscopici di esposizione a schegge o a elevata temperatura, si osserva che la traversa si trova sopra il vano bagagliaio n. 4. Tale vano, secondo il piano di carico, era vuoto o, al più, conteneva 180 chilogrammi di merce varia. Esso quindi avrebbe dovuto recare tracce evidenti di proiezioni di schegge e degli effetti di onda d'urto. L'unica deformazione in qualche maniera ritenuta compatibile con fenomeni di sovrappressione è però l'arrotolamento di una parte della pelle esterna di un lato dello sportello.

Inoltre nessun danno risulta esser stato riportato dal complesso dei cavi elettrici e d'antenna, che passa proprio nella zona sottostante la traversa.

Nella zona sottostante alla toilette e quindi in corrispondenza delle travature così vastamente danneggiate, passano anche i tubi di alimentazione del carburante, che non risulta essersi invece incendiato.

Per altro verso, nessun danno da sovrappressione è stato osservato nelle parti recuperate della pelle dell'aereo, nella zona sovrastante la toilette. Semmai, un limitato effetto di tal genere è stato notato nella zona *opposta*¹¹⁴, così come

¹¹⁴ Si veda il rapporto di PROTHEROE del 15 aprile 1992, nella parte in cui il tecnico inglese notava che, dai pochissimi frammenti del rivestimento della parte posteriore della fusoliera, poteva arguirsi che il rivestimento rimasto attaccato alla base della pinna era "intatto e sostanzialmente non danneggiato" sul lato destro, mentre presentava su quello sinistro un arricciamento, apparentemente verso l'indietro, che lasciava una sottile striscia di *skin* attaccata lungo il lato attaccato alla base della pinna. L'orlo libero di questa striscia avrebbe avuto caratteristiche di una

deformazioni attribuibili a sovrappressione furono osservate in zone del tutto diverse e palesemente incompatibili con l'ipotesi ricostruttiva proposta (*quilting* nella zona centrale della fusoliera).

I. 15. 12. ANCORA SUL *QUILTING*

Per la verità, si è cercato di prospettare una spiegazione che desse contestualmente conto delle deformazioni rilevate intorno alla stazione 642 con la collocazione dell'ordigno nella parte bassa della toilette, lato destro posteriore, sotto il lavandino.

F. TAYLOR a proposito dei danni presenti nella parte suddetta della fusoliera, afferma che "un fattore che in precedenza è stato sufficientemente messo in risalto è il possibile accrescimento delle onde d'urto, dovuto alla sezione sferica della paratia di pressione posteriore. Non credo che abbia luogo una concentrazione molto alta dovuta a un'esplosione così vicina alla paratia curva, ma sono sicuro che essa deve aver prodotto qualche effetto."¹¹⁵

Va però considerato che la localizzazione ipotizzata per giustificare le deformazioni strutturali e al contempo i danni sul lavandino è diversa da quella dedotta dai danni al pilone del motore e alle componenti strutturali a questo prossime. Non si comprende, poi, come la canalizzazione dell'onda di pressione possa esser avvenuta con le modalità descritte, dato che è pacifico che tra il focolaio dell'esplosione (qualunque esso sia) all'interno della toilette e la direzione ipotizzata dell'onda si frappongono oggetti schermanti (sedili e paratia di separazione della toilette dalla cabina).

Cosicché non può non tornarsi alle valutazioni che possono farsi sulla base dell'esame del frammento, così come indicate dallo stesso Collegio SANTINI nella parte descrittiva: il particolare fenomeno osservato sul frammento di fusoliera può esser stato causato indifferentemente sia da un aumento della pressione interna (e quindi da un'esplosione) che dalla pressione dinamica esercitata dall'acqua al momento dell'impatto con il mare. Per verificare queste due ipotesi sono stati condotti studi sul quantitativo di pressione necessario per determinare le particolari deformazioni osservate e anche al termine di queste indagini la conclusione è stata la medesima:

leggera ondulazione, una forma più accentuata della quale sarebbe stata in precedenza osservata nei bordi liberi di materiale coinvolto in fenome di frattura rapida causati da sovrappressione.

¹¹⁵ Nota del 19 aprile 1993

"I danneggiamenti descritti possono .. essere completamente spiegati con le sollecitudini derivanti dall'impatto con la superficie del mare".

Questa spiegazione è quella cui perviene anche il Collegio metallografico - frattografico.

Più precisamente, per ciò che concerne l'imbozzamento rilevato all'altezza della stazione 642, il Collegio frattografico osserva che gli approfonditi esami condotti hanno consentito di accertare che la rottura dell'ordinata ebbe luogo per flessione con rotazione antioraria della parte superiore rispetto alla parte inferiore della rottura, per un osservatore posto in coda. Le deformazioni sulla lamiera di rivestimento della fusoliera all'intersezione tra correnti e ordinate possono essere poste in relazione con la flessione dell'ordinata 642: "In conseguenza di tale flessione la lamiera di rivestimento della fusoliera ... è sottoposta a un'azione di compressione nel piano della lamiera stessa; tale compressione potrebbe esser causa di imbozzamenti, più marcati nelle aree in cui la lamiera è più lontana dai vincoli costituiti dalle rivettature di collegamento con i correnti e le ordinate e in corrispondenza delle intersezioni potrebbe indurre ulteriori deformazioni locali quali quelle sopra osservate"¹¹⁶ (e cioè il *quilting*).

I. 16. LE PERIZIE ESPLOSIVISTICHE.

Più in generale, sia gli studi teorici che le prove pratiche dimostrano senza ombra di dubbio che un ordigno esplosivo, di potenza tale da poter determinare le conseguenze ipotizzate, posto nel vano toilette e in zona prossima all'attaccatura dei motori avrebbe dovuto causare ingenti danni sulle strutture laterali interne del motore e innanzitutto sulla gondola.

La perizia balistico - esplosivistica costituisce un punto assai importante delle indagini tecniche. Essa fu affidata a persone particolarmente esperte in materia di attentati terroristici; il perito BRANDMARTE ha, poi, particolare esperienza in materia di esplosivi militari. Pur non avendo specifica esperienza in materia di esplosioni a bordo di aereomobili (la cui particolare dinamica presenta effettivamente aspetti non comparabili con le forme usuali di attentati terroristici, per l'interferenza dei fattori dinamici derivanti dal volo ad alta velocità e per le caratteristiche della struttura dell'aereo, condizionante i fenomeni di propagazione degli effetti dell'esplosione), essi hanno dunque una valida esperienza di un gran

¹¹⁶ Relazione peritale metallografica - frattografica del 29 luglio 1994, pag. 85.