PARTE PRIMA

Gli accertamenti peritali e le indagini sulle cause del disastro

I. PREMESSA

Le indagini tecniche sulle cause della perdita del DC9 sono state particolarmente complesse, per diverse ragioni.

Alcune, non secondarie, formano oggetto di specifiche contestazioni di condotte illecite e a esse si rimanda.

Il disastro è avvenuto mentre il DC9 era in volo regolare, in normali condizioni atmosferiche e senza alcun preavviso. Si tratta, in generale, degli eventi di più difficile interpretazione.

A ciò si aggiunga che il punto di ultima battuta dei radar si trova in singolare coincidenza con i limiti di portata dei radar di Fiumicino e Marsala (gli unici in funzione che disponessero di sistema di registrazione) e con uno dei punti più profondi del mediterraneo (circa 3.600 metri).

Nessun disastro di cui fosse ignota la causa è paragonabile a questo, per difficoltà di condizioni ambientali.

Hanno poi osservato i periti:

"Nel caso del DC9 ITAVIA al termine del recupero, e quindi nella fase iniziale delle indagini sul relitto, non si è trovata alcuna prova né del tipo al quale si è accennato, né di altro tipo che, in qualche modo, potesse indirizzare subito le indagini verso uno specifico evento" (IV - 2). A Lockerbie fu presto ritrovato il timer usto nella bomba con la quale fu consumato l'attentato; nel deserto di Teneré (DC10 UTA) fu ritrovata una valigia con una parte dell'esplosivo all'interno, in fogli.

Nel nostro caso, al contrario, sin dalla fase iniziale delle investigazioni apparve subito chiaro che l'interpretazione dei dati radaristici era tutt'altro che semplice e che poco ausilio sarebbe potuto venire dai reperti recuperati durante le operazioni di soccorso.

Così come prevede la normativa vigente, sin dal 28 giugno 1980 il Ministro dei trasporti nominò una Commissione d'inchiesta, denominata "tecnico - formale", composta da esperti delle diverse branche di possibile interesse (radar, struttura del velivolo, conduzione del volo ecc.).

La Commissione, presieduta da Carlo LUZZATTI, iniziò subito a operare, esaminando i tracciati radar di Ciampino (anche avvalendosi del responsabile di quel settore presso l'ITAV, RUSSO), interpellando esperti della Casa costruttrice e degli Enti statunitensi e britannici preposti alla sicurezza dei voli e alle investigazioni sugli incidenti aerei, esaminando i reperti, richiedendo la collaborazione dell'Aeronautica militare. In particolare, attraverso i Laboratori specialistici dell'Aeronautica furono esaminati e selezionati i reperti e poi condotte le indagini di natura chimico - esplosivistica.

Insomma, la Commissione tecnico-formale condusse tutti gli accertamenti che si svolgono abitualmente in questi casi, in un rapporto di completa collaborazione con l'Autorità Giudiziaria, che di quelle indagini si avvalse pressoché integralmente, tanto che non furono nemmeno nominati Periti giudiziari.

Nello svolgimento di questa attività, la Commissione si ispirò alle procedure stabilite dalla normativa internazionale in materia, e in particolare alle raccomandazioni ICAO.

Ciò nonostante la Commissione si scontrò subito con i due ordini di difficoltà che segneranno negativamente le conclusioni del suo lavoro: l'incertezza del dato radaristico e l'insufficienza degli elementi desumibili dai reperti per giungere a una definitiva soluzione del quesito sulle cause del disastro.

Si vedrà meglio in altra parte delle requisitorie quanto abbia pesato l'opposizione di fatto di un segreto di Stato, anche oltre quello formalmente opposto e con modalità diverse da quelle legittimamente previste. Qui basti sottolineare che nella relazione preliminare sullo stato delle indagini, aggiornata al 5 dicembre 1980[2], si afferma espressamente:

"..la Commissione ha giudicato insufficienti i dati forniti dall'A.M. e ha richiesto la disponibilità dei nastri [di Marsala] originali. Con un successivo atto di sequestro i nastri sono stati consegnati alla Commissione che ha proceduto di concerto con l'A.G. alla loro lettura".

[2] La relazione sarebbe stata inviata alla Procura della Repubblica di Roma l'8 gennaio 1981.

La relazione si sofferma poi sulle singolarità che presentano le registrazioni di Marsala (e su cui oltre) ma deve premettere che "il sistema radar automatizzato della Difesa Aerea è coperto dal segreto militare" e che quindi l'analisi sul suo funzionamento si basava su "quanto riferito".

Dava conto del fatto che l'analisi condotta sui dati di Ciampino dal *National Transport Safety Board* statunitense aveva portato a conclusioni coincidenti con quelle della Selenia e quindi a identificare una traccia non identificata in prossimità del DC9, considerando anche "l'alta improbabilità di avere tre falsi segnali tra loro correlabili".

Affermava però di non disporre ancora delle informazioni necessarie per una definitiva risposta, sia perché non appariva possibile il recupero del relitto, sia perché non ancora pervenuti gli esiti delle "perizie richieste ai Periti dell'A.G.". In realtà il Collegio nominato dalla Procura della Repubblica di Palermo non aveva mai di fatto operato e gli accertamenti sui reperti saranno poi disposti dalla stessa Luzzatti e autorizzati dalla Procura della Repubblica.

I. 1. PERIZIA BLASI

Le grandi difficoltà incontrate dagli esperti per individuare le cause del disastro sono ben esemplificate dalle vicissitudini del primo Collegio peritale, nominato il 21 novembre 1984.

Per la verità, sin dal 7 luglio 1980 la Procura della Repubblica di Palermo aveva nominato un primo gruppo di Periti, che però, a causa della migrazione per competenza territoriale del procedimento a Roma, non aveva di fatto svolto alcuna funzione.

La prima perizia collegiale redatta da BLASI, CERRA, IMBIMBO, LECCE e MIGLIACCIO, consegnata il 17 marzo 1989, aveva raggiunto all'unanimità le seguenti conclusioni:

"Dalle analisi riferite in atti e da quelle espletate dal Collegio peritale emergono evidenze a favore dell'ipotesi che l'incidente sia da attribuire all'azione di un esplosivo ad alto potenziale. Gli elementi a disposizione sono convergenti nel far ritenere che si è trattato di un evento esterno all'aereo DC9 I-TIGI, probabilmente avvenuto in corrispondenza della parte anteriore dell'aeromobile, in una zona relativamente concentrata.

Tutti gli elementi a disposizione fanno concordemente ritenere che l'incidente occorso al DC9 I-TIGI sia stato causato da un missile esploso in prossimità della zona anteriore dell'aereo.

allo stato odierno mancano elementi sufficienti per precisare il tipo, la provenienza e l'identità del missile stesso."

Va subito rilevato, al fine di sgombrare il campo da critiche che furono loro in proposito rivolte, che il metodo espositivo utilizzato dai periti (c.d. albero delle probabilità) non corrisponde ad un minor grado di certezza sulle conclusioni, rispetto ad altri metodi espositivi. Al contrario, esso appare correlato ad una metodologia di lavoro di c.d. "falsificazione", consistente nel ricercare - unitamente agli elementi di conferma delle ipotesi - anche quelli in contrasto, sul presupposto che un solo elemento di falsificazione sia sufficiente a far rigettare l'ipotesi.

Gli elementi che avevano fatto ritenere certa l'ipotesi della esplosione esterna, piuttosto che quella interna, possono così essere riassunti:

a) mancanza di ustioni su tutti cadaveri recuperati
b) mancanza di CO e di HCN nei polmoni e nel sangue dei cadaveri sottoposti ad autopsia
c) cadaveri con poche lesioni esterne
d) rilevazione sul portellone portabagagli anteriore destro di almeno un foro con direzione esterno - interno e velocità decisamente superiore a 400 ms
e) presenza tra i frammenti recuperati nei corpi o in oggetti che si trovavano all'interno della fusoliera di materiale proveniente dall'esterno della stessa (frammenti del rivestimento esterno- *skin*- o del carrello, ecc.)
f) traiettoria esterno - interno di due ribattini
g) traiettoria di una fascetta del condotto di ventilazione
h) traiettoria di un frammento di plastica
i) due schegge di alluminio, con tracce di fenomeno esplosivo e con composizione chimica corrispondente a quella di parti esterne del velivolo
l) assenza di tracce di esplosione su tutte le parti interne recuperate
m) impulso acustico registrato dal registratore di cabina, proveniente dall'esterno
n) traccia radar di velivolo estraneo con rotta quasi perpendicolare a quella del DC 9
o) individuazione di tracce di miscela TNT / T4, caratteristica di ordigni militari

Come è ben noto, la conclusione cui era giunto il Collegio venne revocata in dubbio da due componenti del Collegio, BLASI e CERRA, a seguito delle indagini effettuate nel corso dell'esecuzione del secondo incarico peritale, conferito il 29 settembre 1989.

In realtà, il nuovo accertamento peritale avrebbe dovuto riguardare esclusivamente due aspetti, il cui esame derivava come corollario dalle conclusioni della prima perizia (traiettoria del velivolo attaccante - individuazione del tipo di missile e di testata bellica), nonché l'esame del materiale in precedenza non acquisito o non consegnato ai periti (sempre nel contesto dei quesiti innanzi ricordati); i periti, inoltre, di propria iniziativa e non sempre di comune accordo, svilupparono le indagini ritenute necessarie per rispondere nuovamente al quesito circa le cause del disastro, che non era stato riproposto.

Con il senno di poi, deve riconoscersi che una nuova indagine peritale che riesaminasse dalle fondamenta le cause del disastro era necessaria. La prima perizia, infatti, non regge alle radicali critiche che le furono rivolte, soprattutto dai consulenti tecnici di parte imputata.

Essa scontò in primo luogo la confusione e i ritardi con i quali il materiale documentale fu posto a disposizione dell'Autorità Giudiziaria. Basti rileggere le osservazioni critiche circa la completezza del materiale radaristico consegnato alla Commissione Luzzati, emergenti dai lavori di detta Commissione. Alcuni di questi fatti costituiscono oggetto di imputazioni e saranno considerati in altra parte della presente requisitoria. Più in generale, l'opposizione *di fatto* più che formale del segreto militare (attraverso l'omissione di informazioni rilevanti) e l'estrema difficoltà di accertare le effettive modalità di funzionamento dei radar civili costituirono certamente un grave ostacolo al raggiungimento di conclusioni condivisibili e ben argomentate.

E ciò, pur essendo la perizia stata condotta con grande passione e determinazione e pur avendo raggiunto risultati importanti sotto il profilo, quanto meno, dell'acquisizione di molti elementi di fatto che sarebbero poi stati a base dei successivi accertamenti.

Basti pensare all'attività di recupero di molte parti del DC9 dal fondo marino.

Il recupero era considerato nel 1980 praticamente impossibile. Il tema era stato affrontato dalla Commissione ministeriale d'inchiesta. Nella "Relazione sullo stato delle indagini aggiornato al 5 dicembre 1980" testualmente si afferma: "Nella remota ipotesi che si possa arrivare a localizzare le parti, il loro recupero appare tecnicamente impossibile e comunque a costi elevatissimi". Un analogo tentativo degli Stati Uniti a *soli* 1.200 metri di profondità non era stato effettuato per i costi presumibili.

Il recupero in due successive campagne da parte dell'IFREMER di circa il 67% della superficie bagnata dell'aereo (stima del Collegio BLASI nelle risposte ai quesiti a chiarimenti) e di componenti essenziali per la ricostruzione della dinamica del sinistro furono un indubbio successo, il cui esito non era affatto scontato.

La campagna condotta dall'IFREMER è stata oggetto di forti critiche e se ne è anche suggerita l'inaffidabilità.

Anche su questi aspetti è stata condotta nel corso dell'istruttoria formale un'indagine completa, che consente di escludere che vi siano state anomalie nella conduzione delle operazioni di recupero e che queste siano state in qualche maniera dolosamente falsate.

Il Collegio peritale ha poi ampiamente argomentato, rispondendo a specifici quesiti, le ragioni delle scelte effettuate e sulle quali erano state avanzate perplessità.

Per completezza va indicato un episodio singolare. Nel corso delle operazioni di recupero condotte dal Collegio SANTINI furono rilevate sul fondo marino delle strisce parallele e continue, apparentemente corrispondenti a quelle che vengono lasciate dai mezzi utilizzati per l'esplorazione degli abissi.

In una seconda occasione furono rilevati "crateri", corrispondenti ai segni lasciati da oggetti pesanti parzialmente insabbiati, che però non sono stati rinvenuti e che non risultano essere stati prelevati nel corso di precedenti campagne di recupero.

Si noti che i crateri furono osservati in zona D, di particolare rilievo per le ragioni che si vedranno e nella quale furono ritrovati i frammenti di un serbatoio supplementare di un aereo da guerra.

Anche in relazione a queste apparenti tracce sono state condotte indagini accurate. Non è stato possibile individuare una causa naturale. E' da escludere che le tracce siano state lasciate dai cingoli dei mezzi impiegati dall'IFREMER nel corso delle precedenti campagne di recupero, perché non ve n'è documentazione nelle registrazioni e perché il tratto interessato del fondo marino è al di fuori delle zone nelle quali ebbe luogo quella campagna. Non sono state individuate operazioni di ricerca diverse da quelle descritte oppure lavori sul fondo marino finalizzati ad altro; per altro verso, operazioni quali quelle ipotizzate richiedono un forte impegno di mezzi di superficie, che lascia necessariamente traccia negli avvisi di pericolo che devono essere emessi. Anche ipotizzando operazioni di ricerca occulta (e quindi senza comunicazioni alle Autorità), deve comunque tenersi presente che esse sono lunghe, complesse e difficoltose e necessariamente coinvolgenti mezzi specializzati (la cui esistenza e il cui numero è noto) che non possono passare inosservati.

Non è stato possibile chiarire se si tratti di un fenomeno naturale o causato dall'uomo e, in questo secondo caso, da chi, come, quando e perché determinato. Sul punto si tornerà in altra parte delle requisitorie.

I Periti raccolsero con cura un'ampia documentazione fotografica dei reperti e procedettero alla loro identificazione, con l'ausilio di personale specializzato proveniente anche dalla ditta costruttrice, attraverso la comparazione con parti originali e con la documentazione costruttiva. Tentarono anche una ricostruzione grafica del velivolo, sulla base dei reperti recuperati[3]. Sulla base di questa ricostruzione ipotizzarono che l'evento (esplosione interna o esterna) dovesse essere localizzato nella parte della fusoliera immediatamente posteriore alla cabina di pilotaggio. Sul punto si dirà oltre. Qui basti riportare le prime conclusioni del Collegio:

"Discorso a parte è da farsi per la parte della fusoliera compresa fra l'attacco anteriore dell'ala e la parte posteriore della cabina di pilotaggio; si può notare facilmente (Fig. IV.C-3) come essa rappresenti una delle componenti non ritrovate del velivolo, più significative ai fini dell'indagine. Si può senz'altro affermare, come si avrà modo di concludere in seguito, che l'esplosione alla quale è stato esposto il velivolo, non può che aver interessato direttamente tale parte del velivolo stesso. Venendo ad esaminare le varie componenti del velivolo, così come si presentano alla luce della ricostruzione su disegno, operata con la tecnica precedentemente illustrata, si possono fare le seguenti considerazioni :
1) Dall'analisi dei ritrovamenti fatti sul fondo del mare e dei successivi recuperi, il velivolo si è presentato pressoché integro all'impatto con la superficie del mare, a parte la presenza di uno squarcio nella zona anteriore della fusoliera, dianzi evidenziata come mancante. Ciò trova conferma anche nel fatto che alcune vittime e parti di arredo interno del velivolo furono ritrovate (vedi Cap. I.C) in zone a Nord, Nord-Ovest dell'ultima risposta del trasponder ed anche del probabile punto di impatto del velivolo con il mare.
2) La probabile zona di impatto è da localizzarsi in prossimità della verticale della zona in cui sono stati ritrovati i motori: la loro maggior densità, rispetto agli altri relitti, può far dedurre che essi abbiano avuto una minor deriva durante l'affondamento.
3) In base allo stato in cui sono stati ritrovati i vari componenti del velivolo, si può senz'altro ipotizzare che l'impatto di questo con la superficie del mare, ad una velocità massima stimata di circa 200 m/s (720 Km/h), sia avvenuto interessando più o meno contemporaneamente l'ala destra e la cabina di pilotaggio. In seguito al

[3] Si veda la ricostruzione prospettata nelle figure a pag. 332 s. della Perizia BLASI. [Fig. IV C-3 e IV C-4 allegate].

terribile impatto e per effetto delle notevoli forze d'inerzia, si sono prodotti distacchi delle principali componenti del velivolo: si può così supporre che si siano separati i due motori, ed in seguito all'indebolimento della zona da questi interessata, il troncone di coda con tutti gli impennaggi; anche l'ala sinistra si è separata in questo momento, insieme al troncone posteriore della fusoliera. L'idrodinamicità delle prime parti del velivolo che sono venute ad impattare con l'acqua, ha senz'altro contribuito ad evitare una ulteriore frammentazione. E' altresì ovvio che la prossimità della zona maggiormente interessata all'impatto, a quella in cui si presume sia avvenuta l'esplosione, ha determinato un'ulteriore danneggiamento e frammentazione di quest'ultima.'[4].

Queste conclusioni sono in totale contrasto con quelle che saranno tratte dal Collegio SANTINI, sulla base anche del copioso materiale successivamente recuperato.

Tale punto costituisce forse quello centrale nella risposta al quesito fondamentale: da esso deriva infatti la ricostruzione delle modalità di collasso e, di conseguenza, l'individuazione della causa della perdita del DC9.

Anche la valutazione dei danni riportati da singole parti dell'aereo è sostanzialmente difforme.

Di particolare rilievo è l'esame del troncone posteriore della fusoliera, così descritto dalla perizia BLASI: "Il troncone posteriore della fusoliera rappresenta uno dei relitti più grandi del velivolo e parte della zona immediatamente a valle del longherone posteriore dell'ala, nella zona di interconnesione di questa con la fusoliera, per giungere fino alla zona di attacco anteriore dei piloni dei motori alla fusoliera e della paratia di pressurizzazione posteriore, sempre della fusoliera, di cui si può notare un pezzo ancora attaccato al rottame in oggetto"[5].

Non controverso è lo stato del bagagliaio posteriore, perfettamente conservato, tanto che al momento del recupero era ancora possibile ritrovarvi alcune valigie; da ciò discende che esso non può essere stato interessato da fenomeni esplosivi.

Il Collegio BLASI ipotizza però anche che dalle condizioni dei reperti della parte posteriore debba escludersi radicalmente che l'intera zona (e non il solo bagagliaio) possa essere stato teatro di un'esplosione. Il troncone giunge fino all'estremità dell'attacco dei piloni dei motori. In questo senso potrebbe non èsservi contrasto con la SANTINI.

[4] Relazione peritale BLASI, pagg. 334/335.
[5] Relazione peritale BLASI, pag. 338.

Le conclusioni raggiunte dal Collegio BLASI furono revocate in dubbio a seguito della formulazione di quesiti aggiuntivi. Il Collegio si divise in due e mentre IMBIMBO, LECCE e MIGLIACCIO confermarono le precedenti conclusioni, BLASI e CERRA le capovolsero, affermando che la perdita del DC9 doveva essere attribuita a un'esplosione interna.

Va sottolineato che BLASI e CERRA non fondarono le loro nuove convinzioni sulle acquisizioni successive, se non nella parte radaristica, nella quale interviene un fatto nuovo, che evidentemente viene ritenuto decisivo. Essi, per il resto, riconsiderarono elementi già valutati.

I. 2. LE RELAZIONI SELENIA

Il primo punto di netto dissenso tra i periti - originato da una nuova situazione del materiale a disposizione - è costituito dalla interpretazione del tracciato radar.

Questa nuova interpretazione è resa necessaria dal fatto che la SELENIA (ditta costruttrice di uno dei due radar situati a FIUMICINO e cui venne affidato sin dai giorni immediatamente successivi al sinistro, dalla Commissione ministeriale, l'incarico di esaminare i tracciati radar) fornisce ai periti una relazione dalla quale risulta che il radar aveva una configurazione diversa da quella fino a quel momento ritenuta, cosicché i punti rilevabili (*plots*) e in base ai quali erano stati configurati i possibili tracciati del o dei velivoli, dovevano in realtà essere reinterpretati.

Il punto è di assoluta rilevanza. Si può affermare che esso costituisce uno dei nodi fondamentali del procedimento. Si discuterà dettagliatamente in diversi luoghi della requisitoria delle implicazioni di questa nuova prospettazione, giacché da essa prevalentemente discenderà la necessità per il Collegio SANTINI di riesaminare dalle fondamenta il meccanismo di funzionamento dei radar civili, sia negli aspetti meccanici che in quelli di sistema.

L'8 ottobre 1980, infatti, la SELENIA aveva consegnato una relazione molto articolata, che descriveva le modalità di funzionamento dei due radar.

Per gli aspetti che qui interessano, indicava che "il dato di posizione estratto dal segnale proveniente dal radar primario e' affetto da errori di misura la cui origine e' individuabile in diversi fattori, quali: - variabilità del livello del segnale ricevuto; - propagazione elettromagnetica disuniforme; - sistemi di trasmissione, ricezione ed estrazione non ideali".

Determinava, quindi, le precisioni di misura del radar (e cioè l'ambito dei possibili errori sopra menzionati) "alla luce di un'analisi teorica *e di rilievi sperimentali precedenti l'indagine*" (c.vo nostro):

	radar primario		radar secondario	
	Selenia	Marconi	Selenia	Marconi
Distanza:				
valor medio	0	0	0	0
valor efficace	0,1 Mn	0,1 Mn	0,075 Mn	0,05 Mn
Azimut:				
Valor medio	0	0	0	0
Valor efficace	0,13 gradi	0,22 gradi	0,26 gradi	0,24 gradi
gradi				

"Poiché con buona approssimazione le statistiche di variazione dell'errore sono gaussiane, [si ritiene] che la posizione vera del bersaglio radar sia compresa entro +/- 2 (sigma) rispetto alla misura radar con una probabilità di circa il 95%".

La relazione affrontava quindi la questione dei falsi plots, indicandone numero per giro d'antenna, uniformità nello spazio e nel tempo, possibili cause e differenze tra i due radar.

La relazione forniva quindi gli elementi di fatto su cui avrebbero lavorato non solo i periti del Collegio BLASI, ma anche tutti coloro che dovettero esaminare i dati radaristici (ad esempio, Commissione ministeriale d'inchiesta LUZZATI, NTSB, FAA, Douglas).

Nel 1990 la SELENIA predispone una seconda relazione, redatta da GIACCARI, GALATI e PARDINI, nella quale si ricostruiscono le condizioni di funzionamento dei radar in maniera diversa e in punti non secondari, rispetto a quanto prospettato in precedenza. Si sottolinea che non si tratta di una differenza interpretativa, ma di una attestazione di fatti, che si indicano esser differenti rispetto a quanto affermato in passato.

Queste diverse modalità di funzionamento del radar sono alla base delle successive discussioni circa l'interpretazione non solo dei plots intorno al punto dell'incidente, ma anche di quelle anomalie lungo la rotta del DC9, interpretate da qualcuno come indicative delle interferenze causate da un aereo viaggiante parallelamente al DC9 e a distanza ravvicinata.

La relazione del 25 febbraio 1990 pone le basi di un'analisi approfondita dei dati radar di Ciampino - Fiumicino, introduce alcuni concetti basilari del funzionamento degli apparati, indica tarature degli strumenti diverse da quelle in precedenza ritenute; sulla base di queste acquisizioni si reinterpreta il dato sin qui noto, giacché vengono completamente modificate non solo le tolleranze di misura in distanza e in azimut del radar, ma anche le "leggi" regolanti i possibili fenomeni di interferenza tra oggetti vicini.

E' opportuno sintetizzare qui gli aspetti fondamentali della relazione, e in particolare di quelli che costituiscono oggetto di contrasto interpretativo, rinviando agli elaborati peritali per ciò che concerne la descrizione in generale del funzionamento dei radar per il controllo del traffico aereo.

Si premette che "teoricamente due oggetti appartenenti a celle di risoluzione distinte risultano 'isolati', cioè non interferenti". In realtà la durata dell'impulso in ricezione e l'estensione angolare possono essere superiori ai valori nominali di distanza e larghezza, andando così a interferire con le celle successive.

Inoltre il processo di estrazione[6] può comportare ulteriori modificazioni della larghezza angolare dell'eco e della sua estensione in distanza; la prima, inoltre, dipende anche dall'integratore[7] degli impulsi che può a sua volta provocare un sensibile incremento dell'estensione angolare dell'oggetto - bersaglio rispetto al valore nominale (secondo la relazione, anche oltre due volte). L'incremento è funzione della soglia del comparatore (che è regolabile) e dell'intensità dell'eco.

Va sottolineato che i radar MARCONI e SELENIA usavano integratori differenti ed estrattori[8] uguali, ma predisposti per logiche differenti. Indipendentemente, quindi,

---

[6] E cioè di trasformazione dell'insieme dei segnali video, costituenti le eco di ritorno appartenenti a uno stesso oggetto, in informazioni numeriche (digitali) rappresentate da:

- distanza dell'oggetto dal radar
- angolo che individua la direzione dell'oggetto rispetto a un riferimento (Nord)
- forza del segnale, parametro indicativo della intensità del segnale d'eco, detta anche qualità.

[7] I singoli impulsi vengono "integrati" da un apposito apparato e il risultato comparato in uscita dall'integratore con una "soglia di decisione", che è regolabile e dalla quale dipende il riconoscimento da parte del sistema dell'eco di ritorno. Entrambi gli apparati sono dotati di un integratore in azimut, la cui funzione è di Migliorare la capacità di rivelazione dei bersagli. Nel radar SELENIA questo dispositivo non introduce errori rilevanti, sui bersagli singoli; nel MARCONI, invece, "l'integratore produce un allungamento dell'estensione angolare nel senso delle rotazioni d'antenna e funzione della forza dell'eco radar ..... Questo comportamento si ripercuote sulla precisione in azimut dell'estrattore MARCONI che risulta quindi affetto da un errore aggiuntivo .."

[8] "La logica di rivelazione dell'estrattore EAF-7/C è basata sulla tecnica della 'finestra mobile', con lunghezza della finestra pari a 15 *sweep*. Si intende per *sweep*, o spazzata radar, l'intervallo di tempo tra un impulso e il successivo. La decisione di oggetto presente avviene quando si hanno

dalla diversa portata dei due apparati, ci si deve aspettare che essi interpretino differentemente il dato grezzo.

Per limitare la possibilità che, nel caso di impulsi più lunghi della dimensione della cella, si verifichi più di una detezione su celle adiacenti, cosicché un unico oggetto apparirebbe sdoppiato, l'estrattore è predisposto ad operare un mascheramento (*blanking*) di un certo numero di celle successive in distanza al verificarsi di un "1".

Questo mascheramento avviene prima che l'estrattore riconosca la detezione dell'oggetto. In altre parole, quando un ritorno radar è tale da esser considerato "1", un certo numero di celle successive viene automaticamente messo in ombra.

La lunghezza del *blanking*, e quindi il numero delle celle oscurate, viene stabilito nel momento in cui si assetta il radar per il suo funzionamento. Nel caso del MARCONI esso era, secondo la relazione SELENIA, di 7 celle in distanza corrispondenti a 2026 metri e quindi a 1,09 Miglia nautiche circa:

celle a distanza →

0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0
			////	////	////	////	////	////	////				////	////	////	////	////	////	////
0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0

1. Contenuto originario
2. finestra Blanking (7 celle)
3. Contenuto modificato

Blanking (mascheramento) in distanza

almeno 7 presenze su 15 *sweep* consecutivi. Per ogni impulso trasmesso dal radar l'estrattore costruisce ..... una sequenza, pari a 1024 celle, 1 o 0 in base al segnale ricevuto. ... Vengono così costituite sequenze in colonne (distanza) e in righe (angolo) che consentono all'estrattore di attribuire al bersaglio distanza e azimut. Quando il sistema conta 15 "1" successivi dichiara "inizio bersaglio" e "fine bersaglio" quando gli "1" scendono sotto il valore 2. "Viene inoltre memorizzato il massimo contenuto degli "1" durante il processo di rilevazione, compreso tra "inizio" e "fine" bersaglio. Tale contenuto, il cui massimo valore è 15 e il minimo è 7, costituisce la "forza" del bersaglio" (citato da Relazione Giaccari e altri). Tale concetto è di una certa importanza, ai fini dell'interpretazione dei plots -17 e - 12, come si vedrà appresso. La "forza" viene a volte definita anche "qualità", ma occorre fare attenzione a non confondere questo concetto con quello, ugualmente definito, che trova applicazione nei radar della Difesa Aerea e che risponde a una logica del tutto diversa.

Per recuperare in parte gli effetti di questo mascheramento, l'estrattore è dotato di una "logica detta *anti-jitter* in distanza". Nella relazione tale "logica" è ritenuta irrilevante ai fini dell'accertamento, ma si vedrà che gli ulteriori approfondimenti della Perizia SANTINI faranno ricorso anche a questo particolare meccanismo della logica del sistema.

Va osservato che per il radar SELENIA il *blanking* operava su una sola cella in distanza e quindi mascherava ritorni radar molo più vicini (290 metri / circa 0.156 Nm).

Secondo la relazione GIACCARI, "per il radar MARCONI, e non per il SELENIA, la dimensione radiale, cioè lungo la distanza dal radar, la 'zona di interferenza tra due oggetti si allunga al valore di circa 1,09 Nm, indipendentemente dalla durata dell'impulso[9]. Questo fenomeno deve essere attentamente considerato quando si hanno più detezioni "vicine" o comunque più oggetti vicini, anche quando non diano luogo a detezioni separate. Ciò sia ai fini della detezione stessa, sia ai fini della precisione di misura in distanza e, soprattutto, in angolo" (sottolineatura nostra).

In conclusione, larghezze effettive e larghezze nominali non sempre coincidono: più che alla cella di risoluzione nominale è dunque necessario fare riferimento al concetto di cella di interferenza; in condizioni di interferenza, la presenza di due o più oggetti può dare luogo a mascheramenti e a errori nelle misure delle coordinate, sia in distanza che in angolo; questi fenomeni possono anche presentarsi simultaneamente. Tali errori non sono riconducibili a quelli che si presentano in caso di oggetti isolati.

Nella relazione sono quindi accuratamente descritti gli effetti che si determinano per l'interferenza di più oggetti in una cella di risoluzione. Si tratta di effetti complessi e a volte, come affermano gli stessi estensori della relazione, "sorprendenti" per l'accumularsi di interazioni[10].

---

[9] Si vedrà che questa valutazione sarà corretta dalle indagini del Prof. PICARDI, che giungerà alla conclusione che il MARCONI pativa una zona di interferenza ancora maggiore.

[10] "La logica del mascheramento mediante il gioco delle ombre successive può produrre effetti "sorprendenti" e quasi imprevedibili quando si hanno contemporaneamente le due condizioni di più oggetti interferenti a ognuno che si estenda per più di una cella di distanza (cioè durata dell'impulso superiore alla cella)". Nella relazione sono illustrati esempi molto interessanti delle interferenze in caso di molti oggetti, ciascuno dei quali non determini un impulso sufficiente per la detezione. E' importante notare che Imbimbo, Lecce e MIGLIACCIO, nella loro relazione peritale, sottolineino che: "il fatto nuovo di questa indagine è il differente "mascheramento" in distanza fra il radar MARCONI e il SELENIA .... che non era mai risultato da alcuna delle precedenti indagini

L'esatta individuazione di questi effetti costituisce parte fondamentale della perizia SANTINI, giacché la ridefinizione di essi, rispetto ai parametri formulati da GIACCARI e altri nel 1980, è premessa per l'interpretabilità dei plots successivi a quello 0 come echi di relitti. Se ne discuterà dunque in quel paragrafo. Qui basti aver ricordato i termini essenziali delle questioni che si pongono a partire dal 1990 e a seguito dell'indicazione da parte dei tecnici della SELENIA di logiche operative dei radar del traffico aereo, fino a quel momento ignote.

Ciò porta la SELENIA a modificare l'interpretazione dei punti antecendenti al sinistro e di quelli successivi. Si tratta di un'analisi approfondita ma che non fornisce una dettagliata giustificazione di numerosi plots, la cui dislocazione spazio-temporale non è congruente con le ipotesi di ricostruzione delle interferenze tra oggetti che potrebbero aver causato gli echi, limitandosi a rilevare che si tratta di effetti delle interferenze imprevedibili, di cui s'è detto. Su questi aspetti si tornerà in seguito; il Collegio SANTINI, e in particolare il Prof. PICARDI, cercheranno infatti di formulare una spiegazione anche di questi effetti "sorprendenti", formulando un'ipotesi di ricostruzione delle effettive modalità di funzionamento del sistema e sottoponendola a verifica sperimentale.

Basti qui rilevare che la relazione GIACCARI conclude individuando negli echi successivi all'ultima risposta di secondario una traccia attribuibile al relitto principale del DC9 e una serie di echi attribuibili allo sciame di oggetti separatisi dal DC9 e portati dal vento verso Est; si escludeva dunque la presenza di un secondo aereo.

I due plots spuri, -17 e -12, a ovest del punto 0, vengono considerati frutto di interferenze elettromagnetiche della banda del radar MARCONI, causate "da ricezione su lobi laterali d'antenna"[11]

La relazione del 1980 della SELENIA era stata fortemente criticata dalla relazione della Commissione istituita dalla Presidenza del Consiglio, presentata il 10 maggio 1989 (detta Commissione PRATIS, dal nome del suo Presidente). Si osservava, tra l'altro, che il capitolo IV della relazione "si presta(va) a immediate

---

e non era stato evidenziato nemmeno dai gestori del sistema ATCAS .... Il fatto non era stato preso in considerazione nemmeno dalla ditta SELENIA, come risulta dalla relazione del 1980"

[11] E' questa la prima indicazione degli effetti dei lobi laterali, che costituirà invece uno dei punti di maggiore attrito nell'interpretazione delle serie di plots rilevate con andamento radiale intorno alla rotta del DC9; va però sottolineato che mai si è ricondotto a tale fenomeno la rivelazione dei due plots -17 e -12, per la evidente impossibilità di individuare oggetti, rivelati dal lobo principale, che potessero aver determinato detti effetti.

e sostanziali critiche, tanto da far ritenere che l'analisi sia stata condotta, quanto meno, in modo affrettato e incompleto oltre che con presupposti in parte errati".

Nell'appendice alla relazione conclusiva, la Commissione rilevava che:

" A Le precisioni di misura indicate e dichiarate cone 'dedotte da un'analisi teorica e da rilievi sperimentali non sono corrette;

B La copertura ottenibile con i radar Marconi e Selenia dell'ATCAS .. viene riportata in modo contraddittorio[12];

C Nell'individuare i fattori che influiscono sugli errori di misura dei dati registrati, la Selenia elenca

- i non ideali sistemi di trasmissione, ricezione ed estrazione dei dati
- la variabilità del segnale ricevuto
- la propagazione elettromagnetica disuniforme.

Purtroppo, malgrado queste proposizioni, le analisi condotte non sembra abbiano dato la dovuta importanza proprio ai tre fattori enunciati"

In particolare, rilevante è la "modifica sostanziale delle informazioni radar, contenute originariamente nel video grezzo raccolto a Fiumicino, prima di diventare, a Ciampino, plots da registrare su nastro magnetico.

E' evidente, dalla documentazione esaminata, che quest'aspetto è stato del tutto trascurato e, in particolare, è stato sottovalutato l'apporto degli estrattori che, almeno per quanto riguarda le precisioni di misura, si e' rivelato completamente negativo".

L'appendice alla relazione contiene una disamina molto approfondita del funzionamento dei due radar, verificato anche sperimentalmente attraverso la registrazione del volo di un DC9 e di un F104 in posizioni e con rotte analoghe a quelle ipotizzabili nella sera del 27 giugno. Tali aspetti saranno esaminati in prosieguo. Ora interessa rilevare che, sulla base dei nuovi parametri interpretativi, la Commissione propone una diversa localizzazione degli oggetti che avevano dato origine ai ritorni radar, una correlazione degli effetti che essi avevano generato, una possibile spiegazione dei doppi echi.

Di conseguenza, le difficoltà interpretative dei plots successivi al sinistro dovevano, secondo la relazione PRATIS, essere ricondotte a *echo splitting*

[12] Peraltro il Collegio SANTINI osserverà che il diagramma di copertura del radar Marconi è differente da quello indicato dal Collegio BLASI, giacché si è accertato che l'antenna de radar S-264 è del tipo *high looking*; cfr. All. Q e par. V pag. 4. Tale differenza non è comunque decisiva ai fini delle diversità di interpretazione dei dati.

(spezzamento del bersaglio) causato dallo sciame di oggetti espulsi dal DC9, determinanti complessi fenomeni di riflessione elettromagnetica. Si introduce così nelle indagini tecniche un aspetto che si rivelerà determinante nei successivi sviluppi[13].

E' difficile dar torto ai Periti IMBIMBO, LECCE e MIGLIACCIO che, nella seconda relazione peritale, osservavano a questo proposito:

"Per la prima volta a quasi nove anni dall'incidente si esprime una critica severa sulla relazione stilata a suo tempo dalla SELENIA, poiché i dati radar in assenza di *trasponders* fornirebbero indicazioni alquanto imprecise. Ma la relazione SELENIA non è stata redatta da esperti del settore? I suddetti esperti avevano a quel tempo certamente informazioni dettagliate sul funzionamento dei radar del sistema ATCAS e avrebbero potuto facilmente verificarle. Oggi è veramente difficile garantire quale fosse la taratura e il livello del funzionamento delle apparecchiature".

Queste ragioni di perplessità si sono presentate anche ai requirenti, tanto più in considerazione del fatto (ignoto al Collegio BLASI) che estensore della relazione del 1980 era stato lo stesso GIACCARI, componente del gruppo di tecnici incaricato della seconda relazione.

Non è inutile sottolineare che sin dal 25 settembre 1990 e cioè dalla prima riunione del Collegio peritale SANTINI questo Ufficio richiamava l'attenzione sulla centralità del problema del "mascheramento"[14].

Al fine di fornire al Collegio peritale SANTINI i più ampi strumenti di valutazione, si è condotta un'accurata indagine sia sulle ragioni che portarono gli stessi tecnici che avevano redatto la prima relazione a modificarne i presupposti, sia sulla rispondenza delle attestazioni alla situazione di fatto.

Tali accertamenti furono in primo luogo di natura tecnica e di essi si dà conto nella relazione peritale e qui se ne riprenderanno i principali aspetti, nei paragrafi dedicati all'interpretazione dei tracciati.

---

[13] Anche i Consulenti di parte imputata avevano rilevato, con memoria depositata il 22 dicembre 1989, che era necessaria una più rigorosa analisi del funzionamento dei due radar, giacché appariva che i plots doppi del MARCONI erano allocati nella stessa cella nominale di risoluzione e che quindi l'estrattore non avrebbe dovuto discriminarli, ma considerarli oggetti unici.

[14] Cfr. il verbale delle operazioni peritali in detta data.

Si provvide poi a sequestrare la documentazione relativa agli interventi effettuati sui radar presso la società costruttrice e presso i vari Enti che si occuparono della manutenzione; si esaminarono i testimoni.

Dal complesso di questa attività di indagine emergono certamente elementi di forte perplessità sia sulla situazione di fatto effettivamente esistente nel 1980, sia sull'attendibilità della modificazione nell'attestazione del funzionamento dei radar.

GIACCARI, come s'è detto estensore di entrambe le relazioni, fu esaminato il 21 settembre 1990. Egli affermò di aver predisposto la relazione insieme agli ingegneri BARALE e NUCCI. Disse di aver appreso delle modalità di funzionamento reali degli estrattori solo nel corso dei lavori della seconda relazione, nel 1989/90 e di avere appreso di una diversità nella predisposizione degli estrattori "dapprima attraverso la lettura dei manuali tecnici degli estrattori - dove abbiamo letto che esisteva una possibilità di mascherare una rivelazione radar quando preceduta da un'altra a distanza minore di un miglio nautico. Ho appreso questa circostanza solo nel 1989, leggendo appunto il manuale".

Si contestava al testimone l'implausibilità del fatto che circostanze così rilevanti non fossero note a tecnici qualificati, come gli estensori della nota, ma GIACCARI non modificava la sua posizione. Gli si contestavano quindi, espressamente, le espressioni a pagina 8 della sua relazione, nelle quali si faceva riferimento proprio ai "sistemi di estrazione non ideali" tra i fattori influenzanti la precisione in misura del radar e alle analisi teoriche e sperimentali che suffragavano queste conclusioni.

A questo punto GIACCARI precisava che effettivamente non gli era ignota l'esistenza del fenomeno del mascheramento, ma che esso aveva un'ampiezza maggiore del prevedibile. Gli si contestava che appariva inverosimile che non si fosse tenuto conto delle effettive modalità di funzionamento degli estrattori, nella prima relazione, visto che esse influivano direttamente sul quesito loro sottoposto e tanto più considerato che del gruppo di lavoro faceva parte proprio il *capo progetto del sistema ATCS*, ing. Giancarlo BARALE.

Questi aveva addirittura partecipato all'installazione e al collaudo degli estrattori e ciò nonostante non ne conosceva, a suo dire, le particolarità di funzionamento! Contestate anche a lui le affermazioni contenute nella relazione del 1980: "Effettivamente abbiamo fatto l'analisi per valutare se l'errore nella traiettoria prima dell'impatto rientrasse nei limiti previsti. Per tale operazione erano sufficienti le informazioni ricavate dal manuale dell'estrattore. Non ricordo se abbiamo consultato o meno detto manuale. I risultati li ha tratti GIACCARI. Egli è il radarista e per quanto ritengo egli ha consultato il manuale" (esame del 21 settembre 1990).

Della pretesa ignoranza di GIACCARI fa giustizia, se mai ce ne fosse stato bisogno, NUCCI: "Noi sapevamo sul piano teorico della possibilità del mascheramento di oggetti vicini per effetto della risoluzione radar e del processo d'estrazione. Sempre sul piano teorico sapevamo della possibilità di diverse regolazioni dell'estrattore e dell'influenza di queste regolazioni sul mascheramento". Afferma comunque anch'egli che di tali aspetti non si tenne conto "in quanto non fu fatta alcuna correlazione tra gli echi singoli individuati a destra e cioè a ovest rispetto alla rotta del DC9 e gli echi multipli individuati al termine della rotta del predetto A/M e attribuiti a rottami. Infatti si ritenne esigua la possibilità che i due echi predetti potessero essere attribuiti a un velivolo".

Si contestava al testimone che in realtà la probabilità bassa, secondo la relazione da lui stesso redatta, era quella che attribuiva i due echi a falsi plots. NUCCI insisteva però nell'affermare che "la presenza di tre falsi allarmi non fu ritenuta sufficiente ad affermare con certezza la presenza di altri aerei o altre tracce". A questo punto si dava lettura della relazione del 1980, redatta dal testimone, nella quale si scriveva esattamente il contrario e NUCCI: "questo tipo di correlazione in velocità, a dire il vero, non le ricordavo" (esame del 16 ottobre 1990).

Non è stato possibile ricostruire, con la documentazione reperita, quali fossero i rilievi sperimentali sulla base dei quali erano stata attestata in origine le modalità di funzionamento dei due radar.

Certo è che, anche per via delle davvero singolari deposizioni testimoniali di cui s'è dato conto, forte è il sospetto che in realtà si sia nel 1989/90 cercato di individuare quali modalità di funzionamento del radar potessero giustificare i tracciati esistenti, piuttosto che interpretare questi ultimi sulla base delle caratteristiche note e attestate nei manuali dei due apparati.

Questa, come si vedrà, appare essere una costante delle attività di indagine peritale sui radar a partire dalla relazione della Commissione PRATIS, sulla cui attendibilità si avrà modo di tornare tra breve.

I. 2. 1. L'INTERPRETAZIONE DEI DATI DEI RADAR SELENIA E MARCONI

Torniamo all'analisi dei dati radar. La definizione dei nuovi parametri di funzionamento del radar porta dunque la SELENIA (e quindi BLASI e CERRA) a prospettare una ricostruzione del tutto diversa dalla precedente: una traccia, ricavabile dalla successione dei plots intorno al punto dell'incidente, sarebbe attribuibile al relitto del DC9 mentre i restanti plots sarebbero generati dai frammenti conseguenti all'esplosione, portati dal vento.

Ad analoghe conclusioni era giunta la Commissione della Presidenza del Consiglio, istituita nel 1988.

Questa conclusione e' contestata dai periti IMBIMBO, LECCE e MIGLIACCIO. Essi osservano, in questo in accordo con la relazione della SELENIA, che l'ipotesi avanzata deve essere verificata attraverso una serie di punti di compatibilità (caratteristiche del relitto; dinamica dei gravi ecc.) che invece essi ritengono apparire immediatamente antitetici.

Notano innanzitutto che è improbabile che gravi di modeste dimensioni possano aver determinato immagini radar con qualità prevalente 15 (quali quelli registrati dai due radar); soprattutto, osservano che, dai calcoli effettuati ipotizzando gravi di diversa forma e peso, su cui agisca esclusivamente la forza della resistenza aerodinamica e un vento di 100 nodi, solo una parte limitatissima dei gravi ipotizzati avrebbe avuto una velocità di caduta compatibile con le traiettorie ipotizzate per lo sciame dei detriti[15].

L'attribuzione al relitto dei plots ricompresi nella traiettoria più a sud sarebbe anche in contrasto, secondo i periti, con una relazione predisposta su loro richiesta dalla società costruttrice del DC9, Douglas Aircraft Company.

Sul punto non vi è alcuna osservazione contraria da parte di BLASI e CERRA, i quali si limitano a osservare che le informazioni richieste alla DOUGLAS circa il comportamento aerodinamico del relitto non sono utilizzabili perché basate su presupposti di fatto indimostrabili, costituiti dalle ipotesi formulate nella sottoposizione dei quesiti da parte di IMBIMBO, LECCE e MIGLIACCIO; essi inoltre contestano la validità in genere di una convalida attraverso i punti di compatibilità sopra indicati, "in quanto la verifica aerodinamica può essere solo un'analisi di calcolo basata su prefissate ipotesi di lavoro che dovrebbero derivare da certezze che invece non si hanno" (pag. 196 s.). Notano, questa volta esaustivamente, che anche oggetti di modeste dimensioni hanno superfici radar equivalenti molto superiori a quelle di aerei, anche di notevoli dimensioni, e che un corpo umano ha superficie equivalente di $1m^2$ e quindi tale da poter esser rivelata dal radar; che, poi, più oggetti vicini possono venir rivelati come oggetto unico, con grande qualità.

IMBIMBO, LECCE e MIGLIACCIO affermano infine che, pur essendovi dubbi sulla attendibilità dei presupposti di fatto da cui muove la relazione SELENIA[16], è

[15] Relazione di supplemento di perizia, pag. 230 ss.

[16] Osservano ILM che la particolare taratura del MARCONI non sembra giustificata da nessun fatto oggettivo e che comunque non vi sono prove certe che tale fosse la predisposizione

comunque possibile individuare una seconda traiettoria ricollegabile ai punti -17 e -12 e per la quale non dovrebbero aver luogo i fenomeni di spiazzamento azimutale e in distanza di cui s'è detto oppure, ove si verificano, non mutano l'interpretabilità della traccia.

IMBIMBO, LECCE e MIGLIACCIO traggono dai nuovi elementi, dunque, motivo per confermare e meglio definire le rotte di due velivoli, uno dei quali appare - secondo questa ipotesi - in posizione ortogonale rispetto alla rotta del DC9, con velocità caratteristica di aereo militare e compie una manovra compatibile con l'ingaggio di un bersaglio e un successivo disimpegno.

Essi quindi ipotizzano una correlazione tra i punti -17, -12 e quelli 2b, (3), 4, 6, 8b, 9b, 12, 13b, 19, associabili a un aereo con velocità al suolo inizialmente molto alta e poi diminuente (si ipotizza per aumento o diminuzione di quota, in coerenza con la scomparsa dal cielo radar in corrispondenza al punto 19). Giustificano il fatto che l'aereo estraneo sia stato rivelato solo dal MARCONI e non anche dal SELENIA con la minore portata alla quota di volo del DC9 del secondo radar, osservando però che il plot 3 SELENIA è compatibile con il 3 MARCONI e che quindi in un caso il SELENIA potrebbe aver visto lo stesso bersaglio.

Fortemente critici sulle conclusioni di IMBIMBO, LECCE e MIGLIACCIO sono i consulenti di parte imputata. Questi sostengono che nell'individuazione dell'aereo "estraneo" i periti avevano commesso errori di calcolo o di lettura, che avevano portato a indicare valori di velocità macroscopicamente sbagliati; una volta corretti, i valori ottenuti apparivano incompatibili con l'attribuzione a un velivolo. Inoltre non sarebbero stati considerati, nel calcolo delle velocità, due plots (12 e 13b) che, se inseriti nella successione, avrebbero portato a determinare un moto impossibile (inversioni repentine di traiettoria).

La prima delle osservazioni non è certamente fondata, in quanto i Periti fornirono adeguate spiegazioni delle ragioni per le quali erano stati introdotti nei calcoli alcuni correttivi, motivati dagli spostamenti angolari dei plots. Per il secondo aspetto, IMBIMBO, LECCE e MIGLIACCIO fecero riferimento ancora una volta

dell'impianto al momento dell'incidente (p. 208). Per verificare se il 27 giugno 1980 gli estrattori fossero in una configurazione diversa da quella certificata, GIACCARI e gli altri esperti della SELENIA analizzarono diverse coppie di plots che si prestassero a una siffatta verifica, giungendo alla conclusione che il SELENIA non introduceva spiazzamenti angolari, mentre il MARCONI introduceva tali spiazzamenti e per differenze angolari molto forti (mai inferiori, nei casi sottoposti a verifica, a 1,58 gradi); la probabilità che il MARCONI non introducesse questi spiazzamenti è valutata in 1/50.000 (Relazione SELENIA del 2 febbraio 1990).

agli errori in azimut del MARCONI, tali da causare anche in casi non controversi l'inversione nella posizione di plots per il sommarsi di spostamenti angolari.

I. 2. 2 NUOVE E DIVERGENTI CONCLUSIONI DEL COLLEGIO BLASI

Fu essenzialmente la nuova valutazione dei dati radar a indurre i periti a rivedere le loro conclusioni. Le ulteriori osservazioni di BLASI e CERRA, infatti, concernono una diversa valutazione degli elementi già disponibili, pur non in diretto collegamento con i fatti oggetto del nuovo accertamento peritale.

In particolare, elemento nuovo non può essere considerato certamente l'esito delle indagini sul tipo e sulla testata del missile. Benché assai deficitaria, per l'opposizione non formale di segreto sul tipo di esplosivo e sulle caratteristiche e composizione dei missili, nonché per la modestia dell'elaborato, meno completo di quanto possa trovarsi su di una qualunque rivista a larga diffusione di cose militari, la relazione in verità conclude per la esistenza, nel giugno 1980, di missili e di testate di guerra compatibili con le modalità ortogonali d'attacco, con le tracce di esplosivo ritrovate, con le caratteristiche dei danni riportati (missile a guida radar semiattivo - oppure a guida infrarossi, ma di tipo avanzato - con testata bellica contenente una miscela di TNT e T4 nelle proporzioni rinvenute, di tipo definito "*continuous rod*").

Anche il metodo espositivo utilizzato da BLASI e CERRA appare segnato dalla volontà di sostanziare con altri elementi un dissenso che nasce in realtà dalla riconsiderazione degli elementi già valutati, resasi necessaria per le nuove conclusioni in tema radaristico.

Tra gli elementi che possono indicare sia l'esplosione interna che quella esterna vengono inseriti anche alcuni che nella precedente relazione erano stati, dagli stessi periti, considerati a favore della seconda ipotesi, giacchè non compatibili con la prima. (mancanza di ustioni sui cadaveri recuperati; mancanza di tracce di CO e HCN nei polmoni e nel sangue; presenza di cadaveri con poche lesioni esterne, giustificabile con l'effetto schermante del rivestimento esterno). La modificazione del giudizio non è argomentata.

Né può considerarsi elemento nuovo la comunicazione da parte del Ministero della difesa della cessione a privati dell'esplosivo recuperato dalle testate non più in uso. Alla conclusione, infatti, che esplosivo di tipo militare possa giungere nella disponibilità di altri si arrivava anche in via logica.

In secondo luogo, vengono considerate non più accettabili le "evidenze" indicate sub d) e m).

Per ciò che concerne d), si contesta la velocità di impatto stimata e si rileva l'assenza di residui sui margini del foro. I Consulenti tecnici di parte imputata aggiungono osservazioni pertinenti circa la compatibilità tra la dislocazione del bagagliaio sul DC 9, il punto di presumibile impatto del missile, la direzione conseguente dei frammenti e la traiettoria interna dello spezzone.

Il rumore registrato sul voice recorder di cabina (punto m) non sarebbe significativo perché le prove tecniche sarebbero state effettuate con modalità non corrispondenti alla situazione di fatto del momento del sinistro e i suoni rilevati non utili per comparazione.

Altre ragioni di perplessità sono costituite dai frammenti, la cui provenienza dall'esterno della fusoliera viene posta in dubbio (a proposito, ad esempio, di una scheggia con alterazioni morfologiche e che si riteneva provenire dal rivestimento esterno dell'aereo: "La composizione di tale lega a base di alluminio che certamente ha visto l'esplosione, all'analisi eseguita dal RARDE dimostra all'incirca una composizione analoga a quella del materiale costituente la carenatura esterna dell'aereo. Non si può escludere pero' che materiale con composizione analoga venga adoperato anche in parti interne dell'aereo").

Più in generale, sulla questione delle schegge e dei frammenti, il consulente tecnico ITAVIA (pur adesivo alla tesi IMBIMBO, LECCE e MIGLIACCIO), dimostra che i frammenti recuperati, ad eccezione di uno (estratto dallo schienale 27, che si asserisce esser dotato di notevole velocità di penetrazione e interessato "da fenomeni impulsivi iperveloci, tipici delle detonazioni"), non penetrarono ad alta velocità, così' riconducendoli a dinamiche da urto o da decompressione esplosiva.

In dubbio anche la riconducibilità a fenomeni esplosivi delle striature rilevate sulla parte esterna di frammenti della fusoliera, per la loro localizzazione anche all'interno e in posizioni apparentemente incompatibili con l'esposizione a un'esplosione quale quella ipotizzata (cfr. le osservazioni dei Consulenti tecnici di parte imputata, anche sulla necessità di determinare il carattere "amorfo" o meno del carbonio).

La presenza di particelle incombuste all'interno dell'aereo fu indicato come elemento in netto contrasto con l'ipotesi di un'esplosione esterna, non potendo esse penetrare autonomamente, come effetto dell'onda esplosiva e dubitandosi che

la spiegazione proposta da IMBIMBO, LECCE e MIGLIACCIO fosse appagante (trasporto delle particelle da frammenti esposti all'esplosione)

Il contrasto determinatosi nel Collegio peritale portò, prima della nomina di un diverso Collegio, alla formulazione di quesiti "a chiarimenti". Richiesti da questo Ufficio[17], i nuovi quesiti furono formulati il 19 settembre 1990 e le due

[17] Nelle richieste in data 18 settembre 1990 furono anche indicati i seguenti quesiti che, a parere dei requirenti, dovevano esser sottoposti al Collegio peritale:

"Si chiede che ai Periti del Collegio BLASI, nel corso dell'esame "a chiarimenti" già disposto, vengano sottoposti i quesiti sotto indicati. Si premette che, in considerazione della finalità dell'atto, sono state formulate esclusivamente richieste di chiarimenti sull'iter logico e sulle argomentazioni seguite ai periti, al fine di meglio comprenderne le conclusioni. Non si sono pertanto proposti quesiti che possano richiedere nuovi accertamenti. Inoltre, benché su alcuni punti essenziali dell'indagine i periti abbiano esposto conclusioni e argomentazioni difformi, i chiarimenti dovranno essere richiesti all'intero collegio.

1b) Quali ipotesi alternative possano essere prospettate circa i due fori con andamento esterno - interno, osservati sul portellone del bagagliaio anteriore, diverse dall'impatto con i frammenti della testata di un missile. In particolare, se sia stata esaminata l'ipotesi della provenienza dei frammenti dal corpo di un missile e non dalla testata (v. C.T. p.c. ITAVIA). Inoltre se l'ipotesi della provenienza dei frammenti dalla deformazione di parti del DC9 a seguito dell'impatto con l'acqua e conseguente frattura con proiezione di materiali sia stata verificata attraverso esame delle parti recuperate, anche sotto il profilo delle caratteristiche del materiale di fabbricazione, del posizionamento dei frammenti infissi nel portellone, della presumibile dinamica di impatto con l'acqua.
2b) Se la dislocazione del portellone, la posizione dei due fori sullo stesso e la traiettoria interna degli oggetti che li hanno provocati siano compatibili con il punto di presumibile impatto di un missile e con la direzione conseguente dei frammenti (v. C.T. di parte imputata).
3b) In base a quali parametri sia stata effettuata la cernita degli oggetti recuperati e per quali ragioni sia stata interrotta la ricerca delle parti mancanti (e in particolare della "scatola nera").
4b) Se le condizioni nelle quali è stata effettuata la prova di sparo comportino significative differenze nei risultati rispetto a quelle esistenti al momento del fatto e se ai fini dell'analisi sia stato considerato solo il parametro "tempo di decadimento" e non anche altri (intensità del segnale e spettro di frequenza); in tale caso, se tali parametri siano significativi ai fini dell'analisi (v. C.T. di parte imputata).
5b) Se siano stati effettuati accertamenti al fine di affermare o di escludere che le leghe a base di alluminio, individuate nella composizione di due frammenti, siano utilizzate anche in parti interne dell'aereo.
6b) Sulla base di quali elementi sia stato affermato il carattere "amorfo" del carbonio, rilevato su striature osservate sulla parte esterna della fusoliera (v. C.T. di parte imputata).
7b) Se la posizione delle striature sulle quali fu rilevato il Carbonio sia o meno compatibile con la presumibile direzione della esplosione esterna.
8b) Se e quali accertamenti siano stati compiuti al fine di accertare se i tappetini recuperati presentino tracce di esplosione o di combustione e quali possano essere le cause delle tracce di azioni meccaniche violente sugli stessi riscontrate; analoghe considerazioni a proposito dei materiali di coibetanzione (v. C.T. di parte imputata).

9b) Quale procedimento logico sia stato seguito per affermare che le particelle incombuste di esplosivo, riscontrate su parti interne dell'aereo, possano esservi state portate da frammenti direttamente esposti alle esplosioni (si vedano sul punto le osservazioni critiche dei consulenti di parte imputata).

11b) Quale sia la possibile posizione di un ordigno all'interno del velivolo, tenuto conto dello stato dei vani carrello, della posizione di quello anteriore rispetto alla cabina di pilotaggio, dello stato dei vani bagagli, quello anteriore desumibile dalle condizioni della parte di portello recuperata.

12b) Se siano stati valutati gli effetti sulla attendibilità dei dati di Marsala di una ridotta velocità di registrazione (1 ogni 30 secondi), quale risulterebbe dagli accertamenti compiuti dalla Comm.ne d'Inchiesta dell'A.M.; sulla base di quali elementi si fondi l'affermazione (f. 71 della relazione peritale) che non siano determinabili le reali condizioni di cadenza impostate dal sito al momento dell'incidente.

13b) Sulla base di quali elementi si sia affermato che la traccia del DC9 è stata cancellata dal TPO contemporaneamente alla traccia definita "di difficile interpretazione" e cioè con quota elevata e bassa velocità (v. C.T. di parte imputata - v. anche quesiti successivi).

14b) Come sia possibile che la traccia AJ450, alla quale è attribuita una velocità inferiore ai 50 Kts, non scada di qualità, pur senza che siano effettuate su di essa operazioni di aggiornamento manuale; se sia stata esaminata la possibilità di una manipolazione della traccia (v. C.T. p.c.)

15b) Come sia possibile che nelle registrazioni relative al cielo reale appaiano elementi simulati e in particolare che nel tabulato tratto dalle registrazioni delle attività di intercettamento compaia una traccia di intercettazione simulata alle ore 18:20:59; sulla base di quali elementi tale traccia sia stata ritenuta "inequivocabilmente simulata". Se sia possibile far apparire come simulate tracce reali e viceversa.

16b) Se, ad integrazione delle precisazioni indicate nelle pagg. 74 ss. della perizia, la traccia 16 sia da ritenersi simulata; se siano da ritenersi simulate le tracce 21, 22 e 23; sulla base di quali elementi le tracce 14 e 15 sono state definite simulate e se esse trovino corrispondenza nel nastro 99.

17b) Quali "programmi di riduzione dei dati" diversi da quelli forniti ai Periti potrebbero portare alla corrispondenza dei dati rilevati sul nastro 3 SYNADEX con quelli del nastro 2.

18b) Se, al fine di valutare se la SYNADEX abbia o meno avuto effettivamente luogo, sia stato o meno valutato il contenuto delle telefonate, in particolare circa il trasferimento ad altri siti di tracce in fonetico-manuale (v. C.T. p.c. MIGgiano).

19b) Per quale ragione l'analisi dei Tabulati tracce sia stata ristretta al periodo 18:18 / 20:15 Z.

20b) Se siano state sottoposte a valutazione le tracce LJ041, AM202, AM203, AM204, AM205, AM206 e quelle ad esse collegabili.

21b) Se risulti dal Tabulato tracce che alle ore 18:56 Z sia stato interrotto l'invio della traccia del DC9 a Poggio Ballone; in caso positivo, se sia stato accertato chi e per quale ragione abbia condotto tale operazione.

22b) Quali metodiche siano state utilizzate per determinare la velocità dell'oggetto percorrente la traiettoria 2, con particolare riferimento alle osservazioni dei C.T. di parte imputata (Appendice 3 al capitolo 5) e se i calcoli proposti nella perizia debbano ritenersi corretti.

23b) Se siano stati considerati, nella ricostruzione della traiettoria del velivolo estraneo (ipotesi ILM) i punti 12 e 13b (v. C.T. di parte imputata).

24b) Quali argomentazioni possono contrastare i rilievi in ordine alle probabilità, statisticamente calcolate, che - nelle condizioni date - due plots non corrispondenti a risposte reali vengano a trovarsi in posizioni significative rispetto alla traccia del DC9 (plots -17 e -12 del radar Marconi) - Si veda sul punto l'all. 14 alla relazione peritale.

25b) Tenuto conto della verosimile distribuzione in quota dei rottami, della verosimile stazionarietà del moto verticale dei medesimi e del meccanismo di rilevazione dei medesimi da

componenti in cui si era diviso il Collegio BLASI presentarono i loro elaborati il 29 ottobre dello stesso anno.

Le risposte non furono risolutive, permanendo tutti gli elementi di dubbio che si sono innanzi evidenziati. Esse però consentirono di delineare con chiarezza i punti oggetto della controversia tecnica. Come si vedrà, infatti, gli accertamenti successivi hanno comportato approfondimenti, in qualche caso risolutivi e sempre accuratissimi, di tutti i fatti delibati.

In conclusione la Perizia BLASI non avrebbe potuto costituire un valido fondamento dell'istruttoria. Essa fu basata su materiale insufficiente e molti dei fatti dati per certi e posti a base delle risposte ai quesiti non lo erano, o perché inadeguate erano state le indagini tecniche o perché insussistenti i presupposti di fatto da cui erano elaborati.

I dubbi che essa generò, all'interno stesso del Collegio peritale, non furono pretestuosi. Al contrario essi individuarono alcuni aspetti centrali dei successivi accertamenti tecnici.

I. 3. ALTRI CONTRIBUTI TECNICI

Si è già osservato che la modificazione dei presupposti interpretativi dei dati radar nasce dalle osservazioni critiche della Commissione PRATIS alla relazione del 1980 della Selenia.

In realtà, la Commissione istituita dalla Presidenza del Consiglio svolse, in un breve lasso di tempo, un complesso lavoro di individuazione di molti dei punti che resteranno, anche nei successivi sviluppi del procedimento, centrali per la determinazione delle cause del sinistro.

In tema di interpretazione dei dati radaristici, la Commissione osservò:

"Da quanto precede consegue :

---

parte del radar, come sia possibile ipotizzare che la traccia radar indicata come 1M possa essere attribuita a rottami (v. C.T. Ing. GIULI).
26b) Come sia compatibile l'attribuzione della traiettoria 1M ai rottami, in considerazione della sua elevata qualità e degli effetti indotti dal "mascheramento" sulla rilevazione dei rottami (v. C.T. Ing. GIULI)".

1. Nel passato é stato sopravvalutato il contributo che poteva essere tratto dalle registrazioni Radar dell'ATCAS di Ciampino;

2. Non ha consistenza l'esistenza di tracce, intese come oggetti che séguono percorsi secondo parametri derivati da possibili traiettorie costruite sui dati Radar registrati dall'ATCAS di Ciampino;

3. I plots ricavati dal Radar Marconi (1-3) e dal Radar Selenia (2-4) danno solo una sicura indicazione che i frammenti, unitamente alla restante parte del velivolo (come dimostrato sia dall'avvistamento fatto dal velivolo Atlantic alle ore 5.48 z del 28.6.1980 sia dai successivi recuperi in superficie che da quelli in fondo al mare) si sono presentati nel cielo, si sono disposti nel letto del vento (100 nodi da 260°, alla quota di 25.000 piedi) e si sono sparsi su di un vasto spazio;

4. I doppi plots rilevati dopo l'incidente, (quattro per l'estrattore 3 e due per l'Estrattore 1 del radar Marconi) furono presi a convalida dalla ipotesi di un altro oggetto in volo. Per contro, é plausibile ritenere che essi si siano formati con un processo di "echo splitting" nella stima del rilevamento, a seguito di un "pattern misjudgement", in dipendenza delle soglie della rivelazione statistica dell'Estrattore, tanto più che, nel cielo dell'incidente si era in presenza di uno sciame di corpi con complesse riflessioni delle onde E.M.;

5. I due plots "a" e "b", rilevati prima dell'incidente, non trovano un'accettabile correlazione con altri punti dello spazio intorno alla zona dell'incidente né prima né dopo il verificarsi dello stesso. Essi dovrebbero, pertanto, essere derivati da "falsi echi", che si sono verificati in modo del tutto casuale;

6. La sera del 27.6.1980 le condizioni dell'atmosfera erano tali da creare una propagazione superstandard (si deduce dalla stagione estiva, dall'ora del giorno e da altri rilievi radar dei tabulati del 27.6.1980) di entità conosciuta, ma con un sicuro incurvamento verso il basso dei lobi di antenna. Non conoscendo la variazione sui lobi d'antenna, non é possibile stabilire a quale quota i frammenti e la restante parte del velivolo non erano più in condizione di essere rilevati"[13].

Si osserva che la Commissione sottolinea che la profondità del suo lavoro d'indagine fu condizionata dalla possibilità di accesso ai materiali acquisiti in sede giudiziaria e tra questi indica espressamente le registrazioni radar.

[13] Relazione Commissione Pratis. pag. 34 s.

In realtà questa limitazione deriva non dalla effettiva indisponibilità dei nastri, ma dalle informazioni che dallo Stato Maggiore dell'Aeronautica furono date alla Commissione, giacche risulta che non solo furono nell'immediatezza effettuate riduzioni dei dati registrati da tutti i Siti, "civili" e militari, e che solo una parte di questi tabulati fu effettivamente consegnato all'Autorità Giudiziaria. Risulta anche che furono - subito o nei mesi successivi - estratte copie dei nastri delle registrazioni.

Discorso molto diverso deve essere fatto per ciò che concerne la simulazione di un'intercettazione di un DC9 da parte di un aereo da caccia (F104), nell'aprile del 1989.

Si tratterà in altra parte della requisitoria delle conclusioni cui giunge la Commissione PRATIS e della difforme interpretazione che questo Ufficio dà di quell'esperimento.

Qui basti rilevare che né alla Commissione Parlamentare d'inchiesta sulle stragi, né all'Autorità Giudiziaria era stato mandato l'intero materiale documentale, allegato alla relazione.

A proposito dell'esperimento, infatti, si erano allegate esclusivamente alcune fotografie degli schermi PPI di Licola, Marsala e Ciampino. Non si erano invece inviati i tabulati estratti dai nastri registrati e neppure si era dato conto dell'esame di detto materiale, giacché - si scriveva - il poco tempo a disposizione era ostativo a un lavoro più accurato.

Poiché appariva singolare che la lettura di un tabulato comportasse un particolare impegno (l'esperienza ormai accumulata consente di affermare, senza tema di essere smentiti, che un buon esperto è in grado di effettuare un lavoro, quale quello richiesto per l'interpretazione di due tracce in un tempo definito, in poche ore e in maniera molto accurata, mentre certamente assai più lungo e complesso è il lavoro di interpretazione degli effetti anomali che possono riscontrarsi sui tracciati) e poiché l'esame delle sole fotografie del PPI poteva essere fuorviante (ad esempio per individuare il momento e la localizzazione spaziale del punto in cui il DC9 cominciava a essere visibile per il radar di Marsala o non più visibile per il Marconi, così deducendosene le effettive condizioni di portata nel momento dell'esperimento e comparativamente con quelle esistenti la sera del 27 giugno 1980) si sollecitava la trasmissione della documentazione mai inviata.

I documenti pervenivano all'Ufficio il 3 luglio 1998 e quindi se ne poteva effettuare solo una sommaria lettura, senza l'ausilio del Collegio peritale.

Da tale lettura emergevano non più mere divergenze interpretative sui risultati dell'esperimento, cui già questo Ufficio era giunto sulla base dell'elaborato conclusivo, ma che l'esperimento si era svolto con modalità e con risultati diversi da quelli riferiti nella relazione e tali da inficiarne le conclusioni. Su questi aspetti si dirà in seguito.

I. 4. RECUPERO E RICOSTRUZIONE DEL RELITTO

L'Ufficio si è impegnato con grande determinazione per il recupero e la ricostruzione del relitto. Si era infatti convinti che in un caso di enorme difficoltà, quale quello oggetto delle investigazioni, nulla dovesse restare intentato per accertare le cause del disastro e che il punto di partenza non potesse che essere il relitto.

Già nella campagna del 1987/88 erano state recuperate parti che, in quella prima fase, apparivano le più significative. Operare a 3.600 metri di profondità comporta costi finanziari e umani notevolissimi, non ultimi (per i sistemi presidiati, utilizzati dall'Ifremer) i rischi per l'incolumità fisica del personale addetto ai sommergibili; l'aumento della profondità incrementa in proporzione che si potrebbe definire geometrica le difficoltà e quindi i costi: la pressione dell'acqua è enorme e lunghissimi i tempi di discesa e risalita. Le valutazioni delle condizioni meteorologiche devono essere tali da consentire larghi margini di autonomia nel recupero dei mezzi, tanto più se essi sono presidiati da esseri umani.

Nella decisione di svolgere o proseguire tale genere di operazioni devono quindi esser compiute con particolare attenzione valutazioni di bilanciamento di interessi diversi, non meno pregnanti perché formulate dal Giudice e quindi sottratte agli ordinari strumenti di controllo amministrativo/contabile.

Non è quindi valutabile negativamente la decisione assunta dal Giudice, su indicazione del Collegio peritale, di non proseguire le ricerche di altre parti del relitto. Si poteva ragionevolmente ritenere che il materiale recuperato fosse sufficiente a formulare valutazioni certe sulle cause del sinistro.

Purtroppo, nonostante il gran numero di informazioni che è possibile trarre da quei reperti, nessuno di essi conteneva elementi risolutivi, quali quelli che si sono innanzi citati e che fu possibile individuare tra i frammenti di aerei caduti sulla terraferma.

Al contrario, permanevano elementi contrastanti tra loro e con altri, esterni ma non meno rilevanti (come i dati radar).

Si decise quindi una nuova campagna di recupero, con modalità che furono accuratamente studiate dal Collegio peritale, in parte diverse da quelle scelte in passato. In questa opzione sono entrate motivazioni di carattere tecnico, economico, di sicurezza per l'incolumità del personale e - non ultime - di garanzia di totale controllo da parte dell'Ufficio, per la possibilità di registrare ogni più minuta attività e per la possibilità per gli ausiliari del Collegio di partecipare alle operazioni con il medesimo spazio del personale dell'impresa di recupero.

Nel parere del 21 gennaio 1991, questo Ufficio osservava infatti: "Nella scelta [dei sistemi operativi e dell'impresa cui affidare il recupero] dovranno infine considerarsi le possibilità offerte dai diversi sistemi di localizzazione e recupero di controllare costantemente le operazioni da parte dei componenti del Collegio peritale (e loro delegati) e da parte dell'Ufficio; tutte queste attività, inoltre, dovranno essere documentate con modalità tali da non consentire dubbi circa la correttezza delle operazioni".

In questa seconda fase, inoltre, appariva necessario puntare al recupero non tanto dei pezzi maggiori, ragionevolmente più facili da individuare e che in parte consistente erano stati già presi nella precedente campagna, quanto dei frammenti anche minuti, la cui localizzazione poteva essere necessaria per ricostruire le modalità di collasso del velivolo (si veda oltre) e per ricercarvi tracce dirette dell'evento[19].

Una particolare cura fu posta nella ricerca del Flight Data Recorder (FDR), non trovato nella campagna precedente e cui si attribuiva grande rilievo. Il FDR, infatti, contiene le informazioni principali sul volo. Esso è costituito da una scatola di piccole dimensioni, di colore vivo, per poter esser individuata con facilità, ma assai pesante, cosicché era presumibile che si fosse almeno in parte insabbiata nel fondo marino. Nonostante le difficoltà, il FDR fu recuperato il 18 luglio 1991. Esso, come si sperava, conteneva informazioni preziose (e cioè la regolarità del volo, da cui si deduce anche la repentinità del collasso) ma purtroppo non quella decisiva.

Di grandissimo rilievo fu il recupero di componenti della zona posteriore dell'aereo. A parere di questo Ufficio è poi di grandissimo rilievo anche il fatto che *non* sia stato possibile recuperare alcune parti (come quella superiore della

[19] Ci si riporta a quanto osservato nel parere appena citato.

zona posteriore della fusoliera), giacche anche da tale elemento è possibile ricavare informazioni utili[20].

Non è dunque che il relitto "non parli", come qualche volta s'è detto. Al contrario, esso fornisce una mole enorme di informazioni, come appresso si vedrà. Non è stato possibile però recuperare oggetti che recassero un segno inequivocabile di una causa definita (ad esempio, la rottura per fatica del metallo; l'impronta della catena di schegge di una testata missilistica; la segnatura di un'esplosione interna).

Operando quel bilanciamento di interessi di cui s'è detto innanzi, il Giudice Istruttore non ha ritenuto di proseguire nella campagna di recupero, nonostante ve ne fosse richiesta del Collegio peritale. Quella decisione fu assunta su parere conforme di questo Ufficio e ancora si ritiene che sia stata giusta. Ciò, non solo perché i tempi apparivano incompatibili con quelli allora fissati per la conclusione definitiva dell'istruttoria (poi prorogati); ma soprattutto perché da nessun elemento fornito dal Collegio peritale poteva dedursi la possibilità che un così rilevante impegno potesse portare a raccogliere informazioni ulteriori.

Nella campagne condotte nei diversi anni è stato recuperato complessivamente l'85% della superficie bagnata (cioè della superficie esterna). In questa percentuale sono ricomprese le parti più significative dell'aereo: il CVR, il FDR, i motori, gran parte della strumentazione, le interesse semiali, buona parte degli impennaggi di coda, ecc.

Va' dato atto al Collegio peritale di avere svolto uno straordinario lavoro, unico nel mondo e di esempio per le indagini su disastri aerei, nella ricostruzione del relitto e nella prospettazione di un modello di rappresentazione del collasso. Per tale lavoro sono state utilizzate le esperienze precedenti e in particolare quella dell'investigazione sulla perdita del Boeing 747 del Pan Am, abbattuto da una bomba posta in un bagagliaio anteriore. Queste esperienze, tuttavia, furono necessariamente di minore estensione e difficoltà, sia perché fu possibile individuare rapidamente un frammento con traccia inequivoca di esplosione la cui localizzazione era agevole, sia perché il disastro era avvenuto al di sopra della terraferma. Anche la copertura radar non presentava quegli aspetti problematici,

[20] Occorre però tener conto anche del fatto che alcuni settori sono necessariamente stati esplorati a campione, nel senso che il ROV ha operato seguendo una rotta a zig - zag e quindi non recuperando tutte quelle parti del relitto che necessariamente si trovavano nelle parti non esplorate delle zone ove sono stati recuperati altri relitti. Proprio queste modalità tuttavia, rendono ragionevolmente probabile che le caratteristiche dei reperti non recuperati non siano dissimili dagli altri, per provenienza e tipologia.

connessi nel nostro caso con il punto del disastro, ai limiti della copertura dei diversi radar civili e militari.

E' stata, dunque, operata una ricostruzione del relitto su di uno scheletro di rete metallica, che ha comportato l'identificazione di centinaia di piccoli frammenti. Questo lavoro ha consentito di giungere, con approssimazioni successiva che sono indicative della difficoltà e della serietà del lavoro svolto, a una convincente spiegazione dei danni patiti dall'aereo.

Si sono infatti osservate le particolarità nelle deformazioni subite dai diversi pezzi, accertandone gli effetti reciproci, in considerazione della loro posizione. Si è potuto in questa maniera formulare un'ipotesi sulle forze che hanno agito sulle diverse parti dell'aereo e in tale maniera si è potuto ipotizzare quali parti si siano separate in volo (e in quale momento) e quali invece siano rimaste aggregate al corpo principale del velivolo fino al suo impatto con il mare; si è offerta una spiegazione del fatto che alcune parti non siano state recuperate. Si è infine potuto ipotizzare in quale progressione le diverse componenti abbiano urtato la superficie del mare.

Questa spiegazione si è integrata con gli elementi provenienti dall'analisi dei dati radaristici; anzi, i due aspetti hanno marciato di pari passo e spesso dall'esame del relitto sono venuti suggerimenti per diverse interpretazioni delle modalità di funzionamento dei radar.

Il Collegio peritale ha infatti comparato i punti di recupero dei diversi oggetti con le tracce ricostruibili dai dati radaristici. Utilizzando un programma di simulazione che valutava tali aspetti, ponendoli in relazione con i coefficenti stimati di caduta libera dei diversi pezzi, si è potuto:

1. Formulare ipotesi di proiezione delle tracce, verificandole (o falsificandole) attraverso il recupero (o la non individuazione) degli oggetti nel punto stimato di caduta.
2. Formulare ipotesi di collasso della struttura e di separazione dei diversi elementi che la compongono
3. Ricavare di conseguenza informazioni sulle cause del disastro.
4. Formulare ipotesi di funzionamento dei radar, verificate (o meno) attraverso la comparazione dei dati di cui ai punti 1. e 2..

Di tale parte del lavoro si darà conto, nei limiti di interesse, nella parte concernente l'interpretazione dei dati radar. Qui si deve solo osservare che anche questa parte della ricostruzione delle modalità di collasso è convincente, cosicché

di essa deve tenersi conto per la valutazione delle effettive condizioni di funzionamento dei radar Marconi e Selenia.

Va però osservato anche che nessuna spiegazione è possibile individuare del fatto che alcune parti del DC9 siano state trovate in luoghi differenti da quelli che ci si sarebbe aspettato, sulla base delle ipotesi di collasso della struttura formulate utilizzando gli strumenti suddetti. In particolare, il frammento AZ 32 (frammento di oblò) e AZ 204 (pezzo di lamiera con struttura) furono recuperati nella stessa zona ove si trovavano il cono di coda e altri elementi distaccatisi al momento del primo evento. Essi, invece, avrebbero dovuto ragionevolmente trovarsi insieme agli altri frammenti, staccatisi dal corpo della fusoliera al momento dell'impatto con il mare.

D'altra parte, l'esame dei due pezzi fa escludere che essi possano essersi separati dalla fusoliera in una fase antecedente all'impatto del relitto con il mare. Il frammento AZ32 infatti non solo fa parte di un insieme recuperato in zona C, ma reca anche le medesime, caratteristiche deformazioni "a fisarmonica", indicative dell'effetto di compressione derivante dall'impatto del muso del velivolo contro la superficie del mare. Il pezzo AZ204 è coeso all'attacco dell'ala destra alla fusoliera e non può essersi separato dagli elementi vicini prima del distacco dell'ala.

I due frammenti sono, nell'aereo integro, in posizioni reciproche tali da escludersi che un unico evento esterno possa averne causato il contestuale distacco, prima dell'impatto con il mare.

Infine, qualora effettivamente i due frammenti si fossero separati nelle primissime fasi del collasso della struttura, sarebbe stato ragionevole recuperarli nelle zone E o F.

Di altri frammenti è invece stato possibile individuare spiegazioni convincenti (ad esempio, per l'apice della semiala di sinistra; v. oltre).

Nel corso del lavoro del Collegio peritale sono state fatte molte osservazioni critiche da parte dei Consulenti di parte privata. Infatti tutte le operazioni si sono svolte nel pieno contraddittorio (anche oltre quanto sarebbe stato necessario ai fini del rispetto delle norme processuali, fino a consegnare alle parti private copia di materiale di lavoro in progresso, circostanza utilizzata indebitamente da un Consulente di parte per indurre in un perito straniero il dubbio che l'Ufficio avesse "purgato" atti peritali, prima di consegnarli ai Consulenti). Queste osservazioni sono state tenute in debito conto e hanno portato anche a modifiche nella collocazione di pezzi sul simulacro dell'aereo. Anche queste modalità di controllo

dell'attività del Collegio peritale sono garanzia della correttezza e dell'attendibilità del risultato.

Già si è osservato, nelle richieste del 28 settembre 1994:

"Occorre dare atto al Collegio di avere svolto un lavoro eccezionale e di averlo illustrato con grande efficacia nella relazione conclusiva.

Il recupero, la ricostruzione e soprattutto l'interpretazione del relitto hanno fornito elementi di giudizio di notevolissima importanza; convincente, in particolare, la descrizione delle modalità e dei tempi di separazione delle varie parti dell'aereo, che consente una interpretazione coordinata delle analisi radar, del registratore delle voci di cabina, delle analisi strutturali e dei reperti.

Anche le complesse indagini sui dati radar, fino alla individuazione degli effettivi parametri di funzionamento dei diversi apparati nelle loro condizioni nel 1980, costituiscono un punto fermo, a partire dal quale è necessario poi verificare le diverse ipotesi prospettate.

Le perizie collegate hanno, infine, fornito un'imponente mole di dati e di materiali.

Si ha piena consapevolezza delle particolari difficoltà delle indagini peritali, anche per via del materiale probatorio accumulatosi nel tempo e della grande distanza temporale dai fatti, a cui si aggiungono i danni causati dagli occultamenti e sviamenti di elementi di valutazione, avvenuti nelle prime fasi della raccolta del materiale documentale (formanti oggetto di contestazioni nel presente procedimento)."

Ciò nonostante, proprio in quelle richieste, si formularono osservazioni critiche e si richiesero chiarimenti di natura tecnica che sono rimasti le une e gli altri in buona parte senza risposta. A ciò si aggiunga che il riesame del materiale e le osservazioni dei Consulenti di parte hanno portato a riconsiderare anche la questione dei parametri di funzionamento degli apparati radar.

Del complesso di queste valutazioni si darà ora conto.

I. 5. LE PRIME ANALISI DEL RELITTO E IL CONTRIBUTO DI PROTHEROE

Un contributo fondamentale all'analisi del relitto è venuta da Chris PROTHEROE, *Senior Inspector* della *Air Accidents Investigation Branch* (AAIB) del Regno Unito. Il Sig. PROTHEROE ha una lunga esperienza in materia di incidenti aerei e si occupò anche delle indagini tecniche sulla perdita del velivolo

della PAN AM a Lockerbie, incidente spesso - a volte anche a sproposito - preso a riferimento nel nostro caso.

Dopo aver esaminato i reperti e discusso con il Collegio SANTINI nel corso di riunioni peritali, PROTHEROE inviò un primo rapporto il 13 gennaio 1992 e un secondo il 15 aprile dello stesso anno. Si trattava di elaborati preliminari, le cui conclusioni dovevano essere riviste in seguito, anche per il recupero di ulteriori frammenti e per la loro diversa ricostruzione. E' tuttavia molto importante seguire il percorso logico del tecnico inglese, perché anche l'individuazione dei punti di incertezza e delle modifiche nelle valutazione può essere di notevole utilità per attribuire ai diversi aspetti della ricostruzione il giusto valore ai fini della decisione finale. Non tutte le asserzioni di PROTHEROE e - conseguentemente - della perizia, che ad esse si rifà, hanno infatti lo stesso grado di certezza e di incontestabilità.

Di alcuni di questi aspetti si parlerà in seguito, quando si tratterà specificamente delle diverse ipotesi di causa della perdita dell'aereo. Qui si affronterà essenzialmente il tema della individuazione dei danni patiti dall'aereo e delle prime conseguenze che fu possibile trarne, sia circa le modalità di collasso della struttura e di caduta in mare delle sue diverse componenti, sia circa la localizzazione delle fasi iniziali del collasso. Naturalmente ciò porterà anche ad anticipare una parte della discussione circa le cause del disastro, ma si sottolinea che tale aspetto sarà più approfonditamente trattato in seguito.

Si evidenziano qui alcuni aspetti della ricognizione dei danni, giacché essi saranno di rilievo nel ricostruire il percorso logico attraverso il quale il Collegio SANTINI giunge a conclusioni difformi da quelle della Perizia BLASI e anche a modificare nel tempo la collocazione dell'ordigno, dalla zona centrale della fusoliera fino alla toilette posteriore.

Partendo dalla situazione esistente alla fine di novembre del 1991 (epoca alla quale risalgono le osservazioni dirette sui reperti), PROTHEROE suddivide innanzitutto l'aereo in diverse zone, corrispondenti a tipologie di danni omogenee[21].

La zona 1 corrisponde alla sezione principale della fusoliera, dal muso fino al cerchio corrispondente al bordo terminale di attacco delle ali. PROTHEROE nota innanzitutto un serio schiacciamento longitudinale, in direzione della poppa, su tutti i frammenti dei rivestimenti del posto di pilotaggio e della parte anteriore della fusoliera, specialmente nella parte destra; lo schiacciamento diviene meno

[21] Si veda la figura 1 allegata al rapporto PROTHEROE del 12 gennaio 1992

grave nella parte posteriore della zona 1 e i frammenti, corrispondentemente, più grandi. Lo schiacciamento è più accentuato sul lato destro, rispetto al sinistro[22].

Non vi era alcuna prova di deformazioni o di distorsioni trasversali. Si noti che PROTHEROE segnalava già che, pur mancando una quantità rilevante di materiale per completare la ricostruzione di tale zona, il rinvenimento e l'esame delle deformazioni di parti intermedie consentiva già di affermare che anche i pezzi mancanti erano ancora solidali al resto della struttura al momento del suo impatto con il mare.

In conclusione, tutti i danni sopra descritti derivavano, secondo PROTHEROE, dall'impatto con il mare.

Un esame più approfondito, di cui si dava conto in una seconda relazione[23], consentiva però di individuare una serie di deformazioni di particolare interesse, sulle quali torneremo a lungo.

All'estremità posteriore della zona 1, lungo l'anello del rivestimento della fusoliera, si notava una doppia curvatura localizzata dei pannelli, tra le ordinate e i correntini, definita come *quilting*.

Sempre nella stessa parte della zona 1, inoltre, si osservava che una parte del rivestimento della fusoliera si era separato con un effetto di "spellamento" rapido verso l'esterno e verso l'alto, troncando di netto le teste dei rivetti.

L'esame del bagagliaio anteriore escludeva poi che vi fossero segni di esplosione interna o degli effetti di una testata missilistica.

La zona 2 è costituita dalla parte inferiore della fusoliera e dall'area cargo posteriori. Sostanzialmente integra, presentava tracce di deformazione da caricamento verticale, per l'impatto con l'acqua.

Neppure sul bagagliaio posteriore era possibile rilevare alcuna traccia di esplosione, interna o esterna; si poteva però osservare che il rivestimento esterno

[22] Ad eccezione della zona di pesante schiacciamento, intorno alla porta anteriore sinistra, da attribuirsi però all'effetto di irrigidimento locale dovuto alla porta e al rinforzo del telaio della porta. Il punto è di un certo interesse a proposito delle osservazioni della parte civile ITAVIA circa la possibilità che le deformazioni patite dalle strutture della porta potessero essere attribuite all'attraversamento della zone circostante da parte del corpo di uno dei due missili, ipotizzati nella ricostruzione dell'evento proposta da detti Consulenti. Come si vede, le particolari deformazioni della zona erano state esaminate ed attribuite ad effetti dinamici dell'impatto contro l'acqua.

[23] Relazione del 15 aprile 1992.

del portellone era estroflesso, sena che potesse individuarsi una causa precisa di tal genere di deformazione. L'assenza di qualunque segno di sovrappressione portava a ritenere trattarsi di conseguenze dell'impatto con il mare o delle operazioni di recupero. Il punto sarà ritenuto forte indizio di esplosione all'interno del vano bagaglio dai Consulenti di parte imputata, come meglio si vedrà appresso.

PROTHEROE osservava poi la completa assenza di reperti della zona 3 e cioè della parte della cabina sovrastante il vano di carico posteriore, che quindi appariva essersi separata nelle prime fasi del collasso del velivolo.

A proposito della zona 4, costituita dalla sezione di coda, osservava innanzitutto fratture e deformazioni nelle strutture di attacco della deriva, che con ogni probabilità erano state causate dall'impatto con il mare, e ammaccamenti e schiacciamenti sul bordo di attacco, con macchie di vernice rossa.

Anche sul piano orizzontale di sinistra dell'impennaggio di coda si potevano rilevare segni di impatto e tracce di vernice rossa. Il piano di destra era invece sostanzialmente integro.

Si poteva quindi ipotizzare che la deriva (e in particolare il piano orizzontale sinistro) fosse stata colpita da frammenti distaccatisi dall'aereo durante il volo.

"Sembrerebbe che questi danni al bordo d'attacco abbiano indebolito la struttura portandola alla sua disintegrazione ad una fase successiva, probabilmente durante l'impatto con il mare".

"Soltanto una sezione molto piccola della struttura della fusoliera era presente, attaccata alla base della deriva di coda. I rivestimenti sul lato destro erano intatti e senza danni sostanziali. I rivestimenti sul lato sinistro erano stati strappati via, apparentemente in direzione della poppa, lasciando una sottile striscia di rivestimento lungo il lato della base della deriva. *Il bordo libero di questa striscia di rivestimento aveva la forma di un'onda leggermente mossa*, la cui forma più marcata è stata vista in precedenza sui bordi liberi di lastre metalliche coinvolte in una *frattura rapida dovuta a sovrappressione.*

I danni al telaio della fusoliera sul lato sinistro mostrano una distorsione in direzione della poppa; *questo tipo di danno non era completamente coerente con i danni sul resto della Zona 4.*" (c.vo nostro).

Molto importante è la descrizione dei danni riportati dai motori e in particolare del loro carattere speculare (Zona 5).

"Le cappottature di aspirazione e le sezioni di inversione di spinta di ogni motore mostrano configurazioni di danno sostanzialmente identiche, ma ad immagine speculare. Tutti e due i blocchi degli invertitori di spinta erano stati appiattiti in direzione parzialmente laterale ed anche le cappottature di aspirazione erano state praticamente appiattite, anch'esse di lato.

Lo schiacciamento era pienamente coerente, per ogni unità motore (distaccato) compreso il motore, le sue cappottature, le carenature del blocco pilone, con l'ipotesi di un impatto con il mare in assetto approssimativamente livellato, con la parte anteriore leggermente in alto e con la carenatura del pilone più in alto.

Queste condizioni di impatto erano coerenti con l'ipotesi di un distacco di ogni unità motore ad un'altitudine significativa, con ogni unità che in seguito raggiunge un assetto aerodinamicamente stabile e similare prima dell'impatto con il mare".

Come si vede, la descrizione di danni speculari consente la formulazione - innovativa rispetto alla conclusione della BLASI - del distacco dei motori prima dell'impatto con il mare.

Di rilievo, anche se già osservate, anche le tracce di impatto con oggetti che avevano depositato vernice rossa sull'orlo del doto di aspirazione del motore sinistro. Il RARDE aveva analizzato queste tracce e concluso che la composizione chimica della vernice corrispondesse a quella utilizzata per la striscia rossa sui lati dell'aereo (lungo la linea dei finestrini).

Dunque, "le macchie rosse ed i danni all'orlo di aspirazione erano quasi certamente causate da pezzi che si erano distaccati dalla struttura della fusoliera del DC9 i quali colpirono la presa d'aria".

Questa considerazione porterà a ritenere che i frammenti con vernice rossa si dovettero separare dalla fusoliera prima del distacco del motore sinistro.

Nessun danno da impatto di schegge veniva invece rilevato sui due motori.

Nella successiva relazione si esaminavano i danni riportati dalle strutture di vincolo dei due motori al corpo dell'aereo, senza che fossero rilevate significative differenze (esse sono comunque accuratamente descritte) tra le deformazioni patite dai supporti di destra rispetto a quelli di sinistra. Tali deformazioni

suggeriscono che sui supporti agirono elevate forze laterali (supporti anteriori) e di torsione (supporto posteriore del motore destro - longheroni).

PROTHEROE denomina come Zona 6 l'ala sinistra, giacché questa parte dell'aereo presenta deformazioni sostanzialmente differenti dalle altre e in particolare da quelle riscontrate sulla semiala di destra:

"La metà interna dell'ala sinistra era sostanzialmente completa, la metà esterna si era rotta in poche grandi sezioni. Le fratture principali sembravano essere state prodotte da un piegamento generalizzato verso basso della zona terminale, seguito da un piegamento verso l'interno ed in direzione poppa dopo che i rivestimenti dell'ala si erano spaccati.

La zona bassa del bordo d'attacco era stata schiacciata indietro (vedi figura 2) ed una piccola porzione dello stesso rivestimento della fusoliera, ancora attaccata alla superficie superiore dell'ala, era stata piegata verso l'esterno. Questo danno suggeriva che forse l'ala si era spostata verso l'alto e in avanti (relativamente agli assi della fusoliera) durante l'impatto con il mare".

PROTHEROE conclude attribuendo questi danni all'impatto con il mare. Conclusione che sarà invece rovesciata dal Collegio Peritale, che individuerà nelle particolari caratteristiche dei danni della semiala di sinistra uno dei punti fondamentali della ricostruzione dell'evento e che indurrà alcuni dei componenti del Collegio a ipotizzare una serie causale del tutto diversa da quelle sin ad allora esaminate (quasi - collisione, sulla quale si tornerà tra breve).

Quello che qui rileva è la descrizione dei danni subiti dall'ala, profondamente diversi da quelli riscontrati sulla semiala di destra. Questa infatti (denominata appunto zona 7, in considerazione della non assimilabilità delle rotture e delle deformazioni con quelle della corrispondente parte di sinistra) si era completamente disintegrata in "tavole" (*planks*) trasversali.

"La configurazione globale del danno era coerente con l'ipotesi che l'ala avesse urtato l'acqua cadendo in giù (ndt. in un assetto) oltre la verticale, con il bordo d'attacco approssimativamente parallelo alla superficie del mare. L'ala sembra essere stata intatta prima dell'impatto"[24].

In conclusione, mentre l'ala destra si presentava frammentata, su quella di sinistra si potevano individuare dei movimenti flessori della parte terminale.

[24] Relazione 12 gennaio 1992, citata, pag. 5 ss.

Nella relazione dell'aprile 1992 PROTHEROE passava quindi ad analizzare la distribuzione dei reperti, la cui localizzazione fu possibile, individuando le principali aree di raggruppamento e prospettando la possibilità di ricostruire le possibili traiettorie di caduta dei gravi non ancora recuperati. Fu proprio a partire da queste indicazioni che il Collegio mise a punto un modello di proiezione degli oggetti, secondo il loro peso, la forma presumibile, la resistenza aerodinamica, coordinando queste informazioni con i dati desumibili dai radar e circoscrivendo le aree delle successive (fruttuose) ricerche.

Il tecnico dell'AAIB sottolineava poi che la mancanza della gran parte dell'area 3 indicava che i frammenti di tale parte della fusoliera dovevano essersi separati come parte dell'*evento iniziale* e quindi raccomandava che venisse fatto ogni sforzo per recuperarli. In effetti, le operazioni di recupero, condotte sulla base dei lavori preparatori di cui s'è detto, portavano al recupero di un notevole settore della zona 3, con la conseguenza però di invalidare le conclusioni di PROTHEROE circa la causa del collasso del velivolo.

Di notevole rilievo resteranno invece le osservazioni circa le modalità e i tempi di collasso della struttura e circa l'impatto con il mare delle diverse componenti.

Esse, integrate dagli elementi provenienti da un complesso di ulteriori investigazioni e dall'esame dei pezzi in seguito recuperati, costituiranno, infatti la base dell'ipotesi di descrizione del disastro accettata dal Collegio SANTINI e che questo Ufficio ritiene condivisibile, pur con le osservazioni ed entro i limiti che si vedranno.

Nota infatti PROTHEROE che gli ammaccammenti e le tracce di vernice rilevati sul bordo d'attacco della deriva e sullo stabilizzatore-sinistro, nonché sulle prese d'aria del motore sinistro, furono prodotti dall'impatto di frammenti distaccatisi dalla struttura dell'aereo (alcuni provenienti dalla fascia della fusoliera comprendente i finestrini).

Poiché i motori, la sezione di coda e quella comprendente la fusoliera e le ali impattarono separatamente contro la superficie del mare, queste tracce non possono che esser state cagionate nelle primissime fasi del collasso e i frammenti che le hanno prodotte devono provenire dalla parte mancante della fusoliera (zona 3).

"Risulta [dunque] chiaro che la caduta dell'aereo sia stata provocata da un evento estremamente distruttivo e catastrofico che ha portato alla rottura della parte superiore posteriore della fusoliera"[25].

[25] Relazione del 15 aprile 1992, pag. 39 della traduzione.

Questi danni, secondo il tecnico britannico, potrebbero in una prima approssimazione esser stati causati da una collisione con un velivolo, a condizione però che tale aereo avesse una rotta perpendicolare a quella del DC9 e un grande velocità: "Tutto sommato, sembra che l'ipotesi della collisione con un altro velivolo sia alquanto improbabile, ma l'impatto con un missile o con un caccia molto veloce, perpendicolare alla traiettoria del DC9, e che taglia la parte superiore della fusoliera nella Zona 3 non può essere totalmente esclusa in questa fase"[26].

La causa più probabile del collasso della struttura era, però, da individuarsi - secondo il tecnico britannico - in un'esplosione interna, come si desumerebbe dalle deformazioni patite da alcune componenti della struttura della fusoliera. Sul punto si dirà lungamente appresso. Qui basti rilevare che dal completamento del lavoro ricognitivo sul relitto emergono una serie di indicazioni, che saranno tutte sviluppate nelle indagini peritali e delle quali si darà ampiamente conto in prosieguo:

- Necessità di proseguire le operazioni di recupero al fine di raccogliere i frammenti della zona 3, sui quali rinvenire i segni dell'esplosione, con carattere dirimente. Queste indicazioni porteranno alla decisione di esplorare la zona D, ove sarà in realtà recuperato il serbatoio supplementare di un aereo militare.
- Approfondimenti di carattere frattografico e metallografico per individuare le modalità di separazione delle diverse componenti e le esatte caratteristiche di alcune deformazioni.
- Approfondimenti di carattere chimico - esplosivistico.
- Approfondimenti sulle diverse geometrie possibili di causazione di danni derivanti dall'esplosione di una testata missilistica, al fine di accertare se siano ipotizzabili condizioni nelle quali una siffatta esplosione possa determinare i danni descritti contemporaneamente non determinare danni sulle superfici che non ne mostrano.

Ci si limiterà, per il momento, a dar conto degli aspetti concernenti la ricostruzione delle modalità di collasso del velivolo; gli aspetti relativi alle possibili cause e quindi l'esame degli approfondimenti sui diversi punti sopra indicati saranno invece oggetto di analisi nei capitoli ad essi specificamente dedicati.

[26] Relazione del 15 aprile 1992, pag. 40.

I. 5. 1. Le altre indagini sui motori.

Un contributo rilevantissimo alla ricostruzione delle modalità di collasso del velivolo sono venute dal Collegio metallografico - frattografico, anche se non sempre le indicazioni che dai molti e complessi accertamenti sono state pienamente valutate dal Collegio principale.

Dall'analisi delle deformazioni e rotture patite dai motori e dagli elementi strutturali a essi collegati viene innanzitutto una conferma sia delle modalità di impatto con il mare dei due motori che delle condizioni interne degli stessi.

Ma soprattutto è stata ricostruita, sulla base delle deformazioni e delle rotture patite dai diversi pezzi recuperati, la progressione della separazione dei due motori. Di questo aspetto si tratterà diffusamente quando si affronterà l'ipotesi di un ordigno posto nella parte posteriore destra della fusoliera, e precisamente nella toilette. Qui basti citare le conclusioni del complesso lavoro ricostruttivo:

"E' quindi ora [e cioè al termine delle analisi] fare un'ipotesi dei movimenti dei due motori rispetto alla fusoliera.

Da una parte si può confermare che il distacco del motore sinistro dall'aereo è avvenuto prima in corrispondenza del collegamento anteriore pilone / fusoliera ed è poi proseguito con la rottura progressiva delle lamiere di giunzione pilone/fusoliera fin quasi al collegamento posteriore, le cui bandelle hanno ceduto prevalentemente per trazione. Durante questo movimento l'ordinata 786 nella parte sinistra ha subito una rotazione ad asse -z.

Dall'altra parte il motore destro si è distaccato in corrispondenza della travatura di attacco anteriore provocando prima il cedimento del montante interno destro dell'ordinata 786 per flessione verso l'esterno dell'aereo, poi un analogo cedimento per analoga flessione della parte esterna della stessa ordinata e in seguito a una azione sulla travatura di attacco posteriore che ha provocato la rottura del montante interno destro dell'ordinata 860"[27].

Va poi osservato che dalla relazione FIAT AVIO del 3 dicembre 1991 risulta che:

- ..."il solo motore di destra ha evidenziato danni [precedenti all'impatto] significativi dovuti all'ingestione di parti estranee di non notevole entità"

[27] Relazione del 29 luglio 1994, pag. 61.

• in entrambe i motori sono stati rinvenuti frammenti la cui provenienza è attribuita alla cabina passeggeri (spezzoni di tubo/guarnizione costituenti parte dei rivestimenti anti - vibrazione dei pannelli della cabina); la provenienza dei frammenti di lega leggera non è invece certa, giacché essi possono, essersi distaccati anche dalle gondole dei motori.

Gli spezzoni di guarnizione potrebbero indicare che il motore destro era ancora vincolato alla struttura dell'aereo quando si verificò un evento che causò l'espulsione di componenti dei pannelli della fusoliera. Va però osservato che, come è notato anche nella relazione della FIAT AVIO, le guarnizioni non presentano indizi di combustione ed è quindi da escludere che siano stati ingeriti mentre il motore era alimentato dal carburante. L'ingestione può dunque essersi verificata nelle primissime fasi di separazione del motore dai suoi vincoli, che ha certamente causato danni gravissimi anche sulle strutture della fusoliera ad essi prossime.

Va sottolineato che nel motore di sinistra è stato rinvenuto un frammento (pezzo di plastica blu con sagomatura a nido d'ape), attribuito al rivestimento del flap.

I. 6. COCKPIT VOICE RECORDER - INDAGINI ACUSTICHE

Le indagini sulla ricostruzione del relitto e quindi sulle modalità del collasso hanno trovato conforto in quelle sul *Cockpit Voice Recorder*.

Il *Cockpit Voice Recorder* fu recuperato durante la prima campagna, condotta dall'IFREMER. In origine esso era installato nel vano bagagli posteriore, lato destro.

Il nastro, a quattro piste, contiene le registrazioni degli ultimi trenta minuti di attività del velivolo: un apposito meccanismo provvede infatti automaticamente a cancellare le registrazioni dopo tale periodo, quando cioè il nastro completa un intero giro e passa sotto una testina di cancellazione.

Di particolare rilievo, ai fini della ricostruzione dell'incidente, è la pista n. 1 del nastro, in quanto vi è contenuta la registrazione dei suoni di cabina, captati da un microfono che è posto sul cielo della cabina di pilotaggio. Il canale 2 è collegato al sistema audio del Comandante (microfono e cuffia). Il canale 3 è collegato all'analogo sistema audio del copilota. Il canale 4 al sistema degli annunci ai passeggeri. Il canale 1 è sempre attivo, mentre negli altri la registrazione avviene

quando i microfoni sono attivati da suoni specificamente derivanti da ciascuna delle fonti suddette.

Il nastro non contiene alcuna registrazione di conversazioni che possa venir posta in diretta relazione con il sinistro; si tornerà su di un fonema, ultima registrazione verbale contenuta nella pista n. 1.

Nella parte terminale del nastro vi sono però alcuni impulsi, la cui interpretazione è stata oggetto di particolare attenzione. Può affermarsi che l'individuazione dell'origine degli impulsi è uno degli aspetti di maggior rilievo ai fini della risposta al quesito sulle cause del disastro: sulla base della ricostruzione degli impulsi finali come elettrici e non fonetici il Collegio SANTINI ricostruisce la dinamica del collasso dei due motori (separazione del motore di destra come origine dell'evento e quindi separazione di quello di sinistra).

Si tratta di un impulso singolo, immediatamente successivo a un fonema, seguito subito dopo da una coppia di impulsi. Gli impulsi doppi sono registrati su tutte e quattro le piste.

Nella perizia BLASI questi impulsi furono oggetto di molte investigazioni.

L'impulso singolo, registrato solo dalla pista 1 e immediatamente successivo al fonema, è considerato acustico.

Il successivo impulso singolo è registrato su tutte e quattro le piste, ma con intensità diversa: esso è considerato di origine acustico - elettrica (registrazione via microfono) e "la minore ampiezza dei corrispondenti impulsi finali sulle altre tre piste, attribuibile al fatto che questi sarebbero stati registrati per effetto della *diafonia*[28] tra le piste stesse, avvalora questa ipotesi".

Gli impulsi finali delle quattro piste "sono molto probabilmente di natura elettrica e verosimilmente attribuibili al transitorio generato dalla caduta improvvisa della tensione di alimentazione di bordo"[29].

[28] La diafonia "indica il divario di livello energetico esistente tra un segnale registrato su una traccia di un nastro magnetico e quelli che corrispondentemente appaiono sulle altre tracce dello stesso nastro per effetto delle correnti indotte nei circuiti di alimentazione delle altre testine"; cosi' la Perizia IBBA / PAOLONI, depositata il 30 maggio 1991. Effettivamente prove sperimentali su di un analogo CVR portavano a indicare un valore di diafonia di 35db per segnali di tipo acustico ed elettrico e quindi di almeno 35 db inferiore rispetto al livello di intensità del segnale reale.
[29] Perizia BLASI, pag. 379/380. Si allega il diagramma di pag. 381.

L'attenzione del Collegio BLASI si accentrò (oltre che sull'interpretazione del fonema) sulla possibilità di attribuire l'origine del fenomeno acustico registrato sull'impulso singolo a un evento interno o esterno.

Il 7 e 8 dicembre 1988 furono pertanto effettuate prove su di un esemplare di DC9 analogo a quello precipitato[30], al fine di verificare quale fosse la registrazione sul CVR di diversi eventi.

Si registrarono diversi impulsi sonori, provocati dall'esplosione di colpi di pistola caricata a salve e di petardi. Le esplosioni sono state realizzate in diverse posizioni, sia all'interno che all'esterno dell'aereo. Per simulare il rumore di fondo, i motori dell'aereo sono stati accesi e tenuti a medio regime. E' stato così rilevato un rumore di fondo più elevato rispetto a quello del nastro reale (tale diverso valore dipende dalla rifrazione delle onde sonore sul muro di contenimento degli scarichi dei getti) che però non ha impedito di comparare i picchi delle registrazioni dei diversi colpi di prova, anche se ha limitato l'analisi sui parametri "ampiezza-tempo" e "andamento spettrale".

La conclusione di questa indagine è stata che maggiore affinità con l'impulso in comparazione è stata rilevata nei colpi esplosi esternamente; al contrario "gli impulsi derivanti da esplosioni interne all'aereo ... hanno un tempo di decadimento molto superiore a quelli derivanti da esplosioni esterne".

Di conseguenza, secondo i Periti BLASI:

L'impulso in comparazione:

- è molto simile agli impulsi registrati, durante le prove acustiche, in conseguenza delle esplosioni provocate all'esterno dell'aereo
- è totalmente differente dagli impulsi registrati in conseguenza delle esplosioni provocate all'interno dell'aereo.

In effetti, le simulazioni effettuate per individuare l'origine degli impulsi si prestano alle osservazioni critiche che furono da più parti avanzate, circa le condizioni in cui esse furono svolte. Si osservò infatti che diversi in maniera determinante erano l'ambiente (struttura dell'aereo integra, rumori di fondo, pressione atmosferica) e gli effetti sonori considerati; sarebbero, poi, stati omessi nella valutazione parametri essenziali, quali l'intensità del segnale e lo spettro di frequenza.

[30] L'appartenenza dell'aereo alla serie 30, anziché 10, del DC9 non dovrebbe avere rilevanza nell'attendibilità dell'esperimento.

Nel corso del supplemento della perizia BLASI furono condotte, con modalità analoghe ma con qualche cautela in più, altre prove, i cui esiti furono valutati diversamente dai periti, seconda la nota divisione.

Più approfondito appare invece l'esame condotto nel 1990/91, con un apposito accertamento tecnico, condotto dai periti IBBA e PAOLONI.

Questo accertamento peritale, infatti, si è mosso dalla individuazione della natura dell'impulso, come premessa della sua interpretabilità. Appaiono pienamente condivisibili, perché ben argomentate e non scalfite da notazioni critiche, le conclusioni dei periti acustici, che hanno determinato in elettrica e non sonora la natura di tutti e tre gli impulsi in esame.

In particolare, dirimente appare la notazione della ricorrenza di tutti gli impulsi sulle quattro piste.

Osservano poi i Periti che "la presenza degli stessi impulsi sulle piste 2,3 e 4 non può essere attribuita a fenomeni di diafonia tra i circuiti di alimentazione delle testine, ammesso che soltanto la testina 1 fosse stata eccitata da un intenso segnale di origine acustica (ad esempio una forte esplosione captata dal microfono); infatti le prove di separazione tra i canali ... hanno dimostrato che eventuali segnali di diafonia stanno almeno 35 db al di sotto del livello di intensità del segale reale; i livelli di doppi impulsi registrati da ciascuna testina sono invece quasi uguali su tutti e quattro i canali".

La prospettazione della causa della simultanea registrazione della coppia di impulsi nell'improvvisa interruzione nell'alimentazione, seguita da un tentativo di riavviamento del sistema, subito a sua volta interrottosi offre una spiegazione credibile del dato osservato. Essa, inoltre, è coerente con l'individuazione delle modalità di separazione dei motori dalla struttura dell'aereo (su cui si ritornerà), giacché l'interruzione dell'alimentazione principale può essere posta in relazione con il distacco del motore di destra, cui è collegato il generatore, cui subentra per un brevissimo periodo di tempo il generatore di default, e cioè il motore di sinistra, che però a sua volta cessa pressoché istantaneamente di funzionare.

Non sono individuate ipotesi alternative di registrazione degli impulsi.

Essi hanno dunque natura elettrica e non acustica. Dalla loro consecuzione temporale sono ricavabili elementi utili per la formulazione di ipotesi sulla modalità di distacco dei motori dalla cellula. IBBA e PAOLONI, infatti, descrivono accuratamente nel loro elaborato peritale la sequenza temporale di

interruzione e ripristino dei circuiti di alimentazione e sottopongono l'ipotesi a verifica sperimentale, riproducendo gli impulsi mediante operazioni analoghe.

Secondo i Periti, la caduta dell'alimentazione "può essere stata provocata da interruzione sia sui cavi di trasporto energia, sia sul quadro di distribuzione e controllo, sia infine sui collegamenti stessi di alimentazione del CVR".

Da queste conclusioni discende, naturalmente, la non utilizzabilità degli impulsi per l'individuazione di un'eventuale esplosione (interna o esterna) e quindi la non utilità ai fini della decisione sulle cause del sinistro degli esperimenti che hanno riprodotto esplosioni o impatti in luoghi diversi della fusoliera e con differenti modalità di funzionamento dei motori.

Ciò nonostante si é esplorata la possibilità di utilizzare il segnale registrato dal CVR per analizzare la natura delle vibrazioni della fusoliera, secondo una tecnica elaborata dall'*Institute of sound and vibration Research* dell'Università di Southampton.

Sono state espresse riserve molto qualificate circa la validità in assoluto dell'accertamento, secondo le metodologie proposte al Collegio peritale. Paoloni ha infatti osservato che "é convinzione dello scrivente che il particolare segnale, della durata di poche centinaia di millisecondi (circa 300), che si vuole ulteriormente analizzare, non contenga informazioni tali da permettere di risalire alla causa dell'oscillazione che, dopo la pulitura del nastro, si é evidenziata in corrispondenza al primo dei due impulsi di natura elettrica presenti nella parte finale del nastro"[31].

D'altra parte, questa considerazione era già contenuta nelle conclusioni della Perizia sugli impulsi, laddove si scriveva che "data la natura non acustica del fenomeno, l'analisi temporale e/o frequenziale degli impulsi in oggetto non può fornire informazioni in merito alla natura o alla collocazione, al momento dello scoppio, dell'ordigno che presumibilmente ha provocato il disastro".

Queste osservazioni critiche non sono state adeguatamente contrastate né dal Collegio peritale, né dall'Istituto britannico, che anzi - per la verità - ha concluso esattamente nello stesso senso. Esse paiono condivisibili.

Ma al di là delle perplessità di carattere generale, v'è da dire che nel caso di specie vi sono ragioni che impongono di valutare con molta cautela i risultati di dette investigazioni.

[31] Relazione del 19 febbraio 1992

Si è già rilevato che vi sono ottime ragioni per ritenere che la coppia di impulsi ravvicinati sia di origine elettrica e non sonora. Il Collegio peritale ha però osservato che il segnale sul canale 1 (e cioè su quello collegato con il microfono di cabina) è di intensità di circa 10 dB superiore a quello impresso sugli altri tre canali; sono state quindi condotte indagini ulteriori, dalle quali è risultato che esso è anche più lungo di 25 msec. Si è ipotizzato trattarsi di un segnale acustico che inizia subito prima di quello elettrico e che si sovrappone a quest'ultimo per ulteriori 15 msec. Si tratterebbe quindi di un segnale acustico (e non elettrico) della durata complessiva di 40 msec.

La natura acustica di questo segnale sarebbe confermata dall'analisi spettrale. Questo, peraltro, sarebbe in accordo con quanto affermato dai laboratori dell'Università di Napoli che indicarono in acustica l'origine di *tutti* gli impulsi, valutazione che é invece da non accettare, per le ragioni innanzi indicate.

L'applicazione al segnale delle metodiche elaborate dall'Istituto britannico porterebbero a concludere, secondo il Collegio SANTINI, che:

"Nella prima sezione relativa ai 'due impulsi ravvicinati con cui termina la registrazione del CVR è presente un segnale che é da ritenere di natura 'acustica di durata di <40 msec e che può essere correlato a propagazioni di segnali acustici nell'aria o a segnali vibrazionali della struttura;
la breve durata del segnale di cui sopra può ritenersi una chiara indicazione che l'evento determinante l'incidente deve essere stato di natura esplosiva che ha causato immediatamente:

- un danno diretto sull'alimentazione del CVR - CAM
  o più realisticamente
- un'interruzione della generazione di potenza (busbar destra) prodotta dal motore destro. La breve durata di cui sopra insieme all'essersi verificata subito dopo la connessione dell'alimentazione sul motore sinistro dimostrano che l'evento è avvenuto vicino al motore destro[32]
- Gli andamenti temporali e spettrali del segnale in questione possono ritenersi compatibili con un evento localizzabile sulla sezione terminale dell'aereo".

[32] Per la verità questa deduzione non é per nulla chiara. Occorrerebbe innanzitutto dimostrare che i tempi di propagazione della vibrazione o delle onde di pressione siano tali da esser compatibili con i tempi di switch. Se così fosse, non si comprenderebbe comunque per quale ragione la fonte esplosiva dovesse essere 'vicina al motore destra. Sarebbe stato sufficiente che avesse determinato l'interruzione dell'alimentazione dal motore destro e quindi potrebbe essere intervenuta in un qualunque punto della barra di alimentazione.

In realtà, le conclusioni tratte dal Collegio peritale sono in totale disaccordo con quelle dell'ISVR. Nella relazione del marzo 1994, infatti, il Sig. DYNE era stato assai chiaro nell'affermare conclusivamente che "le informazioni ottenute dalla sola registrazione del CVR non sono sufficienti a determinare, in modo univoco e senza ambiguità, le cause della caduta del DC9. Anzi, *riteniamo che la registrazione in questione non sia di alcuna utilità da questo punto di vista*" (c.vo nostro).

A questa perentoria affermazione l'ISVR era giunto a seguito di un'articolata disamina sia della qualità della registrazione che della stessa attendibilità in generale del metodo seguito. Mentre per il secondo profilo, le cautele correttamente indicate dall'Istituto sono le stesse, sostanzialmente, che avevano portato a sconsigliare l'effettuazione dell'esperimento, per il primo il sig. DYNE aveva osservato:

"La qualità della registrazione del CVR del DC9, ai fini dell'analisi delle vibrazioni strutturali, e' piuttosto scarsa. Il segnale risulta contaminato dal rumore dell'alimentazione a 400 Hz e dall'interruzione di detta alimentazione nel momento dell'incidente. ... La mancanza di segnale registrato di natura acustica sugli altri canali, a parte il CAM, certo non è d'aiuto.
La mancanza di componenti di alta frequenza nel segnale può suggerire diverse ipotesi:

- la fonte dell'esplosione / decompressione / impatto era troppo distante dal CAM per permettere la generazione di una componente di pressione, prima che la registrazione venisse interrotta dall'interruzione dell'alimentazione o dalla rottura del collegamento CAM - CVR
- I filtri anti - alis, eventualmente utilizzati per la conversione del segnale da analogico a digitale erano regolati su un valore basso della frequenza di taglio
- Probabilmente il DC9 non é andato distrutto da una sorgente esplosiva posta in corrispondenza della parte anteriore della cabina o nel bagagliaio anteriore, dato che questa eventualità sarebbe stata rilevata da qualche segnatura acustica sul CAM del CVR
- La segnatura CAM non è affatto di origine vibratoria, ma é stata prodotta dal transitorio di spegnimento registrato su un canale attivo (gli altri canali non erano collegati) o da un'oscillazione di pressione, la cui causa, allo stato delle cose, é ancora sconosciuta".

Cercando di orizzontarsi nel linguaggio un po' oscuro, sembra di comprendere:

- innanzitutto che *come dato di fatto* non vi é sul nastro alcuna registrazione con componenti ad alta frequenza
- tale dato di fatto può essere spiegato con diverse ipotesi alternative, tra cui quella - dirimente circa il valore dell'esperimento - che il segnale non sia di origine vibratoria (come si era innanzi osservato)
- tra le diverse ipotesi, vi é quella che l'eventuale sorgente di vibrazioni fosse localizzata in posizione tale da non poter essere registrata prima dell'interruzione della alimentazione.

Nei limiti sopra indicati, l'accertamento non è stato dunque inutile: deve escludersi qualunque causa della perdita del DC9 che causasse aumento di pressione e vibrazione e che fosse in prossimità del microfono di cabina.

Solo entro questi limiti, può dirsi che questo accertamento é confermativo della localizzazione di un eventuale fenomeno esplosivo nella parte posteriore dell'aereo. Naturalmente occorrerebbe chiedersi se un fenomeno esplosivo collocato fuori della fusoliera avrebbe prodotto registrazioni acustiche o di vibrazioni prima dell'interruzione della alimentazione.

In conclusione, gli elementi di perplessità sull'attendibilità in genere dell'accertamento e sulla sua praticabilità nel caso concreto, in considerazione dell'incertezza circa la natura e della brevità del segnale, devono fare escludere che si possa far uso delle conclusioni degli studi sulla vibrazione della struttura per dedurne fatti ai fini della individuazione delle cause del disastro.

I. 7. COCKPIT VOICE RECORDER - INDAGINI FONICHE

Immediatamente prima dell'arresto della registrazione, sulla pista n. 1 rimase impresso un monosillabo.

Anche questo monosillabo fu oggetto di approfondimenti nel corso della perizia BLASI, che concluse per l'individuazione del fonema "GUA" nella pista 1 al tempo -1,8 sec., ponendo come tempo 0 l'inizio di un impulso, definito come impulso 2, e quindi immediatamente prima della cessazione della registrazione.

Poiché questo accertamento appariva insufficiente e aveva comunque dato luogo a contestazioni, si è affidato un incarico peritale a persone di particolare competenza professionale e in grado di avvalersi anche del contributo di programmi di elaborazione del dato grezzo, tali da fornire elementi di verifica all'interpretazione soggettiva. Anche l'interpretazione soggettiva, peraltro, è stata condotta con

modalità tali da limitare per quanto possibili i fenomeni di inconsapevole interpolazione.

Si è inoltre dedicata particolare attenzione a un "rumore" anomalo. Esso è però risultato presente anche sulle pista 1, per tutta la durata della registrazione, e sulle altre piste, in coincidenza con l'attivazione di comunicazioni radio dal velivolo verso terra. Appare, quindi, ragionevole interpretare tale rumore come "segnale captato per via aerea nella cabina di pilotaggio (e dovuto probabilmente a vibrazioni della struttura).". Deve comunque escludersi che esso sia stato causato da una sorgente sonora collegabile con il disastro (esplosione interna o esterna).

Inoltre il rumore di fondo persiste anche nelle parti terminali della registrazione, dopo il fonema, cosicché deve inferirsi che la registrazione è proseguita anche dopo tale fonema, sia pure per un tempo brevissimo.

La perizia acustica conclude nei seguenti termini:

1. Il fonema può essere interpretato, con forte probabilità, come *guà* o come *quà*.
2. Esso fu, con ogni probabilità (quantificata al 98.5%), pronunciato dal Comandante
3. Non furono registrati eventi acustici subito prima o subito dopo il fonema.

Il Collegio SANTINI osserva inoltre: "Nell'ipotesi che il fonema esaminato possa interpretarsi come l'inizio della parola *guarda* che il Comandante intendeva pronunciare, la sua interruzione starebbe a indicare un evento che ha impedito al Comandante di concludere la parola iniziata, ma che non ha immediatamente causato l'interruzione dei segnali al CVR, il quale ha continuato a registrare il rumore di fondo per circa 1.2 sec.".

I. 8. CONCLUSIONI COMPLESSIVE SUL CVR. RIFLESSI SULLO STATO DELL'IMPIANTO ELETTRICO.

I risultati delle analisi del CVR, uniti a quelle dell'impianto elettrico, consentono al Collegio peritale di formulare un'importante ipotesi, centrale nella ricostruzione delle cause del disastro e delle modalità di separazione delle parti del DC9.

Si è visto come l'esame del CVR abbia consentito di individuare la seguente sequenza temporale:

- una prima interruzione di alimentazione elettrica
- un ripristino di alimentazione dopo un tempo di circa 200 ms