


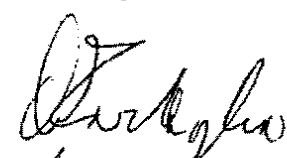

Tribunale Penale di Roma
Ufficio Istruzione - Sezione 1ª Stralcio

Procedimento Penale n° 527/84 A. G. I.

**Osservazioni dei Consulenti di Parte
Civile sulla Relazione dei Periti
d'Ufficio**

Prof. Dott. Ing. F. Algostino
Prof. Dott. Ing. C. Cancelli Prof. Dott. Ing. M. Pent
Prof. Dott. Ing. A. Tartaglia
Prof. Dott. Ing. M. Vadacchino

22 novembre 1994

per 
man. istrut. 


Indice

1	Introduzione	1
2	Analisi del relitto	3
2.1	Introduzione	3
2.2	L'esplosione e la sua localizzazione	4
2.3	L'assenza di segni di schegge	9
2.4	Le perizie collaterali	14
2.5	La collocazione della bomba	18
2.6	I danneggiamenti nella zona della toilette	22
2.6.1	Introduzione	22
2.6.2	L'ordinata alla stazione 786	24
2.6.3	L'ordinata alla stazione 801	28
2.6.4	L'ordinata alla stazione 817	29
2.6.5	La parete esterna	34
2.6.6	La porta d'accesso alla toilette	35
2.6.7	Gli arredi della toilette	37
2.6.8	Struttura sottostante il pavimento	41
2.7	I danneggiamenti in zone contigue alla toilette	43
2.7.1	Le gondole dei motori	43
2.7.2	Il pilone del motore	45
3	La strumentazione di bordo	47
4	Alcune anomalie nella localizzazione dei relitti	50
5	Lo scenario terroristico	56
5.1	Introduzione	56
5.2	L'esplosivo	56

5.2.1	La presenza di esplosivo	56
5.2.2	L'interpretazione sul tipo di esplosivo	60
5.3	I segni di esplosione	66
5.4	Fenomenologia degli attentati agli aerei	68
6	Lo scenario radar: analisi dei dati di Fiumicino	70
6.1	Introduzione	70
6.2	Limiti della <i>Perizia Tecnica</i>	70
6.2.1	Analisi dell'integratore del radar Marconi	70
6.2.2	Valutazione dell'errore azimutale del radar Marconi	72
6.2.3	Mancata utilizzazione di tutte le informazioni disponibili	73
6.2.4	Mancata integrazione dei dati Marconi e Selenia	74
6.2.5	Andamento dei tracciati radar prima dell'incidente	75
6.2.6	Determinazione della posizione spaziale del velivolo nel momento dell'incidente	77
6.2.7	Attribuzione plot-relitti dopo l'incidente	80
6.2.8	Interpretazione dei plot -17 e -12	85
7	Conclusioni	91

Lencel
 DT EG
 W mv.

Introduzione

Nelle pagine che seguono sono analizzate le considerazioni contenute nella Relazione¹ presentata dal Collegio dei Periti d'Ufficio (CPU). Mentre nei capitoli successivi saranno esaminati analiticamente tutti gli elementi tecnici sulla base dei quali il CPU è giunto alle conclusioni che la causa della caduta del DC9 I-TIGI è stata una bomba collocata in un punto, peraltro non ulteriormente specificato, della toilette, intendiamo in questa parte iniziale svolgere alcune considerazioni generali sulla *Perizia Tecnica* e sul metodo utilizzato dal CPU nel corso di questa indagine.

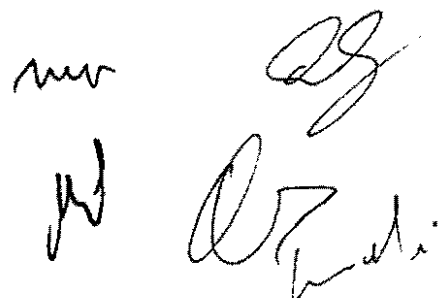
Questo metodo è stato da noi contestato già molto tempo fa², poichè mostrava parzialità rispetto alle varie ipotesi e assoluta mancanza di scientificità nell'approccio al problema: la profonda incoerenza e la evidente illogicità dei risultati descritti nella *Perizia Tecnica* confermano la nostra opinione.

Le argomentazioni a favore della bomba consistono, a detta della CPU, essenzialmente nei seguenti elementi:

1. I danneggiamenti della zona toilette farebbero pensare che nell'interno

¹Casarosa C., Castellani A., Cooper Dennis C., Försching H., Gunnval G., Held M., Lilja G., Misiti A., Picardi G., Santini P., Taylor A. F.; *Relazione tecnica, Roma 1994*. Nel seguito tale relazione sarà indicata come *Perizia Tecnica*.

²Durante la riunione peritale del Collegio Balistico-Esplosivistico del 22.4.1993 i periti di parte civile facevano mettere a verbale la seguente dichiarazione *I periti di parte lesa, osservando che da mesi ogni simulazione, indagine ed esperimento fanno esclusivamente riferimento all'ipotesi di esplosione interna con risultati sistematicamente negativi, tenuto conto del fatto che il tempo a disposizione si va riducendo, chiedono che si progettino e si svolgano analoghe indagini, simulazioni ed esperimenti sull'ipotesi di esplosione esterna causata da un missile.*



 Four handwritten signatures or initials are present in the bottom right corner of the page. They appear to be in cursive and are arranged in two rows of two.

della stessa si sia avuta una sovrappressione.

2. La sequenza temporale di rottura dell'aereo, quale si ricava dalla posizione dei rottami recuperati, fa pensare che la prima rottura si sia verificata nella zona della toilette, in corrispondenza dell'ordinata cui è connesso l'attacco anteriore del motore destro.
3. La compatibilità col ritrovamento delle tracce di esplosivo.
4. L'asserita assenza di evidenze della presenza di velivoli estranei in prossimità del DC9 al momento dell'incidente, quale si dedurrebbe dalle registrazioni radar.

Nel seguito mostreremo come non esista alcuna base scientifica per il primo dei punti sopra ricordati; che esistono altre cause che meglio giustificano i punti 2 e 3 e come sia accertabile la presenza di due aerei nei pressi del DC9 al momento dell'incidente. In una successiva relazione si mostrerà come l'ipotesi che un missile sia stata la causa della caduta del DC9 dell'Itavia è quella in grado di meglio giustificare la maggior parte dei dati disponibili. Utilizzeremo nella costruzione di questa ipotesi quasi esclusivamente dati che si ricavano da *Perizia Tecnica*: una strategia di indagine da parte del CPU che non avesse preso in considerazione solo l'ipotesi bomba ed avesse ben utilizzato i mezzi che aveva a disposizione, avrebbe sicuramente acquisito prove ben più consistenti di quelle qui esposte.

ar DS
Cueli
MS

mv.

2

Analisi del relitto

2.1 Introduzione

È stato più volte affermato che la causa della caduta del DC9 Itavia, avvenuta la sera del 27 Giugno 1980 andava cercata nell'analisi dei relitti, che sono attualmente conservati in un hangar dell'Aeroporto di Pratica di Mare. Crediamo anche noi che l'analisi del relitto sia un passo essenziale in questa indagine, ma d'altro canto crediamo che siano altrettanto essenziali i dati radar. Mentre infatti i pezzi del DC9, passando dalla loro collocazione sull'aereo in volo all'hangar di Pratica di Mare, hanno subito varie e non più accertabili modificazioni, causate dalle operazioni di recupero e di trasporto, i dati radar del sito di Fiumicino ci sono giunti integri.

Crediamo inoltre che non siano necessarie elaborate analisi statistiche, ma sia sufficiente il semplice buon senso, per concludere che, tenendo conto di tutti gli elementi acquisiti quali ad esempio il rinvenimento di tracce di esplosivo, la presenza di aerei contigui al DC9 al momento dell'incidente sia prova evidente che la causa dell'incidente non possa essere stato un evento interno e consideriamo quindi assolutamente risibile l'affermazione del CPU che¹

la presenza di velivoli nel cielo dell'incidente non può escludere, in linea di massima, che l'incidente al DC9 sia avvenuto indipendentemente da essa, per cause interne al velivolo stesso.

¹Perizia Tecnica, VII-30

W *DF*
W *mer*

2.2 L'esplosione e la sua localizzazione

Nel paragrafo 5.8 della *Perizia Tecnica* il CPU sostiene, al primo punto²:

L'esame dettagliato del relitto ricostruito ha consentito di individuare delle prove oggettive, consistenti in particolari deformazione ed improntature di frammenti tutti provenienti dalla zona toilet certamente determinatesi al momento del collasso in volo della parte di struttura adiacente alla toilet, che possono spiegarsi solo con elevati valori di pressione generatesi nella zona in esame. Questo va ritenuto un segno di esplosione assai importante e determinante per l'ipotesi in esame.

In conclusione dello stesso paragrafo il CPU afferma³:

I risultati delle analisi delle deformazioni degli elementi appartenenti alla zona toilet, anche nella ipotesi che essi possano essere tutti unicamente attribuibili all'evento esplosivo, non hanno consentito di poter individuare con certezza, fra tutte quelle possibili, una plausibilmente certa posizione dell'ordigno.

Il CPU non pare avere notato la singolarità dell'affermazione sopra riportata di non essere stato in grado di indicare con precisione la collocazione della bomba all'interno della toilette; dice semplicemente in altro punto che⁴:

non si sente in grado di indicare con precisione dove la carica esplosiva fosse nascosta ma solo di dichiarare che si trovava nella toilet.

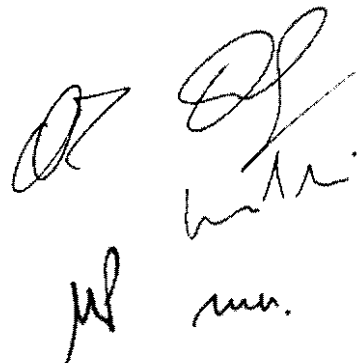
Va premesso che l'impossibilità sopra ricordata era chiaramente prevedibile dalla lettura di tutto il testo del capitolo: impossibilità che sarebbe stata ben più consistente se il CPU avesse, nei singoli punti elencati, dato più credito ai risultati delle sue stesse osservazioni e di quelle delle perizie specialistiche, come illustreremo successivamente.

Si noti come le *prove oggettive* sopra ricordate, cioè le *particolari deformazioni* e le *improntature di frammenti*, siano tutte da attribuirsi secondo il

² *Perizia Tecnica*, IX-107

³ *Perizia Tecnica*, IX-109

⁴ *Perizia Tecnica*, IX-107



CPU all'onda di detonazione, che si muove in direzione radiale rispetto al centro dell'esplosione: questa direzione deve essere ovviamente coerente con le deformazioni che produce.

L'impossibilità di trovare una posizione univoca della bomba, partendo dall'insieme delle deformazioni presenti sui pezzi della toilette, non è, come sembra credere il CPU un semplice dettaglio, ma dimostra invece come gli elementi, tra l'altro neanche in numero rilevante, sui quali si fonda l'asserzione di una esplosione nella toilette, siano contraddittori tra di loro.

In altre parole le deformazioni presenti sul DC9 non possono essere state prodotte da un'unica onda di detonazione proveniente dal centro dell'esplosione, come si avrebbe nel caso di una bomba esplosa in un qualche punto della toilette. Un metodo scientifico obiettivo avrebbe richiesto che in tal caso il CPU procedesse ad un tentativo di ulteriore discriminazione delle deformazioni e dei danneggiamenti sicuramente attribuibili ad una esplosione, da quelli attribuibili a cause meccaniche. Il CPU ha in particolare sempre supposto che i pezzi staccatisi per primi si siano allontanati dal velivolo istantaneamente, senza ulteriormente interferire con le strutture del velivolo. Questa dinamica non è realistica soprattutto per quanto riguarda i pezzi collocati all'interno della fusoliera.

Il CPU ha deciso quindi di non precisare la collocazione della bomba: alla luce di quanto osservato sopra si può ben comprendere perchè lo ha fatto, ma vi è un'altra ragione che va posta in evidenza. Se il CPU avesse indicato un punto preciso avrebbe anche dovuto giustificare la presenza, per ciascuna delle posizioni ipotizzate, di pezzi che, pur strettamente contigui all'esplosione, non portano di essa alcun segno e nell'impossibilità di dare questa giustificazione avrebbe ancora una volta dovuto abusare della tecnica esplicitamente utilizzata più volte di prendere in considerazione solo gli elementi a favore dell'ipotesi di esplosione nella toilette e non considerare quelli contrari.

In realtà il buon senso tecnico, oltre ovviamente la letteratura scientifica su questi temi, impongono che l'accertamento dell'esplosione e l'individuazione del suo centro siano due fasi logicamente inseparabile dell'indagine.

In un libro dedicato esclusivamente alle problematiche legate alle indagini sulle esplosioni Yallop⁵ sostiene che in generale, nelle indagini relative ad una esplosione:

⁵Yallop H. J.: *Explosion Investigation*; The Forensic Science Society and Scottish Academic Press 1980, pag. 44.

Handwritten signatures and initials:
C. M. H.
S. J.
M. P.
D. J.
M. V.

A vital step in any explosion investigation is to determine the explosion centre.⁶

Dopo avere notato che la localizzazione dell'esplosione non è sempre ovvia, Yallop aggiunge⁷

*The reason for determining the explosion centre lies in the deductions which can be made from it*⁸

Data quindi la rilevanza dell'individuazione del centro dell'esplosione, Yallop⁹ indica il metodo utilizzabile per tale individuazione.

*The method of determining the site of the explosion centre is to prepare a direction/damage diagram. This consists of a plan of the scene of the explosion, on which is marked the location of any damage which can confidently be ascribed to the explosion and which indicates the direction of travel of blast or fragments. The greater the number of such observations that can be put on diagram the greater the reliability of the deductions that can be made from it. In general, an effort should be made to find a minimum of ten such observations and if more can be found so much the better*¹⁰.

Particolarmente interessante è l'indicazione qui data sul metodo da seguire per individuare la localizzazione dell'esplosione, basato appunto sulla coerenza tra la direzione della deformazione e quella dell'onda di detonazione che la produce. Rilevante dal punto di vista del metodo, soprattutto nel nostro caso,

⁶ Un passo essenziale in ogni indagine relativa ad una esplosione è determinare il centro dell'esplosione.

⁷ Yallop; op. cit. pag. 45

⁸ La ragione per la quale si deve determinare il centro dell'esplosione sta nelle deduzioni che da esso possono essere ricavate

⁹ Yallop; op. cit. pag. 47

¹⁰ Il metodo per determinare la collocazione del centro dell'esplosione è quello di preparare un diagramma delle direzioni dei danneggiamenti. Esso consiste di una pianta del luogo dell'esplosione, sul quale siano indicate le localizzazioni di ogni danneggiamento che possa con sufficiente sicurezza essere attribuito all'esplosione e che indichi la direzione di spostamento dell'onda di detonazione o dei frammenti. Maggiore il numero di rilievi di questo tipo che possono essere posti sul diagramma, maggiore è l'affidabilità delle deduzioni che da esso possono essere tratte. In generale, ci si deve sforzare di trovare un minimo di dieci di tali rilievi e tanto meglio se se ne trovano di più.

[Handwritten signatures and initials]

deve inoltre essere considerata la specificazione del numero minimo di indicatori necessari affinché si possa considerare affidabile la localizzazione della bomba e quindi le conclusioni che se ne possono trarre. C'è da supporre che il numero minimo di dieci, qui indicato, sia stato dedotto dall'autore sulla base della sua esperienza; esso appare in effetti congruo, data la natura degli indicatori stessi. Si tenga conto inoltre che il testo di Yallop si riferisce in generale a situazioni nelle quali da un lato non ci sono dubbi sul fatto che si sia verificata un'esplosione e che i danneggiamenti sono esclusivamente quelli prodotti dall'esplosione, ma dall'altro si tratta di accertare per esempio se essa è dovuta ad una bomba o ad altro. Si comprende quindi come nel caso qui in esame, dove si deve accertare se si è verificata un'esplosione e nel quale si hanno anche danneggiamenti prodotti da sollecitazioni meccaniche, oltre che dall'urto con il mare e dalle operazioni di recupero, questo numero debba essere sostanzialmente aumentato.

Il problema della localizzazione del punto in cui sarebbe avvenuta l'esplosione è anche nel nostro caso fondamentale; non si può ragionevolmente parlare di esplosione a bordo se non si è in grado di individuare con ragionevole certezza questo punto o, almeno, indicare una posizione per cui non esistano evidenti controindicazioni. Il CPU in effetti, mostra di avere già assunto preventivamente, sulla base di dati che non ha reso espliciti, l'ipotesi che si sia verificata l'esplosione di una bomba a bordo ed ha quindi soltanto più il problema di trovarne una collocazione. Il CPU giunge quindi per esclusione alla conclusione che l'esplosione si è verificata nella toilette¹¹:

Le indagini tecniche di primo livello, come in precedenza riportato, hanno consentito di escludere con ragionevole certezza che l'esplosione possa essersi verificata all'interno della cabina passeggeri o dei vani del bagagliaio. Una ispezione al relitto consente anche di verificare immediatamente come l'esplosione non possa essere avvenuta all'interno dei vani carrello...

Si conclude allora che¹²:

L'unica parte del velivolo che ad indagini di primo livello non ha fornito alcuna indicazione sulla possibilità o meno di esplosione

¹¹ Perizia Tecnica, IX-57

¹² Perizia Tecnica, IX-58

MP
SP
ll
mm.

in corrispondenza di essa, è la parte di fusoliera posteriore, sovrastante il pavimento, compresa approssimativamente fra le stazioni 642 e 877.

Poichè il CPU non ha trovato alcun elemento che costituisca una prova certa dell'esplosione di un ordigno all'interno della toilette, può dire solo che vi sono elementi che potrebbero spiegarsi con un aumento di pressione nella toilette. Si afferma infatti¹³:

Come sarà ampiamente discusso in seguito, alcuni segni, generalmente costituiti da deformazioni e/o particolari impronte su alcuni frammenti esaminati, si sono potuti ritenere come non contrastanti con una ipotesi di una sovrasollecitazione per esplosione.

Le indagini metallografiche-frattografiche¹⁴ e quelle balistico-esplosivistiche¹⁵ non hanno infatti rinvenuto nessuno di quei segni tipici dell'esplosione che ne avrebbero fornito una prova pressochè certa. Lo stesso CPU rileva infatti che¹⁶:

.... sui frammenti esaminati, provenienti tutti da zone adiacenti agli ipotizzati centri dell'esplosione, non sono stati rinvenuti segni tipici dell'esplosione stessa quali:

- a) - Gas Washing
- b) - Pitting
- c) - Petalature
- d) - Particolari forme di rotture ai bordi dei frammenti
- e) - Forature od impronte di schegge secondarie (non appartenenti al contenitore dell'esplosivo)

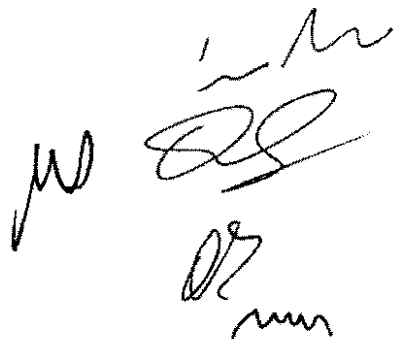
Tali tipi di segnature sono note agli esperti ed ampiamente descritte nella letteratura specifica. Il CPU, nel corso di ispezioni effettuate ai relitti dei velivoli B-747 (incidente di Lockerbie) e DC-10

¹³ Perizia Tecnica, IX-59

¹⁴ D. Firrao, S. Reale, R. Roberti, *Relazione di perizia metallografica-frattografica sull'incidente al velivolo DC-9 ITAVIA-27 giugno 1980; 29 luglio 1994*, in seguito indicata come *Perizia Frattografica*.

¹⁵ G. Brandimarte G., Ibisch E., Kolla P., *Relazione di perizia balistico-esplosivistica sull'incivolo DC 9 ITAVIA 27/06/1980; Roma 14/04/1993*. Tale perizia, in seguito indicata come *Perizia Esplosivistica* contiene 6 allegati.

¹⁶ Perizia Tecnica, IX-76



(incidente del deserto di Teneré), ha potuto constatare come alcune (se non tutte) delle predette segnature fossero chiaramente visibili sui predetti relitti, anche in zone poste a sufficiente distanza (ordine di grandezza del metro) dalla posizione della bomba in essi identificata in modo certo.

Nel concludere che la causa dell'incidente è stata una bomba nella toilette ci si basa quindi solo su indizi di interpretazione non univoca, quali devono essere considerate le deformazioni ed anche le cosiddette improntature (tutte spiegabili con la storia del relitto e che sono infatti rinvenibili, cosa che il CPU non pare avere notato, in varie zone del relitto stesso e che non sono assolutamente specifiche di un evento esplosivo), trascurando il fatto che manchino quei segni, che, la letteratura del settore e le ispezioni effettuate dal CPU presso i rottami degli aerei caduti a Lockerbie ed a Teneré, nonché gli esperimenti condotti nel corso della presente indagine, indicano come inequivocabili e sempre presenti nel caso di esplosione.

2.3 L'assenza di segni di schegge

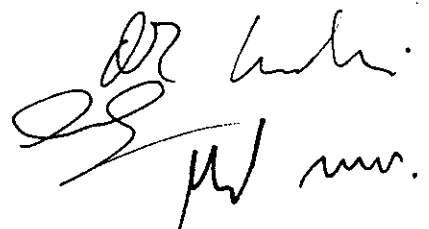
L'assenza di quei segni sopra ricordati che sono considerati come indicatori molto affidabili, in quanto legati alla elevata temperatura che si ha intorno alla zona dell'esplosione, potrebbe essere attribuita al fatto che mancano molti pezzi della toilette¹⁷. L'assenza dei fori o delle improntature prodotti eventualmente dalle schegge *primarie*, ma sicuramente da quelle *secondarie*, non è invece giustificabile in alcun modo, in quanto i fori o le improntature interessano una zona molto più ampia e devono quindi avere coinvolto anche parti recuperate.

Conviene illustrare più precisamente l'origine e gli effetti dei diversi tipi di schegge sopra ricordati.

Una delle caratteristiche delle sostanze esplosive è quella di frantumare le parti poste in zone immediatamente contigue: la grandezza che caratterizza questa proprietà si chiama *brisanza*¹⁸. In ogni esplosione si ha quindi produzione di frammenti: essi possono essere divisi in *primari* e *secondari*. I frammenti *primari* sono quelli provenienti direttamente dai costituenti della

¹⁷Come si sostiene in *Perizia Tecnica*, IX-103

¹⁸Bailey A., Murray S. G.: *Explosives, Propellants & Pyrotechnics*, Brassey's London 1989; pag. 33.



bomba come il contenitore, quelli *secondari* provengono dalle parti contigue alla bomba, ma non appartenenti ad essa, che vengono frantumati dall'onda di detonazione¹⁹. Questa distinzione può essere nell'analisi di certi aspetti dell'esplosione puramente teorica: si pensi ad esempio al caso nel quale l'ordigno sia stato collocato su di un piano. C'è da attendersi che il materiale costituente il piano si comporti dopo l'esplosione nello stesso modo del materiale costituente la bomba stessa, che si trova immediatamente sovrastante. Nel caso quindi che la carica sia "nuda", cioè non sia stata collocata in un contenitore, mancano i frammenti *primari*, ma sono sicuramente presenti quelli *secondari*, a meno che la carica non sia stata fatta esplodere in aria. I frammenti, sia quelli *primari* che quelli *secondari*, prodotti dalla bomba, animati come sono da alta velocità, producono fori sulle parti più contigue al centro dell'esplosione ed improntature su quelle più lontane. Diversa però è la rilevanza dal punto di vista più complessivo dell'indagine: il recupero di frammenti *primari*, una volta accertata la loro provenienza, costituisce un elemento di fondamentale importanza per il proseguimento delle indagini, in quanto permette di accertare la natura dell'ordigno, e quindi può dare indicazioni utili ad individuare anche chi lo ha preparato e collocato.

Se c'è un punto sul quale il lavoro del CPU avrebbe dovuto essere ben più approfondito è proprio quello di giustificare la totale assenza di ogni segno di schegge su tutti i reperti del DC9 alla luce della costante presenza di questi segni negli esempi citati in letteratura ed in tutti gli esperimenti effettuati dal Collegio Balistico-Esplosivistico.

Il CPU riconosce esplicitamente questo fatto nella sua relazione quando afferma²⁰:

Le indagini esplosivistiche, ed in particolare le analisi sperimentali, ivi compresa la prova in "full-scale", hanno messo in evidenza che, al verificarsi di una esplosione, nelle zone limitrofe, poste anche a non diretto contatto della carica, sono sempre presenti alcuni effetti primari dell'esplosione stessa, costituiti essenzialmente da impronte di schegge secondarie (nelle prove effettuate la carica era sempre "nuda") e rotture con petalature di diverse dimensioni.

Nelle prove di scoppio effettuate presso il poligono di Ghedi infatti pressochè tutti gli elementi presenti risultano interessati da fori e improntature di schegge

¹⁹Yallop op. cit.; pag. 65.

²⁰Perizia Tecnica, IX-84

Dr. Lotti
Dr. M. P.
Dr. M. P.

come si desume dalla relazione del Collegio balistico²¹

- perforazioni e improntature attribuibili a proiezioni di schegge sul materiale in lega leggera costituente le pareti del lavello, l'arredo interno della toilette, la base della struttura ed i rinforzi in lega leggera;
- alcune perforazioni ed improntature attribuibili a proiezione di schegge sulla lamiera simulante la paratia 786...
- alcune improntature attribuibili a proiezione di schegge sulla lamiera simulante la paratia 817...
- forti deformazioni, rotture, fori ed improntature di schegge sulle lamiere simulanti il rivestimento del motore;
- forti deformazioni, rotture, fori ed improntature di schegge sulla lamiera simulante la "pelle" della carlinga;

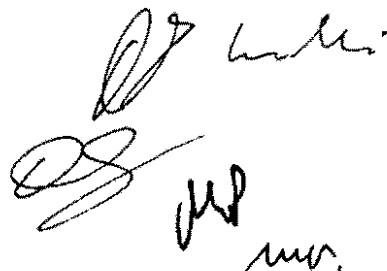
Nei relitti del DC9, per contro, non vi sono fori attribuibili a schegge. Si noti che la presenza di questi fori, al contrario delle deformazioni, non viene che in misura minima influenzata da una diversa collocazione della carica.

Nella letteratura riguardante le esplosioni a bordo di aerei, non mancano descrizioni di casi di bombe esplose nella toilette dai quali appare come la produzione di schegge sia imponente²². Anche nel caso di Lockerbie, il solo di cui noi come periti di parte civile disponiamo di documentazione, caso cui si riferisce spesso il CPU, per vari aspetti diverso da quello in esame, essendo l'esplosivo collocato tra i bagagli, e nei quali quindi ci si devono attendere certamente effetti diversi da quelli di una bomba nella toilette, è rilevata la presenza di improntature di schegge. Si afferma infatti²³:

²¹ *Perizia Esplosivistica*, Scheda C/2, allegati 6/6, pag. 3.

²² Krishnan R. V., Radhakrishnan S., Raghuram A. C. and Ramachandran, *Aircraft Accident Caused by Explosive Sabotage, Handbook of Case Histories in Failure Analysis*, ed. Khlefa A. Esaklul; vol. 2 ASM International, 1993. In questo caso la bomba era collocata, come si ricava dall'analisi della traiettoria della scheggia, nel raccoglitore della carta usata.

²³ AAIB; *Report on the accident to Boeing 747-121, N739PA at Lockerbie, Dumfriesshire, Scotland on 21 December 1988*, London HMSO 1990, in seguito citato come *Perizia Lockerbie*; pag. 46.



Clear evidence of soot and small impact craters were apparent on the internal surfaces of all fragments of container and structure from the shatter zone²⁴

Si deve constatare peraltro come il problema rappresentato dall'assenza delle schegge doveva essere ben noto al CPU che crede però di superarlo con argomentazioni prive di ogni validità scientifica. In *Perizia Tecnica*, X-76 si sostiene infatti:

La completa assenza sia di schegge primarie sia di segnature da schegge nell'intorno della zona toilet rende poi plausibile l'ipotesi che la carica esplosiva potesse essere di tipo "nudo" e, cioè, non racchiusa in contenitore rigido di qualsivoglia materiale ma, probabilmente contenuta in sacchetto di carta o materiale simile, tale, cioè, da non generare schegge primarie (appartenenti al contenitore dell'esplosivo).

Si tenta in questo testo di giustificare l'assenza di ogni segno di schegge (fori e improntature) con l'assenza di schegge *primarie*, avvalorando la tesi che una carica "nuda" non produca schegge *secondarie*; ora se è ben vero che una carica "nuda" non produce schegge *primarie*, ne produce sicuramente di *secondarie*, almeno che non si pensi che essa possa esplodere sospesa in aria e distante da ogni oggetto, situazione improponibile nel nostro caso. L'implicita e tortuosa negazione dell'esistenza delle schegge *secondarie* è direttamente ricavata dalla relazione dei periti degli imputati, che però la dichiarano esplicitamente²⁵:

nel caso di carica "nuda", e cioè non ricoperta da un contenitore metallico, non si generano schegge e pertanto il danno diretto riscontrabile sulle superfici esposte all'esplosione ha raggio molto limitato e perde consistenza a distanza di qualche decina di centimetri dalla carica

²⁴*Evidenti segni di fuliggine e di piccoli crateri dovuti ad impatto erano evidenti sulla superficie interna di tutti i pezzi del contenitore e delle strutture della zona fratturata*

²⁵*Bazzocchi E., Eula E., Oddone G., Neri P., Giubbolini M., Torti G., Cognigni A., Cardinali N.; Relazione peritale dei consulenti di parte inquisita. Incidente al velivolo DC-9 I-TIGI dell'Itavia occorso al largo dell'isole di Ustica il giorno 27 Giugno 1980; Roma 7 Marzo 1994; pag. 48 ; in seguito indicata come Perizia Imputati.*

mm.
OG *MP*
de
mm.

Essi giustificano tale affermazione facendo riferimento a documentazione di incidenti dovuti ad esplosioni, di cui noi non siamo in possesso; senza peraltro citare l'incidente di Lockerbie. Va detto che queste affermazioni dei periti di parte imputata sono state fatte prima di conoscere in via ufficiale i risultati delle sperimentazioni fatte a cura del Collegio Balistico che, come già sopra detto, hanno dimostrato una imponente produzione di schegge *secondarie*.

Anche ai suddetti periti però l'assenza di improntature pare strana e quindi in altro punto della loro relazione sostengono che²⁶

Il non ritrovamento di tali segnature²⁷ sulla superficie del lavello (che, d'altra parte trova ampia giustificazione nell'avanzato stato di corrosione del lavello stesso), unitamente all'esigua quantità delle segnature da schegge nella zona posteriore della fusoliera hanno indotto i consulenti di parte inquisita ad una più fine riflessione a carattere sia teorico che sperimentale sugli effetti dell'esplosione di un ordigno all'interno del velivolo.

Va detto che non risulta acclusa alla relazione sopra citata alcuna documentazione relativa all'ipotizzato ritrovamento di una *esigua quantità delle segnature da schegge nella zona posteriore della fusoliera*, che noi periti di parte civile non abbiamo notata, per quanto cercata, nè risulta essere stata osservata neanche dal CPU: ci pare quindi almeno doverosa una certa incredulità su di un reperto così importante. Gli stessi consulenti di parte imputata però, avendo assistito alle varie prove esplosivistiche sono costretti ad ammettere che²⁸:

L'evidenza di una discreta presenza di fori da schegge sui reperti recuperati dopo i singoli scoppi non può che essere attribuita al fatto che la carica proietta le facce del vano in cui si trova in tutte le direzioni.

Ed i periti degli imputati sono costretti a giungere alla conclusione che²⁹:

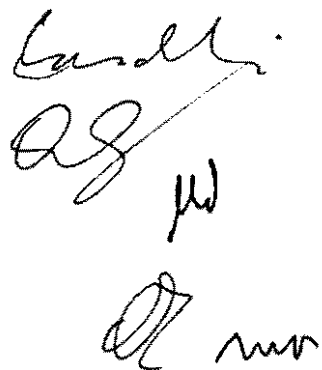
L'assenza di fori sul relitto del DC9 porta alla ovvia considerazione che l'ubicazione di prova della carica non sia la stessa di quella reale.

²⁶ Perizia Imputati, pag. 47

²⁷ Ci si riferisce al "gas wash", etc.

²⁸ Perizia Imputati, pag. 55

²⁹ Perizia Imputati, pag. 55

The bottom right corner of the page contains several handwritten signatures and initials. At the top is a large, cursive signature that appears to be 'Carrolli'. Below it are two smaller, more stylized signatures or initials, one of which looks like 'AG' and another like 'M'. At the bottom right, there is a signature that looks like 'M.M.' with a checkmark-like flourish.

Non è chiaro se i periti degli imputati intendano dire che nelle prove l'eventuale bomba non doveva essere collocata all'interno della toilette, oppure che doveva essere collocata in punti diversi all'interno della toilette. Ad essi è però sfuggito il fatto che, come si può facilmente comprendere, la presenza e la localizzazione delle schegge è abbastanza indipendente dalla collocazione della carica.

2.4 Le perizie collaterali

Come si vedrà ancora in seguito le contraddizioni all'interno di *Perizia Tecnica* sono numerose, ma totale è il contrasto tra la conclusione della *Perizia Tecnica* e quelle delle perizie effettuate dai cosiddetti colleghi collaterali, quelli Metallografico-Frattografico e quello Balistico-Esplosivistico³⁰. È naturalmente doveroso chiedersi perchè il CPU abbia sollecitato l'espletamento di perizie collaterali, così impegnative, se poi di esse non si tiene alcun conto e dei loro risultati ci si sbarazza con poche espressioni banali e prive di significato.

Noi non sosteniamo naturalmente che la dinamica dei fatti quale si ricava dalle simulazioni, dagli esperimenti o dalle analisi teoriche, debba coincidere in tutti i particolari con quella che si sarebbe avuta sul DC9, qualora effettivamente fosse esplosa una bomba nella toilette, ma ci sembra che il quadro coerente che questi diversi approcci al problema offrono avrebbe meritato ben maggiore attenzione da parte del CPU. Ci pare francamente incredibile che il CPU non abbia notata, analizzata e tenuta nel dovuto conto la coerenza che esiste nel descrivere gli effetti di una bomba nella toilette tra la pregevole analisi teorica di un perito degli imputati³¹, gli esperimenti e le simulazioni numeriche effettuati dal Collegio Balistico ed il totale contrasto di questi dati con i danneggiamenti nella toilette, quali si osservano sul relitto del DC9.

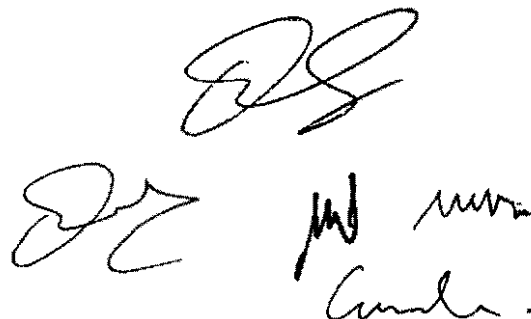
In conclusione delle sue ricerche, tenendo conto anche di questo quadro coerente, il Collegio Balistico osserva³²:

... si può concludere che l'esplosione di un ordigno all'interno

³⁰Tali colleghi ed anche le relative perizie saranno nel seguito più semplicemente indicati come frattografiche e balistiche

³¹Bazzocchi E.; *INCIDENTE OCCORSO AL DC-9-ITAVIA IL 27 GIUGNO 1980 IN PROSSIMITÀ DELL'ISOLA DI USTICA; II^a Relazione relativo agli studi condotti sul relitto del velivolo DC9-Serie 10 - Nominativo I-TIGI della Società ITAVIA - intesi a stabilire le cause tecniche della sua caduta durante il volo da Bologna a Palermo il giorno 27 Giugno 1980*, 25,5,1994, in seguito citata come *Relazione Bazzocchi*.

³²*Perizia Esplosivistica*, 43-5

The bottom right of the page contains several handwritten signatures and initials. There is a large, stylized signature that appears to be 'ES'. Below it, there are smaller initials, possibly 'JD' and 'MVA'. At the bottom right, there is a signature that looks like 'Candela'.

dell'aeromobile può essere considerato, allo stato attuale, come un evento con scarsi riscontri obiettivi e quindi estremamente improbabile.

Ed ancora³³:

Anche l'ipotesi di esplosione di un ordigno posto nel vano toilette di poppa dell'aereo, che in un primo tempo poteva apparire plausibile in base all'osservazione di alcune particolari rotture o deformazioni strutturali in corrispondenza del medesimo o in zone ad esso adiacenti, non ha trovato convincente riscontro con i risultati delle simulazioni numeriche e delle prove pratiche di scoppio. Per di più un attento esame di tale zona ha posto in evidenza alcuni particolari che giocano a sfavore di tale ipotesi (ad es. strappo delle viti di fissaggio della cerniera e della modanatura della porta della toilette congruenti con una depressione creatasi all'interno di questo locale, assenza di zone con sciami di perforazioni o improntature di schegge sulle pareti della toilet e sulle strutture ad essa adiacenti, assenza di danneggiamenti significativi della tavoletta copriwater).

Anche le conclusioni del Collegio Frattografico, pur dedicate esclusivamente ad analisi di tipo specialistico, vanno nel senso di escludere l'esplosione nella toilette. Si afferma infatti³⁴

Si è quindi proceduto ad una analisi delle deformazioni e delle fratture di:

..... 5) Numerosi reperti posizionati nella zona della toilette; si è verificato in particolare che sui reperti analizzati, AZ 498 (pezzo di fusoliera in lega di titanio prospiciente il motore destro), AZ 519 (pezzo di ordinata ad esso adiacente), AZ 511 (contenitore di fazzoletti), AZ 558 (lavello), AZ 453 (tubo lavaggio contenitore liquami WC), non sono presenti segni di esposizione ad alta pressione o ad alta temperatura; sui reperti AZ 498, AZ 519, AZ 558 sono state anche svolte numerose ed approfondite analisi metallografiche che hanno escluso deformazioni a livello microcristallino o fenomeni connessi con una ricristallizzazione; sono stati analizzati anche

³³ Perizia Esplosivistica, 43-5

³⁴ Perizia Frattografica, 128

Luca
af
W
Z *nu.*

lastre e lavelli in acciaio inossidabile, sottoposti a prova di scoppio a cura del Collegio Balistico-Esplosivistico, ritrovando, invece, tutti i segni microstrutturali sopra menzionati ed anche talvolta, fenomeni di "rolled edges" e "gas washing"; si è anche osservato che la porta della toeletta sembra essersi aperta verso l'interno (vedi esami del reperto AZ 639 - modanatura della porta).

Il CPU cerca di superare la totale discordanza di tutte queste conclusioni con la sua tesi osservando che³⁵:

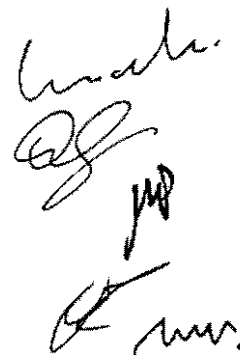
I risultati conseguiti nell'ambito della Perizia balistico-esplosivistica sono coerenti con un esame strettamente legato agli effetti localizzati di esplosione conseguenti ad un particolare posizionamento e dimensionamento della carica.

Essi possono assumere un diverso aspetto se inquadrati in un contesto più ampio che tenga conto anche delle evidenze derivanti da un esame specialistico del relitto, che il predetto Collegio non era tenuto ad effettuare, e della possibile diversa disposizione e dimensione della carica.

Queste affermazioni appaiono, già ad un primo esame, da un lato non corrispondenti al vero e dall'altro prive di qualsiasi validità scientifica. Non corrispondenti al vero perchè, come dimostra la citazione da noi fatta poco sopra, il Collegio Balistico giunge alla sua conclusione anche sulla base di considerazioni a carattere non locale. Prive di validità scientifica perchè se si tenta di interpretare la voluta oscurità di linguaggio ci si deve inizialmente chiedere cosa si intenda con la frase *strettamente legato agli effetti localizzati*. Il CPU dichiara di avere osservato sui relitti degli incidenti di Lockerbie e di Teneré *...signature chiaramente visibili ... anche in zone a sufficiente distanza (ordine di grandezza del metro)³⁶*; si deve quindi intendere che *localizzato* si riferisce quindi a ordini di grandezza minori, diciamo dell'ordine dei centimetri. Ma allora la frase è incomprensibile visto che il CPU sa bene come non siano stati recuperati pezzi di questo ordine di grandezza sui quali sia possibile fare un qualche confronto. Se poi vogliamo seguire l'indicazione del CPU dobbiamo tenere conto del *diverso aspetto* che assumono questi effetti *se inquadrati in un contesto più ampio*. Anche qui la frase è priva di significato: se il *più ampio*

³⁵ Perizia Tecnica, IX-108

³⁶ Perizia Tecnica, IX-103, da noi riportata a pag. 8



è inteso in senso spaziale, allora non è chiaro perchè non si citi il fatto che mancano segni di schegge. Se invece lo si intende in senso generico, allora è doveroso spiegare cosa significhi *esame specialistico del relitto*.

Va in conclusione notato come il *posizionamento e il dimensionamento della carica* sia stato adottato dal collegio balistico dopo aver escluso, in base all'esame dei reperti, le altre possibili localizzazioni e che in ogni caso le considerazioni che ne derivano sono in certa misura indipendenti dal posizionamento della carica.

Di fronte ad una così evidente assenza di ogni indicazioni di esplosione ci si sarebbe dovuto attendere da un CPU, che avesse minimamente seguito un qualche metodo scientifico, una ricerca su quale tipo di esplosione potesse avere lasciato così poche tracce e nello stesso tempo avere prodotto la caduta dell'aereo: e quindi in assenza di una risposta la più semplice e corretta conclusione che non vi è stata bomba. Ma evidentemente il metodo utilizzato dal CPU è diverso; ed è ben illustrato nella sua povertà scientifica là dove il CPU fa riferimento alle conclusioni contrarie all'ipotesi bomba di tutte le perizie collaterali³⁷:

I risultati delle indagini chimiche, metallografiche e frattografiche di secondo livello, pur non fornendo convalide relativamente all'ipotesi di esplosione, hanno tuttavia fornito indicazioni che la possibile posizione dell'ordigno esplosivo all'interno della toilet doveva essere sufficientemente distante dai reperti esaminati

Anche se i fenomeni esplosivi possono presentare alcuni effetti non strettamente deterministici, in linea di massima si può dire che anche per essi esiste una buona correlazione tra causa ed effetto. Gli effetti prodotti da una esplosione sono fisicamente correlati al fatto che ogni esplosione produce una elevata temperatura ed un'onda di detonazione. Esistono effetti dovuti esclusivamente all'esplosione, altri dei quali è meno univoca la causa; esistono effetti presenti nelle immediate vicinanze del centro dell'esplosione ed altri che si possono rinvenire a distanze maggiori. Quello che però il CPU pare non avere capito e che ad una certa causa (l'esplosione) devono seguire certi effetti, come il buon senso tecnico e tutti gli esperimenti hanno confermato; se si ipotizza una esplosione in un certo punto ed oggetti contigui a questo punto non mostrano alcun segno di tale esplosione non si deve fare altro che prendere atto che l'esplosione

³⁷ Perizia Tecnica, IX-107

AS
M
St
mm.

non è avvenuta. Esistono cioè anche elementi contrari all'ipotesi; con un puro gioco verbale invece, per il CPU, gli elementi contrari alla tesi da loro privilegiata vengono degradati ad elementi che non forniscono convalide. Ci si potrebbe naturalmente chiedere quali sono gli elementi che secondo il CPU possono considerarsi contrari, ma quello che ci interessa porre qui in rilievo è la bizzarra tecnica con cui si determina la collocazione della bomba, tecnica che potrebbe sinteticamente, ma efficacemente essere descritta come *quella che non può essere smentita da nessuno dei reperti esaminati*.

Intendiamo segnalare un ulteriore punto: si parla nella frase sopra citata³⁸ di *reperti esaminati*. Ci saremo attesi in realtà che si parlasse piuttosto di *reperti recuperati*: da un esame del Data Base contenente l'elenco dei frammenti recuperati e la loro collocazione sul velivolo si può notare infatti come vi siano numerosi pezzi appartenenti alla zona della toilette che il CPU, senza dare di ciò una spiegazione, non ha creduto neanche di citare, oltre che di esaminare e di cui quindi non ha tenuto conto.

Una strategia di indagine scientificamente corretta avrebbe dovuto a questo punto prendere atto che l'ipotesi bomba non è sostenibile ed avrebbe dovuto indirizzare le sue ricerche verso altre ipotesi: come sarà illustrato in una successiva nostra memoria alcuni degli elementi necessari ad esaminare una diversa ipotesi sulle cause della caduta del DC9 erano in effetti già disponibili al CPU.

2.5 La collocazione della bomba

Come sopra più volte ricordato il CPU non è riuscito a trovare una collocazione della bomba; anche questo tentativo fallito è stato però guidato da alcuni criteri, che il CPU chiama *presupposti* e che dichiara essere due³⁹:

Le considerazioni sulla possibile posizione della carica all'interno della toilet debbono ragionevolmente basarsi sui seguenti due presupposti essenziali:

- *La posizione della carica e, quindi, gli effetti diretti dell'esplosione debbono essere consistenti con le sospette deformazioni ed improntature dei frammenti descritte nei precedenti paragrafi.*

³⁸ Perizia Tecnica, IX-107

³⁹ Perizia Tecnica, IX-74

QJ Ludi
M
AT mo.

- *La carica deve essere posizionata in zona ovviamente accessibile dall'esterno ma, nello stesso tempo, tale da fornire un accettabile grado di occultamento.*

Un terzo presupposto, fondamentale a giudizio degli scriventi, utilizzato di fatto dal CPU, ma curiosamente non citato in questa occasione è quello che la posizione della carica e, quindi, gli effetti diretti dell'esplosione non debbono essere in contrasto con le condizioni dei reperti che erano contigui alla carica. Che anche questo debba essere un criterio nella localizzazione dell'esplosione, e che in realtà il CPU lo utilizzi quando esclude che l'esplosione sia avvenuta nella cabina passeggeri, nel bagagliaio o in alcuni punti della toilette, non ha, a nostro avviso, bisogno di ulteriori dimostrazioni.

Dall'analisi della struttura della toilette il CPU ricava un elenco delle possibili collocazioni della bomba⁴⁰; riferendosi alla Figura IX-58 della *Perizia Tecnica* si sostiene come da essa si possa:

osservare che i possibili posizionamenti della carica tali da soddisfare i requisiti di cui al primo dei precedenti punti, possono essere, come indicato nella figura stessa:

1. *Contenitore dei fazzoletti di carta posto superiormente al WC*
2. *Contenitore dei copritazza del WC adiacente al precedente*
3. *Interno del serbatoio contenente gli scarichi della toilet, accessibile dal foro della tazza del WC*
4. *Contenitore degli asciugamani di carta*
5. *Contenitore rotoli di carta igienica*
6. *Mobiletto sottostante il lavandino ed aree accessibili attraverso esso*

Il CPU non è in grado di fornire un'indicazione univoca sulla collocazione dell'ordigno esplosivo; esclude però alcune collocazioni indicandone altre come più probabili. Le posizioni 1 e 2 vengono escluse applicando il non dichiarato criterio sopra ricordato, in base allo stato del contenitore dei fazzoletti (AZ 511)⁴¹:

⁴⁰ *Perizia Tecnica*, IX-78

⁴¹ *Perizia Tecnica*, IX-76

[Handwritten signatures and initials]

Il non elevato grado di deformazione e la completa mancanza di segni di esplosione sul relitto del contenitore dei fazzoletti, farebbero anche escludere un posizionamento della carica all'interno del contenitore stesso (posizione 1 di Fig. IX-58) e, di conseguenza, anche all'interno del contenitore dei copritazza del WC ad esso adiacente (posizione 2 di Fig. IX-58).

Andrebbe naturalmente aggiunto, come elemento contrario a questa collocazione, anche il copritazza del WC (AZ 595), recuperato totalmente integro e che si trova immediatamente sotto questi contenitori, ma per un motivo che chiariremo tra un attimo, il CPU si dimentica qui di citarlo tra gli elementi contrari.

Le posizioni 2, 4, e 5 vengono ritenute poco probabili perchè ad elevato rischio di individuazione⁴². Il CPU conclude così che⁴³:

.. i possibili posizionamenti della carica potrebbero essere il serbatoio degli scarichi (posizione 3 di Fig. IX-58), l'interno del mobiletto sottostante il lavandino (posizione 6 di Fig. IX-58) e lo spazio esistente tra il rivestimento di fusoliera e la parte interna della toilet (se accessibile).

La posizione 3, che il CPU indica come possibile, non tiene in alcun conto le condizioni del copritazza del WC (AZ 595) e del tubo di lavaggio del contenitore degli scarichi (AZ 453), che, data la loro vicinanza e collocazione rispetto al centro dell'esplosione, avrebbero dovuto portarne i segni, segni che invece non si osservano: aiuta a questo punto la dimenticanza sopra ricordata.

Per contro una collocazione sotto il mobiletto del lavello è in totale disaccordo con tutte le ripetute analisi che sono state fatte su questo reperto e che saranno descritte brevemente nel capitolo successivo oltre che con i risultati degli esperimenti di scoppio.

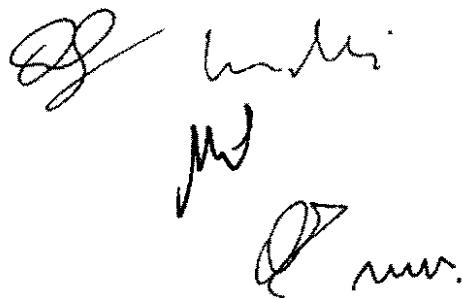
Altrove viene detto⁴⁴:

Comunque la posizione più probabile sembra tra la lamiera del velivolo e la parete della toilet tra le staz.ni 804 e 806. L'accesso più probabile a questa area è attraverso il contenitore anteriore dei fazzoletti di carta

⁴² Perizia Tecnica, IX-75

⁴³ Perizia Tecnica, IX-76

⁴⁴ Perizia Tecnica, IX-107



Si noti come questa collocazione sia in totale contrasto con le osservazioni fatte dal CPU a proposito del reperto AZ 511, che hanno portato a escludere la posizione 2; anche in questo caso infatti il reperto si verrebbe a trovare nelle immediate vicinanze dell'esplosione. Ma tale collocazione sarebbe in ogni caso anch'essa incompatibile con il copritazza del WC; e la dimenticanza sopra ricordata torna una volta ancora utile, per non mostrare la contraddizione delle conclusioni.

Del resto, nel riportare i risultati della perizia frattografica relativamente ai reperti AZ 498 , AZ 519 , AZ 511 il CPU aveva concluso, come già ricordato, che⁴⁵:

...la possibile posizione dell'ordigno esplosivo all'interno della toilet doveva essere sufficientemente distante dai reperti esaminati.

Anche per l'ultima posizione indicata sopra come lo spazio esistente tra il rivestimento di fusoliera e la parte interna della toilette, sulla quale però il CPU ha dei dubbi sulla sua accessibilità, va detto che essa avrebbe in ogni caso interessato il copritazza del WC. Va inoltre aggiunto come sia francamente deplorabile che il CPU non sia riuscito in quattro anni di lavoro e con i mezzi avuti a disposizione ad accertare se questa posizione era o meno accessibile; non siamo tuttora in grado di sapere se gli accertamenti chiesti alla Polizia Scientifica dal dr. Priore hanno sciolto questo dubbio.

Tutte le difficoltà incontrate nel collocare la bomba all'interno della toilette sono passate in rassegna nel paragrafo 5.7.4 della *Perizia Tecnica*. Siamo d'accordo sull'impossibilità di trovare una collocazione di una eventuale bomba dovuta semplicemente al fatto che non vi è stata bomba e crediamo che il CPU avrebbe dovuto più seriamente esaminare ipotesi alternative; non siamo ancora una volta in accordo con la tecnica utilizzata anche in questo frangente dal CPU per superare questa fondamentale difficoltà. Scrive infatti il CPU⁴⁶:

Peraltro, come già detto, gli effetti di una esplosione dentro uno spazio limitato di forma e struttura complicata non sono prevedibili. Non è quindi possibile pervenire ad una conclusione assolutamente sicura.

⁴⁵ *Perizia Tecnica*, IX-107

⁴⁶ *Perizia Tecnica*, IX-106

MS
MS
MS

Se il CPU avesse dedicato una qualche attenzione ai risultati delle simulazioni numeriche ed agli esperimenti effettuati dal Collegio Balistico, da lui stesso commissionati, oltrechè va detto, alle analisi teoriche effettuate da un perito degli imputati⁴⁷, si sarebbe reso conto di quanto invece gli effetti di una esplosione siano prevedibili.

2.6 I danneggiamenti nella zona della toilette

2.6.1 Introduzione

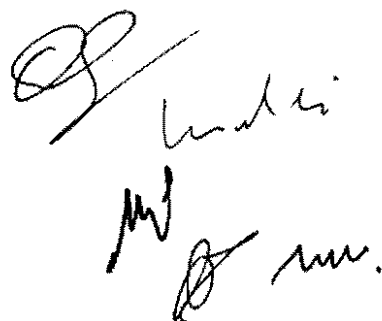
Analizzeremo nel seguito l'insieme dei danneggiamenti nella zona toilette, utilizzando i dati reperibili sia dalla *Perizia Tecnica* che dalla relazione del Collegio Frattografico e da quelle del Collegio Balistico.

Dopo alcune considerazioni sulle due pareti che limitano la toilette, pareti che appartengono alle ordinate 786 e 817, saranno in questo capitolo ed in quello successivo analizzati i singoli frammenti appartenenti alla toilette ed alle zone contigue. Su alcuni di questi frammenti, che pure vengono citati nella *Perizia Tecnica* come appartenenti alla toilette, il CPU non ha ritenuto opportuno effettuare alcuna analisi, senza che di ciò sia data alcuna spiegazione. Ma la consultazione del Data Base contenente l'elenco di tutto ciò che è stato recuperato mostra, come sopra già osservato, che esistono ulteriori frammenti appartenenti alla zona della toilette, che non sono stati inspiegabilmente citati dal CPU.

Nel seguito useremo sempre la convenzione che le parti avanti, dietro, destra e sinistra si intendono nel senso del moto.

Noi non crediamo che i danneggiamenti riscontrati nella zona toilette siano caratteristici di una esplosione, ma che essi siano invece giustificabili una volta che si tenga conto, in modo un poco più preciso, della dinamica del danneggiamento subito dall'aereo. Questo prima di tutto sulla base del fatto che analoghi danneggiamenti si trovano in altre parti del relitto, ma soprattutto sulla base di una osservazione già fatta sopra. La parte finale della fusoliera e la coda hanno subito, all'atto dell'incidente e prima del distacco, movimenti e deformazioni complesse di cui esistono abbondanti tracce, che sono descritte ed analizzate nella Relazione del Collegio Frattografico. Anche senza entrare per ora nel merito della causa iniziale di questa dinamica, è doveroso pensare che

⁴⁷ *Relazione Bazzocchi*



durante questo processo i vari pezzi abbiano, prima di staccarsi dal grosso del velivolo, interagito tra di loro: questa interazione è la causa dei segni presenti sui rottami della zona toilette, che il CPU attribuisce invece all'azione di una esplosione.

La toilette, come già detto è compresa tra le ordinate 786 e 817 che hanno anche altre importanti funzioni: la prima è quella che sopporta le longerine di attacco dei motori, la seconda è la paratia di pressurizzazione.

Il comportamento di queste due ordinate, nel caso di esplosione nella toilette, è stato analizzato a lungo, tenendo conto che di esse sono stati recuperati vari pezzi. La loro dinamica è infatti descritta in modo rimarchevolmente concorde dalle simulazioni numeriche, dalle prove di scoppio ed anche, come è doveroso osservare, dall'analisi teorica di un perito degli imputati⁴⁸.

Nella prova di scoppio effettuata a cura del Collegio Balistico si è constatato che⁴⁹:

...le paratie 786 e 817 hanno superato il terrapieno e sono state ritrovate a grande distanza dal punto di scoppio.

Ciò è in perfetto accordo con i risultati della simulazione numerica dalla quale risulta che⁵⁰:

- *la paratia 786 si imbozza pesantemente al suo centro (forse con rottura), si distacca dalla fusoliera e dopo un'iniziale rotazione attorno al suo vincolo con il pavimento si plasticizza e poi si rompe in tale zona, la sua proiezione verso la cabina passeggeri avviene, per alcuni pezzi, con velocità dell'ordine di 200-400 m/s;*
- *sulla paratia 817 si assiste alla probabile formazione di un foro vagamente circolare del diametro di circa 40-60 cm. Successivamente la paratia si distacca dalla fusoliera e dal pavimento e viene proiettata verso il retro del velivolo con velocità dell'ordine di 50-200 m/s;*

⁴⁸ Relazione Bazzocchi

⁴⁹ Perizia Esplosivistica, all. 6/6, scheda C/2, pag. 3

⁵⁰ Perizia Esplosivistica, 23/5

OG
MP
DT

Queste proiezioni, che interessano entrambe le paratie, non sono sensibilmente influenzate dalla collocazione della carica, come si può dedurre dalla perizia balistica⁵¹:

Ciascuna delle esplosioni analizzate provocherebbe rilevanti danni alla struttura non fosse altro che per le pressioni quasi statiche, riportate nel paragrafo 2.2.3, che eccedono di molto la resistenza strutturale anche dei componenti (come la paratia stagna) che sopportano la normale pressurizzazione in cabina. In particolare, in ciascuno dei casi esaminati la parte di paratia stagna prospiciente l'esplosivo viene espulsa.

Si noti che nei casi esaminati la carica esplosiva variava tra 0.25 e 1.5 Kg.

Su questa dinamica che interessa le paratie racchiudenti la toilette è d'accordo anche un perito degli imputati⁵² che a seguito del calcolo dei carichi che si sviluppano sulla paratia di pressurizzazione per effetto dell'esplosione conclude:

È quindi pienamente giustificato che la paratia sia stata completamente divelta e proiettata all'indietro.

Si può escludere che, nel caso del relitto del DC9, sia avvenuta questa violenta proiezione delle paratie; in particolare, per la 817 o sue parti, essa non sarebbe potuta avvenire senza lasciare notevoli tracce sulla zona della coda che è stata recuperata pressochè integra e senza alcun segno o foro di schegge. Analizzeremo ora i singoli frammenti appartenenti alle due paratie.

2.6.2 L'ordinata alla stazione 786

Questa ordinata corrisponde alla parete anteriore della toilette e contiene le longherine che sopportano gli attacchi anteriori dei motori. Essa ha avuto un importante ruolo nella dinamica di frattura, poichè ad essa appartengono i primi elementi che si sono fratturati ed attraverso tale ordinata la rottura si è, se così si può dire, *propagata* dal motore destro a quello sinistro.

La fase iniziale della dinamica di frattura del DC9, quale descritta dal CPU, è stata la seguente⁵³:

⁵¹ Perizia Esplosivistica, all.6/4, pag. 48

⁵² Relazione Bazzocchi, Vol. 2, pag. 5

⁵³ Perizia Tecnica, IX-98

Luigi
RS
RL
mw

...l'esplosione all'interno della toilet può avere innescato, tra l'altro, la seguente serie di eventi:

1. Distruzione della parte destra dell'ordinata 786 con conseguente distruzione del vincolo anteriore del motore destro con la fusoliera (sezione critica) e conseguente distacco della stesso;
2. Indebolimento dell'intera ordinata 786 e, quindi, successivo cedimento del vincolo anteriore del motore sinistro con la fusoliera (sezione critica) e conseguente distacco.

Dalla Fig. IV-72 della *Perizia Tecnica* si ricava che della parte sopra il pavimento sono stati recuperati vari frammenti. Dal ruolo avuto nella dinamica di frattura dell'ordinata 786 sopra descritta tutta la paratia avrebbe dovuto destare l'interesse del CPU: in realtà solo il lato destro è stato esaminato, confrontandone le deformazioni con quelle previste dalle analisi esplosivistiche. Tale confronto ha dato il seguente risultato⁵⁴

Gli unici frammenti recuperati relativi alla zona in esame sono i frammenti AZ 603, AZ 454, AZ 528 e AZ 495. Tra questi, l'unico che consente una valutazione ragionevole è l'AZ 495 che, mostrando segni di rigonfiamento verso l'esterno della toilet, non sembra in disaccordo con i risultati dello studio effettuato.

Dopo avere posto in evidenza che non risulta comprensibile il significato di *valutazione ragionevole*, passiamo in rassegna i singoli pezzi.

AZ 454

Si tratta del reperto 1384, target 16; ritrovato in zona E e definito *Fusoliera-frammento ordinata*. È un frammento dell'ordinata 786 collocata nella parte superiore destra della fusoliera che non pare essere stato analizzato dal punto di vista frattografico. Esso avrebbe invece dovuto esserlo in quanto la sua posizione di ritrovamento, farebbe pensare che dovrebbe essere stato fratturato immediatamente dall'evento iniziale⁵⁵

⁵⁴ *Perizia Tecnica*, IX-82

⁵⁵ *Perizia Tecnica*, IV-80



AZ 495

È il reperto 1509, target 163; recuperato in zona E ed indicato come *Fusoliera-frammento lamiera ordinata 786 (attacco anteriore motore)*. È un frammento estremamente importante in quanto è una parte della parete collocato sotto le longherine di collegamento anteriori dei motori. Secondo la *Perizia Tecnica* è bombato nel senso di una sovrappressione nella toilette nella parte inferiore ed in senso inverso nella parte superiore. È considerato elemento a favore dell'ipotesi di una esplosione interna. Le deformazioni di tale pezzo sono così descritte⁵⁶:

... il frammento, nella sua parte inferiore, presenta una marcata bombatura verso l'esterno della toilet, ed un ripiegamento a livello del pavimento, che potrebbero essere consistenti con una sollecitazione dovuta ad elevato valore di pressione agente verso l'esterno della toilet stessa. La parte superiore del frammento risulta comunque bombata in direzione contraria alla precedente...

Non viene spiegato come la deformazione della parte superiore sia conciliabile con l'elevato valore di pressione agente, a detta del CPU, pochi centimetri più sotto. Per le stesse deformazioni, il Collegio Frattografico da spiegazioni diverse⁵⁷

L'analisi del reperto AZ 495 ... porta ad ipotizzare che esso sia stato assoggettato ad un'azione di compressione nel piano della lamiera in direzione y.

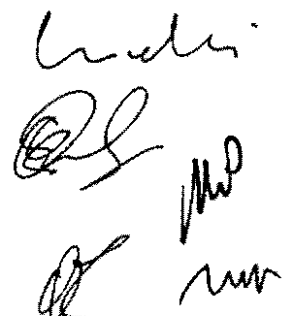
La direzione *y* nella quale è applicata la compressione è, nella simbologia adottata dal Collegio Frattografico incompatibile con l'azione dovuta ad una esplosione che avrebbe dovuto svilupparsi nella direzione *z*. Del resto dubbi sulla semplicistica spiegazione data dal CPU su questo reperto sembrano esserci anche all'interno del CPU stesso, se in altro punto scrive che⁵⁸ :

La bombatura del frammento AZ 495 e la sua ripiegatura a livello del pavimento, è certamente consistente con elevati valori di

⁵⁶ *Perizia Tecnica*, IX-63

⁵⁷ *Perizia Frattografica*, 59

⁵⁸ *Perizia Tecnica*, XI-73



pressione all'interno della toilet ma occorre osservare che bombature simili, anche se di curvatura opposta, sono presenti in altri elementi ad esso adiacenti, come visibile in Fig. IX-57, plausibilmente determinate da elevati valori di sollecitazioni meccaniche al momento del collasso in volo della parte di struttura in esame.

Sembrerebbe quindi logico concludere che se bombature simili di curvatura opposta sono determinate da sollecitazioni meccaniche lo sia anche quella del reperto in esame; è doveroso inoltre osservare che eventuali imbozzamenti dovuti ad instabilità indotta da elevate sollecitazioni meccaniche che si verificassero in tempi successivi ad analoghi imbozzamenti provocati da sovrappressione ne provocherebbero un aumento e ben difficilmente un'inversione di segno.

AZ 526

È la parte sinistra della parete attaccata all'ordinata 786, che si estende dal correntino 4 fino a quello 16, rinvenuta sempre in zona F. È definito come *Fusoliera-frammento ordinata* e non risulta essere stato analizzato.

AZ 527

È la parte superiore dell'ordinata 786 che va dal correntino 4 di sinistra fino a quello 4 di destra, rinvenuta in zona F, definito come *Fusoliera-frammento ordinata*. Di questo frammento, non analizzato ulteriormente, si dice solo che, dalla posizione di recupero, si è staccato prima della parte sinistra⁵⁹.

AZ 528

Si tratta di un pezzo dell'ordinata 786 con attaccato un pezzo di parete che va dal correntino 7 di destra fino a quello 18 che è quello posto al livello del pavimento, ritrovato in zona F.

AZ 603

È sempre pezzo dell'ordinata 786; più precisamente è la parte interna corrispondente alla 528.

Sono stati recuperati anche alcune parti appartenenti alla parte sotto il pavimento che sono quelle indicate dalle sigle AZ 1051, AZ 1050

⁵⁹Perizia Tecnica, IV-80

AG L. M.
M.P.
DZ
M.V.

2.6.3 L'ordinata alla stazione 801

Questa ordinata è quasi equidistante tra la 786 e la 817. Essa è quindi in corrispondenza del WC ed anche del porta salviette (AZ 511), e dista alcuni centimetri dalla stazione 804 in prossimità della quale il CPU individua una delle più probabili collocazioni della bomba⁶⁰. Appartengono a questa ordinata vari frammenti che sono qui di seguito indicati, alcuni dei quali non risultano essere stati esaminati.

AZ 506

Porta il numero di reperto 1469, target 120, recuperato in zona E ed appartenente al correntino di destra 8, che corrisponde ad una posizione intermedia tra il pavimento ed il culmine del soffitto. Viene ricordato senza ulteriori commenti⁶¹.

AZ 519

Ha il numero di reperto 1487, target 139, recuperato in zona E ed appartenente al correntino destro 14. L'analisi di questo reperto effettuata dal Collegio frattografico⁶² non ha riscontrato nessuno dei segni di esplosione, per quanto la sua collocazione sia vicinissima ad alcune delle collocazioni presunte dell'esplosione.

AZ 531

È il pezzo avente numero di reperto 1589, target 54, ritrovato in zona F, descritto come *Fusoliera-frammento di ordinata con correntino*, appartenente al correntino destro 2, collocato quindi sul soffitto.

AZ 532

È il reperto numero 1557, target 21 ritrovato in zona F descritto come appartenente alla *toiletta-attacco superiore parete lato corridoio*, e posto in corrispondenza del correntino destro 3.

⁶⁰ Perizia Tecnica, IX-107

⁶¹ Perizia Tecnica, IX-61

⁶² Perizia Frattografica, 40

OG *Luigi*

M

AL *nu.*

AZ 533

È il reperto 1582, target 47 ritrovato in zona F, appartenete all'ordinata 801, ed al corrente sinistro 3 ed è definito come *Attacco sup. per eventuale parete corridoio*.

AZ 549

È il reperto 1592, target 59 recuperato in zona F ed appartenente all'ordinata 801; appartiene al corrente sinistro 18 definito come *Cabina passeggeri frammento trave pavimento*.

AZ 552

Si tratta del reperto 1571, target 35, recuperato in zona F ed appartenente all'ordinata 801 ed al correntino 18⁶³. È semplicemente citato⁶⁴, senza che su esso siano ricordate particolari analisi.

2.6.4 L'ordinata alla stazione 817

Questa è la paratia pressurizzata che costituisce la parete posteriore della toilette; essa contiene la riquadratura nella quale vi è lo stipite della porta passeggeri posteriore.

AZ 497

È il reperto 1576 target 40 recuperato in zona F. È la lastra appartenente alla parte destra inferiore della riquadratura della porta di accesso posteriore, che è stata invece ritrovata in zona E.

AZ 534

Si tratta del reperto 1433, target 76 recuperato in zona E. Frammento contenente parte della stipite inferiore della porta di ingresso posteriore alla cabina passeggeri.

⁶³Non è specificato se destro o sinistro

⁶⁴Perizia Tecnica, IX-67

AG
MP

AG
MP

Questi due pezzi recuperati nelle zone rispettivamente E ed F appaiono essere i più rilevanti per quanto riguarda l'ipotesi di esplosione interna. Lo stato di AZ 497 è così descritto⁶⁵

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

Per quanto riguarda AZ 534 si dice che⁶⁶:

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

Nel riassumere i risultati delle simulazioni numeriche effettuate nell'ambito della perizia balistico esplosivistica si dice⁶⁷:

I principali risultati conseguiti nell'ambito di queste analisi possono così sintetizzarsi:

- a) - *Le deformazioni dello stipite della porta (frammento AZ 534) sono consistenti con ogni peso e posizione delle cariche considerate.*
- b) - *Le deformazioni dell'elemento di riquadratura della porta (frammento AZ 497) mostrano un minimo di similitudine con quelle analizzate, per le seguenti condizioni di prova:*
 - *Carica di peso compreso fra 1 e 1,5 kg posta in posizione 4 Fig IX-58*
 - *Carica di ridotto peso (pochi ettogrammi) posta sul pavimento, in prossimità del WC.*

⁶⁵ Perizia Tecnica, IX-64

⁶⁶ Perizia Tecnica, IX-64

⁶⁷ Perizia Tecnica, IX-79

Al
Luca
M
R
nu.

E' opportuno confrontare queste affermazioni con le conclusioni a cui arriva l'ing. Vaudano, ausiliario del collegio balistico-esplosivistico. Relativamente al reperto AZ 534 viene detto⁶⁸:

Data l'ipotesi di rigidità dello stipite della porta ventrale è possibile che ciascuno degli eventi esplosivi analizzati possa provocare danni simili a quelli riscontrati.

Relativamente al reperto AZ 497⁶⁹:

In questo caso non è possibile trarre conclusioni generali come le precedenti. Per fornire un quadro complessivo dei risultati si fornisce qui di seguito una tabella riassuntiva nella quale viene data ad ogni situazione analizzata (massa di esplosivo e posizione) un "voto" esprimente la probabilità che l'evento in esame possa aver provocato danni paragonabili a quelli del reperto. Tale voto (da 1 a 5) esprime la minor (voto=1) o maggior (voto=5) probabilità. Si avvisa che questo criterio presenta elementi di soggettività e come tale va considerato.

Carica [Kg]	0.25	0.5	1.0	1.5
Posizione I	1	1	1	1
Posizione II		1	2	3
Posizione III	2	1	1	1

Le sole situazioni, tra quelle analizzate, che mostrano, nei riguardi del reperto recuperato, un minimo di similitudine sono pertanto la posizione II con cariche da 1 a 1.5 Kg e quella III con cariche di pochi ettogrammi.

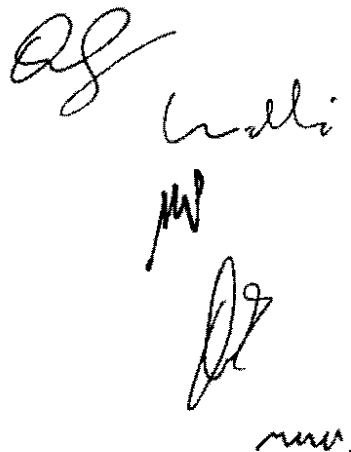
Oltre ai risultati relativi a questi reperti l'ing. Vaudano fa notare che⁷⁰:

In particolare, per ciascuno dei casi esaminati la parte di paratia stagna prospiciente l'esplosivo viene espulsa.

⁶⁸ Perizia Esplosivistica, All 6/4, p. 48

⁶⁹ Perizia Esplosivistica, All 6/4, p. 48

⁷⁰ Perizia Esplosivistica, All 6/4, p. 48



Nel valutare i risultati delle simulazioni non si può prescindere dalla premessa posta in particolare evidenza (riquadrato nel testo) nelle conclusioni⁷¹:

Si ricorda come da questo rapporto possano essere tratte conclusioni, relative alle cause che hanno provocato le deformazioni rilevate, di sufficienza e non già di necessità.

Si noti come, nonostante questa premessa, la possibilità espressa per il reperto AZ 534 ed il minimo di similitudine (peraltro con una votazione molto bassa) per il reperto AZ 497, portano il CPU ad affermare che⁷²:

Le caratteristiche osservate possono ritenersi consistenti con una azione di pressione generatasi all'interno della toilet che abbia agito sulla faccia posteriore di entrambi i frammenti...

Sarebbe stato doveroso, da parte del CPU, valutare se vi erano altre possibili spiegazioni di queste deformazioni. Infatti la parte di posteriore dell'aereo è stata interessata da notevoli sollecitazioni flessionali: ciò risulta, oltre che dalle deformazioni dell'impennaggio di coda, dalle rotture verificatesi al distacco dal resto della fusoliera⁷³:

Alcuni segni sulla sezione di rottura dei correnti fanno presumere che la parte dei correnti anteriore alla frattura abbia ruotato, in questa zona, in senso orario rispetto alla parte di correnti rimasta solidale con il tronco di coda.

Queste sollecitazioni possono aver provocato, al momento della rottura, l'impuntamento della porta, che è costituita da una struttura piuttosto rigida, contro gli angoli dello stipite. Questo potrebbe spiegare⁷⁴

...i chiari segni di impronta lasciati dal montante verticale della porta...

⁷¹ Perizia Esplosivistica, All, 6/4, p. 48

⁷² Perizia Tecnica, IX-64

⁷³ Perizia Frattografica, 82

⁷⁴ Perizia Tecnica, IX-64

AZ 540

È il reperto 1560, target 1560, recuperato in zona F. Si tratta del frammento contenente parte dello stipite superiore della porta di ingresso posteriore della cabina passeggeri; data la sua vicinanza ai sopra ricordati pezzi, che porterebbero segni di esplosione, questo frammento avrebbe meritato più di una semplice citazione⁷⁵.

AZ 562

È il reperto 1596, recuperato in zona F. È una parte del frammento appartenente alla riquadratura della porta di ingresso, posto superiormente al precedente frammento AZ 497. Si dice soltanto che le sue modalità di rottura non corrispondono con quelle delle indagini esplosivistiche⁷⁶.

I seguenti pezzi, come si ricava dal Data Base, appartengono a questa ordinata: AZ 418⁷⁷, AZ 463⁷⁸, AZ 518⁷⁹, AZ 575⁸⁰, AZ 597⁸¹, AZ 650⁸² ed il AZ 864⁸³. Costituisce una ulteriore sorprendente carenza metodologica il fatto che questi frammenti, tutti contigui alla zona della presunta esplosione e che dalla breve descrizione appartengono a zone strutturali del velivolo, non siano stati esaminati.

⁷⁵ Perizia Tecnica, IX-62

⁷⁶ Perizia Tecnica, IX-82

⁷⁷ reperto 1415, target 51, ritrovato in zona E e definito come *Fusoliera-frammento lamiera rivestimento* appartenente al corrente destro numero 1.

⁷⁸ reperto 1425, target 67 ritrovato in zona E, definito come *Fusoliera-frammento ordinata*, appartenente al corrente sinistro numero 19.

⁷⁹ reperto 1443, target 58 recuperato in zona E e definito come *Fusoliera-frammento correntino*.

⁸⁰ reperto 1603, target 65, recuperato in zona F e definito come *Porta post.-parte inferiore*.

⁸¹ reperto 1622, target 98, ritrovato in zona F indicato come *Porta post.-telaio sedile Ass. Volo*.

⁸² reperto 1413, target 48 ritrovato in zona E individuato come *Fusoliera-frammento terminale correntino*.

⁸³ Non è dato né il numero di reperto né di Target, né la zona di ritrovamento ma è definito come *Fusoliera-paratia press.-parte inf. lato dz.*

W E J
B L
m.v.

2.6.5 La parete esterna

Poichè una collocazione tra quelle previste, anzi quella considerata più probabile⁸⁴, è quella tra la pelle della fusoliera e la parete della toilette, ci si sarebbe attesi grande attenzione per i pezzi di fusoliera recuperati appartenenti a questa zona. Di tali pezzi si dà in effetti un elenco, con la loro precisa collocazione che qui sotto riportiamo⁸⁵:

AZ 496

Si tratta del reperto 1545, target 118, recuperato in zona E. È definito come *Fusoliera-frammento di ordinata* e si trova in corrispondenza della stazione 817.

AZ 498

È il reperto 1470, target 121, recuperato in zona E. È definito come *Fusoliera-frammento lamiera rivestita in titanio* corrispondente all'ordinata 801. La sua posizione all'interno dell'aereo è così descritta⁸⁶:

Il reperto fa parte della porzione di fusoliera prospiciente il pilone destro dell'aeromobile... Tale porzione di fusoliera si affaccia verso l'interno della toilette, esattamente all'altezza dell'ordinata 801

AZ 567

È il reperto 1616, target 88 ritrovato in zona F e descritto come *Fusoliera-frammento ordinata con attacco trave pavimento*. Risulta collocato in corrispondenza dell'ordinata 801 e del correntino destro 16, quindi immediatamente sopra il pavimento; più precisamente tra il pavimento ed il precedente frammento AZ 519. Anche questo frammento non ha più che una semplice citazione⁸⁷

⁸⁴ Perizia Tecnica, IX-107

⁸⁵ Perizia Tecnica, IX-61

⁸⁶ Perizia Prattografica, 37

⁸⁷ Perizia Tecnica, IX-61

M
S
D
mv:

AZ 574

È il reperto 1553, target 10, recuperato in zona F e descritto come *Fusoliera-frammento lamiera rivestimento in titanio*. È collocato approssimativamente in corrispondenza della stazione 803 e del correntino destro 14. L'analisi frattografica di questo reperto, fatta dal Collegio frattografico ha concluso che⁸⁸

Il reperto presenta una doppia piegatura con concavità opposte in porzioni differenti. Le rotture, ad un'indagine visiva, non hanno presentato morfologie particolarmente differenti rispetto a quelle di altri pezzi della fusoliera...; non si è quindi ritenuto utile approfondirne l'analisi.

Di questi pezzi si dice semplicemente che⁸⁹:

Un primo esame non ha consentito di rilevare su di essi segni macroscopici⁹⁰ di esplosione quali pitting, fusioni, segnature di schegge od altro

Un più approfondito esame effettuato a cura del Collegio Frattografico ha confermato come sui frammenti AZ 498 e AZ 519⁹¹ *non sono presenti segni di esposizione ad alta pressione od ad alta temperatura.*

Al frammento AZ 567 vengono attribuiti i danneggiamenti sulla gondola del motore destro⁹² senza peraltro che tale fatto sia stato ulteriormente approfondito.

Un altro pezzo, pur appartenente apparentemente a tale parte del velivolo, non pare avere attirato l'attenzione del CPU; è l'AZ 500⁹³.

2.6.6 La porta d'accesso alla toeletta

AZ 537

È il reperto 1545, target 2, recuperato in zona F. Si tratta della cerniera della porta d'ingresso alla toilette.

⁸⁸ Perizia Frattografica, 43

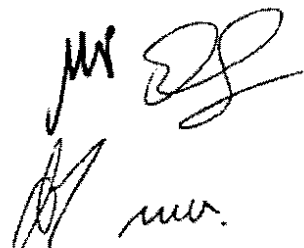
⁸⁹ Perizia Tecnica, IX-62

⁹⁰ Presumibilmente si intendeva dire microscopici

⁹¹ Perizia Frattografica, 128

⁹² Perizia Tecnica, IX-71

⁹³ reperto 1457, target 106 ritrovato in zona E, appartenente all'ordinata 800 ed al corrente destro numero 12 e definita come *Fusoliera-frammento correntino*.



AZ 639

Si tratta del reperto 1493, target 147 recuperato in zona E. È la parte inferiore dello stipite della porta d'ingresso alla toilette.

Come si dice nella *Perizia Tecnica*, IX-65

Questi frammenti appartengono alla parete di separazione del vano toilet dalla cabina passeggeri

Il Collegio Metallografico, dopo aver descritto le improntature e deformazioni di questi frammenti, conclude che⁹⁴:

La combinazione delle improntature e della piegatura del battente porta ad ipotizzare un movimento relativo fra stipite e porta che ha portato la porta verso l'interno della toilette. La rottura della sede dello scrocco, solidale alle porta, rafforza tale ipotesi.

Anche il CPU constata che⁹⁵

il battente della porta della toilet risulta visibilmente deformato verso l'interno della toilet stessa.

Di questo fatto fornisce due spiegazioni contrastanti. Nella *Perizia Tecnica*, VIII-6 si dice che:

Il distacco del motore destro con parte della fiancata potrebbe aver depressurizzato il vano toilet ... con sfondamento verso l'esterno del velivolo della porta di accesso della toilet, per effetto della maggiore pressione esistente all'interno del velivolo, con deformazione del battente della porta stessa verso l'esterno del velivolo (verso l'interno del vano toilet)

Completamente diversa è la spiegazione che si da in altro punto⁹⁶ dove si dice:

⁹⁴ *Perizia Frattografica*, 114

⁹⁵ *Perizia Tecnica*, IX-65

⁹⁶ *Perizia Tecnica*, IX-66

Comunque il movimento relativo causa della deformazione potrebbe, alternativamente, essere stato causato dal movimento della parete della toilet verso il corridoio.

Non si vede come la prima spiegazione possa accordarsi con una esplosione nella toilette. Per contro la seconda spiegazione appare poco credibile: non si capisce infatti come l'onda d'urto dell'esplosione abbia potuto causare uno spostamento maggiore nella parete vincolata sul contorno che nella porta che si trova al centro di essa e ad essa è vincolata. Per poterla prendere in considerazione occorrerebbe quantomeno fornire qualche riscontro oggettivo che dimostri che ciò sia possibile indicando entità della carica e posizione. Occorre rilevare che nel caso della prova di scoppio presso il poligono di Ghedi si è verificato⁹⁷:

- strappo delle viti di fissaggio della cerniera e della modanatura della porta, congruenti con l'azione di una pressione interna alla toilette;

2.6.7 Gli arredi della toilette

AZ 453

È il reperto 1382, target 12 recuperato in zona E. Si tratta del tubo di lavaggio del contenitore degli scarichi del WC, che risulta schiacciato per una parte della sua lunghezza. Nella *Perizia Tecnica*, IX- 66 si afferma che:

Tale schiacciamento, potrebbe essere consistente con un elevato valore di pressione generatasi nelle vicinanze del contenitore.

Diverse sono le conclusioni della perizia frattografica⁹⁸:

Dall'esame globale delle deformazioni e dall'osservazione che globalmente queste si presentano non omogenee su tutta la lunghezza del reperto si ritiene di poter affermare che il tubo non sia stato assoggettato ad onde di pressione.

⁹⁷ *Perizia Esplosivistica*, All. 6, C/2, p. 3

⁹⁸ *Perizia Frattografica*, 113



Del resto lo stesso CPU nota che⁹⁹:

A questo proposito occorre però osservare come molte tubazioni appartenenti al velivolo presentano deformazioni simili a quella rilevata sul frammento AZ 453 pur trovandosi a sensibile distanza dalla zona dell'ipotizzata esplosione.

Si vuol fare inoltre osservare che per provocare lo schiacciamento sarebbe necessaria una pressione dell'ordine di 400 atm¹⁰⁰. Valori così elevati si avrebbero nelle immediate vicinanze dell'esplosione, ma sul tubo non sono stati rilevati alcuni dei segni tipici della prossimità dell'esplosione. Non si vede d'altro canto come tali valori di pressione possano non aver frantumato il reperto AZ 595 (copritazza WC) che era immediatamente sovrastante. Si ritiene quindi che il reperto in esame non possa in alcun modo essere considerato indizio di esplosione.

AZ 511

È il reperto 1529, target 183 recuperato in zona E.

Il frammento AZ 511, riportato in fig. IX-45b [in realtà è la 45c - n.d.r], è il relitto del contenitore della scatola dei fazzoletti di carta posto sulla parete della toilette sovrastante il WC. Il frammento risulta deformato, ma tali deformazioni, in aggiunta alla completa mancanza di segnature di schegge, non forniscono particolari indicazioni che possano far sospettare la vicinanza del reperto ad una fonte esplosiva¹⁰¹.

Anche in questo caso è singolare il giro di parole che il CPU utilizza per dire che questo reperto non può essere stato in prossimità di un'esplosione: la prova certa della non vicinanza con l'esplosione viene presentata come mancanza di prove della vicinanza.

⁹⁹ Perizia Tecnica, IX-73

¹⁰⁰ Relazione Bazzocchi, pag. 38

¹⁰¹ Perizia Tecnica, IX-66

Luigi
DS

M *BT*

mur.

AZ 558

È il reperto 1566, target 30; recuperato in zona F. Si tratta del lavandino della toilette. L'accanimento con il quale si sono cercate invano prove di esplosione su questo reperto dimostra l'ingiustificato favore che ha goduto presso il CPU l'ipotesi bomba. Già l'analisi effettuata in Inghilterra presso il DRA (ex RARDE) poteva considerarsi conclusiva¹⁰²:

*No positive explosives evidence was observed on the surfaces of the sink remains or washdown tube. Microstructural studies on the tube showed that strain-induced features were largely independent of strain-rate and explosives trials were not considered worthwhile*¹⁰³

Nonostante queste considerazioni che avrebbero dovuto indurre il CPU ad indirizzare i propri sforzi di ricerca in altre direzioni, ulteriori sforzi sono stati dedicati alla ricerca di un qualche indizio di esplosione sui resti del lavandino. Il Collegio frattografico ha analizzato in modo più approfondito il reperto ed ha potuto anche confrontarlo con i reperti ottenuti dalle prove di scoppio condotte dal Collegio Balistico. Per quanto riguarda i segni microscopici la conclusione, in accordo con quanto già affermato dal DRA, è¹⁰⁴:

Inoltre viene confermata l'assenza sui campioni prelevati dal reperto N.1566 di fenomenologie riconducibili all'effetto di onde di pressione o di temperatura, visibili invece sulle lastre e sui lavelli sottoposti a prove di scoppio.

Per quanto riguarda le deformazioni macroscopiche l'analisi deve essere più accurata e crediamo meriti dedicarci alcune osservazioni. Il problema è che se, nonostante i risultati delle ricerche microscopiche sopra ricordate, si volesse ancora considerare le deformazioni di questo reperto¹⁰⁵

¹⁰²Baker M. T., Harrison N. D., Winn J. M.; *Final examination of Itavia DC9 carpet pieces & various item associated with toilet compartment*, pag. 23

¹⁰³Nessuna indicazione positiva di esplosione è stata osservata sulla superficie del lavandino o del tubo di lavaggio. Studi microstrutturali sul tubo hanno mostrato che le caratteristiche prodotte dalle deformazioni sono abbondantemente indipendenti dalla velocità di deformazione e non si è considerato utile procedere a prove di scoppio

¹⁰⁴Perizia Frattografica, 107

¹⁰⁵Perizia Tecnica, IX-66

Luigi
QJ
M *J*
mur.

consistenti con l'effetto di un'onda di pressione che avrebbe potuto investire il lavandino stesso

occorre accettare l'indicazione che queste deformazioni danno sul posizionamento della carica.

Le prove condotte sui lavelli sottoposti a prova di scoppio in varie condizioni hanno permesso di rilevare la totale dissomiglianza fra le deformazioni macroscopiche subite dai lavelli (A e B) per i quali la carica esplosiva era posizionata al di sotto degli stessi e quella del lavello recuperato come reperto N.1566; una forte analogia delle deformazioni macroscopiche nel caso del lavello sottoposto a prova con carica esplosiva leggermente soprastante (lavello C) e una discreta somiglianza nel caso del lavello sottoposto a prova con carica esplosiva leggermente soprastante in simulacro di toilette (lavello D)¹⁰⁶

Si noti che nel caso C e D la carica era posta nella posizione indicata come 4 in *Perizia Tecnica*, IX-74 posizione che era stata scartata a causa della sua visibilità. L'analogia tra il risultato visibile sul lavello C e quello del DC9 conferma semplicemente il fatto che la deformazione subita da tale lavandino è quella di trazione verso il basso.

Con la solita tecnica questo elemento contrario viene così presentato¹⁰⁷

La mancanza di particolari segni di esplosione sui frammenti di lavandino (AZ 543)¹⁰⁸ ... non può escludere che si sia verificata una esplosione, ma può fornire indicazioni che l'esplosione stessa può essere avvenuta in posizione sufficientemente distante e schermata rispetto ad essi, ma sempre compresa nell'area toilet.

Anche qui siamo di fronte ad un rovesciamento metodologico che produce risultati mistificanti: si tenta di fare passare l'idea che parti poste in posizione sufficientemente distante e schermata dall'esplosione possano non mostrare segni di esplosione. Tenendo conto delle dimensioni della toilette, l'osservazione

¹⁰⁶ *Perizia Frattografica*, 106

¹⁰⁷ *Perizia Tecnica*, IX-103

¹⁰⁸ Si tratta evidentemente di una confusione con il tubo di lavaggio del contenitore degli scarichi della toilette, confusione già fatta poche righe sopra, poiché il lavandino corrisponde al AZ 558 ed il tubo al numero AZ 543

Luca
QJ
MP *QJ* *mur.*

relativa alla distanza, ove non quantificata è banale ed insignificante e quella relativa alla schermatura è sbagliata; come dice il buon senso tecnico ed hanno confermato gli esperimenti fatti sui lavandini le eventuali parti interposte tra carica ed oggetti, se possono ridurre gli effetti termici, aumentano quelli dovuti alle schegge *secondarie* che queste parti producono sotto l'azione della carica.

AZ 595

È il reperto 1534, target 189 recuperato in zona E.

Il frammento AZ 595, infine, rappresenta le due parti del coperchio del WC (asse e coperchio) e, come può osservarsi in Fig. IX 45d), risulta praticamente integro e privo di ogni segnatura di schegge. Questo frammento non è stato identificato come ricambio originale MC Donnel-Douglas ma, tenendo conto delle sue dimensioni e delle sue caratteristiche di ritrovamento (zona contenente i frammenti provenienti dalla toilette del velivolo), esso, con elevato grado di certezza, è stato ritenuto come appartenente al velivolo¹⁰⁹

Il CPU non ha tenuto in alcun conto nel formulare l'ipotesi di esplosione nella toilette e nel cercare la sua localizzazione delle condizioni di questo reperto. Esso infatti non viene nemmeno citato tra gli elementi contrari all'ipotesi di esplosione interna¹¹⁰. Notevole importanza gli viene invece attribuita nella perizia balistica che lo indica come una delle prove contrarie all'esplosione nella toilette. A giudizio degli scriventi le condizioni di questo reperto sono tali da escludere che possa essere avvenuta nella toilette un'esplosione di entità tale da causare la perdita immediata dell'aeromobile. Il fatto che il CPU non dia una spiegazione delle condizioni di questo reperto in accordo con le sue conclusioni costituisce, stante la sua rilevanza, una omissione inaccettabile sul piano del metodo ed inspiegabile rispetto ad elementari criteri di completezza ed imparzialità nell'esame del materiale dell'indagine.

2.6.8 Struttura sottostante il pavimento

Sono stati recuperati alcuni pezzi appartenenti alla struttura sottostante al pavimento della toilette: alcune parti di tale struttura sono stati rinvenuti in

¹⁰⁹ Perizia Tecnica IX-67

¹¹⁰ Perizia Tecnica, IX-102-104

DS
MP
L.T.
ST
mm.

zona C¹¹¹ e quindi, nonostante la loro vicinanza alla zona dell'esplosione, si sarebbero staccati dal velivolo in un secondo tempo.

AZ 451

È il reperto 1377, target 3 recuperato in zona E. Frammento costituito dall'estremità esterna della travatura dell'ordinata 817 e da piccola parte dell'ordinata stessa. Secondo quanto si ricava dal Data Base degli oggetti recuperati questo pezzo appartiene al corrente 18 destro che è quello posto all'altezza del pavimento.

AZ 539

È il reperto 1579, target 44 recuperato in zona F. Questo è un elemento di travatura sottostante alla toilette, appartenente all'ordinata 817 ed al corrente 18, quindi all'altezza del pavimento, senza ulteriori specificazione del lato.

Dall'esame delle deformazioni dei reperti AZ 539 e AZ 451 il CPU arriva alla conclusione che il carico che ne ha provocato la rottura¹¹²:

...può ragionevolmente essere stato determinato da elevata pressione generatasi all'interno del vano toilet sovrastante la travatura in esame.

Si sarebbe dovuto, a nostro avviso, considerare anche le altre possibili cause che avrebbero potuto provocare queste deformazioni; non si dimentichi che ci troviamo in prossimità di una delle sezioni critiche di cui è sicuramente avvenuto il collasso al momento dell'incidente. A sostegno dell'ipotesi che queste deformazioni siano imputabili a cause meccaniche che nulla hanno a che fare con un'esplosione si può notare come risultino mancanti nella ricostruzione i corrispondenti elementi posti sul lato sinistro: ciò porterebbe a concludere che sollecitazioni analoghe, se non superiori, si siano avute anche su questo lato.

Nessuna ulteriore analisi della coerenza di tale fatto con le ipotizzate collocazioni della bomba risulta essere stata effettuata.

¹¹¹Perizia Tecnica, IX-67

¹¹²Perizia Tecnica, IX-68

OS
Luca
MP
St. m.v.

AZ 549

È il reperto 1592, target 59, recuperato in zona F e descritto come *Cabina passeggeri-frammento trave pavimento*. Non risulta che sia stato esaminato, forse perchè appartenente al correntino sinistro 18. La zona di recupero, che potrebbe indicare un pronto distacco dal velivolo, ne avrebbe, a nostro avviso, consigliato un più accurato esame.

AZ 552

Si tratta del reperto 1571, target 35 recuperato in zona F. Elemento di travatura appartenente all'ordinata 801, solo in parte sottostante alla toilette, appartenente al corrente 18 viene solo citato, ma non ulteriormente esaminato¹¹³.

AZ 802

Si tratta del reperto 155, target 799 recuperato in zona C. Frammento della parte inferiore dell'ordinata 817 con elemento di collegamento alla travatura sovrastante. Questo pezzo si trovava in corrispondenza del corrente 22, che è sotto il pavimento. Anche di questo pezzo esiste solo una citazione¹¹⁴.

2.7 I danneggiamenti in zone contigue alla toilette

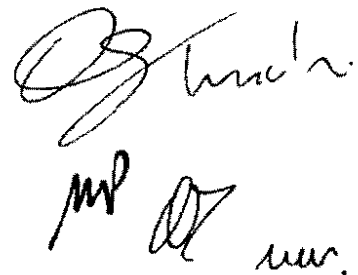
2.7.1 Le gondole dei motori

Come è illustrato a lungo in *Perizia Tecnica* i due motori sono tra le prime parti dell'aereo che si sarebbero staccate dal velivolo: il motore destro per azione diretta della carica e quello sinistro per la rottura dell'ordinata 786 che lo collega a quello destro. Ovviamente la diversa collocazione dei motori rispetto alla presunta carica dovrebbe produrre, come è dimostrato negli esperimenti, un intenso danneggiamento sulla gondola del motore destro; tale danneggiamento non è presente, come si deriva tra l'altro confrontando la gondola destra con quella sinistra. Questo viene giustamente notato dal CPU che scrive¹¹⁵:

¹¹³rp, IX-67

¹¹⁴*Perizia Tecnica*, IX-67

¹¹⁵*Perizia Tecnica*, IX-71

Handwritten signatures and initials in the bottom right corner of the page. The largest signature appears to be 'G. Turchi'. Below it are several smaller initials, including 'MP' and 'MUR'.

l'intero relitto della gondola è stato attentamente esaminato in quanto, nella ipotesi di esplosione all'interno della toilet, su di esso se ne dovrebbero osservare visibili segni principalmente costituiti, a parere del CP, da deformazioni ed impronte di schegge.

Il CPU osserva che sulla gondola del motore destro¹¹⁶:

... sono presenti una serie di ammaccature striate di rosso e di fori dei quali alcuni presentano petalature verso l'interno della gondola ed altri verso l'esterno.

Non viene detto che fori analoghi sono presenti anche sulla gondola del motore sinistro, fatto che risulta chiaramente dalla perizia metallografica-frattografica nella quale si dice che¹¹⁷:

Sui reperti dei cowling sono presenti alcuni fori tutti posizionati sui lati di ciascun cowling prospicienti la fusoliera

concludendo che¹¹⁸:

... i fori sottoposti ad esame sono stati prodotti dalla penetrazione di oggetti o frammenti estranei al cowling, alcuni dall'esterno verso l'interno, ed altri dall'interno verso l'esterno, e che si tratta di penetrazioni verosimilmente a bassa velocità.

La conclusione del CPU è¹¹⁹:

L'insieme di tali segni può essere consistente con l'impatto di frammenti di rivestimento della fusoliera.

Ciò ovviamente non è possibile per i fori con petalatura verso l'esterno, per i quali si dice che¹²⁰:

....possono essersi originati al momento dell'impatto in mare.

¹¹⁶ Perizia Tecnica, IX-71

¹¹⁷ Perizia Frattografica, 62

¹¹⁸ Perizia Frattografica, 62

¹¹⁹ Perizia Tecnica IX-71

¹²⁰ Perizia Tecnica IX-71

OS
M *DE* *nu.*
whi

È da notare che l'assenza sul rivestimento del motore destro di fori riconducibili a schegge generatesi in un'esplosione è uno degli elementi che portano il collegio balistico-esplosivistico a giudicare l'esplosione nella toilet¹²¹ un evento estremamente improbabile.

Si è constatato infatti che¹²²:

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

2.7.2 Il pilone del motore

Anche questa parte si trova collocata in zona contigua alla toilette; come nota la CPU¹²³:

La faccia interna del pilone del motore destro, costituita dalla paratia paraflamma in titanio ed approssimativamente compresa tra le stazioni 786 e 859, risulta posizionata all'esterno del velivolo, in posizione adiacente al rivestimento di fusoliera che costituisce la parete esterna del vano toilet, in corrispondenza della zona immediatamente sovrastante al pavimento della toilet stessa.

Questa collocazione privilegiata rispetto all'ipotesi bomba nella toilette è notata dal CPU che osserva¹²⁴:

Nell'ipotesi di esplosione all'interno della toilet, la paratia paraflamma, tutti gli elementi posizionati all'interno del pilone e l'ordinata esterna del pilone adiacente alla gondola del motore, potrebbero essere stati danneggiati dall'esplosione stessa

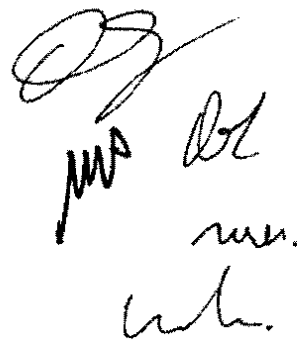
Anche in questo caso si deve notare come un approccio scientificamente corretto al problema avrebbero dovuto fare scrivere, al posto di potrebbero più correttamente dovrebbero.

¹²¹ Perizia Esplosivistica 43/5

¹²² Perizia Esplosivistica 42/5

¹²³ Perizia Tecnica, IX-68

¹²⁴ Perizia Tecnica, IX-68



Handwritten signatures and initials, including a large stylized signature at the top, and the initials 'MA', 'BT', 'mm.', and 'wh.' below it.

AZ 499

È il reperto 1489, target 142 recuperato in zona E. Si tratta di un frammento di paratia, che è stato esaminato dal Collegio frattografico, il quale conclude¹²⁵:

Sono state esaminate le superfici interna ed esterna del reperto senza riscontrare particolari morfologie interessanti

AZ 769

È il frammento della parte centrale della paratia paraflamma ancora vincolato al pilone che risulta¹²⁶ *deformato prevalentemente verso l'interno del velivolo*

Il reperto 769 presenta impronte di rivetti appartenenti al rivestimento della fusoliera. A questo proposito in *Perizia Tecnica*, IX-69 si osserva che:

E' pertanto possibile ipotizzare che, al momento del collasso, il frammento AZ 769 sia venuto in contatto con la parte di rivestimento della fusoliera ad esso adiacente. Questo evento potrebbe essere consistente indifferentemente con un elevato valore di pressione che potrebbe aver agito sulla lamiera di rivestimento dall'interno del velivolo verso l'esterno, spingendola contro la paratia paraflamma, o con un elevato valore di pressione che potrebbe aver agito sulla faccia esterna della paratia paraflamma, spingendola contro il rivestimento della fusoliera. Tenendo conto che la parte del frammento AZ 769 in esame è deformato verso l'interno del velivolo, la seconda delle predette possibilità non può essere esclusa.

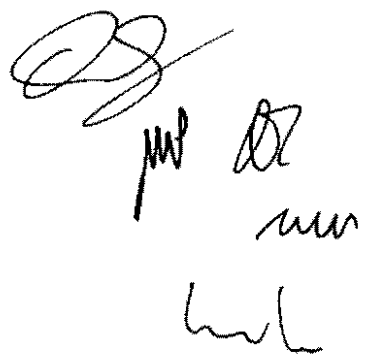
L'ultima affermazione appare a noi metodologicamente scorretta: alla luce della deformazione del frammento *verso l'interno* sarebbe stato più corretto affermare che *la seconda delle predette possibilità appare essere la più probabile.*

AZ 1049

Si tratta di un frammento della paratia paraflamma + spine elettriche. È il frammento della parte posteriore della paratia paraflamma anch'essa recuperata ancora vincolata al pilone, che non risulta essere stato ulteriormente analizzato.

¹²⁵ *Perizia Frattografica*, 42

¹²⁶ *Perizia Tecnica*, 69



Handwritten signatures and initials, including a large stylized signature at the top, followed by 'MP', 'AT', 'mm', and 'hwh'.

3

La strumentazione di bordo

Intendiamo in questa parte analizzare le modalità con le quali il CPU riporta i risultati di una perizia specialistica effettuata sul Voice Cockpit Recorder, modalità che ci paiono forzare o trascurare i risultati della perizia specialistica: entreremo più dettagliatamente nel merito tecnico di questa parte dell'inchiesta in una successiva memoria. I consulenti di parte civile hanno più volte sostenuto che l'analisi proposta dal CPU in merito ad alcuni segnali rinvenuti sulla registrazione degli ultimi istanti di volo non avrebbe permesso di raggiungere alcun risultato valido; il CPU ha voluto tuttavia incaricare un istituto specializzato¹ il quale in conclusione ha prodotto una relazione².

Nelle considerazioni finali di questo rapporto si legge³:

The problem with this sort of analysis is that the signal is not sufficiently clearly defined to be certain that the interpretation is correct. The characteristics of the signal from transient at 37ms do not correspond sufficiently with the theoretical model to produce a conclusive result.

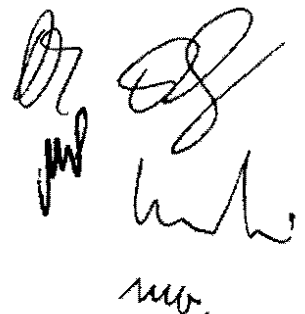
...

The quality of the DC-9 CVR recording for structural vibration is poor. The signal is contaminated by power supply noise at 400Hz and by a power supply failure during the period of interest. ISVR have not been given the opportunity to listen to other sections of the CVR recording to assess the quality of the audio data, but the

¹Institute of Sound and Vibration Research (ISVR) dell'Univeristà di Southampton

²Dyne S. J. C.; *DC-9 Final Report*, March 1994.

³Dyne S. J. C.; op. cit. pag. 15



Handwritten signatures and initials, including a large signature on the left, a signature on the right, and the initials 'mv.' at the bottom right.

5s period of the CAM⁴ signal shows that speech intelligibility was also poor. A lack of any signals of acoustic origin in any of other channels apart from that of the CAM is unhelpful.

The lack of any frequency components in the signal may suggest a number of hypotheses:

- The blast/decompression/impact source was too far from the CAM for a pressure component to be generated before supply failure or breakage CAM to CVR link interrupted the recording.
- The anti-alias filters (if any) used on converting the analogue signal to a digital signal were set to a low cut-off frequency.
- The DC-9 was probably not destroyed by an explosion source towards the front of the cabin or in the forward hold as this would probably be marked by some acoustic signature on the CVR CAM.
- The CAM signature is not of a vibrational origin at all, but either an artefact of the switch of transients of alive channel (none of the other channels were connected) or due to some yet unknown pressure fluctuation.

The data obtained from the CVR recording is not sufficient to determine the cause of failure of the DC-9 and we do not believe that the recording is able to yield this information⁵

⁴Il microfono di cabina

⁵Il problema con questo tipo di analisi è che il segnale non è definito in modo sufficientemente chiaro da essere certi che l'interpretazione sia corretta. Le caratteristiche del segnale tratto dal transiente di 37ms non corrispondono sufficientemente con il modello teorico per produrre un risultato conclusivo....La qualità della registrazione del CVR del DC-9 per le vibrazioni strutturali è povera. Il segnale è contaminato dal rumore dell'alimentatore a 400Hz e dalla sua caduta di tensione durante il periodo di interesse. All'ISVR non è stata data l'opportunità di ascoltare le altre parti della registrazione del CVR per determinare la qualità dei dati audio, ma il periodo di 5s dei segnali del CAM mostra che anche la comprensibilità del parlare è scadente. La mancanza di ogni segnale registrato di origine acustica sugli altri canali escluso quello del CAM non è utile. La mancanza di ogni componente ad alta frequenza nel segnale può suggerire diverse ipotesi:

- La sorgente dell'onda d'urto/decompressione/urto era troppo lontana dal CAM affinché una componente di pressione fosse generata prima che la caduta di tensione dell'alimentatore o la rottura del collegamento tra CAM e CVR interrompesse la regi-

Handwritten signatures and initials at the bottom right of the page, including a large signature, the initials 'MP', and the name 'L. R. I.'.

dopo questa lunga citazione conviene riportare come essa è stata interpretata dal CPU⁶

gli andamenti temporali e spettrali del segnale in questione possono ritenersi compatibili con un evento localizzabile sulla sezione terminale dell'aereo.

Crediamo sia sufficiente il confronto tra i due testi per mostrare il travisamento nel metodo e nel contenuto operato dal CPU: nel metodo poichè una conclusione estremamente problematica è diventata una sicurezza e nel contenuto poichè una esplosione che non si è verificata davanti si è verificata dietro trascurando il fatto che esiste un fianco.

strazione.

- *I filtri anti-aliasing (se presenti) usati per convertire il segnale da analogico a digitale erano predisposti con una frequenza di taglio bassa.*
- *Il DC-9 non è stato probabilmente distrutto da una esplosione verso il davanti della cabina o nel bagagliaio anteriore, poichè questo sarebbe stato caratterizzato da un qualche segnale acustico sul CAM del CVR.*
- *Il segnale sul CAM non è assolutamente di origine vibrazionale, ma è o un artefatto dell'interruttore durante il transitorio sul canale attivo (nessuno degli altri canali era collegato) o è dovuto a qualche fluttuazione di pressione attualmente sconosciuta*

I dati ottenuti dalla registrazione del CVR non sono sufficienti a determinare la causa dell'incidente al DC-9 e non crediamo che la registrazione sia in grado di fornire questa informazione

⁶Perizia Tecnica, VII-91

MMP
L. H. MUR.

4

Alcune anomalie nella localizzazione dei relitti

La posizione nella quale sono stati recuperati i vari relitti in fondo al mare dipende dalla traiettoria da essi seguita dal momento nel quale si sono staccati dal corpo dell'aereo. Se l'aereo avesse raggiunto la superficie del mare intatto, la distribuzione dei rottami prodottisi all'impatto dipenderebbe in sostanza solo dal tempo di galleggiamento: infatti l'assenza di correnti marine al di sotto di una certa profondità fa pensare che ciascun pezzo debba avere raggiunto sul fondo un punto che si trova approssimativamente sulla verticale del punto di affondamento. In conclusione quindi se il pezzo affonda subito, il punto di ritrovamento coincide circa con il punto sulla verticale al di sotto di quello di impatto sulla superficie del mare; se invece galleggia esso potrebbe essere trasportato dal vento e dalle correnti in un punto distante da quello di impatto.

La situazione è diversa per un pezzo che si sia separato dall'aereo in quota: tale pezzo infatti, una volta distaccatosi dall'aereo è sottoposto solo alla sua forza peso, che dipende dalla sua massa, ed alle forze aereodinamiche, che dipendono dalle sue dimensioni, dalla sua forma e dalla velocità rispetto all'aria, velocità quest'ultima dipendente anche dal vento eventualmente presente alla quota ed al momento del distacco. La effettiva traiettoria seguita dai pezzi dipenderà poi naturalmente, oltre che dalle forze sopra citate, anche dalle condizioni iniziali di moto cui sono sottoposti, cioè dalla posizione e dalla velocità al momento del distacco.

Si comprende quindi come in generale i pezzi staccatisi in quota siano trasportati da queste forze lontano e raggiungano la superficie del mare in

mm
mm
mm
mm

un punto diverso da quello che avrebbero se fossero rimasti attaccati al resto dell'aereo. Si può dire quindi che la distribuzione dei pezzi è, nel caso di rottura in aria, molto più ampia di quella che si avrebbe se invece l'aereo avesse raggiunto il mare integro.

I rottami sono stati in effetti ritrovati sul fondo del Tirreno con una ampia distribuzione non conciliabile con l'ipotesi che l'aereo sia caduto praticamente intatto, secondo la tesi a suo tempo sostenuta dalla Commissione Blasi. Ciò è vero anche supponendo che alcuni rottami abbiano galleggiato per un certo periodo di tempo, fatto questo che si ricava dagli atti¹, secondo i quali:

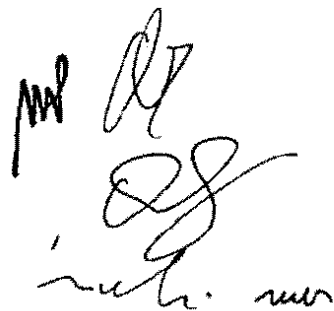
esisterebbero testimonianze che lasciano pensare che gli impennaggi di coda abbiano galleggiato per molte ore dopo l'impatto con l'acqua prima di inabissarsi

Si può giustificare tale ampia distribuzione dei rottami in fondo al mare se si suppone che i pezzi trovati nei punti più lontani si siano staccati dall'aereo al momento dell'incidente, o nei momenti immediatamente successivi, quando cioè questo volava a circa 8000 metri di quota.

È elementare esercizio di meccanica sviluppare un software che permette di prevedere, nota la massa, la dimensione, la forma dell'oggetto, le condizioni meteorologiche e la sua velocità iniziale, il punto di impatto. Con una analisi di questo tipo già proposta a suo tempo nella relazione della Commissione Luzzati si può dimostrare che alcuni pezzi si sono staccati in aria al momento dell'incidente: tali pezzi sono in sintesi quelli della parte finale della fusoliera e l'estremo dell'ala sinistra.

Il CPU attribuisce grande importanza al luogo del ritrovamento dei frammenti: questo dato può significativamente contribuire a fornire la successione dei distacchi dei reperti dal relitto principale. Sarebbe doveroso che queste considerazioni non riguardassero solo quegli elementi che sono in accordo con la tesi del CPU. Alcuni frammenti appartenenti alla parte anteriore della fusoliera, che secondo il CPU si è mantenuta integra fino all'impatto in mare, sono stati recuperati in zone diverse dalla zona C, dove è stata recuperata la quasi totalità dei frammenti di questa parte del relitto. Essi sono:

¹Blasi M., Cerra R., Imbimbo E., Lecce C., Migliaccio M.: *Risposte ai quesiti a chiarimento sulle perizie relative all'incidente del DC9 I-TIGI del 27.6.1980; 29.10.1990;* pag. 20.



Handwritten signature and initials, possibly 'M. Blasi' and 'E. Imbimbo', with the text 'inchi. mar.' written below.

- AZ 32² Fusoliera, frammento rivestimento finestrini n.4-5, parte superiore collocato in staz.280 corr.11d
- AZ 204³ Carenatura ala-fusoliera lato dz, frammento collocato in staz.503 corr.17d
- AZ 241⁴ Fusoliera, frammento lamiera di rivestimento, collocato in staz.351 corr.8d
- AZ 39⁵ Finestrino passeggeri n.13 lato destro, frammento collocato in staz.430 corr.13d
- AZ 308⁶ Fusoliera, frammento lamiera di rivestimento collocato in staz.470 corr.9s
- AZ 74⁷ Ordinata di fusoliera, frammento collocato in staz.544 corr.1d

Il CPU si occupa solo marginalmente di alcuni di questi frammenti (AZ32 e AZ204), mentre non prende in alcuna considerazione i rimanenti, ciò lascia stupiti, visto che altrove si deduce la sequenza temporale delle rotture dalla localizzazione dei recuperi. Gli scriventi si chiedono se non vi siano frammenti recuperati in area E o F che provengano dalla parte anteriore del relitto: la presunzione del CPU che tutti i frammenti recuperati in queste aree debbano provenire dalla zona adiacente alla toilette fa sospettare che per eventuali frammenti non identificati come provenienti da detta zona non siano stata verificate collocazioni diverse.

Frammenti AZ 32 e AZ 204

Il CPU esamina il ritrovamento anomalo di questi frammenti nel paragrafo: 3.1.3 Ipotesi di cedimento strutturale per fatica, dicendo⁸:

²reperto 4 target 202. Recuperato in zona A il 17 agosto 91

³reperto 5 target 736. Recuperato in zona A il 18 agosto 91

⁴reperto 38 target 232. Recuperato in zona B il 28 agosto 91

⁵reperto 15 target 350. Recuperato in zona B il 28 agosto 91

⁶reperto 50 target 753. Recuperato in zona B il 28 agosto 91

⁷reperto 23 target 354. Recuperato in zona B il 28 agosto 91

⁸Perizia Tecnica IX-48

[Handwritten signatures and initials]

Tale anomala caratteristica di ritrovamento potrebbe indurre a supporre un distacco in volo di tali elementi. Esclusa l'ipotesi di distacco per possibili azioni esterne (impatto di missile) discussa nel precedente capitolo, restava da verificare se tale distacco potesse essersi verificato per cedimento spontaneo.

Si noti il vizio metodologico presente in questo ragionamento. Nel valutare la tesi esplosione esterna il CPU esclude quali prove a favore questi elementi (essi, come meglio chiarito in seguito, potrebbero indicare lo sfondamento in quota della parte anteriore destra) pertanto, rigettata la tesi esplosione esterna, per questi elementi deve esistere una diversa spiegazione. Che poi questi elementi abbiano caratteristiche di rottura e deformazione simili agli elementi adiacenti (come del resto era logico aspettarsi, qualunque sia la causa del danno) non porta necessariamente ad affermare che⁹:

...tali frammenti si sono distaccati al momento dell'impatto con la superficie del mare.

Il CPU, dando per scontato che la rottura debba essere avvenuta alla superficie del mare, deve trovare una spiegazione per l'anomalia del recupero¹⁰:

Una possibile ipotesi è che il trasporto dei frammenti dalla zona C alla zona A sia avvenuto accidentalmente, durante le operazioni di recupero condotte dalla Soc. Inframer negli anni 1987-88.

Data l'importanza fondamentale che il CPU stesso attribuisce alle posizioni dei ritrovamenti sarebbe stato doveroso verificare a fondo la possibilità del trasporto accidentale: cosa a nostro avviso possibile, tenuto conto che esistono documentazioni televisive dei rinvenimenti, e si potrebbe controllare se i ritrovamenti sono congruenti con gli spostamenti della nave.

Relativamente alle modalità di rottura della zona anteriore destra il CPU osserva che¹¹:

...il collasso del semiguscio destro, ed in particolare della sua parte anteriore, sia avvenuto generalmente attraverso una estesa frammentazione, senza che si possano notare significative linee preferenziali di rottura.

⁹Perizia Tecnica IX-48

¹⁰Perizia Tecnica IX-48

¹¹Perizia Tecnica IV-68

Handwritten signatures and initials in black ink, including a large stylized signature, a smaller signature, and several initials.

E successivamente¹²:

In alcune zone di questa fiancata si notano anche notevoli deformazioni verso l'interno, verosimilmente dovute alla pressione dinamica dell'acqua al momento dell'impatto. In particolare, tali deformazioni sono evidenti nel tratto approssimativamente in corrispondenza della staz.417 dove è alloggiato il serbatoio dell'acqua che risulta deflesso verso l'interno...

Il CPU imputa il collasso di questa zona del velivo ad una pressione esterna¹³:

Tale pressione può aver agito sul semiguscio destro dall'esterno verso l'interno, riducendosi sulle sezioni non direttamente investite dall'acqua a causa della riduzione della componente normale di velocità.

Non è chiaro agli scriventi perchè il processo logico che dall'esame del relitto porta ad attribuire la rottura di questa zona ad una pressione esterna debba necessariamente concludersi con l'affermazione che questa pressione sia stata applicata al momento dell'impatto in mare. Questa pressione ha la sua zona di massima intensità lungo una linea situata poco al di sotto della zona dei finestrini e va rapidamente attenuandosi, come osserva anche il CPU, lungo la curva della fusoliera; in direzione longitudinale sembra interessare una zona della lunghezza di 5-6 metri nell'intorno della stazione 400. Si noti come questo dato si accordi con il numero di cuscini, una trentina, che secondo il CPU sono stati interessati dalla penetrazione di schegge¹⁴:

Ne consegue che l'ipotizzata esplosione dovrebbe aver interessato almeno 6 file di sedili (6x5=30 cuscini), per una lunghezza dell'ordine di 4-5 metri

Ponendosi ad una distanza di circa 4 m. dalla fusoliera, la zona che appare interessata dalla pressione dinamica viene vista sotto un angolo di 40 gradi. Se si ipotizzasse un'esplosione a questa distanza dalla fusoliera questo è appunto

¹² Perizia Tecnica IV-69

¹³ Perizia Tecnica IV-70

¹⁴ Perizia Tecnica IV-45

OS L. Li.
mp nur.
BT

l'angolo al di sopra del quale la pressione riflessa decade bruscamente¹⁵ Il danno subito dalla fusoliera nella zona anteriore destra appare quindi congruente con una esplosione esterna che avvenga a questa distanza. Inoltre l'ipotesi di esplosione esterna verrebbe a spiegare i ritrovamenti anomali dei reperti su menzionati.

¹⁵Si veda ad esempio: Ankeney D. B.; *Physical Vulnerability of aircraft due to fluid dynamic effects*. AGARD Advisory report No.106; pag 9, Fig.8

[Handwritten signatures and initials]

5

Lo scenario terroristico

5.1 Introduzione

Esistono sui relitti del DC9 recuperati alcuni segni di esplosione ben più consistenti di quelli utilizzati dal CPU per collocare la supposta bomba nella toilette; essi sono raggruppati in due gruppi:

1. La presenza di tracce di esplosivo
2. I frammenti con indicazione di elevate temperature

Nei paragrafi successivi saranno trattati analiticamente questi due punti: essi appaiono paradossalmente sottovalutati nella *Perizia Tecnica*. Il motivo di tale sottovalutazione sta nel fatto che tali indicazioni di esplosione non si accordano con una esplosione nella toilette, ma sono più facilmente comprensibili nell'ipotesi di una esplosione esterna.

5.2 L'esplosivo

5.2.1 La presenza di esplosivo

Una lunga serie di analisi, svolte con diverse tecniche e presso tre diversi laboratori hanno confermato come su alcuni reperti, appartenenti al DC9, sono state rinvenute tracce dei due esplosivi T4 e TNT. Analizzeremo in un paragrafo successivo quali indicazioni si possono trarre da questo fatto: intendiamo qui esaminare le ipotesi fatte dal CPU in merito alle modalità con le quali questo

OS *Luca Mi*
mp *mm.*
B

esplosivo è giunto sui reperti sui quali è stato poi successivamente rinvenuto. Come è noto, all'atto dell'inizio dei lavori dell'attuale CPU, erano acquisiti i seguenti risultati per quanto riguarda la ricerca dell'esplosivo¹

Tracce di esplosivo

- AMI - Tracce di T4 su n° 2 schegge estratte dal cuscino n° 3.
Tracce di T4 sulle valigie n° 11, 14, 15.
- C. N. R. - Tracce di TNT e T4 sul gancio estratto dallo schienale 2 rosso.

Si noti che le analisi effettuate presso il C. N. R. avevano riscontrato la presenza di una percentuale analoga di T4 e TNT. Anche questo CPU ha ritenuto di effettuare analisi chimiche su questo tema ed i risultati sono contenuti nella relazione del Collegio Chimico². La ricerca di eventuali tracce di esplosivo ha avuto il seguente esito³:

Si può concludere che due dei bagagli (n. 11 e 14) sui tre esaminati presentano tracce di T4 e di TNT. Le quantità osservate sono di gran lunga maggiori delle quantità minime rivelabili con il metodo utilizzato

Non è purtroppo dato sapere in queste analisi quanto erano le rispettive percentuali di presenza dei due esplosivi, percentuali che erano presumibilmente accertabili, date le quantità rilevate.

Non vogliamo insistere su alcune incertezze che il CPU pare avere avuto inizialmente sulle validità delle analisi chimiche, ma analizzare le considerazioni che fa sulle modalità di deposizione di tali tracce. A tale scopo vale riportare una osservazione fatta dal CPU relativa al ritrovamento sul gancio. Si dice infatti⁴

Nell'intorno del foro di alloggiamento del gancio dello schienale del sedile n° 2 rosso sopra il quale furono trovate tracce di TNT e T4, non è stata rinvenuta alcuna traccia di tali esplosivi.

¹ Perizia Tecnica, IV-96

² Graziani G., Lopez A., Nicoletti R.; RELAZIONE PERITALE DEL COLLEGIO CHIMICO; Proc. Penale n. 527/84 A. G. I., indicata nel seguito come Perizia Chimica.

³ Perizia Chimica, pag. 41

⁴ Perizia Tecnica, IV-114

Lu Lu
QJ *M* *PT* *mm.*

Per quanto riguarda il rinvenimento sul gancio appartenente allo schienale 2 il CPU⁵:

ritiene di poter formulare le seguenti considerazioni critiche:

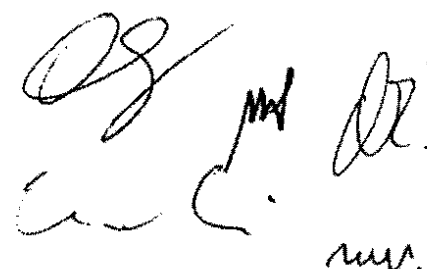
- *A causa della posizione occupata dal gancio sul velivolo, è estremamente poco probabile, per non dire impossibile, che particelle di esplosivo incombusto abbiano potuto raggiungere il gancio stesso sia nel caso di esplosione interna che in quello di esplosione esterna, senza peraltro lasciare traccia nelle zone adiacenti.*
- *Esistono alcune singolari coincidenze che hanno fatto sospettare al CP la possibile presenza di fenomeni di interferenza di sostanze inquinanti nelle analisi relative alla presenza di tracce di esplosivo ma, tali sospetti, non sono stati confermati dalle specifiche analisi chimiche effettuate.*
- *In ogni caso, la quantità di esplosivo rinvenuto rende non improbabile la presenza di un fenomeno di inquinamento, come del resto avvenuto in altri incidenti aerei ai quali il CP ha fatto in precedenza riferimento.*

Per i suddetti motivi il CP ritiene che la presenza di TNT+T4 sul gancio rosso non possa ritenersi da sola come prova certa di esplosione interna o esterna al velivolo ma l'ipotesi di esplosione, per essere confermata, debba essere sostenuta anche da altri indizi.

La possibilità che questa presenza sia dovuta ad inquinamento era stata affermata anche⁶ poco prima; non ci è in realtà chiaro cosa si intenda in questo contesto col termine inquinamento. Anche una deposizione accidentale di esplosivo avvenuta durante il deposito dello schienale in qualche aeroporto militare avrebbe dovuto interessare le parti circostanti al foro contenente il gancetto; valgono cioè per questa modalità di deposizione le stesse difficoltà che il CPU giustamente ipotizza valgano nel caso di esplosione. A non voler considerare che pare singolare il fatto che un solo pezzo abbia subito questo inquinamento.

⁵ *Perizia Tecnica, VIII-23*

⁶ *Perizia Tecnica, VIII-22*



Esiste una sola modalità che permetta all'esplosivo di giungere sul gancio senza andare in altre parti ed è che l'esplosivo stesso sia stato collocato direttamente a mano sul gancio e che quindi questo sia stato reintrodotta nel suo foro.

Anche su due valigie, quelle n° 11 e 14, sono state rinvenute tracce di T4 e TNT; queste valigie erano con molta probabilità collocate in cabina. La presenza di queste tracce viene accettata, anzi esse hanno una importante funzione: secondo il CPU infatti⁷:

Da quanto precede risulta pertanto estremamente poco probabile che le tracce di T4 e TNT rinvenute sui bagagli 11 e 14 possano provenire dall'esplosione di una testa di guerra di missile

Tratteremo in una successiva relazione dell'inconsistenza di questa argomentazione, che è una di quelle sulle quali si basa la refutazione dell'ipotesi missile: per ora notiamo che secondo il CPU si può invece formulare l'ipotesi che⁸:

le tracce di esplosivo provengano da una esplosione avvenuta internamente al velivolo. Tale ipotesi è più plausibile della precedente⁹ in quanto tale tipo di esplosione andrebbe attribuita, con ragionevole certezza, ad attentato terroristico e, quindi, ad un ordigno confezionato artigianalmente, con conseguente possibilità di produzione di elevate quantità di particelle incombuste.

Il meccanismo di trasporto sarebbe in questo caso quello dell'onda d'urto: non è naturalmente spiegato come possa un ordigno che viene ipotizzato di bassa potenza e per di più di confezione artigianale proiettare, da una delle collocazioni indicate come probabili dal CPU, tracce di esplosivo fino in cabina passeggeri, tenendo anche conto che per giustificare le deformazioni delle toilette si è ipotizzata la creazione di una depressione nella toilette stessa¹⁰; ma questa non è la sola contraddizione.

Nel paragrafo 5.7.2 intitolato *Osservazioni sulle evidenze favorevoli all'ipotesi di esplosione interna*¹¹ si indica anche il rinvenimento di tracce di esplosivo sul gancio e sulle valigie, ma si osserva che:

⁷ Perizia Tecnica, VIII-25

⁸ Perizia Tecnica, VIII-25

⁹ Il CPU si riferisce qui a quella di esplosione esterna

¹⁰ Perizia Tecnica, VIII-6

¹¹ Perizia Tecnica, IX-99

Dr. PS
mm.
mm.

L'aspetto particolare che, nel caso in esame, rende discutibile questo ritrovamento, è costituito dal fatto che tali tracce sono state trovate in posizioni e zone che male si accordano con l'ipotesi di esplosione nell'interno della toilet

Non è dato sapere che cosa significhi *discutibile*, ma è evidente che siamo di fronte alla paradossale situazione di tracce di esplosivo che vengono prese in considerazione quando servono a negare l'ipotesi missile, ma diventano *discutibili* quando *male si accordano con l'ipotesi di esplosione nell'interno della toilet*.

5.2.2 L'interpretazione sul tipo di esplosivo

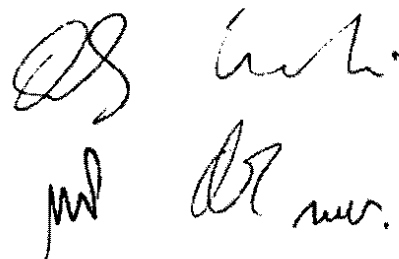
L'individuazione del tipo di esplosivo e della sua provenienza, si è rivelato sempre essere estremamente utile nelle indagini sulle esplosioni. È quindi comprensibile come anche nei Laboratori Centrali dell'Aeronautica, una volta accertata la presenza di tracce di un certo tipo di esplosivo, si siano fatte ipotesi sulla natura e sulle conseguenze di tale presenza, in base a due considerazioni. Una prima considerazione deriva dal fatto che il tipo di esplosivo e la sua preparazione sono legati al tipo di utilizzo previsto; non si tratta ovviamente di un legame rigido, ma la presenza di un certo tipo di esplosivo rende più probabile un tipo di utilizzazione piuttosto che un altro. Una seconda considerazione, legata logicamente alla prima, deriva dall'analisi statistica dei tipi di esplosivo utilizzato nelle varie applicazioni; anche in questo caso non si tratta ovviamente di una prescrizione rigida, ma di un indizio che in quanto conferma della prima fornisce utili indicazioni particolarmente in casi come quello qui esaminato. Nella conclusione del rapporto redatto in tale occasione, anche in base a quanto detto nell'Allegato che sarà analizzato poco oltre, si sostiene quindi¹²:

La presenza di tracce di T4 sui reperti porta ragionevolmente a formulare l'ipotesi che nelle vicinanze degli stessi reperti si sia determinata la detonazione di una massa di tale tipo di esplosivo presente a bordo del velivolo.

Particolare rilievo presenta, per comprendere l'origine di queste affermazioni, l'analisi contenuta nell'Allegato 3 della *Relazione n. 8221 del 5.10.1982*¹³,

¹² Quinta Relazione Aeronautica, pag. 3.

¹³ Citata in seguito come *Quinta Relazione Aeronautica*



firmato dal Ten. Col. Torri. In tale allegato, oltre ad una succinta descrizione tecnica del tipo di esplosivo ritrovato, si fanno le prime ipotesi sulla sua collocazione e quindi direttamente sulla causa dell'incidente. Per quanto riguarda le caratteristiche tecniche del T4 si nota che¹⁴:

Si tratta di una sostanza esplosiva di uso fondamentalmente militare, impiegata per il caricamento di teste di guerra di vari tipi e destinata a diversi impieghi. Il T4 è inoltre, in genere, il componente attivo del cosiddetto plastico (miscela di una matrice inerte plastica ad es. poliuretano, polibutadiene, con T4).

L'uso militare del T4 è determinato da alcune sue pregevoli caratteristiche:

- elevatissima velocità di detonazione (8750m/s, il tritolo che è uno degli alti esplosivi più diffusamente usati ha una velocità di detonazione di soli 6900m/s);
- possibilità di sintesi partendo da sostanze poco costose e soprattutto non derivanti dal petrolio;

D'altra parte il T4 presenta anche gravi inconvenienti che ne limitano l'impiego:

- eccessiva sensibilità all'innescò per cui deve essere conservato e trasportato allo stato umido;
- impossibilità di caricamento per colata in quanto fonde ad una temperatura (204°C) molto vicina a quella di detonazione (215°C)

Le caratteristiche indesiderabili hanno praticamente impedito l'uso del T4 puro. In campo militare esso è spesso impiegato insieme al tritolo (TNT) per formare miscele esplosive (Composition B¹⁵). In tal modo si ottiene un esplosivo che rispetto al TNT, pur conservandone i pregi (bassa sensibilità, possibilità di caricamento per

¹⁴ Quinta Relazione Aeronautica ; Allegato 3; op. cit. pag. 1

¹⁵ Un nome equivalente è Compound B; si tratta di una miscela contenente il 60% di T4 e il 40% di TNT in cui però dal 10% al 15% del T4 può contenere HMX sigla della trimetilentetranitroammina. Si indicano con il nome di Composition A le miscele di T4 con cere, con quello di Composition B quelle con TNT e con quello di Composition C quello con plastificante, cioè il cosiddetto plastico.

Handwritten signatures and initials:
A large signature at the top right.
Below it, the initials "AR" and "MW" are written, followed by "mv." at the bottom right.

colata), possiede una più elevata velocità di detonazione ed un più elevato rendimento complessivo.

Convieni spiegare in modo più ampio questa affermazione. Il caricamento delle cariche avviene in generale fondendo l'esplosivo e facendolo quindi colare nel contenitore. Per alcuni esplosivi, tra cui il T4, la temperatura di fusione risulta essere pericolosamente vicina a quella di innesco della reazione esplosiva, come dimostra l'esempio dato da Torri. Diverso è il caso per il TNT; per questo esplosivo infatti la temperatura di fusione è di 81 e quella di innesco è di 240. L'utilizzo di miscele T4/TNT, che pure hanno prestazioni esplosive un poco ridotte rispetto al T4 puro, è imposta quindi dalle necessità di fabbricazione: per tali miscele infatti la differenza tra la temperatura di fusione e quella di innesco garantisce la sicurezza nel caricamento.

Dove invece non vi sia l'esigenza di colare l'esplosivo in un contenitore, ma si debba solo renderne più sicuro il maneggio riducendo la sensibilità della carica all'innesco per urto si procede alla cosiddetta *flemmatizzazione*, operazione che consiste nel miscelare all'esplosivo sostanze inerti, ad es. cera. L'impiego di T4 flemmatizzato in campo militare è sempre stato limitato. Per quanto riguarda invece l'uso del T4 al di fuori dell'ambiente militare il Col. Torri pone in evidenza il fatto che¹⁶:

l'esplosivo plastico non è che T4 flemmatizzato con sostanze inerti, ma il suo impiego è del tutto particolare (cariche di distruzione, cariche per azioni di sabotaggio).

In base a queste osservazioni¹⁷ e tenendo conto del ritrovamento del solo T4 il Ten. Col. Torri è in grado di fare delle ipotesi sul tipo di ordigno esplosivo, sulla sua localizzazione a bordo del velivolo e quindi sulla causa della caduta del DC9.

Nell'analisi delle cause possibili una prima ipotesi presa in considerazione è quella della testa di guerra che ha detonato all'esterno del velivolo. In merito a tale ipotesi si osserva che¹⁸:

È una ipotesi possibile ma che si deve considerare poco probabile. Infatti in tale caso le tracce di esplosivo si sarebbero trovate sulle

¹⁶ Quinta Relazione Aeronautica ; Allegato 3; op. cit. pag. 2

¹⁷ Si noti che nell'attentato di Lockerbie è stato appunto utilizzato plastico. cfr. Perizia Lockerbie , pag. F1

¹⁸ Quinta Relazione Aeronautica ; Allegato op. cit. pag. 3

OS
inchi.
W *EL* *mv.*

schegge (come effettivamente è avvenuto) ma, salvo casi eccezionali, non si sarebbero dovute trovare su oggetti contenuti nell'interno del velivolo protetti dalle strutture esterne. In tal caso oltre al T4 si sarebbero dovute trovare anche altre sostanze esplosive, probabilmente TNT che, fra l'altro, non solo è l'esplosivo di più comune impiego militare da solo o in miscele, ma è anche quello che, per sue particolari caratteristiche fisico-chimiche, non detonando mai completamente, si ritrova con maggior facilità nei reperti. Il mancato ritrovamento di tracce di TNT nel corso dell'indagine rende poco probabile tale ipotesi.

Naturalmente si potrebbe essere verificata l'esplosione di una testa contenente solo T4 come sostanza attiva, ma per quanto si è a conoscenza attualmente un tale tipo di munizionamento non viene impiegato; ciò non esclude che possa esistere, anche in considerazione del fatto che in genere le caratteristiche del munizionamento sono coperte dal più stretto segreto.

Per quanto riguarda l'ipotesi di una esplosione interna essa potrebbe essere stata causata anche da un missile penetrato nel velivolo ed esploso all'interno. Essa può essere considerata molto poco probabile prima di tutto sulle base delle modalità di funzionamento dei missili per i quali¹⁹:

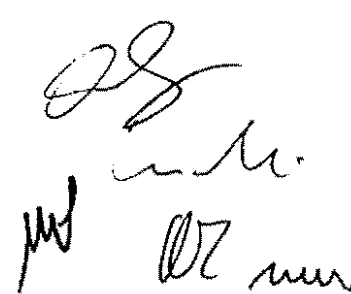
l'esplosione avviene, per effetto di spolette di prossimità o di altro tipo, nelle vicinanze del bersaglio stesso e l'abbattimento è determinato dall'effetto distruttivo delle schegge e dall'onda d'urto.

Ma essa è poco probabile, infatti²⁰:

anche per questa ipotesi valgono le considerazioni, svolte a proposito della possibilità di una esplosione esterna al velivolo, relativa al fatto che sono state rivelate tracce soltanto di T4 e non di altri esplosivi, specialmente TNT. È pur vero, come già accennato nella relazione, che le indagini sono state condotte dopo un lasso di tempo troppo lungo dal momento del recupero dei reperti e che gli stessi avevano subito l'azione dell'acqua, ma si è convinti che se si fosse verificata l'esplosione di una testa di guerra caricata con

¹⁹ Quinta Relazione Aeronautica ; Allegato 3 op. cit. pag. 4

²⁰ Quinta Relazione Aeronautica ; Allegato 3 op. cit. pag. 4



Composition B (che attualmente è la miscela più comune per il munizionamento) come si è trovato il T4 a maggior ragione si sarebbe trovato il TNT.

L'ipotesi che appare quindi più probabile, sempre a detta del Col. Torri è quella di esplosione interna, causata da una massa esplosiva presente a bordo del velivolo.

Quanto sopra sia perchè le altre due ipotesi sono evidentemente dotate di bassa probabilità, sia perchè si deve considerare che il T4 è il componente attivo dell'esplosivo plastico che per azioni di sabotaggio è certamente la miscela di elezione per cui il ritrovamento di solo T4 fa immediatamente sospettare l'impiego di tale miscela esplosiva²¹.

Appare da questa analisi come l'ipotesi bomba interna sia nella relazione *Quinta Relazione Aeronautica* sostanzialmente basata solo sul mancato ritrovamento del TNT. Questo è anche l'opinione espressa sinteticamente nella *Relazione Blasi*²² dove scrive:

Partendo dal fatto che non si sono trovate tracce di TNT²³, i tecnici dell'AMI hanno ritenuto molto più probabile una ipotesi di localizzazione dell'esplosivo all'interno del velivolo.

Per quanto riguarda il fatto che l'AMI non rinvenne il TNT una successiva relazione dei Prof. Malorni ed Acampora, secondo quanto riportato nella *Relazione Blasi*²⁴, rileva come:

il metodo cromatografico HPCL impiegato dai Laboratori dell'AMI sia notoriamente meno sensibile di quello ora adottato nelle analisi e non avrebbe potuto individuare i residui del TNT se questi fossero stati nelle stesse quantità ora trovata (50 nanogrammi/cmq).

²¹ *Quinta Relazione Aeronautica*, Allegato 3; op. cit. pag. 4.

²² Blasi M., Cerra R., Imbimbo E., Lecce L., Migliaccio M., Romano C.; *Perizia sull'incidente del DC9 I-TIGI della Società Itavia del 27.6.1980*; in seguito citato come *Blasi* pag. 54

²³ L'esplosivo che di norma è utilizzato insieme al T4 negli ordigni militari (Nota Blasi)

²⁴ *Blasi*1; op. cit. pag. 278

in h
OS *AK*
W *uv.*

Va ribadito che, pure interpretato in modo non rigido, il ricavare dal tipo di esplosivo indicazioni sulla natura dell'evento occorso al DC9 I-TIGI è operazione tecnicamente sensata e sovente utile. E difatti nelle successive analisi e discussioni questo tema è stato spesso trattato.

Nel paragrafo 7.2.3 del loro contributo²⁵ i periti Imbimbo, Lecce, Migliaccio trattano il problema citando la relazione dell'Ing. Spoletini²⁶. Secondo tale relazione²⁷

risulta, comunque, che l'esplosivo trovato è composto da T4 e TNT; tale composizione ha diffuso uso militare soprattutto nel rapporto 60/40 (Compound B).

Nella relazione della Commissione Pratis²⁸ il collegamento fatto dai tecnici AMI tra presenza del solo T4 ed ipotesi terroristica, sopra ricordato viene confermato, pur con qualche ulteriore considerazione che appare peraltro essere problematica²⁹ e per certi aspetti contraddittoria:

La presenza di alto esplosivo non contrasta con la tesi di una bomba allocata nell'interno dell'aereo. Sebbene negli attentati terroristici si sia fatto uso quasi sempre di T4 plastico, per la sua nota proprietà di facile formabilità ed innesco, una bomba con TNT è di facile approvvigionamento da parte di chiunque. Le FF.AA. negli anni di trasformazione dell'armamento hanno alienato una notevole quantità di proiettili fuori uso carichi (molti in Compound B) a ditte di scaricamento. Il prodotto di tale scaricamento è servito per formare "saponette" di esplosivo da impiegare per lavori di mina e similari. Le "saponette" sono generalmente di TNT, ma spesso, per la grossonalità del procedimento conservano anche tracce di T4. Esse si innescano facilmente con detonatori commerciali.

²⁵Blasi M., Cerra R., Imbimbo E., Lecce L., Migliaccio M.; *Perisia sull'incidente del DC9 I-TIGI del 27.6.1980, Supplemento di Indagine*; 26/5/1990. in seguito indicata come Blasi2

²⁶Tale relazione non è in nostro possesso e quanto qui riferito è tratto dal Supplemento di indagine della Commissione Blasi

²⁷Blasi2; op. cit. pag. 308

²⁸Relazione della Commissione d'indagine sull'incidente aereo di Ustica del 27.6.1980, Presidente dott. Carlo Maria PRATIS; 10/5/1989.

²⁹Pratis, op. cit. pag. 51

Indi
af
ju
mur.

Poichè l'esplosivo rilevato nel nostro caso non era TNT con tracce di T4, bensì T4 e TNT in percentuali tali da fare ipotizzare la presenza di Compound B, la informazione che si deve trarre dal testo della Commissione Pratis sopra citata è che, se si fosse trattato effettivamente di un attentato, esso presentava caratteristiche del tutto peculiari. Infatti oltre a non essere stato attuato con l'esplosivo in genere più utilizzato per ragioni tecniche a questi scopi, (il T4), non era stato neanche attuato con quello di più facile approvvigionamento (il TNT con tracce di T4).

Va detto che la correlazione tra presenza di T4 e attentato, per il momento nel quale fu fatta, è statisticamente non solo corretta ma anche doverosa: come ricordato nella relazione Pratis sopra citata gli attentati in Italia sono stati fatti quasi tutti utilizzando T4 e la stessa considerazione può essere tratta anche da quanto riportato in una interrogazione Parlamentare³⁰.

È ovvio che esiste la possibilità teorica per un attentatore di procurarsi un esplosivo costituito da una miscela di TNT e T4, ma è anche un fatto storicamente indiscutibile che nel 1980 coloro che hanno compiuto attentati hanno utilizzato quasi sempre plastico (T4) e non Compound B.

Come è stato ampiamente documentato sopra, il tipo di esplosivo rinvenuto non depone a favore di una bomba collocata all'interno dell'aereo per un attentato. Non si deve ovviamente considerare impossibile l'utilizzo di questo esplosivo in un attentato, ma, sulla base di considerazioni tecniche ed anche storiche, tale utilizzo deve essere considerato perlomeno inusuale. Anche questa parte dell'indagine non è stata sviluppata dal CPU come avrebbe potuto: uno degli esempi citati³¹ non è applicabile al nostro caso che è caratterizzato dalla presenza contemporanea di T4 e TNT, l'altro³² avrebbe avuto un qualche significato se fosse stato inserito in una statistica minimamente più ampia.

5.3 I segni di esplosione

In una lettera allegata agli atti indirizzata al Prof. Santini in data 24 Febbraio 1994 la DRA (ex RARDE) passa in rassegna quelli che a suo giudizio sono i segni positivi e caratteristici di una avvenuta esplosione a bordo. Il DRA infatti sostiene

³⁰Imposimato, Tedesco, Tatò, Pellegrino: *Interpellanza al Presidente del Consiglio dei Ministri ed ai Ministri di Grazia e Giustizia e della Difesa*; 2.5.1991. n. 2-00578

³¹rp, IV-99

³²rp, IX-7

Handwritten signatures and initials:
- A large signature at the top right.
- A signature below it.
- A signature below that.
- The initials "rw." at the bottom right.

we believe that there is overwhelming evidence that an explosion occurred. We are aware of the opinions of Frank Taylor and others concerning an explosion in the toilet compartment. Our findings on the fragments etc are not inconsistent with this theory, but no clearly positive explosives evidence was found in the items from the toilet which were examined at the DRA³³

Gli elementi sui quali la DRA basa questa sua affermazione sono sostanzialmente quattro, precisamente:

1. Le due schegge metalliche 6-4M e 52-1M,
2. La globularizzazione sui bordi dei fori in cinque valigie,
3. Il vestitino della bambola,
4. Il panno verde³⁴

Di tutti questi segni, come peraltro delle tracce di esplosivo sopra ricordate il CPU, non tiene sostanzialmente conto: il che è perlomeno singolare visto che si sta sostenendo la tesi che una bomba ha causato la caduta del DC9. Non abbiamo dubbi sul fatto che in materia così tecnicamente delicata è doverosa estrema cautela, ma, tenuto conto soprattutto dell'esperienza acquistata dal DRA in questo settore, una più approfondita dimostrazione dei motivi di questa sottovalutazione sarebbe stata a nostro avviso necessaria. Il motivo fondamentale di questa sottovalutazione ci pare essere invece lo stesso sopra ricordato nel caso degli esplosivi: la localizzazione di questi segni fa riferimento ad una esplosione che ha interessato una zona più ampia rispetto a quella definita dalla toilette. Vorremmo però analizzare ulteriormente alcune affermazioni del CPU che avrebbero avuto bisogno di ulteriori e più esplicite illustrazioni.

Il primo degli elementi sopra ricordato non è preso in considerazione a causa dei dubbi sulla provenienza delle schegge³⁵. È necessario ricordare peraltro che

³³ *crediamo che vi siano abbondanti elementi a prova del fatto che una esplosione si è verificata. Siamo a conoscenza delle opinioni di Frank Taylor e di altri riguardo ad una esplosione nella toilette. I nostri risultati non sono incoerenti con questa teoria, ma nessuna prova sicuramente positiva è stata trovata sui pezzi provenienti dalla toilette che sono stati esaminati al DRA.*

³⁴ Che curiosamente il DRA chiama nero

³⁵ Perizia Tecnica, IV-113

og dt
mw
bu Mi

la composizione di una delle schegge escluderebbe l'esplosione nella toilette³⁶ e quindi le possibili interpretazioni di questo reperto, se accettato, sono due³⁷

o i segni sulla scheggia non erano attribuibili ad esplosione, e quindi la possibile esplosione doveva essere cercata con altri indizi, o l'esplosione non era avvenuta nella toilet e, pertanto, se ne dovevano cercare tracce altrove (che non si trovavano)

Il terzo degli elementi sopra citati è il vestitino di bambola, su cui sono presenti segni che, secondo quanto affermato dalla DRA nella lettera citata, possono essere stati prodotti solo da una esplosione. La collocazione di questo reperto, come peraltro del pacco di documenti con segni di bruciatura collocati in contenitori prossimi alla cabina di pilotaggio, non è la toilette: secondo il CPU si tratta infatti di³⁸

evidenze che, nel seguito delle indagini, dovranno trovare spiegazione

Noi non abbiamo trovato traccia di tale spiegazione.

Una osservazione è doverosa a proposito delle due famose schegge quando si nota che³⁹

è poi da escludere che esse possano provenire dalla testa di guerra di un missile

Non è fornita alcuna documentazione a sostegno di questa così drastica affermazione. Noi non siamo in possesso di alcuna documentazione esplicita su tale problema, ma poichè le due schegge sono composte di tipiche leghe aeronautiche, ed i missili aria-aria sono congegni aeronautici non ci sentiremo di essere così drastici.

5.4 Fenomenologia degli attentati agli aerei

All'inizio del capitolo 5 della parte IX, il CPU dedica alcune pagine ad una analisi delle caratteristiche degli attentati subiti da aerei in volo⁴⁰; lo scopo di

³⁶ Perizia Tecnica, IV-107

³⁷ Perizia Tecnica, IV-107

³⁸ Perizia Tecnica, VIII-18

³⁹ Perizia Tecnica, VIII-13

⁴⁰ Dimostrando ancora una volta di essere privo anche degli aspetti più formali della mentalità scientifica, il CPU non cita la fonte dalla quale trae i suoi dati

AS
mer.
Luigi

questa analisi è quello di fare una statistica sugli incidenti in volo avvenuti in modo improvviso, senza alcuna segnalazione di pericolo da parte delle persone a bordo.

Secondo il CPU⁴¹

Una analisi degli incidenti occorsi a velivoli adibiti a trasporto civile durante il volo ed aventi caratteristiche non dissimili da queste, indica che, in questi casi, l'esplosione di un ordigno all'interno del velivolo è da ritenersi come la causa più probabile dell'incidente stesso.

Dopo avere osservato che il valore statistico dell'analisi è inficiato dal fatto che non si dice quale è il numero totale di incidenti in volo rispetto a quelli per i quali è accertata l'esplosione, va detto che i dati a nostra disposizione sono diversi. Come si deduce da uno studio presentato alla *Transport Aircraft Survivability Conference* tenutasi a St. Louis nell'ottobre del 1993⁴² dal 1971 al 1989 vi sarebbero stati 57 incidenti dovuti ad atti terroristici. Il 55% degli aerei sarebbe atterrato in modo controllato, mentre nel caso delle statistiche citate dal CPU questa percentuale è del 42%; per quanto riguarda la collocazione della toilette anche dai dati in nostro possesso risulta essere questa la collocazione meno "efficiente" in quanto circa l'80% degli aerei danneggiati da una esplosione nella toilette è riuscito ad effettuare un atterraggio controllato. Anche in questo caso, pur senza naturalmente voler affidare a questo aspetto dell'inchiesta alcun valore decisivo, crediamo che una più approfondita analisi della modalità e della caratteristiche degli attentati ad aerei avrebbe potuto essere utile.

⁴¹ *Perizia Tecnica*, IX-56

⁴² Schwartz E.; *The History of Terrorist Bombings Against Commercial Aviation*

OS BT
MP *mv.*
Cruti

6

Lo scenario radar: analisi dei dati di Fiumicino

6.1 Introduzione

Questo capitolo contiene rilievi ed osservazioni alla Parte V della *Perizia Tecnica*, che è la parte relativa all'analisi dei dati radar del sito di Fiumicino. In esso vengono essenzialmente valutati i limiti ed analizzate le principali incongruenze e imprecisioni rilevate nella *Perizia Tecnica*. In una successiva relazione verrà delineato uno scenario radar complessivo, congruente con i risultati delle analisi dei dati disponibili e con la localizzazione dei relitti recuperati.

6.2 Limiti della *Perizia Tecnica*

In questo paragrafo verranno illustrati i principali limiti che si possono rilevare nelle analisi sviluppate nella *Perizia Tecnica*; ci si limiterà agli aspetti più macroscopici e soprattutto a quelli che hanno una certa rilevanza ai fini delle conclusioni di questa parte della *Perizia Tecnica*, mentre non ci si soffermerà su molti altri aspetti che, pur presentando inesattezze e imprecisioni, non sembrano rilevanti ai fini delle conclusioni.

6.2.1 Analisi dell'integratore del radar Marconi

Il modulo integratore è stato preso in considerazione in varie parti della *Perizia Tecnica* allo scopo di chiarirne il funzionamento e ricavarne le caratteristiche

OS
MT
ju
nuv.
anti

quantitative.

L'integratore è descritto sommariamente nel Capitolo 2 intitolato *Struttura del Radar di Fiumicino-Ciampino al momento dell'incidente*¹; il suo schema è riportato nella Figura 2.7² dello stesso capitolo; la sua collocazione nel sistema radar si può desumere dallo schema generale riportato nella Figura 2.4³.

Una valutazione quantitativa di alcune caratteristiche dell'integratore, ed in particolare della posizione centrale e dell'estensione azimutale, è riportata nel Capitolo 5, *Risoluzione ed accuratezza in azimuth*, ed in particolare nel suo primo paragrafo intitolato *Elementi di analisi teorica*⁴. Tale valutazione appare grossolanamente approssimativa, sotto due aspetti principali:

- assume un modello lineare dell'integratore, e quindi non tiene conto né della limitazione a 6 bit del segnale all'ingresso dell'integratore stesso, né della limitazione a 8 bit del segnale che circola all'interno del loop dell'integratore; tali limitazioni si possono desumere dallo schema di Figura 2.7⁵. La prima di queste due limitazioni è rilevata dal CPU⁶, che esplicitamente ne descrive le conseguenze

... riducendo la dinamica di ingresso si riduce l'allungamento azimutale dei segnali forti, così da consentirne ancora una conveniente risoluzione azimutale.

- come si ricava dalla Figura 5.1.4⁷ si assume implicitamente un diagramma di irradiazione di antenna di tipo *rettangolare*, assolutamente non realistico come modello per l'antenna effettivamente utilizzata in pratica.

Nei successivi paragrafi saranno illustrate le conseguenze di tali approssimazioni. Quello che è definito come un *diverso modo di procedere, probabilmente più attendibile* è citato altrove⁸ ed è riportato in dettaglio nell'Allegato C: in

¹ Perizia Tecnica, V-6

² Perizia Tecnica, V-8/9

³ Perizia Tecnica, V-8/6

⁴ Perizia Tecnica, V-15

⁵ Perizia Tecnica, V-8

⁶ Perizia Tecnica, V-6

⁷ Perizia Tecnica,

⁸ Perizia Tecnica, V-19

OS *el*
M *mer.*
huli

questo caso si assume un diagramma di irradiazione di antenna di tipo Gaussiano, con apertura a 6 db (two-ways) pari a 2.1° . Anche questo approccio, pur adottando un modello più realistico per il diagramma di irradiazione di antenna, presenta l'inconveniente di essere lineare, senza cioè tenere conto degli effetti di limitazione sopra citati.

Anche le prove di simulazione effettuate direttamente sull'apparato radar soffrono della limitazione di adottare anch'esse un diagramma di irradiazione di antenna di tipo rettangolare; questo si desume dal modo con cui viene generato il segnale di test all'interno dell'apparato di simulazione dei segnali messo a punto dall'Alenia, il cui schema è riportato nell'Allegato A, parte a) della *Perizia Tecnica* (simulatore di bersagli radar, da Alenia S.p.A.).

Questa osservazione vale in generale per tutti i risultati desunti da queste simulazioni:

- Si può ritenere che le simulazioni possano essere valide dal punto di vista *qualitativo*, nel senso che permettono di verificare l'esistenza di fenomeni particolari (quali il *blanking* o la *cattura*, ecc.).
- Per quanto riguarda invece i risultati *quantitativi*, l'utilizzazione degli stessi per l'interpretazione dei dati radar appare discutibile, per i motivi sopra detti, soprattutto per quanto concerne gli aspetti legati alle valutazioni azimutali.

6.2.2 Valutazione dell'errore azimutale del radar Marconi

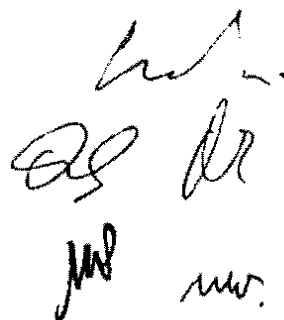
L'aver adottato, per l'analisi del modulo integratore, un modello lineare porta come conseguenza rilevante una sovrastima dell'errore azimutale del radar Marconi, in particolare, dove⁹ si giunge alla conclusione che

è da attendersi un errore dell'ordine del grado nell'accuratezza angolare.

Tale valore risulta dalla somma di due termini, citati al capoverso precedente:

- un errore di polarizzazione che può variare da 0.5° a 0.9°

⁹ *Perizia Tecnica*, V-21



- un errore per sensibilità dell'ordine di 0.2°

Il valore così elevato del primo dei due addendi di cui sopra nasce appunto dall'utilizzazione di un modello lineare del dispositivo, modello che non tiene conto degli effetti delle limitazioni.

Una analisi più accurata dell'integratore e dell'estrattore con Moving Window, in grado di tenere in conto anche tutti gli elementi non lineari presenti nel dispositivo, da noi effettuata mostra come l'errore di polarizzazione non superi 0.4° .

Con questo nuovo valore, l'errore azimutale del radar Marconi si riduce da circa 1° a 0.6° .

Questa sovrastima dell'errore azimutale ha notevoli conseguenze sia per quanto riguarda l'interpretazione dei dati dopo l'incidente mediante l'associazione (plot rilevati)-(traiettorie di gravi), sia per quanto riguarda la giustificazione di alcune conclusioni relative alla traiettoria del DC9 prima dell'incidente. In particolare, viene meno la giustificazione addotta nel paragrafo 5.3¹⁰ per l'andamento della Figura 5.3.14 (parte terminale della traiettoria prima dell'incidente), dove si attribuisce l'elevato spostamento (oltre 1°) azimutale dei rilevamenti Marconi a questo errore strumentale, piuttosto che alla presenza di un altro aereo.

6.2.3 Mancata utilizzazione di tutte le informazioni disponibili

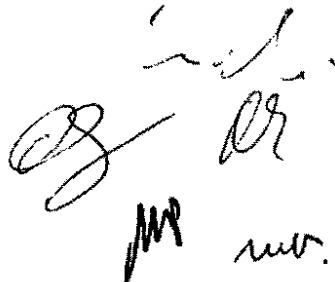
Quasi tutta l'analisi dei dati radar sviluppata nella *Perizia Tecnica* è basata sui dati di azimuth e distanza ricavati dall'estrattore 3 associato al radar Marconi. Solo saltuariamente vengono presi in considerazione anche i dati del radar Selenia (estrattore 4).

Questa scelta è fondata sulle osservazioni riportate nel Capitolo 4¹¹, secondo le quali gli estrattori 1 e 2 non portano informazioni aggiuntive rispetto agli estrattori 3 e 4, rispettivamente, dal momento che tali estrattori operano sugli stessi segnali e differiscono unicamente per il valore della soglia primaria.

Pur essendo in accordo, in linea generale, con quanto asserito nella *Perizia Tecnica*, dobbiamo osservare che l'utilizzazione dei dati forniti dagli estrattori 1 e 2 può, in alcuni casi, essere di utile complemento ai dati principali ottenuti

¹⁰ *Perizia Tecnica*, V-31

¹¹ *Perizia Tecnica*, V-13



dagli altri estrattori. Ciò quando si desidera chiarire alcuni aspetti che altrimenti risulterebbero non chiari. Si pensi, a titolo di esempio, all'incertezza, sull'interpretazione dei plot 2a e 2b successivi all'incidente, se cioè essi sono stati originati da due target distinti oppure da un solo target: l'incertezza non è superata se si osserva solo il risultato fornito dall'estrattore 3, mentre si risolve osservando anche i dati forniti dall'estrattore 1.

Nella *Perizia Tecnica* invece non risulta alcuna utilizzazione di tali informazioni aggiuntive.

Inoltre, tra i dati forniti dai vari estrattori radar vi è l'indice di qualità Q . Esso è legato all'estensione E rilevata dalla Moving Window, cioè al numero di passi di campionamento azimutale per i quali il numero di bit "1" analizzati dalla Moving Window supera un determinato valore detto *soglia di qualità*, come descritto succintamente nella tabella 2.1¹². In particolare $Q = E$ se $E < 15$, mentre Q è posto uguale a 15 quando $E \geq 15$.

Per quanto riguarda tale grandezza nella *Perizia Tecnica* si legge¹³:

converrà anche notare la scarsa significatività della qualità

Sulla base di tale osservazione, l'indice di qualità non viene mai utilizzato nelle analisi e nelle interpretazioni dei rilevamenti radar anche quando il suo valore è minore di 15, e quindi, in assenza di saturazione, può dare informazioni utili ai fini dell'interpretazione dei rilevamenti radar, soprattutto in relazione al fenomeno del *blanking*.

6.2.4 Mancata integrazione dei dati Marconi e Selenia

Questo rilievo si riferisce in particolare all'interpretazione dei dati radar dopo l'incidente. Essi sono per la maggior parte forniti dal radar Marconi, ma vi è anche un numero, sia pur limitato, di dati rilevati dal radar Selenia.

Nella *Perizia Tecnica* i dati Selenia vengono utilizzati separatamente da quelli Marconi, senza neppure porsi il problema se alcuni dei rilevamenti possano essere attribuiti agli stessi target, e quindi consentire una più precisa interpretazione dei dati e la formulazione di uno scenario più attendibile.

¹² *Perizia Tecnica*, V-5

¹³ *Perizia Tecnica*, V-22

L. L. L.
OG
mv
mv

6.2.5 Andamento dei tracciati radar prima dell'incidente

Questo aspetto è trattato, nell'ambito della *Perizia Tecnica*, in due parti separate:

- La prima parte, riguardante tutto il volo fino agli ultimi 600 s esclusi è trattata nel cap. 6, parte V;
- La seconda parte, riguardante gli ultimi 600 s, è trattata nel par. 5.3, parte V

A questo riguardo, in due precedenti memorie, era stato prospettato dagli scriventi la presenza di un secondo aereo che percorre una rotta molto vicina a quella del DC9, presumibilmente allo scopo di evitare l'avvistamento radar. Tale ipotesi nasceva dall'osservazione di due fenomeni:

1. la presenza, intorno alle ore 18.40, di tre plot solo primari disposti parallelamente alla traccia del DC9, a nostro giudizio non spiegabili se non con la presenza di un secondo oggetto;
2. lo scostamento, durante le ultime 20 battute radar, notevole per ampiezza e per regolarità nel tempo, della traccia rilevata dal radar Marconi (PR+SSR)¹⁴ da quella rilevata dal Selenia (solo SSR); l'unico meccanismo che consente di spiegare tale differenza è la presenza di un oggetto, non attivo per quanto riguarda il trasponder (SSR) ma attivo per quanto riguarda la riflessione elettromagnetica, che interferisce con la risposta primaria del radar Marconi con qualcuno dei meccanismi noti (cattura di traccia oppure *blanking*)

Questi aspetti vengono presi in considerazione nella *Perizia Tecnica*, ma sono sbrigativamente liquidati con argomentazioni che appaiono molto deboli e superficiali.

¹⁴Si indicherà con PR la risposta del radar primario e con SSR quella del secondario

coll.
OS *OT*
M
mur.

Traccia parallela di soli PR intorno alle 18.40

Nella *Perizia Tecnica* i tre plot suddetti sono spiegati con il fenomeno dello *splitting* in distanza, in presenza di echi molto forti. A supporto di tale interpretazione viene riportata nell'allegato M una descrizione dettagliata della catena di amplificazione del radar e viene individuato nel cosiddetto *compensation amplifier* il responsabile di tale fenomeno.

In realtà nell'allegato M si giustifica la possibilità di avere allungamenti di circa $12 \mu s$ (corrispondenti a differenze in range di 1 NM), mentre invece le differenze in range, nel caso in esame, sono di 1.13, 1.18 e 1.13 NM corrispondenti a 14, 14.6 e $14 \mu s$, e quindi significativamente superiori al limite indicato nello stesso allegato.

Per giustificare l'evidente incongruenza fra il testo della *Perizia Tecnica* e il contenuto dell'Allegato M, si afferma che¹⁵:

ragioni pratiche dovute a non linearità (che sembra siano state superate negli anni 82-83) fanno ritenere che il fenomeno in oggetto fosse più rilevante.

Una affermazione del genere, senza supporti documentati, non appare a nostro giudizio sufficiente, nè è detto in alcuna parte della *Perizia Tecnica* con quale criterio sono state fissate le soglie per il cosiddetto *test di splitting*¹⁶; tali soglie si ricavano dalla *flow chart* di Fig. 6.1, e sono pari a 0.9 e 1.36 NM. Esse, alla luce di quanto detto in precedenza, sono prive di fondamento; pertanto anche i risultati del *test di splitting* non sono accettabili. In ogni caso le conclusioni a cui si perviene¹⁷:

In conclusione, dallo scenario fornito dal radar Marconi si evince che:

- *i vari tracciati identificati o meno non rendono ragione di uno scenario radar particolarmente complesso;*
- *non esiste evidenza di uno o più aerei che si immettono (sic) sulla traccia del DC9 I-Tigi, al fine di averne copertura radar*

necessitano di una profonda revisione.

¹⁵ *Perizia Tecnica*, V-36

¹⁶ *Perizia Tecnica*, V-33

¹⁷ *Perizia Tecnica*, V-36

Luca
Melli

mv

6.2.6 Determinazione della posizione spaziale del velivolo nel momento dell'incidente

La determinazione del punto dell'incidente è di cruciale importanza per l'interpretazione dei plot successivi all'incidente, in quanto esso viene assunto come punto di inizio nel calcolo delle traiettorie dei gravi in caduta libera che sono utilizzate per la modellizzazione del moto dei frammenti; esso rappresenta quindi l'elemento di raccordo fra due tipi di osservazioni molto diverse (radar da un lato, posizione dei relitti ritrovati dall'altro).

D'altra parte la corretta definizione dello scenario radar al momento dell'incidente nasce evidentemente dal confronto di queste due serie di osservazioni; riveste quindi particolare importanza la verifica dell'accordo fra esse. Inoltre, data la diversa scala di distanze su cui si opera (centinaia di Km per il radar, unità o frazioni di Km per i rilevamenti), appare essenziale la precisione con cui si perviene alle determinazioni.

Come vedremo più oltre, invece, nella *Perizia Tecnica* vengono introdotte molte approssimazioni che, unite a scelte metodologiche discutibili, rendono il grado di affidabilità della ricostruzione proposta assolutamente insufficiente, tenuto conto anche della criticità di questo aspetto più sopra evidenziata.

Il procedimento con cui si giunge, nella parte V del Capitolo 8 della *Perizia Tecnica*, alla determinazione della posizione spaziale del velivolo nel momento dell'incidente è articolato in vari passi logici:

- viene effettuata anzitutto una regressione lineare dei dati radar (azimuth e range) relativi agli ultimi 180 s prima dell'incidente. Sulla base di tale regressione viene determinata una stima delle coordinate radar del velivolo in corrispondenza all'ultimo rilevamento PR+SSR (par. 8.1)
- la posizione precedentemente individuata viene quindi convertita in coordinate geografiche (Latitudine e Longitudine), assumendo che i radar Marconi e Selenia fossero orientati rispetto al Nord geografico. (par. 8.2)
- viene quindi effettuata una verifica dell'orientamento dell'antenna del radar Marconi confrontando i rilevamenti radar attribuibili al sole al tramonto con le coordinate del sole stesso riferite al Nord geografico, e si scopre un disallineamento di circa 2.25° . Viene quindi applicata tale correzione alla stima precedentemente valutata e quindi si perviene alla stima definitiva del punto finale.

[Handwritten signatures and initials]

Ciascuno di tali passi si presta a rilievi e osservazioni. In particolare:

a) Regressione sui dati di azimuth e range

Questo approccio è giustificato dal fatto di¹⁸

aver ritenuto che gli andamenti in questione (azimuth-tempo, distanza-tempo) possono essere ben approssimati con leggi lineari.

Ora, si può concordare con l'assunzione che la rotta di un aereo in volo di crociera sia approssimabile con una traiettoria rettilinea a velocità costante (si ricordi che le aerovie di norma seguite dagli aerei sono costituite da segmenti di traiettorie rettilinee). Tale approssimazione si traduce nel fatto che le equazioni che descrivono le componenti del moto in coordinate cartesiane ortogonali sono approssimabili mediante le forme lineari:

$$x(t) = x_0 + v_x t \quad y(t) = y_0 + v_y t$$

dove $x(t)$ ed $y(t)$ indicano la posizione del velivolo all'istante t , x_0 e y_0 la posizione del velivolo all'istante iniziale e v_x e v_y le componenti della velocità lungo i due assi. Trasportando tali forme lineari in coordinate polari, quali quelle adottate nel caso del radar, coordinate nelle quali la posizione di un velivolo è descritta per mezzo della sua distanza dal radar stesso $R(t)$ che si chiama *range* e dall'angolo con il quale è visto, indicato con $\theta(t)$, che si chiama *azimuth*, si ottengono le forme:

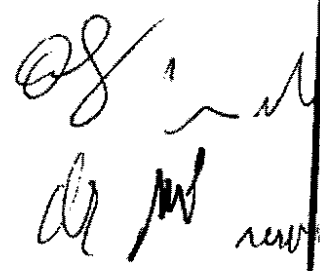
$$R(t) = \sqrt{x_0^2 + y_0^2 + (v_x^2 + v_y^2)t^2 + 2(v_x x_0 + v_y y_0)t}$$

$$\theta(t) = \arctg \frac{y_0 + v_y t}{x_0 + v_x t}$$

che non sono più lineari in t e non giustificano quindi l'adozione della regressione lineare sulle grandezze $R(t)$ e $\theta(t)$.

L'adozione di un modello lineare per l'andamento temporale di range e azimuth introduce quindi una approssimazione che sarebbe stata del

¹⁸ *Perizia Tecnica*, V-55



tutto eliminata se, invece di procedere *prima* alla regressione e *quindi* alla conversione in coordinate geografiche, si fossero in primo luogo convertito tutti i dati radar in coordinate geografiche e successivamente si fosse effettuata la regressione.

b) Andamento azimuth-tempo per il radar Marconi

È noto che la regressione lineare è in grado di ridurre gli effetti di fluttuazioni aleatorie con valore medio nullo. Nel caso invece dell'andamento azimuth-tempo per il radar Marconi (estrattore 3) si è in presenza di un disturbo aggiuntivo (lo spostamento dovuto all'integratore) che è funzione del livello del segnale ricevuto e quindi, assumendo un corretto allineamento del radar per segnali forti, con valore medio sempre negativo.

La presenza di un tale fenomeno, che si presenta proprio nell'intervallo di tempo sopra considerato ai fini della regressione, è stato notato in altra parte della *Perizia Tecnica*, dove si afferma che¹⁹

una diminuzione di S/N che porti al limite di visibilità del radar comporta un decremento medio dell'angolo osservato di circa 0.6°,

anche se viene utilizzato un valore che, essendo ricavato con una procedura di analisi approssimata (vedi quanto osservato sopra) appare sovrastimato.

Pertanto, a causa dell'errore di polarizzazione, l'utilizzazione dei rilevamenti azimutali Marconi per determinare la posizione terminale del velivolo, senza preoccuparsi di depurare i dati di partenza di tale effetto aggiuntivo, appare quanto mai discutibile.

c) Conversione in coordinate geografiche

Il procedimento adottato per la conversione da coordinate polari riferite al centro radar a coordinate geografiche è molto approssimato; non si comprende la necessità di introdurre queste ulteriori approssimazioni quando erano disponibili gli strumenti concettuali e di calcolo per effettuare tali conversioni in maniera ben più accurata, come peraltro è dimostrato nell'Allegato H alla *Perizia Tecnica*.

¹⁹*Perizia Tecnica*, V-31

OS
W
DR *MP* *nu.*

d) Valutazione dell'orientamento dell'antenna

Come già accennato in precedenza, la valutazione dello scostamento dell'orientamento dell'antenna Marconi rispetto al Nord geografico è stata basata sul confronto fra i rilevamenti dei disturbi originati dal sole e l'azimuth del sole al tramonto desunto da dati astronomici.

Va tuttavia osservato che i rilevamenti (falsi plot) dovuti al sole sono in realtà dovuti ad un incremento del rumore di antenna, e comunque sono associati a livelli di segnale sempre molto bassi. Questo aspetto si può verificare facilmente osservando che una gran parte dei plot utilizzati a questo scopo presenta un indice di qualità inferiore a 15, dato questo che non è riportato nella Tabella 8.3.2²⁰.

Ora, è stato più volte detto che bassi livelli di segnale comportano, per effetto dell'integratore nel caso del radar Marconi, una variazione dell'azimuth misurato; tuttavia tale errore di polarizzazione non è stato tenuto in conto nella stima della correzione angolare da apportare ai dati.

Per tutte queste ragioni la determinazione del punto finale della traiettoria del DC9 appare assai poco affidabile e pertanto tutte le considerazioni svolte nel Capitolo 9 della parte V per stabilire corrispondenze fra plot e relitti, e che si basano sul punto *PM*, stimato con la metodologia sopra esposta, richiedono una radicale revisione.

6.2.7 Attribuzione plot-relitti dopo l'incidente

Nel seguito vengono messe in evidenza alcune incongruenze che si possono rilevare nel processo di corrispondenza plot-relitti quale descritto nel paragrafo 9.5 della *Perizia Tecnica*²¹, e che rappresenta peraltro uno degli elementi decisivi per le conclusioni di questa parte della perizia.

Va osservato che le considerazioni svolte nel seguito prescindono dal problema della determinazione del punto terminale della traiettoria del velivolo prima dell'incidente, sul quale ci si è soffermati nel paragrafo precedente.

Va ricordato che la metodologia di analisi, quale descritta in *Perizia Tecnica* prevede (al punto 5)²² il:

²⁰ *Perizia Tecnica*,

²¹ *Perizia Tecnica*, V-105

²² *Perizia Tecnica*, V-98

confronto degli errori azimutali con quelli valutati teoricamente
in 5.1 (e confortati dalle indagini sperimentali: errore di circa 1°)

Gli errori azimutali osservati nascono dal confronto fra i rilevamenti radar e le traiettorie di caduta dei potenziali relitti.

Per quanto riguarda le traiettorie utilizzate, si possono formulare le seguenti osservazioni:

- a) Un elemento importante per la determinazione delle traiettorie è l'andamento del vento (direzione e velocità) in funzione della quota. Su questo tema esiste una notevole confusione in tutta la *Perizia Tecnica*.

Tutto l'argomento è discusso dal CPU in varie parti della *Perizia Tecnica*²³. In particolare, avendo osservato una certa discrepanza tra i dati meteorologici generali e le misure alla superficie del mare, il CPU nel paragrafo 11.2 della parte IV²⁴ adotta una distribuzione di velocità e azimuth regolarizzata secondo la tabella I riportata nell'Allegato IV-8.

Tuttavia, mentre tali dati sono utilizzati nella parte IV, nella parte V²⁵ sono usati dati diversi (quelli meteorologici generali, riportati nella tabella II dell'Allegato IV-8).

L'uso dei dati della tabella I è validato dal buon risultato ottenuto nel riprodurre la localizzazione dei relitti in fondo al mare; il ricorso viceversa ai valori della tabella II non è motivato. Il CPU si limita ad osservare²⁶ la scarsa importanza della intensità (velocità) del vento; analoga affermazione viene fatta riguardo ai diversi possibili andamenti della direzione. Per la verità, esaminando la Figura 9.1.1 della parte V (punti rappresentati con cerchi) si nota come il CPU abbia assunto, per l'azimuth, i valori della tabella I: questa mescolanza tra le due serie di dati non è dichiarata nel testo, nè tanto meno motivata e appare incomprensibile.

- b) Un altro elemento importante è il punto di inizio delle traiettorie. A questo proposito va notato un fatto rilevante e, ad avviso degli scriventi, anche grave, e cioè che dopo aver correttamente discusso nella parte IV della *Perizia Tecnica* della localizzazione probabile dell'incidente, il CPU, nella

²³ *Perizia Tecnica*, I-11, III-18, IV-63, V-97

²⁴ *Perizia Tecnica*, IV-62

²⁵ *Perizia Tecnica*, V-97

²⁶ *Perizia Tecnica*, V-97

ml
AG
Dr *pw* *mv.*

ml
mv

parte V, ignora totalmente tale discussione e assume come punto iniziale della frammentazione il punto PM localizzato secondo il metodo criticato nel paragrafo 6.2.6 della presente relazione. Questa diversità di scelta non solo non è motivata, ma non è nemmeno dichiarata.

È evidente che il punto dell'incidente deve avere una collocazione univoca, ancorchè conoscibile solo per via induttiva: non è ammissibile localizzarlo in una posizione per spiegare i ritrovamenti in fondo al mare e in un'altra per tentare di far quadrare i dati radar (considerazione analoga a quella già fatta riguardo alla scelta delle condizioni di vento).

- c) Un'altra incongruenza minore è rivelabile riguardo alla parte iniziale delle diverse simulazioni di caduta. Discusse le condizioni iniziali di caduta il CPU le indica in 7600m²⁷, ma subito dopo e senza fornire spiegazioni²⁸ la quota diventa 7700m e tale rimane anche nel seguito (si veda la Figura V-9.5.2).

A proposito del confronto vero e proprio, per comodità di lettura, nella tabella che segue sono riportati, per ciascun plot, gli errori azimutali rispetto agli eventuali frammenti che possono essere interpretati come originatori di tali plot; i dati sono stati rilevati direttamente dalle figure allegate al Capitolo 9, scegliendo, nel caso in cui un plot sia considerato più volte, la situazione che fornisce l'errore minore; per ogni plot è indicata la figura utilizzata nel rilevare l'errore.

²⁷ Perizia Tecnica, IV-61 e IV-62

²⁸ Perizia Tecnica, IV-64

Plot	Errore azimut.	Figura		Plot	Errore azimut.	Figura
1	+0.8	9.5.1		15	-0.04	9.5.3
2a	-0.3	9.5.1		16	-0.38	9.5.3
2b	-1.8	9.5.1		17	-0.26	9.5.5
3	+0.5	9.5.1		18	-0.15	9.5.3
4	+0.2	9.5.1		19	+0.68	9.5.12
5	-0.9	9.5.1		20	-0.04	9.5.9
6	+0.3	9.5.1		21	-0.28	9.5.5
7	-0.6	9.5.1		22	-0.08	9.5.9
8a	+0.65	9.5.11		23	+0.32	9.5.9
8b	-0.56	9.5.9		24	-0.25	9.5.5
9a	+1.1	9.5.10		25	-0.48	9.5.5
9b	-1.04	9.5.3		26	+0.06	9.5.11
10	-1.02	9.5.3		27	+0.12	9.5.5
11	-1.	9.5.3		28	+0.42	9.5.10
12	+1.36	9.5.12		29	-0.04	9.5.7
13a	+0.6	9.5.13		30	+0.36	9.5.10
13b	-0.7	9.5.3		31	-0.35	9.5.7

Si possono allora fare i seguenti rilievi:




- a) Nel paragrafo 9.5 si legge²⁹: *In particolare si è notata la buona corrispondenza per i primi 8 plot Non si capisce come tale affermazione si concili con un errore di -1.8° rilevato per il plot 2b, a fronte di un limite teorico di 1° ³⁰*
- b) Il paragrafo 9.6³¹ è dedicato all'interpretazione dei cosiddetti plot singoli, che, secondo quanto affermato nell'ultimo capoverso del paragrafo 9.5, *...mostrano errori angolari rilevanti* Ciò è in netto contrasto con la *buona corrispondenza* precedentemente citata.
- c) Nel paragrafo 9.6³² vengono considerati i plot 1, 8a, 9a, 12, 13a, 19 e 2b. In particolare viene affermato che i plot 8a, 9a, 12, 13a e 19 *appaiono*

²⁹ Perizia Tecnica, V-105

³⁰ Perizia Tecnica, V-21

³¹ Perizia Tecnica, V-108

³² Perizia Tecnica, V-108

W.L.

 
 m.m.

essere ai limiti della tolleranza azimutale. Da questo si potrebbe dedurre che il limite superiore della tolleranza azimutale considerato nella Perizia ai fini di ulteriori indagini è rappresentato dal minimo valore di errore azimutale riscontrato fra i plot citati, e cioè $+0.6^\circ$ (plot 13a). Nulla viene detto in relazione al limite inferiore; tuttavia il fatto che non vengano presi in considerazione i plot 5, 9b, 10, 11 (che presentano errori di segno negativo con valori assoluti superiori al limite precedentemente trovato) fa supporre che il limite inferiore sia implicitamente assunto pari a $(0.6 - 2) = -1.4^\circ$. Sembrerebbe quindi che la fascia di tolleranza considerata ai fini dell'attribuzione sia asimmetrica rispetto allo zero; tuttavia nessuna giustificazione per tale asimmetria appare emergere dalla lettura della perizia.

- d) Per giustificare la corrispondenza plot-relitti per i plot più lontani, nella *Perizia Tecnica* si giunge alla conclusione che la separazione dei vari relitti è avvenuta in varie fasi; infatti nel Capitolo 10 si legge, al punto 3³³ che *la durata connessa alla separazione dei vari pezzi significativi dal punto di vista radar potrebbe essere avvenuta in una decina di secondi*. Sembra quindi che, in relazione alle modalità di separazione di pezzi successivi, venga accettata la modalità b) descritta al termine del paragrafo 9.2³⁴ con la seguente dizione:

il grosso del velivolo continua nel suo moto (in condizioni assai prossime a quelle prima dell'incidente) e quindi avvengono altre separazioni di "parti" della sua struttura.

Secondo la *Perizia Tecnica*, anche i rilevamenti del radar Selenia avvalorerebbero tale ipotesi³⁵. In effetti, l'unica condizione riportata nella perizia che possa giustificare il plot 31 è quella della Figura 9.5.7, che si riferisce ad una separazione dopo 15 s. Se tale modello è valido per spiegare i plot finali, ci si pone il problema di dove sia caduto *il grosso del velivolo*, dopo aver proceduto per circa 10 s sulla rotta originaria del DC9. Dall'esame della Figura 9.5.6, relativa al caso di separazione dopo 10 s, si rileva che l'unica curva che termina in prossimità di una delle zone dove sono state ritrovate parti di dimensioni rilevanti è la curva con

³³ *Perizia Tecnica*, V-123

³⁴ *Perizia Tecnica*, V-99

³⁵ *Perizia Tecnica*, V-110

R=80, che termina in prossimità della zona "A", zona di ritrovamento della coda dell'aereo. Ora, assumere che la coda possa essere il *grosso dell'aereo* previsto dal modello, e soprattutto che sia in grado di continuare in volo livellato o quasi per circa 10 s dopo la separazione dal resto del velivolo ci sembra abbastanza improponibile.

- e) In realtà, utilizzando la metodologia stessa del CPU e i dati di cui esso si avvale, le conclusioni cui si giunge sono molto diverse da quelle esposte nella parte V della *Perizia Tecnica*

Gli scriventi hanno effettuato la verifica a partire dai dati iniziali riportati alle pagg. IV-61 e IV-62 della *Perizia Tecnica* dalle condizioni meteorologiche della tabella a pag. IV-63 e dal punto iniziale corrispondente alle coordinate geografiche 39°43'32"N, 13°00'34"E (punto che meglio si addice alla mappa dei ritrovamenti in mare, così come discusso nella parte IV). Si è anche considerata la possibilità di successive frammentazioni nell'arco temporale di circa 15 s; come incertezze in range e in azimuth si sono state quelle stesse indicate dal CPU, ivi compreso l'1° per altro già criticato nella presente relazione.

A conclusione di questa verifica si rileva che, mentre per un discreto numero di plot si ha una buona o anche ottima corrispondenza coi relitti, per altri la corrispondenza è decisamente scadente. In ogni caso però non risultano riconducibili ai relitti i plot n. 1,2b,5,7 e 12 del radar Marconi.

Un'analisi dettagliata e con valutazioni più corrette per quanto riguarda gli errori azimutali, la effettiva posizione dei plot e la loro attribuzione sarà presentata nella prossima memoria in cui gli scriventi esporranno la propria interpretazione complessiva dei dati esistenti.

6.2.8 Interpretazione dei plot -17 e -12

Nel seguito vengono presentati rilievi e osservazioni al Capitolo 9.8 intitolato *I plot -17 e -12*) della parte V (*Analisi dei dati radar del sito di Fiumicino*) della *Perizia Tecnica*³⁶.

Nella *Perizia Tecnica*³⁷ viene anche avanzata l'ipotesi che i plot in questione siano interpretabili come echi di seconda traccia relativi all'aereo Air

³⁶ *Perizia Tecnica*, V-112

³⁷ *Perizia Tecnica*, V-121

imm.
OS *W*
Dr *mm.*

Malta (Boeing 707) che in quel momento si trovava a sud della Sicilia; tale ipotesi è discussa in dettaglio nell'Allegato O. Non intendiamo qui discutere tale questione; vogliamo solo dire che la consideriamo del tutto inconsistente.

Il problema specifico considerato nella *Perizia Tecnica* riguarda le possibili interpretazioni dei *plot* rilevati dal radar Marconi (solo primario) in corrispondenza delle battute -17 e -12 (l'origine del conteggio è posta in corrispondenza dell'ultima risposta del *transponder* del DC9 I-TIGI), *plot* che si presentano ad Ovest della traiettoria del DC9 stesso.

In particolare, l'analisi tende a confrontare due ipotesi alternative, e cioè:

- i *plot* suddetti sono attribuibili a cosiddetti *falsi allarmi*, dovuti essenzialmente a picchi di rumore, e non corrispondono ad un aereo in prossimità del DC9;
- i *plot* suddetti sono invece attribuibili alla presenza di un oggetto che si trova in prossimità del DC9.

Il procedimento seguito è quello classico del test di ipotesi sulla base della probabilità a posteriori. In altre parole, una volta definito l'evento osservato e formulate delle ipotesi sulle sue possibili cause, si calcolano le probabilità *a posteriori* associate alle varie ipotesi, assumendo come condizione che l'evento osservato si sia verificato; verrà infine assunta come ipotesi più probabile quella che presenta la massima probabilità a posteriori.

Il calcolo delle probabilità *a posteriori* viene effettuato utilizzando il Teorema di Bayes, che consente di esprimere tali probabilità in funzione delle probabilità *a priori* (cioè delle probabilità che si verifichi l'evento osservato assumendo come condizioni le varie ipotesi) e delle probabilità incondizionate associate alle varie ipotesi.

Tale teorema è utilizzato per ricavare la formula (9.8.1)³⁸, limitatamente al calcolo della probabilità a posteriori $P(A|V_i)$ associata all'ipotesi *aereo presente*; tale probabilità risulta essere funzione delle seguenti grandezze:

- $P(V_i|A)$: probabilità a priori che si verifichi l'evento osservato, condizionata all'ipotesi *aereo presente*;
- $P(V_i|O)$: probabilità a priori che si verifichi l'evento osservato, condizionata all'ipotesi *aereo assente*;

³⁸ *Perizia Tecnica*, V-113

in L.
ag
dr *mw*
nuv.

- $P(A)$: probabilità incondizionata associata all'ipotesi aereo presente
- $P(O)$: probabilità incondizionata associata all'ipotesi aereo assente

Viene inoltre introdotto, per comodità di calcolo, il cosiddetto rapporto di verosimiglianza³⁹ come rapporto fra le due probabilità a priori sopra definite.

Una corretta applicazione del Teorema di Bayes avrebbe richiesto che tutte le varie probabilità, ed in particolare le probabilità condizionate a priori, fossero calcolate utilizzando lo stesso spazio campione degli eventi.

Questa regola fondamentale non è rispettata nello sviluppo dei calcoli quale presentato nella *Perizia Tecnica*. Infatti si osserva che:

- per il calcolo delle probabilità a priori condizionate dall'ipotesi aereo presente⁴⁰ si considera uno spazio campione costituito da una sola cella di risoluzione radar per ognuna delle 20 scansioni prese in esame
- invece per il calcolo delle probabilità a priori condizionate dall'ipotesi aereo assente⁴¹ si utilizza un numero di celle di gran lunga superiore, variabile da scansione a scansione secondo la relazione (9.8.10)⁴².

Le valutazioni probabilistiche contenute in questa parte della perizia risultano pertanto viziate da una non corretta impostazione metodologica e quindi richiedono una radicale revisione.

A indurre in tale errore ha contribuito molto probabilmente la definizione di *osservazione* utilizzata in tali valutazioni.

A questo proposito, va anzitutto osservato che è privo di ogni scientificità un metodo secondo il quale di un evento *osservato* (e quindi certo, in quanto risultato di un esperimento o di una misurazione) si possano dare più definizioni, come è proposto nella perizia, e del quale vengono formulate ben tre definizioni, indicate, come eventi V_1 , V_2 e V_3 ⁴³.

Inoltre su due di tali definizioni (V_1 e V_2) occorre avanzare serie riserve sul piano metodologico.

Per quanto riguarda la definizione V_1 , essa definisce l'osservazione (e cioè i rilevamenti -17 e -12) come⁴⁴

³⁹ *Perizia Tecnica*, V-113, formula 9.8.2

⁴⁰ *Perizia Tecnica*, V-113, formula (9.8.3) e V-116, formula (9.8.13)

⁴¹ *Perizia Tecnica*, V-117, formula (9.8.11) e seconda a V-117

⁴² *Perizia Tecnica*, V-115

⁴³ *Perizia Tecnica*, V-112

⁴⁴ *Perizia Tecnica*, V-112

Handwritten signatures and initials:
 L. L.
 O. J.
 M. M.
 M. M.

osservazione relativa alla presenza di due plot qualsiasi in qualche modo correlabili con la posizione dell'aereo DC9 I-Tigi nel momento dell'incidente, in un intervallo di tempo (ad es.) di 20 battute radar.

Tale definizione appare immediatamente molto vaga e imprecisa, in quanto non si comprende come si possano classificare come *due plot qualsiasi* i rilevamenti -17 e -12 perfettamente identificati nel tempo e nello spazio.

Il suo significato si chiarisce analizzando il modo con cui vengono successivamente sviluppati i calcoli. Infatti, per il calcolo della probabilità condizionata $P(V_1|A)$ (probabilità che si verifichi l'evento osservato sotto la condizione *aereo presente* si prendono in considerazione tutte le possibili disposizioni di due plot (rilevamenti) su n scansioni (quando invece l'osservazione consiste in due rilevamenti posizionati alle battute -17 e -12). Ancora, per il calcolo della probabilità condizionata $P(V_1|O)$ (probabilità che si verifichi l'evento osservato sotto la condizione *aereo assente* si prendono in considerazione, per ogni scansione radar, tutte le celle di risoluzione che soddisfano a certe condizioni di congruenza con la posizione del DC9, si calcola, per ciascuna di esse, la probabilità che vi sia un falso allarme e si sommano tutte le probabilità così ottenute. In altre parole viene calcolata la probabilità che vi sia un falso allarme nella cella 1 oppure nella cella 2 oppure nella cella 3, ecc.

Da quanto sopra si deduce che l'evento osservato viene definito come *unione* di più eventi. Ma ciò è in aperto contrasto con il fatto che l'osservazione, in quanto tale, è perfettamente identificata nel tempo e nello spazio, e non può essere trattata come una fra tante alternative possibili (come è implicato dal concetto di unione di eventi).

Per la definizione V_2 valgono gli stessi rilievi sul piano metodologico. Anche se la definizione corrispondente⁴⁵ è ancora più vaga della precedente, l'analisi dei calcoli successivi porta alla stessa conclusione, almeno per quanto riguarda la valutazione della probabilità condizionata $P(V_2|O)$: anche in questo caso l'osservazione viene definita come unione fra più eventi, e pertanto valgono le critiche già espresse al riguardo della definizione V_1 .

L'unica definizione che, pur nella sua vaghezza, sembra essere intrinsecamente coerente è quella identificata come V_3 , nella quale si fa riferimento⁴⁶ a

⁴⁵ Perizia Tecnica V-112

⁴⁶ Perizia Tecnica, V-112

due plot allocati in modo specifico, nello spazio e nel tempo,

Purtroppo però, tale definizione non viene in seguito presa in considerazione, adducendo a giustificazione di ciò che⁴⁷

per ragioni semplificative vengono riassunte solamente le valutazioni relative alle osservazioni V_1 e V_2

Il fatto che tale definizione non venga affatto considerata appare quanto meno sorprendente; si utilizzano V_1 e V_2 che, a causa della loro errata definizione, sono inutilizzabili e per non meglio specificate ragioni semplificative non si utilizza V_3 che invece appare essere definito in modo corretto.

Va segnalato infine che, nell'Allegato C della *Perizia Tecnica*, a partire da pag. C.15, il problema viene nuovamente preso in considerazione con un diverso approccio; l'interpretazione dei plot -17 e -12, viene in questo Allegato basata sulla valutazione della probabilità che sia presente un aereo la cui traiettoria interferisce con il DC9.

In questa parte dello studio i calcoli sono svolti in modo formalmente correttissimo (a differenza di quanto avviene nella parte principale della *Perizia Tecnica*). Tuttavia non è corretto il modo con cui viene formalizzato nel modello di studio il requisito di *coinvolgimento nell'incidente*; infatti si tiene conto di un solo punto di interesse (l'ultimo rilevamento radar completo del DC9), come se l'unica situazione capace di rappresentare il coinvolgimento di un aereo estraneo nell'incidente fosse la compresenza dell'aereo nella stessa cella di risoluzione del DC9 nello stesso istante di tempo.

In realtà il numero K di celle di interesse è sicuramente maggiore; per vedere ciò basta considerare i due possibili modi di coinvolgimento di un aereo estraneo nell'incidente (collisione oppure attacco missilistico). Di conseguenza la probabilità incondizionata utilizzata nella valutazione finale non è corretta e quindi anche in questo caso il risultato finale (ipotesi di presenza di un aereo scartata) non appare accettabile.

A conferma, sia pure parziale, che le metodologie di analisi utilizzate nella *Perizia Tecnica* per l'interpretazione dei plot -17 e -12 non sono corrette, basti osservare che, applicando tali metodologie ai dati radar ottenuti durante l'esperimento condotto il 30 Aprile 1985, ed in particolare ai rilevamenti osservati durante il cosiddetto "Primo intercettamento" (svoltosi dalle 17^h46'50" alle

⁴⁷ *Perizia Tecnica*, V-113

Handwritten signatures and initials at the bottom right of the page, including a large signature and several smaller initials.

17^h 50' 47" si ricaverebbe che la probabilità della presenza di un secondo aereo sarebbe trascurabile .

Per tutte le ragioni sopra esposte, pertanto, la procedura seguita nella *Perizia Tecnica* per la valutazione delle probabilità a priori sembra affetta da significativi errori di metodo, e pertanto i risultati che se ne deducono sono privi di significato.

h m

af

af m

nu.

7

Conclusioni

La nostra valutazione dell'indagine svolta dal CPU, quale è descritta nella *Perizia Tecnica*, è stata già implicitamente espressa con dovizia di argomenti nelle pagine precedenti. Consideriamo però utile, in queste conclusioni, esplicitarla, passando sinteticamente in rassegna i motivi per i quali crediamo che la *Perizia Tecnica* non possa dare alcun contributo all'accertamento della verità sulle cause all'origine della perdita del DC9 I-TIGI, caduto nel cielo di Ustica la sera del 27.6.1980.

Un approccio scientifico alla soluzione di un problema come questo, di cui non possiamo negare la complessità e la difficoltà, legate anche alla sua storia, avrebbe richiesto l'applicazione di due criteri essenziali:

1. L'analisi e la considerazione di tutti gli elementi acquisiti in questi anni
2. L'applicazione di un unico criterio nella valutazione del ruolo di questi elementi rispetto alle varie ipotesi

Su questi due criteri, che sono la base del metodo scientifico, ci pare che la *Perizia Tecnica* sia assolutamente carente. Prima di tutto non ci pare che tutti gli elementi in possesso del CPU siano stati utilizzati, altri che pure sarebbero stati importanti non sono stati acquisiti dal CPU.

Ben più gravi è a nostro avviso la non applicazione del secondo dei criteri sopra indicati. Il problema che doveva essere risolto era quello di connettere una serie di dati in un quadro interpretativo unitario che permettesse di scegliere tra diverse ipotesi a priori tutte assunte come possibili. Un processo di questo tipo, per essere condotto con l'oggettività tipica di un approccio scientifico, che cioè non si presenti semplicemente come la costruzione a posteriori

Luca
MP
W. m.

di un quadro di supporto per una tesi assunta a priori, esige una applicazione rigorosa e corretta del secondo dei criteri sopra indicati. Troppe volte invece nella *Perizia Tecnica* si utilizzano criteri diversi nel valutare il peso dei vari elementi; alcuni non sono citati, altri vengono considerati non validi con motivazioni del tutto insufficienti. Lo stesso dato viene preso in considerazione nel valutare un'ipotesi, ma poi viene sottovalutato nel considerarne un'altra. Noi non sosteniamo naturalmente che tutti i dati sono significativi, nè tantomeno che si può sperare di giustificarli tutti. Ci pare però che alcuni dati, che pure si acquisiscono, vengono poi non tenuti in conto con giustificazioni che ci paiono incomplete e non valide anche se essi sono strettamente connessi con l'ipotesi che poi si sostiene.

Per quanto riguarda l'analisi del relitto, pur non avendo riscontrato alcun segno di esplosione localizzata nella toilette, si è sostenuto che erano presenti segni di sovrappressione, associabili ad una esplosione, senza tenere conto di alcune contraddizioni a

questa tesi, come quelle rappresentate dalle deformazioni della porta d'ingresso; nessuna analisi legate ad altre ipotesi alternativa è stata sviluppata. Lo scenario radar, prospettato nella *Perizia Tecnica* che esclude la presenza di altri aerei, si fonda su una analisi approssimativa ed incompleta delle prestazioni e del funzionamento del sistema radar di Fiumicino e su un'applicazione quanto meno discutibile di test statistici di ipotesi e quindi non è ~~possibile~~ condivisibile.

La non considerazione di tutti i dati, la diversa valutazione del loro ruolo, le troppe contraddizioni inficiano gravemente il valore delle conclusioni della *Perizia Tecnica*

Ugo Luigi
G. G. S.
R. S. S.
Man. R.
Man. R.