



# Gruppo di Lavoro “Velivoli Ipersonici”

Chairman: Gen. B.A. (r) Giuseppe Cornacchia, CESMA

## OPZIONI DI IMPIEGO (WP 2) *Commerciale (WP 2.2), Scientifico (WP 2.3)*

Coordinatore: Ing. Gennaro Russo, DAC

### WP 2.2:

AIDAA, Associazione Italiana di  
Aeronautica e Astronautica  
DAC, Distretto Aerospaziale Campania  
ENAV, Ente Nazionale di Assistenza al Volo

Thales Alenia Space-Italia

Ing. Gennaro Russo  
Ing. Gennaro Russo  
Ing. Giancarlo Ferrara  
Ing. Giovanni Torre  
Ing. Antonio Gammarota  
Ing. Roberto Provera

### WP 2.3:

CIRA, Centro Italiano Ricerca Aerospaziale  
DAC, Distretto Aerospaziale Campania  
ENAV, Ente Nazionale di Assistenza al Volo

Politecnico di Bari

Thales Alenia Space-Italia

Università di Napoli Federico II

Ing. Ludovico Vecchione  
Ing. Sara Di Benedetto  
Ing. Gennaro Russo  
Ing. Giancarlo Ferrara  
Ing. Giovanni Torre  
Prof. Vito Albino  
Prof. Giuseppe Pascazio  
Prof. Vincenzo Berardi  
Ing. Antonio Gammarota  
Ing. Roberto Provera  
Prof. Raffaele Savino

Con la collaborazione di:

ASI, Agenzia Spaziale Italiana

Ing. Samantha Jannelli



## INDICE

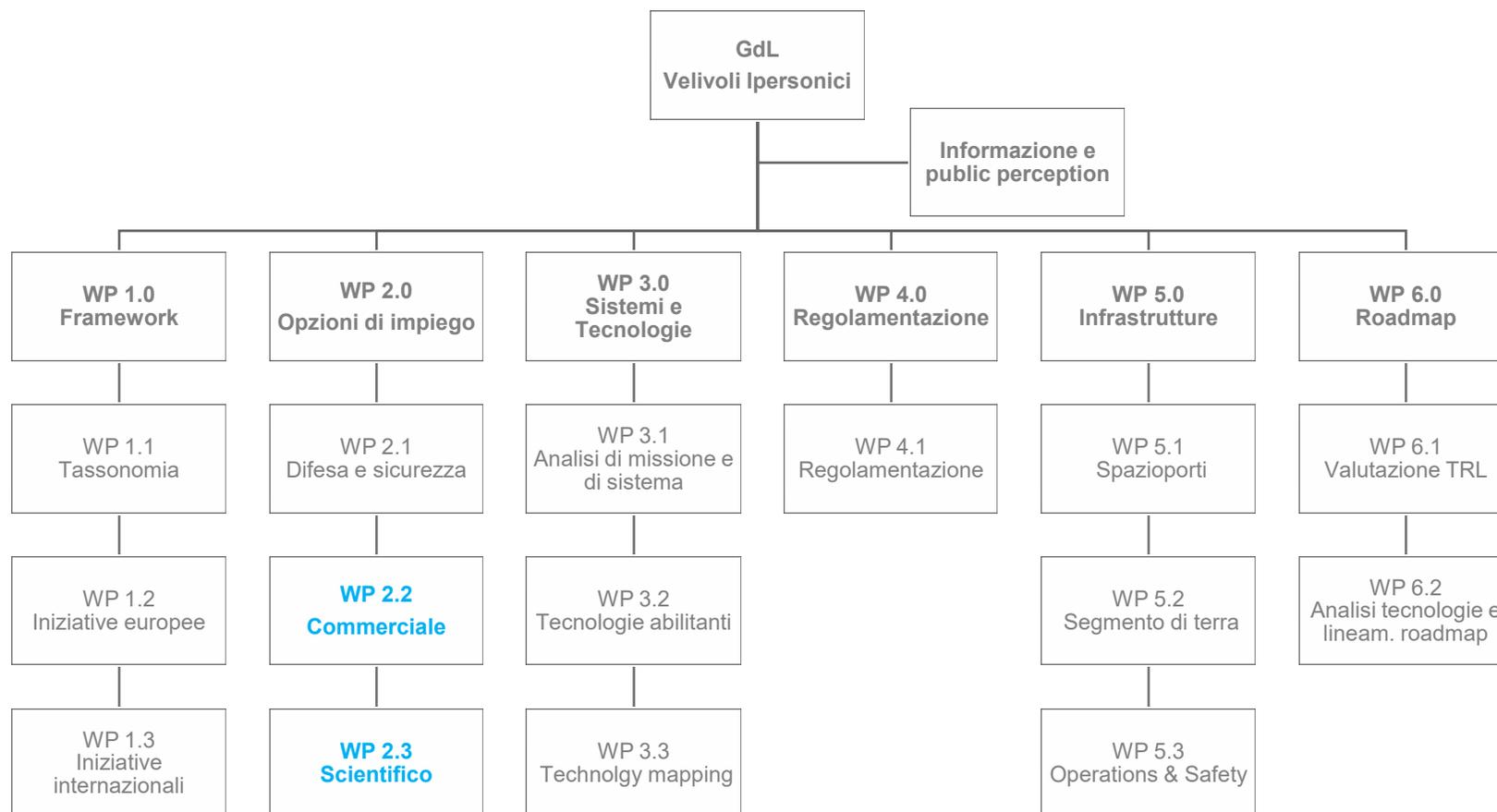
<b>Work Breakdown Structure .....</b>	<b>4</b>
<b>1. Premessa .....</b>	<b>5</b>
<b>2. Introduzione .....</b>	<b>5</b>
2.1 Focus .....	6
2.2 Perimetro di Interesse .....	7
2.3 Tipologia di Missioni .....	7
2.4 Contenuti.....	8
<b>3. Opzioni di Impiego Commerciale (WP2.2) .....</b>	<b>10</b>
3.1 Possibili Impieghi .....	10
3.2 Il Mercato – Velivoli Ipersonici Commerciali di Grandi Dimensioni .....	11
ELEMENTI DI ANALISI DI MERCATO DELL’ATTUALE AVIAZIONE COMMERCIALE .....	11
TRASPORTO IPERSONICO PASSEGGERI PUNTO-PUNTO .....	15
3.3 Il Mercato – Business Jet Ipersonici .....	16
PANORAMICA E PROIEZIONI .....	16
LA DOMANDA DI BUSINESS JET SUPERSONICI .....	17
MERCATO DEL TURISMO SPAZIALE SUBORBITALE.....	18
ANALISI DEI POTENZIALI CLIENTI E ACQUIRENTI.....	20
3.4 Aspetti Economici degli HBJ: Costi e Ricavi .....	21
IL PUNTO DI VISTA DEL PRODUTTORE .....	21
IL PUNTO DI VISTA DELL’OPERATORE PER IL TRASPORTO PUNTO-PUNTO .....	24
IL PUNTO DI VISTA DELL’OPERATORE PER IL TURISMO SPAZIALE SUBORBITALE .....	26
3.5 Altri Servizi Commerciali.....	27
SERVIZI SPAZIALI.....	27
MEDIA E RELAZIONI PUBBLICHE.....	29
3.6 Ruolo dell’Italia .....	30
<b>4. Opzioni di Impiego Scientifico (WP2.3) .....</b>	<b>31</b>
4.1 Possibili Impieghi .....	31
4.2 Il Mercato .....	31
RICERCA DI BASE E APPLICATA .....	32
TECNOLOGIA AEROSPAZIALE E DIMOSTRAZIONE IN VOLO .....	34
FORMAZIONE.....	36
4.3 Ruolo dell’Italia .....	37
<b>5. Stima Mercato Complessivo.....</b>	<b>39</b>
<b>6. Conclusioni .....</b>	<b>41</b>
<b>7. Riferimenti Bibliografici.....</b>	<b>42</b>
<b>Appendice 1 – Tecnologie Abilitanti (WP3).....</b>	<b>44</b>

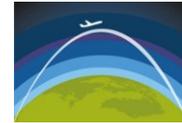


<b>Appendice 2 – Infrastrutture (WP5)</b> .....	<b>49</b>
<b>Appendice 3 – Road Map (WP6)</b> .....	<b>51</b>



## WORK BREAKDOWN STRUCTURE





## 1. PREMESSA

Il presente documento rappresenta il risultato del lavoro svolto in circa un anno di tempo sulle opzioni di impiego dei sistemi ipersonici stratosferici e suborbitali, nell'ambito del Gruppo di Lavoro CESMA sul Volo Ipersonico.

Secondo la strutturazione del lavoro del menzionato Gruppo di Lavoro, le attività qui riportate sono relative alle Opzioni di Impiego dei detti sistemi, con specifico riguardo agli impieghi commerciali e scientifici.

Il team del WP2.2 Opzioni di Impiego Commerciale è composto da:

AIDAA  
ASI  
DAC (G. Russo, coordinatore)  
ENAV  
TAS-I

Il team del WP2.3 Opzioni di Impiego Scientifico è composto da:

ASI  
CIRA  
DAC (G. Russo, coordinatore)  
ENAV  
PoliBA  
TAS-I  
UniNA

## 2. INTRODUZIONE

L'ipersonica è campo della tecnica che si incontra ogni volta che un veicolo di trasporto si muove in un mezzo fluido a velocità molto superiore a quella del suono, e in condizioni tali da far comparire nell'interazione fenomeni aerotermochimici (dissociazione, ricombinazione, ionizzazione).

Sono allora veicoli ipersonici tutti i sistemi che viaggiano in atmosfera terrestre a velocità superiore a Mach 4-5, come:

- Velivoli da crociera intercontinentale (point-to-point) ad altissima velocità
- Velivoli suborbitali intercontinentali (point-to-point) ad altissima velocità
- ICBM iperveloci
- Veicoli di rientro da sub-orbita
- Veicoli di rientro da LEO
- Veicoli di rientro da super-orbita (con provenienza Luna e Marte, ad esempio)
- Ecc.



Tenuto conto che:

- il GdL CESMA sui Velivoli Ipersonici ha concentrato la sua attenzione sui sistemi «...di tipo suborbitale e con “profilo stratosferico, ...»,
- l'Europa, con un contributo molto significativo dell'Italia, ha già dimostrato di possedere le competenze essenziali per la progettazione, realizzazione e gestione di sistemi ipersonici di rientro atmosferico, di tipo balistico e controllato con i progetti ARD, EXPERT (anche se non ha ancora volato) e IXV,
- Atteso che l'Italia ha dimostrato da tempo grande interesse e pro-attività nel settore con progetti come PRORA\_USV, SHARK, IRENE, HEXAFly, HYPLANE, THOR, HYPMOCES, MASVI, SPEM, ecc.,

l'analisi delle opzione di impiego è stata **limitata a velivoli alati in grado di eseguire missioni ad alta velocità, stratosferiche e/o suborbitali.**

## 2.1 Focus

Sulla base di quanto sopra detto, l'attenzione è stata ristretta ai seguenti elementi:

### VELIVOLI ad elevata efficienza aerodinamica ipersonica (Mach $\geq$ 4):

- ❖ Corpi Portanti tipo wave rider
- ❖ Velivoli Alati

### MISSIONI:

- ❖ Sub-orbitali
- ❖ Stratosferiche

Lo sviluppo di questo settore, associato alle non trascurabili competenze ed esperienze italiane nell'ambito del rientro orbitale, è prodromo tra l'altro di applicazioni futuribili come l'*Ambulanza Spaziale*, un velivolo per due persone oltre 2-3 addetti di equipaggio, adibito al trasporto di feriti da LEO, con  $g/g_0 \leq 1.1/1.2$ .

Alcuni dei progetti europei più rappresentativi sono indicati in Tab. 1.

Project	Class	Application	Time terms	Distinctive Feature	Range	Estimated Speed
IXV	Unmanned	Space Rentry Demonstrator	2015	Advanced Aerodynamics	n/a	Orbital
LAPCAT A2	Manned	High-Speed Transport	2040	TBCC Engine	>18000 Km	Mach 5
LAPCAT M8	Manned	High-Speed Transport	2050	RBCC Engine	9500/10000 Km	Mach 8
SKYLON	Unmanned	Reusable Launch Vehicle	2022	Precooled RBCC	n/a	Orbital
SPACEPLANE	Manned	Space Tourism and Research	2020	Conventional Engines	n/a	Mach 5 to 6
SPACELINER	Manned	Space Tourism + Fast Transport	2040	Long Range + Ultra Fast	>18000 Km	Orbital
ZEHST	Manned	High-Speed Transport	2035	Zero Emission + Biofuel	>10000 Km	Mach 4
HYPLANE	Manned	Hypersonic Bussines Jet	2030	Sub-orbital Parabolic Flight	5000/6000 Km	Mach 4 to 5

Tab. 1 – Alcuni dei progetti europei più significativi in campo ipersonico



## 2.2 Perimetro di Interesse

Elemento fondamentale caratterizzante il perimetro di interesse identificato è l'utilizzo intensivo della portanza, ovvero l'interazione forte tra velivolo e atmosfera durante tutta la missione. Una conseguenza primaria di ciò è la presenza di superfici alari di adeguata dimensione che, associate eventualmente a configurazioni specifiche della fusoliera, siano in grado di generare una forza aerodinamica portante.

Il grafico di Fig. 1 riporta, sul piano quota-velocità, le diverse tipologie di velivoli definibili associati agli obiettivi primari di missione.

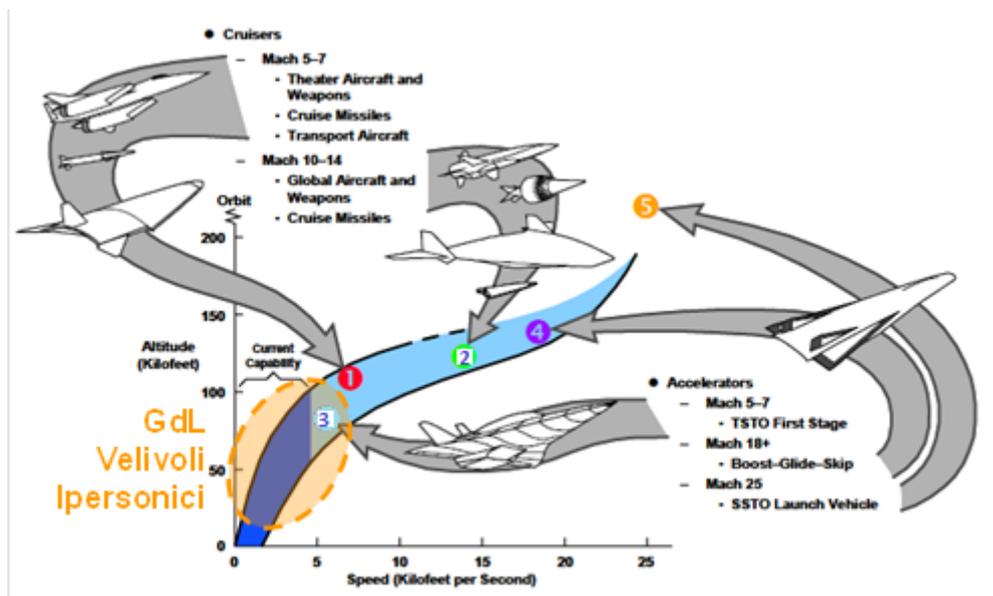


Fig. 1 – Tipologie di velivoli ipersonici in funzione degli obiettivi di missione primari

Nella figura è evidenziata in giallo l'area che è stata identificata come di interesse per il GdL che è quindi identificata dai seguenti valori operativi:

- Quota: da zero a 100 km circa
- Velocità: da Mach 0 a 5-7 circa

## 2.3 Tipologia di Missioni

Le tipologie di missioni realizzabili con questi sistemi sono:

- Volo punto-punto balistico suborbitale
- Volo punto-punto stratosferico
- Volo “periodico”, anche noto come “skip trajectory flight”, caratterizzato dall'uso periodico di spinta tramite successive accensioni e spegnimenti dei motori.



L'associazione Fast Forward, composta da industrie, centri di ricerca ed università americane ed internazionali di primaria rilevanza, rappresenta questi tipi di missione come in Fig. 2.

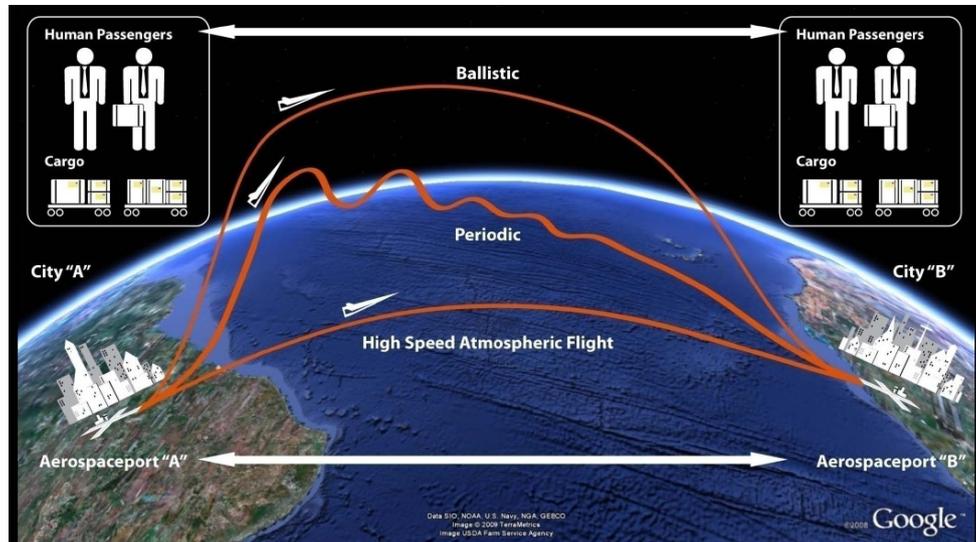


Fig. 2 – Tipologie di missioni ipersoniche punto-punto (Fonte: Fast Forward)

La Tab. 2 identifica i parametri principali del perimetro di interesse del presente studio, riportando anche la tipologia macroscopica di velivoli/prodotti relativi.

Regime	Transonic	Supersonic	Hypersonic	High-hypersonic
Mach	0.8–1.2	1.0–5.0	5.0–10.0	>10.0
Speed (km/h)	900 - 1000	1.200 – 5.300	5.300 – 11.000	> 11000
Altitude	10km	15km	-	100 km - LEO
Vehicles	Air liners	Concorde	- SpaceShipOne, X15	- Space Shuttle

Tab. 2 – Classificazione dei velivoli per velocità e quota massima operativa

## 2.4 Contenuti

Per ciascuno dei due WP saranno identificati i possibili utilizzi di sistemi ipersonici, tenendo conto e riportando:

- **Impieghi** possibili
- Valorizzazione del **mercato** nazionale ed internazionale, ove possibile
- **Ruolo** attuale dell'Italia e ruolo potenzialmente acquisibile

L'attività è stata realizzata sulla base delle esperienze dei singoli partecipanti, delle valutazioni delle entità rappresentate, della documentazione grigia disponibile.



Non è stata curata l'eshaustività e tutto l'approfondimento potenzialmente possibile, onde produrre un utile e significativo documento nei limiti di tempo e dell'azione volontaria su cui si basa il gruppo di lavoro CESMA sui Velivoli Ipersonici.



## 3. OPZIONI DI IMPIEGO COMMERCIALE (WP2.2)

### 3.1 Possibili Impieghi

I possibili impieghi di tipo commerciale identificati sono:

- Volo di *linea stratosferico* (point-to-point) per il trasporto passeggeri 
- Volo di *linea suborbitale* (point-to-point) per il trasporto passeggeri 
- Volo *cargo stratosferico* (point-to-point)
- Volo *cargo suborbitale* (point-to-point) 
- *Urgent business travel* (aero taxi, aerei aziendali, comproprietà, trasporto urgente in caso di calamità, ecc.) 
- *Trasporto urgente di beni* (posta e pacchi urgenti, farmaceutici speciali, materiale vivente di valore, deperibili, trasporto intercontinentale di organi da trapianto, trasporto urgente in caso di calamità, ...)
- *Turismo suborbitale* 
- *Servizi spaziali* (lancio di payload nello spazio, servizi di Osservazione della Terra, Media e relazioni pubbliche, Addestramento e training astronauti, ...)

Sulla destra di ciascun impiego è riportato in termini relativi il corrispondente livello di probabilità di successo sul mercato. Va sottolineato che, tra tutti quelli indicati, il mercato del turismo spaziale è di fatto l'unico completamente nuovo; secondo tutte le valutazioni disponibili, questo mercato promette di crescere fortemente nel prossimo futuro pur essendo al momento solo agli albori e per questo è stata usata cautelativamente una freccia singola ma rossa. Al contrario il mercato cargo stratosferico, che pure si prevede di una relativa consistenza, è accompagnato da dubbi circa la sua robustezza; se è plausibile pensare alla necessità di un rapidissimo trasporto nel caso di organi per trapianto oppure per le attrezzature legate al mondo della Formula 1, risulta difficile immaginare che si accettino costi elevati per trasportare materiale in 2 ore invece che 4 o 6. Abbiamo perciò adottato una freccia rossa verso il basso.

Tuttavia, in questa fase non esistono elementi che possano far prevedere con un adeguato grado di affidabilità uno sviluppo al di là di una specifica nicchia di mercato. Ed è questo un elemento di primaria importanza che non aiuta lo sviluppo del settore; rilevante perciò è il tentativo di puntare a coprire più mercati con una stessa macchina. E questo è il caso del progetto Hyplane che sta suscitando interesse nella comunità internazionale e forse non a caso è stato indicato come contributo italiano al turismo spaziale<sup>24</sup>.



Vanno completamente distinti i due casi di:

1. Velivolo ipersonico di grandi dimensioni tipo aviazione commerciale (**HCA** = Hypersonic Commercial Aircraft)



Fig. 3 – Tipiche configurazioni e proposte degli ultimi anni di velivoli **HCA**. Si riconoscono tra gli altri Skylon, Lapcat, HISAC, Tumbler, Zehst

2. Velivolo ipersonico di piccole dimensioni tipo business jet (**HBJ** = Hypersonic Business Jet)



Fig. 4 – Tipiche configurazioni e proposte degli ultimi anni di velivoli **HBJ**. Si riconoscono tra gli altri Spike Aerospace S-512, SBJ NASA, Aerion SBJ, Hyplane

## 3.2 Il Mercato – Velivoli Iperpersonici Commerciali di Grandi Dimensioni

### ELEMENTI DI ANALISI DI MERCATO DELL'ATTUALE AVIAZIONE COMMERCIALE

È utile tenere presente i parametri primari di analisi di mercato dell'attuale aviazione commerciale, sia passeggeri che cargo.

Intanto va detto che in Europa l'aviazione civile rappresenta il 4.1% del PIL. Secondo l'ICAO, il traffico aereo mondiale è stato nel 2014 di 3.2 miliardi di passeggeri, con un aumento di circa il 5% rispetto all'anno precedente.



Secondo le analisi dell'Aerospace States Association, entro il 2035 i livelli di produzione annuale di aerei commerciali negli Stati Uniti aumenterà complessivamente di circa il 30%.

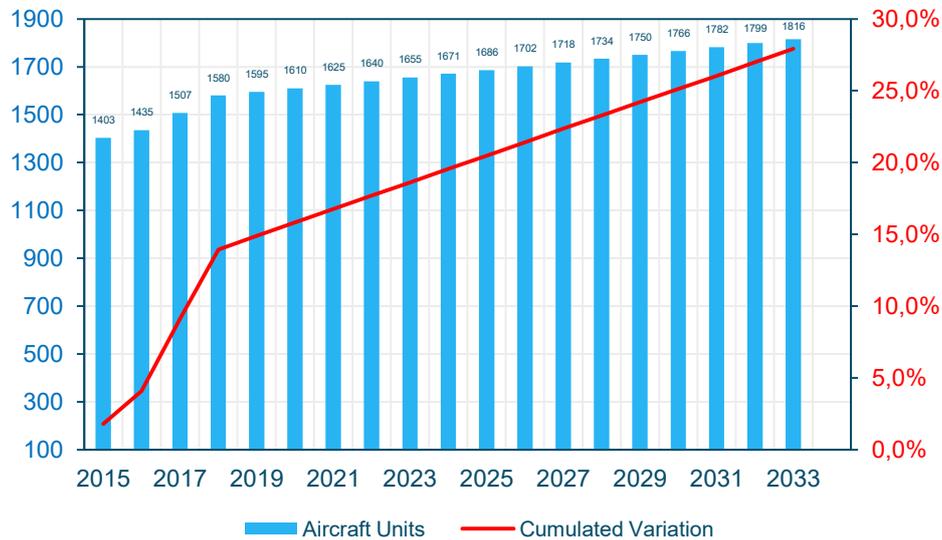


Fig. 5 - Previsione di consegna annua di velivoli (Fonte: Aerospace States Association)

Secondo la stessa fonte, la crescita della domanda passeggeri è prevista in linea con la crescita della capacità di trasporto, e cioè poco più del 2% annuo. Si prevede così che entro il 2035 le aerolinee statunitensi trasporteranno 1.14 miliardi di passeggeri per un totale di 1440 miliardi di miglia-passeggero.

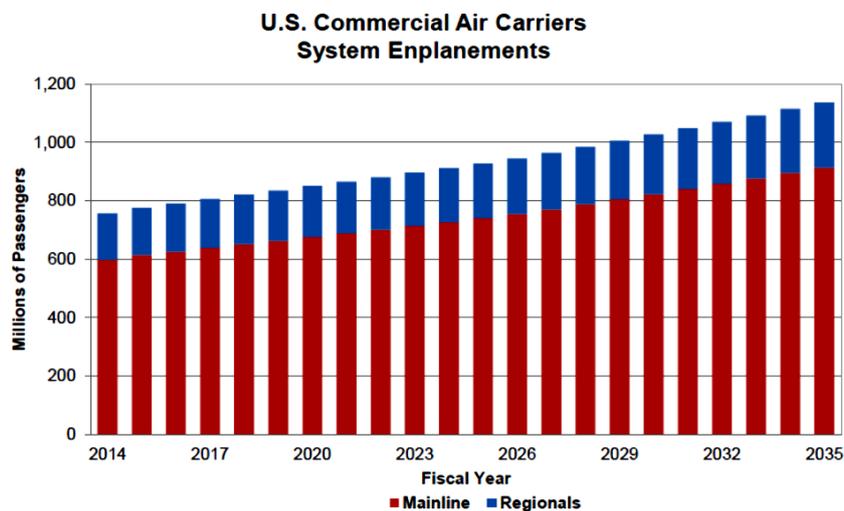


Fig. 6 – Passeggeri trasportati dalle aerolinee US (Fonte: Aerospace States Association)

I passeggeri internazionali cresceranno a un tasso medio del 4,1 per cento l'anno, per un totale di 452,9 milioni nel 2035, con la ripartizione riportata in Fig. 7.

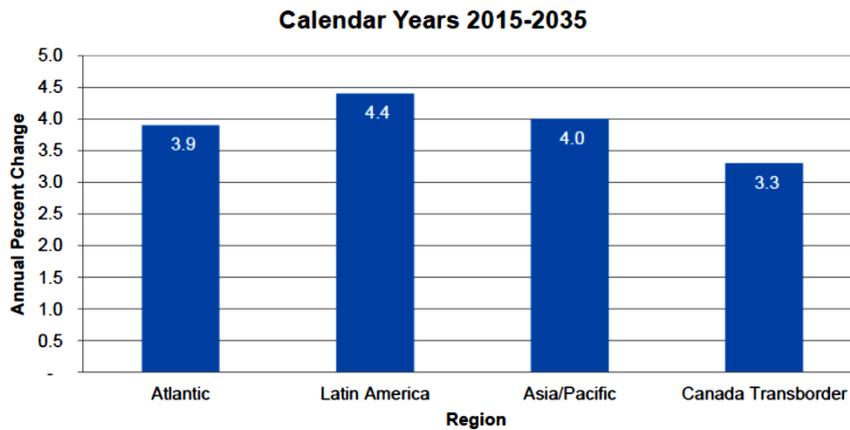


Fig. 7 – Previsione di trasporto passeggeri delle aerolinee US (Fonte: Aerospace States Association)

Airbus riporta che il traffico passeggeri globale è cresciuto dal 1970 del 5.3% annuo e del 62% negli ultimi 10 anni; in particolare del 5.5% nel 2013, e del 5.9% nel 2014 con un aumento del fattore di riempimento (passenger load factor) arrivato a ben l'80%. Nel 2014, il trasporto passeggeri ha mostrato ancora la sua resilienza nonostante la bassa crescita nell'Eurozona, le incertezze in Medio Oriente e Nord Africa, la crisi Russo-Ucraina ed il prezzo del petrolio. La previsione a 20 anni di Airbus mostra un tasso di crescita atteso medio annuo del 4,6% e quindi un raddoppio nei prossimi 15 anni. Il numero di aerei commerciali totale è previsto crescere da 17.354 nel 2015 a 35.749 nel 2034<sup>28</sup>.

	2015-2024	2025-2034	2015-2034	SHARE OF 2015-2034 NEW DELIVERIES
<b>AFRICA</b>	460	657	1117	3%
<b>ASIA/PACIFIC</b>	4986	7610	12596	39%
<b>CIS</b>	577	711	1288	4%
<b>EUROPE</b>	3375	2990	6365	20%
<b>LATIN AMERICA</b>	1111	1399	2510	8%
<b>MIDDLE EAST</b>	1174	1187	2361	7%
<b>NORTH AMERICA</b>	2972	2572	5544	17%
<b>FREIGHTERS</b>	463	341	804	2%
<b>WORLD</b>	15118	17467	32585	100%

Tab. 3 – Previsione della richiesta di nuovi velivoli passeggeri e cargo (Fonte: Airbus<sup>28</sup>)



**TRAFFIC WILL DOUBLE IN THE NEXT 15 YEARS**

Sources: ICAO, Airbus GMF 2015  
RFPK = Revenue Passenger Kilometer

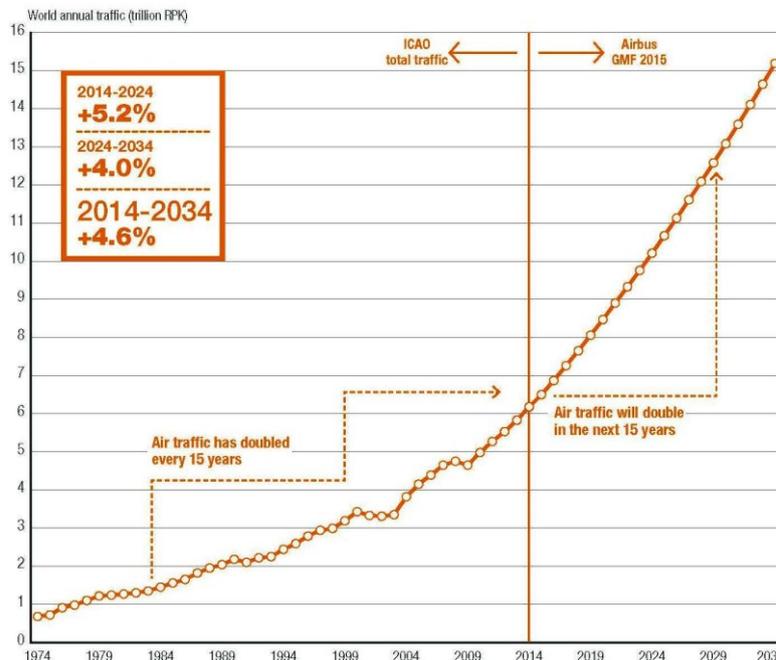


Fig. 8 – Previsione di traffico aereo passeggeri (Fonte: Airbus<sup>28</sup>)

Per quanto riguarda il trasporto merci (cargo), va tenuto conto che il segmento di trasporto espresso è altamente correlato alla spesa in capitale. Così, la sua crescita è legata alla crescita dell'economia. Nel 2014 il traffico merci è cresciuto del 4.5% rispetto all'anno precedente.

Secondo l'analisi Aerospace Forecast Fiscal Years 2015-2035 dell'FAA, tenuto conto delle proiezioni sulla crescita del PIL mondiale, al netto dell'inflazione, si prevede per il fattore Revenue Ton Miles (RTM) totale un aumento continuo ad un tasso medio annuo del 3,6% negli Stati Uniti e del 4,7% a livello globale (Fig. 9). Airbus stima invece un 4.4% di crescita media continua sui prossimi 20 anni<sup>28</sup>, e prevede consegne di oltre 2350 velivoli cargo nei prossimi 20 anni secondo la distribuzione riportata in Fig. 10.

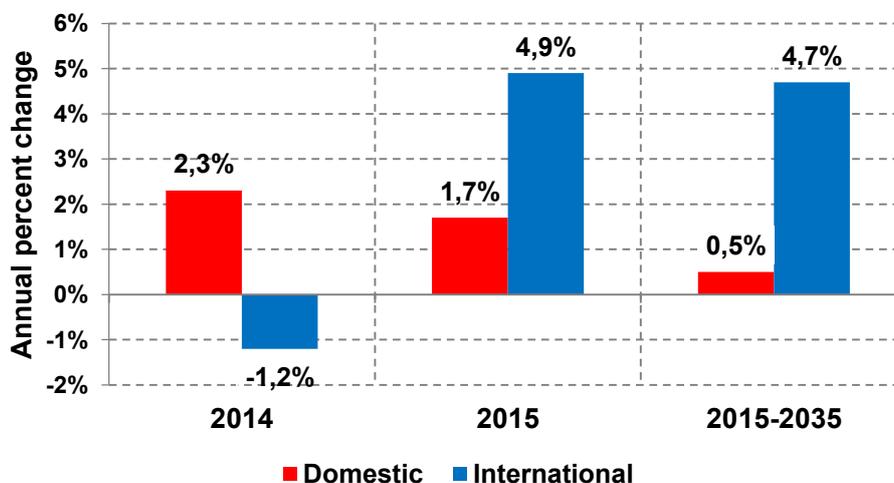


Fig. 9 – Previsioni americane del traffico cargo (Fonte: FAA Aerospace Forecast Fiscal Years 2015-2035)

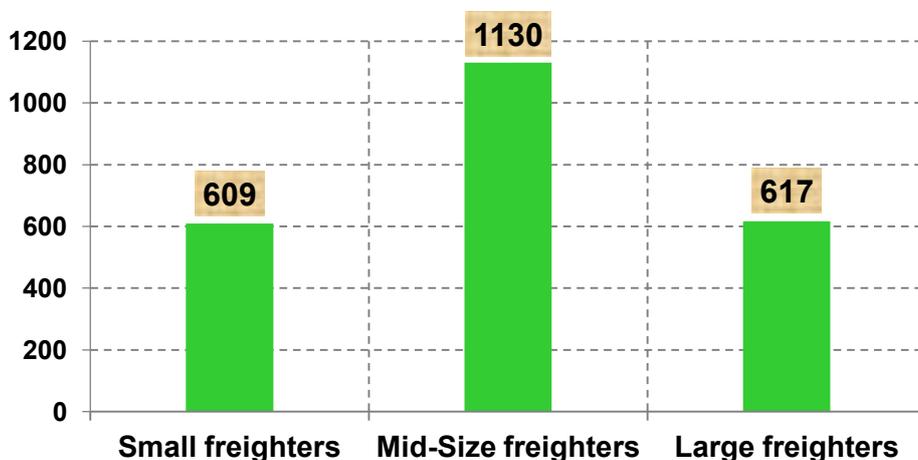


Fig. 10 – Previsioni europee delle consegne di velivoli cargo nei prossimi 20 anni (Fonte: Airbus<sup>28</sup>)

## TRASPORTO IPERSONICO PASSEGGERI PUNTO-PUNTO

Ci sono due categorie di possibili passeggeri commerciali del trasporto ipersonico punto-punto (point-to-point) che viaggeranno con uno scopo preciso:

- il viaggiatore d'affari, il cui biglietto è pagato dall'organizzazione di appartenenza, e il business a destinazione si presume essere il motivo per il viaggio
- il viaggiatore ricco, che paga il biglietto di tasca sua, qualunque sia la ragione per raggiungere la destinazione.

Viaggi aerei in prima classe. Sono da tempo in forte diminuzione: nel 1980 rappresentavano il 5% dei passeggeri totali; nel 1990 erano scesi al 2%; oggi sono solo lo 0,2%, che corrisponde comunque a 3 milioni di passeggeri all'anno.

Viaggi aerei in business class. La maggior parte dei vecchi viaggiatori di prima classe sono oggi viaggiatori business class che rappresenta oggi il 20% del totale, ovvero 330 milioni di passeggeri all'anno.

Viaggi aerei su Concorde (fino al 2003). Rappresentavano solo lo 0,01% del totale, ovvero 150.000 passeggeri all'anno; tenuto conto che il Concorde volava solo su pochissime rotte, tali passeggeri rappresentavano il 4,5% del totale sulle principali rotte Concorde (JFK-LHR e CDG-JFK). Di questi 150.000 passeggeri, l'80% viaggiava per lavoro e il 20% erano passeggeri ricchi.

In termini economici, il prezzo di un biglietto business class premium è superiore del 15-45% rispetto alla classe economica: 1750-2050 € (andata e ritorno). Il prezzo di un biglietto di prima classe è circa 6 volte quello di un biglietto economico: 10000 € (andata e ritorno). Un posto in Concorde costava il doppio di un biglietto di prima classe, ovvero 12 volte il costo di un biglietto in classe economica: 20000 € (andata e ritorno).

Supponendo che l'HCA sarà scelto dal 10% dei viaggiatori di prima classe, da tutti i passeggeri ricchi del Concorde e dal 10% dei passeggeri business del Concorde, si può stimare un mercato di



342.000 passeggeri/anno per il trasporto punto-punto ipersonico con velivoli di linea, ovvero circa 950 passeggeri/giorno.

**Il mercato HCA è evidentemente troppo basso** per un aeromobile della classe con massimo peso al decollo (MTOW) di centinaia di tonnellate e/o centinaia di passeggeri. Il prezzo del biglietto dovrebbe aumentare di almeno 5 volte rispetto a quello del Concorde >100.000 €!

### 3.3 Il Mercato – Business Jet Ipersonici

#### PANORAMICA E PROIEZIONI

La domanda di traffico aereo passeggeri aumenta continuamente dal 1950 ed è ancora in espansione, come visto nei paragrafi precedenti. Questo mercato è molto sensibile alle crisi economiche; periodi di calo della domanda sono stati registrati nel 2001 e nel 2008, rispettivamente in concomitanza con l'attacco alle Torri Gemelle e la crisi finanziaria. Tuttavia, dopo gli effetti negativi, in entrambi i casi il traffico aereo passeggeri ha ricominciato ad aumentare e ha registrato una crescita dell'8% nel 2010 e del 6% nel 2011, dopo una flessione del 2% nel 2009. Il tasso di crescita medio annuo per i prossimi 10 anni è stimato attorno al 3-5%<sup>25</sup>.

Il mercato dei business jet rappresenta oggi il segmento dell'industria aeronautica con il maggiore potenziale di crescita. Ha avuto una fase di rapida crescita dal 1990 fino ad oggi, ma come tutta l'industria aeronautica, si è dimostrato molto sensibile alle crisi economica e finanziaria. Due grandi picchi negativi sono stati registrati nei periodi 2001-2003 e 2008-2011. Il picco più alto è stato registrato nel 2008, con 1313 business jet consegnati (Fig. 11). Nel periodo più recente, le consegne annue si attestano sui 700 velivoli.

Secondo le previsioni FAA<sup>18</sup>, alla fine del 2034 la flotta di business jet attivi sarà di circa 24000 unità, come mostrato in Fig. 12, con un tasso di crescita medio annuo del 4%. È previsto un aumento della flotta dei velivoli jet di circa 10.000 unità durante il prossimo periodo di 20 anni, a cui deve essere aggiunta la sostituzione dei velivoli troppo vecchi, per ottenere il numero corretto di consegne. Attualmente circa il 20% del business jet del mondo hanno più di 20 anni e saranno sostituiti nei prossimi dieci anni (la vita operativa di un jet è in media di 20 anni). Di conseguenza, circa 2.300 jet

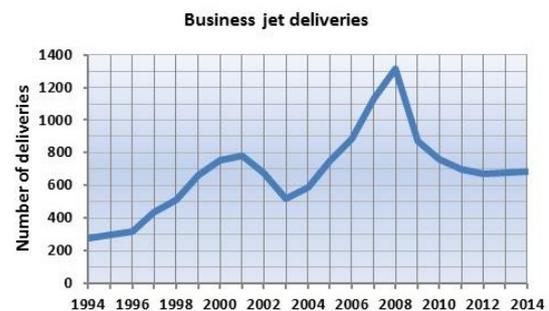


Fig. 11 – Consegne di business jet (Fonte: General aviation statistical databook & 2014 industry outlook)

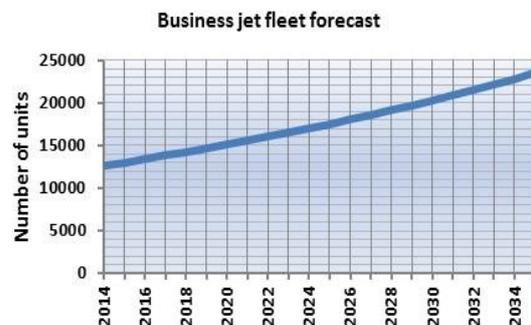


Fig. 12 – Previsione di crescita dei business jet in esercizio durante i prossimi 20 anni (Fonte: FAA Survey and Forecast)

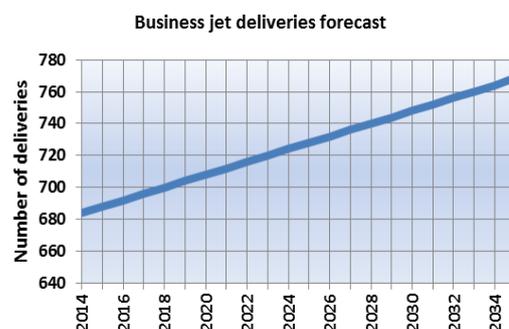


Fig. 13 – Previsione di consegne di business jet nei prossimi 20 anni (Fonte: FAA Survey and Forecast)



verranno sostituiti nei prossimi dieci anni e circa 4.500 in 20 anni. Così, il totale delle consegne nel corso dei prossimi 20 anni è stimato intorno a 14.500 velivoli, con una media di 725 unità consegnate all'anno (Fig. 13).

## LA DOMANDA DI BUSINESS JET SUPERSONICI

La domanda che ci interessa è: quale parte di consegne è relativa alla fascia alta di business jet e jet supersonici, in cui può essere inquadrato un velivolo ipersonico di piccole dimensioni? Il segmento di fascia alta dei business jet sta costantemente aumentando la sua quota di mercato, passando dal 10% del mercato totale di business jet nel 2006, a circa il 35% nel 2013 (Fig. 14). Ciò significa che circa un terzo delle consegne di business jet è nel segmento di fascia alta. Questo considerevole aumento complessivo è dovuto al contributo di modelli top level della

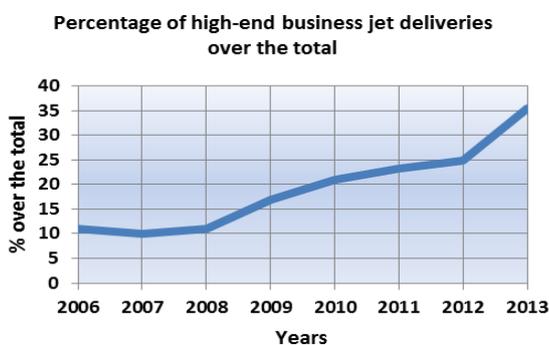


Fig. 14 – Incidenza delle consegne di business jet di fascia alta sul totale (Fonte: General Aviation Manufacturers Association, GAMA)

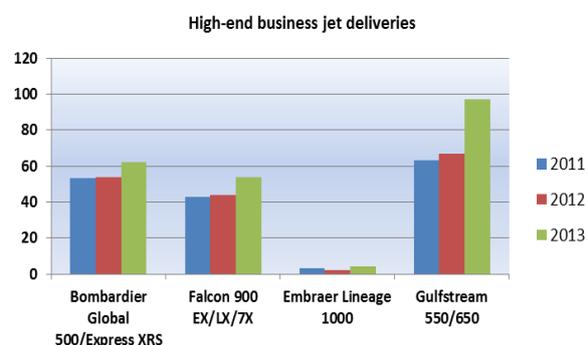


Fig. 15 – Consegne di business jet di fascia alta (Fonte: "General Aviation Statistical Databook & 2014 Industry Outlook")

categoria (Gulfstream 550/650), come mostrato in Fig. 15.

Questa crescita sorprendente, può essere in parte spiegata con l'aumento degli Ultra High Net Worth Individuals (HNWI). Se da un lato il numero di individui (benestanti, ovvero l'alta borghesia) disposti ad acquistare aerei appartenenti al segmento medio-basso sono diminuiti, dall'altro gli individui disposti a comprare un business jet di fascia alta sono aumentati.

Peraltro, anche il numero di HNWI è aumentato nel corso negli ultimi anni, con una crescita del 5% all'anno. Se, come previsto, tale tasso sarà confermato per il futuro e se si realizzerà la previsione di crescita del PIL (prodotto interno lordo) del 3% annuo nei prossimi 20 anni<sup>19</sup>, le consegne di high-end business jet sarà probabilmente superiore al 20% del totale delle consegne di business jet<sup>20</sup>.

Consideriamo ora i velivoli a getto nel segmento di fascia alta caratterizzato da un costo unitario superiore a 40 milioni di dollari. Tra questi velivoli il più richiesto nel 2013 è stato il Gulfstream 500/550 prodotto da Gulfstream Aerospace con circa 85 consegne, seguito dal Global 6000 Express di Bombardier Aerospace con 62 consegne; questi due prodotti hanno un costo rispettivamente di 53,5 e 45 milioni di dollari. Il segmento ha costantemente aumentato la sua quota di mercato rispetto ad altri segmenti di business jet, soprattutto perché è meno sensibile alle fluttuazioni economiche: persone disposte a comprare un jet con un prezzo superiore a 40 milioni di dollari non considerano il prezzo come primo parametro di acquisto; guardano prioritariamente al comfort del velivolo, alla distanza massima percorribile, alla velocità e al design. Pertanto, l'elasticità di questo mercato è estremamente bassa rispetto al mercato business jet di fascia bassa, che ha fortemente sofferto della crisi economica. Ipotizzando una quota di mercato media nel corso degli anni del 25%, nei prossimi 20 anni ci si aspetta una domanda di 3625 business jet di fascia alta.



Il mercato dei jet supersonici è strettamente legato a quello dei jet subsonici di fascia alta e numerosi studi sono stati condotti a riguardo. La società Aerion ha stimato una richiesta di 200-400 jet supersonici su un periodo di 10 anni, ma tutto dipenderà in gran parte dai costi del velivolo e dal potere d'acquisto dei clienti.

Assumendo come riferimento un prezzo di 80 milioni di dollari, il 43% della domanda di business jet di fascia alta passerà al jet supersonico; con un prezzo di 90 e 100 milioni di dollari, il passaggio di domanda sarà rispettivamente del 29% e 14%, mentre al prezzo di 110 milioni di dollari o più, nessuno degli acquirenti di un business jet di fascia alta sarà disposto a comprare un aereo supersonico<sup>17</sup>. Considerando una fascia di prezzo da 80 a 100 milioni di \$, la domanda prevista può variare quindi da 507 a 1.559 nuovi jet supersonici in un periodo di 20 anni, ovvero 25-78 all'anno in media. Come si vede, il mercato dei jet supersonici/ipersonici con quella gamma di prezzi ha la potenzialità di raggiungere una quota di mercato relativamente grande:

- 3,5% del mercato totale di business jet (507 consegne) con un prezzo di 100 milioni di dollari per velivolo
- 7,25% (1.051 consegne) con un prezzo di \$ 90 milioni per velivolo
- 10,75% (1.559 consegne) con un prezzo di \$ 80 milioni per velivolo

E' anche chiaro che, se i nuovi velivoli supersonici / ipersonici costeranno non più del 150% del prezzo medio di acquisto di jet subsonici di fascia alta, quest'ultimo mercato probabilmente perderà una quota significativa.

Riassumendo, nei prossimi 20 anni ci aspettiamo:

- Una domanda totale di 14500 nuovi business jet (4.500 dei quali andrà a sostituire quelli più vecchi) considerando una crescita annua media delle consegne del 0,6%
- Una domanda totale di 3625 business jet di fascia alta (con un costo superiore a 40 milioni di dollari), e di questi una parte (3,5%, 7,25% o 10,75%) sarà destinata al mercato dei jet supersonici/ipersonici se il loro prezzo sarà inferiore a 100 milioni di dollari.

Per il mercato dei jet supersonici si prevedono le seguenti caratteristiche:

- scarsa elasticità della domanda
- il Nord America rimane il primo mercato per consegne
- ruolo importante dell'Asia e delle altre economie in via di sviluppo.

## MERCATO DEL TURISMO SPAZIALE SUBORBITALE

A parte il trasporto punto-punto, un business jet ipersonico può realizzare anche missioni suborbitali per turismo spaziale (v. Hyplane). Esiste una domanda di mercato per il turismo suborbitale come dimostrato dalle prenotazioni ricevute da Virgin Galactic, XCOR e Armadillo. Al giugno 2012 il numero totale di prenotazioni era di 925<sup>15</sup>: 200 per Armadillo, 550 per Virgin e 175 per XCOR. Dopo solo pochi mesi questo numero era già salito a 1140. Diversi studi confermano che esiste una domanda potenziale di questo tipo di turismo e che sarà influenzata principalmente dal prezzo del biglietto, dalla consapevolezza, dalla sicurezza e, ovviamente, dall'offerta di un'esperienza particolare.

	2012	mid-2013
Virgin Galactic	550	640
XCOR	175	300
Armadillo	200	200
<b>TOTAL</b>	<b>925</b>	<b>1140</b>

Al momento i mercati più interessanti sembrano essere Stati Uniti, Cina ed Europa: con prezzi offerti o previsti tra 100.000 e 250.000 dollari. Il 20% degli americani con un patrimonio netto tra i



25 e 50 milioni sarebbe interessato ad acquistare un biglietto per un viaggio suborbitale, mentre tale percentuale sale al 50% se la loro ricchezza netta è superiore a 50 milioni<sup>21</sup>. Per Europa e Giappone le percentuali sono rispettivamente 10% e 20%. Gli studi hanno considerato un prezzo medio per biglietto di 120.000 dollari.

Gli elementi che più influenzano il processo decisionale dei consumatori sono:

- sicurezza
- il periodo di formazione richiesto
- la reputazione dell'azienda
- durata del volo
- esperienza fornita
- unicità dell'esperienza e altri servizi offerti ai turisti

La sicurezza percepita influenza enormemente la volontà di intraprendere un viaggio nello spazio; e succede che le aziende con una buona reputazione sono percepite come più sicure. Inoltre, al fine di fornire un'esperienza unica ed esclusiva, sembra opportuno l'uso di un aerospazioplano con un numero limitato di posti.

Sono stati fatti diversi studi per prevedere la futura potenziale domanda di turismo suborbitale. Uno studio condotto dall'americano Tauri Group ha selezionato un pool di persone ad alto reddito con un patrimonio netto minimo di 5 milioni di dollari. Sono stati studiati tre scenari: (i) scenario base, in cui la politica e il contesto economico non si discostano da quelli di oggi e restano prevedibili; (ii) scenario vincolato, che prevede un minore potere d'acquisto da parte dei consumatori a causa del perdurare della crisi economica e della riduzione della spesa (meno probabile oggi); (iii) scenario di crescita, che è il più ottimista, sulla base di un miglioramento delle tecnologie implementate, un forte interesse per gli investimenti da privati e governi e un cambiamento positivo nel comportamento dei consumatori a seguito di strategie di marketing vincenti. La Fig. 16 mostra l'andamento previsto della richiesta di posti per un volo suborbitale per ciascuno scenario.

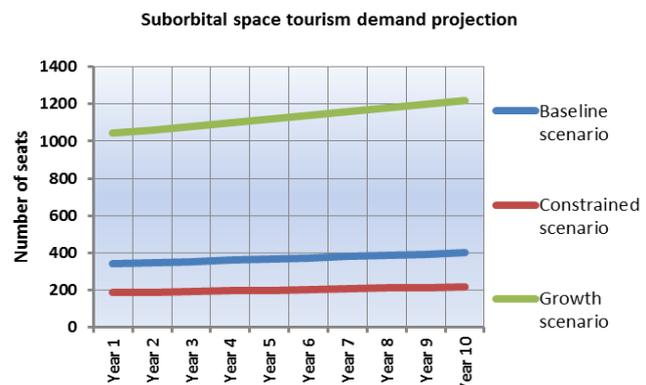
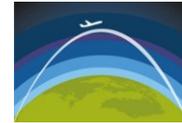


Fig. 16 – Previsione della domanda di Turismo Spaziale Suborbitale (Fonte: "Suborbital Reusable Vehicles: A 10-Year Forecast of Market Demand", Tauri Group)

Lo scenario di base è associato a 600 milioni di dollari di ricavi, mentre quello vincolato a 300 milioni e quello di crescita a 1,6 miliardi di dollari. L'analisi identifica una richiesta di 3.600 posti a sedere in 10 anni per lo scenario di base, con oltre il 95% degli acquisti effettuati dagli UHNWI di tutto il mondo. Il restante 5% rappresenta gli appassionati di spazio al di fuori della soglia di alto reddito che spenderanno una quota atipica dei loro averi rispetto ad altre spese per il tempo libero o viaggio. La domanda per i voli turistici suborbitali rappresenta l'80% della domanda totale di voli di Veicoli Suborbitali Riutilizzabili (SRVs).

Una riduzione di prezzo è prevista dopo i primi 5 anni di funzionamento, rimanendo intorno a 50-100 mila dollari. La sicurezza accertata del viaggio rappresenterà la chiave per attrarre una quota di mercato di grandi dimensioni, dal momento che una percentuale considerevole di potenziali clienti non è disposta ad assumere alcun rischio per un viaggio.



## ANALISI DEI POTENZIALI CLIENTI E ACQUIRENTI

Sulla base dei dati del Concorde, che è stato il primo aereo supersonico passeggeri che abbia volato, si calcola che solo il 5% dei passeggeri Concorde in viaggio d'affari sono potenzialmente disposti a comprare un biglietto per un viaggio punto-punto suborbitale ad un prezzo intorno a 80.000 €<sup>22</sup>.

Tenuto conto di un prezzo del biglietto minore della cifra su esposta, si può stimare una domanda potenziale di clienti business pari al 10% di quelli del Concorde, ovvero 12.000 passeggeri. Considerando anche le persone ricche che hanno viaggiato sul Concorde a fini di svago, si aggiungerebbero altri 30.000 passeggeri, arrivando a 42.000 biglietti all'anno, ovvero una media di 100-150 passeggeri al giorno. Questi dati confermano ciò che abbiamo già riscontrato nei paragrafi precedenti e cioè che i grandi velivoli ipersonici / supersonici (con 50-100 posti a sedere) non rappresentano un buon investimento a causa della mancanza di mercato. Invece piccoli veicoli, come i business jet, appaiono soluzione più appropriata per soddisfare una domanda di nicchia estrema che sarà piuttosto bassa, almeno nel primo periodo in cui i prezzi rimarranno elevati.

Circa i potenziali acquirenti di un business jet supersonico/ipersonico come Hyplane, possono essere identificati diverse tipologie:

- **Società comproprietarie:** questo modalità di acquisizione consiste nell'acquisto di una "quota" del velivolo. La quota di un proprietario corrisponde ad una determinata quantità di ore di volo (si considerano disponibili 800 ore di volo all'anno). In generale, i proprietari pagano un canone mensile ad altra società per la manutenzione e la gestione del velivolo.
- **Governi:** è frequente che i governi acquistino una flotta di jet per ragioni di risparmio di tempo e di prestigio.
- **Privati:** si può acquistare un jet principalmente per ragioni di prestigio e per i viaggi di piacere. Per queste persone l'efficienza del velivolo è meno importante di altre caratteristiche.
- **Società multinazionali:** le grandi aziende sono interessate all'acquisizione di un SBJ / HBJ per ridurre il tempo per il trasporto dei manager con accesso più diretto ai siti delle aziende e, in aggiunta, possono utilizzare il business jet per incontri durante i voli. Inoltre, un business jet rappresenta un elemento di prestigio per l'azienda e aumenta la disponibilità e soddisfazione di viaggio dei dipendenti.

La maggior parte della domanda proviene da persone fisiche e società già proprietari di jet, e negli ultimi anni l'acquisizione da parte degli operatori di jet in comproprietà è aumentato in modo significativo. Nel corso degli ultimi 7 anni, dopo la flessione delle consegne di business jet, c'è stato un consolidamento della comproprietà che rappresenta circa il 10% del totale delle consegne di business jet, percentuale che si prevede rimarrà invariata nel corso dei prossimi 20 anni. Le aziende coinvolte nel settore della comproprietà gestiscono il velivolo in termini di manutenzione, rifornimento, licenze e pilotaggio.

I vantaggi dell'utilizzo di un business jet rispetto ad un aereo di linea sono principalmente:

- risparmio di tempo (nessun controllo di sicurezza, nessun ritardo)
- voli senza orari prestabiliti: flessibilità degli orari
- maggior numero di destinazioni raggiungibili: da tenere presente che i business jet possono utilizzare più di 5000 aeroporti (di solito piccoli e medi aeroporti), mentre le compagnie aeree hanno a disposizione solo 600 aeroporti; ciò significa che in molti casi i proprietari di jet hanno la possibilità di raggiungere un aeroporto più vicino alla loro destinazione finale.



## 3.4 Aspetti Economici degli HBJ: Costi e Ricavi

Trans-Tech srl ha stimato per il suo progetto Hyplane i seguenti quadri, a condizioni economiche 2015<sup>26</sup>.

### IL PUNTO DI VISTA DEL PRODUTTORE

È stata fatta un'analisi preliminare dei costi e dei ricavi tenendo conto di quattro tipologie di costo:

- Costi di ricerca e sviluppo: sono costi non ricorrenti, sostenuti durante la fase iniziale del progetto e fino alla sua realizzazione
- Costo di produzione: sono costi ricorrenti direttamente proporzionali al numero di velivoli prodotti
- Costi operativi: rappresentano le spese relative al funzionamento del business. Essi possono essere fissi o variabili; alcuni di loro sono la manutenzione, carburante, tasse aeroportuali, tasse
- Costi di smaltimento: sono i costi sostenuti dalla fine della vita del velivolo fino allo smaltimento definitivo.

Lo sviluppo del prodotto è diviso in cinque fasi principali:

- Fase 0: Studio concettuale
- Fase A: Fattibilità
- Fase B: Definizione preliminare
- Fase C: Definizione di dettaglio
- Fase D: Produzione, incluse le prove di qualifica (dimostratore / prototipo di produzione)

Una volta eseguite le prove di qualifica, la fase di produzione inizia con la costruzione del prototipo. In questa fase bisogna sostenere i costi per la produzione del dimostratore/prototipo e per i test al fine di conseguire la certificazione al volo. Indichiamo questa come la Fase D1. Dopo di ciò, calcoliamo costi fissi e operativi connessi all'uso del velivolo. I costi operativi sono calcolati sulla base dei voli operati e diminuiscono con l'aumento del numero di voli, mentre i costi fissi (come costi di assicurazione e manutenzione) non cambiano al variare del numero dei voli. Infine si calcolano i costi per lo smaltimento del veicolo, tenendo conto del suo impatto ambientale.

Si può applicare un classico modello produttore-operatore, simile a quello dell'industria aeronautica. La Tab. 4 mostra le stime dei costi dal punto di vista del produttore.

MANUFACTURER COSTS	PHASES COVERED	COST TYPE	ESTIMATE
<b>Development costs</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Feasibility</li> <li>• Preliminary definition</li> <li>• Detailed definition</li> <li>• Prototype/Demonstrator production and certification (~85%)</li> </ul>	NRC	<b>2 B€</b>
<b>Financing costs</b>	(4% on development costs)	NRC	840 M€/20 years
<b>Production costs</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Production of the vehicle</li> <li>• Testing and qualification</li> </ul>	RC / fixed and variable	<b>40 M€</b> on average / vehicle

Tab. 4 – Stima dei costi dal punto di vista del produttore (Fonte: Trans-Tech srl)



Tra i costi di sviluppo quelli con il peso più alto sono i costi per la produzione del dimostratore e certificazione di prodotto, che rappresentano il 85% dei costi di sviluppo complessivi. In particolare i costi connessi con la certificazione di prodotto sono molto elevati rispetto alle altre voci di costo. I costi di fattibilità rappresentano il 1,5%, mentre quelli per la definizione preliminare e dettagliata del progetto il 13,5%. I costi di finanziamento possono essere calcolati sui costi di sviluppo, applicando un interesse fisso del 4%, su un periodo di 20 anni. La Fig. 17 mostra l'interesse e il rimborso del debito calcolato durante il periodo.

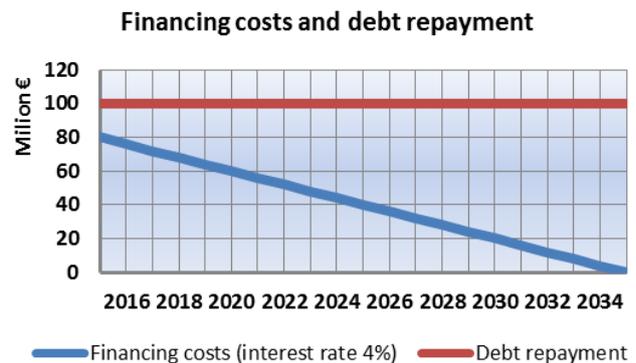


Fig. 17 – Interessi e rimborso del debito dal punto di vista del produttore (Fonte: Trans-Tech srl)

Come ipotizzato nel paragrafo precedente, con un prezzo di € 80 milioni (circa 100 milioni di dollari) per velivolo, esiste una domanda potenziale di 507 jet supersonici / ipersonici su un periodo di tempo di 20 anni. Per tener conto che l'avvio di una realizzazione di un velivoli ipersonico stimolerà la nascita di simili iniziative, si suppone che circa il 20% del mercato sarà catturato da un business jet ipersonico come Hyplane, il che significa 102 consegne nel corso di 20 anni (3 consegne all'inizio, in aumento fino a 10). Considerando un costo medio di produzione di € 40 milioni a velivolo, in 20 anni si calcolano costi di produzione costo medio di produzione per € 4,08 miliardi. Tali stime sono riassunte nella Tab. 5.

Development costs	€2 billion
Financing costs	€840 million
Production costs	€4,08 billion
<b>Total costs</b>	<b>€6,92 billion</b>

Revenues from sales	€8,16 billion
<b>Total revenue</b>	<b>€8,16 billion</b>

Tab. 5 – Costi e fatturato da parte del produttore per consegne di business jet in 20 anni (Fonte: Trans-Tech srl)

I 102 velivoli sono considerati solo analizzando la domanda prevista di business jet supersonici. Per le missioni di turismo spaziale si prevede una richiesta da parte degli operatori di 10 veicoli in 20 anni, tenendo conto che la domanda da turismo spaziale suborbitale complessiva sarà molto bassa nei primi anni. Per l'analisi dei costi e ricavi del turismo spaziale, abbiamo considerato due modelli di business principali. Uno è quello della cosiddetta "locazione bagnata" (wet lease) del velivolo all'operatore, mentre l'altro consiste nella piena proprietà del spaziotreno. Al momento si stima un crescente avvicinamento al modello di wet lease, in cui il locatore (produttore) fornisce aerei, equipaggio completo, manutenzione e assicurazione (ACMI), mentre il locatario (operatore) copre le spese per il carburante, tasse aeroportuali e eventuali altre imposte o dazi connessi all'utilizzo del velivolo. Nel nostro caso consideriamo un modello di business wet lease classico.

In un contratto annuale wet lease di un velivolo, i costi e i ricavi dal punto di vista del produttore, sulla base di 1 volo al giorno per 300 giorni all'anno, sono stimati come segue:

- Costi
  - spare parts €1,32 million
  - periodic maintenance €1,00 million
  - insurance of the vehicle €0,25 million
  - crew €1,65 million
  - **TOTAL EXPENDITURE €4,22 million**



- Ricavi dal locatario del contratto di wet/lease
  - **TOTAL INCOME** **€30 million<sup>1</sup>**

Con una proiezione di 102 jet consegnati per voli punto-punto e 10 per missioni di turismo spaziale, il costruttore ha la struttura dei costi-ricavi riportati in Tab. 6, da cui emerge quindi che il Primo Margine Operativo (EBITDA) risulta di 3,73 miliardi € su 20 anni.

MANUFACTURER COSTS AND REVENUES IN 20 YEARS			
<b>COSTS</b>		<b>REVENUES</b>	
Development costs	€2,00 billion	Revenues from vehicles sold	€ 8,16 billion
Financing costs	€0,84 billion	Revenues from vehicles in wet leasing	€ 3,36 billion
Production costs	€4,48 billion	<b>Total revenue</b>	<b>€11,52 billion</b>
Wet lease costs	€0,47 billion		
<b>Total costs</b>	<b>€7,78 billion</b>		

Tab. 6 – Bilancio complessivo del produttore (Fonte: Trans-Tech srl)

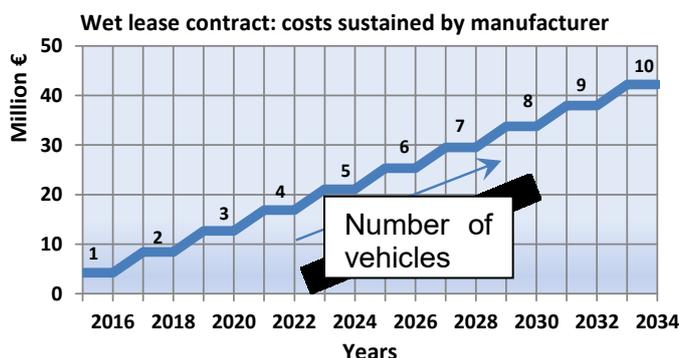


Fig. 18 – Costi sostenuti dal produttore per coprire i costi di wet lease (Fonte: Booz and Co.)

intercettano i costi nel 2026, dopo 11 anni dall'inizio delle operazioni.

Abbiamo considerato i costi totali e i ricavi da consegne di jet e contratti di wet lease per il turismo spaziale. Su questa base il produttore raggiungerà il punto di pareggio dopo 11 anni dall'inizio delle operazioni. Per il calcolo del punto di pareggio, la consegna di business jet non è stata considerata lineare nel corso degli anni: si è invece assunto che le consegne aumentino costantemente passando da 3 all'inizio a 10 negli ultimi due anni del ciclo.

I costi sostenuti per il wet lease aumentano con l'aumento del numero di velivoli in leasing. La proiezione anno per anno è mostrata in Fig. 18<sup>27</sup>.

Stimiamo in media un veicolo in leasing all'anno. I costi raggiungeranno i 40 milioni dopo i primi 18 anni di attività. Durante i primi anni il produttore avrà costi significativi in gran parte a causa dei costi di sviluppo di circa 2 miliardi di € che incidono pesantemente sul totale dei costi. Invece, Fig. 19 mostra i ricavi del produttore, che

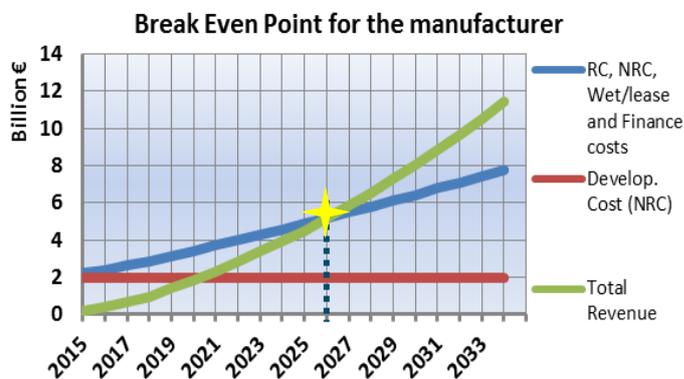


Fig. 19 – Punto di pareggio per il produttore (Fonte: Trans-Tech srl)

<sup>1</sup> Secondo i contratti tipici di wet lease per business jet di fascia alta



## IL PUNTO DI VISTA DELL'OPERATORE PER IL TRASPORTO PUNTO-PUNTO

I costi per gli operatori commerciali di jet sono calcolati sulla base di una vita operativa del velivolo di 20 anni, due voli al giorno per tutta la settimana, e un tasso medio di occupazione dell'80%; se questo tasso diminuisce, il costo unitario per il volo e per passeggero chiaramente aumenterà a causa dell'incidenza dei costi fissi. I giorni medi di volo operativo sono 302 all'anno. Abbiamo anche considerato un aumento di questo parametro nel corso degli anni.

La Tab. 7 mostra i costi per un operatore che acquista un velivolo.

OPERATING COSTS FOR 1 VEHICLE ALONG 20 YEARS			
COSTS	PHASES COVERED	COST TYPE	ESTIMATE
Vehicle acquisition		Non recurrent cost	€80 M
Financing costs		Recurrent cost	€33,6 M
Operating costs for P2P	Utilization of the vehicle	Recurrent cost	€348,2 M
Disposal costs	Disposal of the vehicle	Non recurrent cost	€9 M
<b>Total</b>			<b>€470,8 M</b>
<b>Unit cost per flight</b>			<b>€37895</b>
<b>Unit cost per passenger</b>			<b>€7579</b>

Tab. 7 – Costi operativi su 20 anni per l'operatore di business jet (Fonte: Trans-Tech srl)

Sono stati considerati nell'analisi i costi operativi indicati nella Tab. 8.

Variable operating costs per flight (P2P)		Fixed operating costs per year (P2P)	
Fuel and oil	€16000	Insurance costs: hull + liability insurance	€200000
Flight crew and pilots	€2500	Hangar expenses	€77000
Labor and part expenses	€2000	Office expenses	€10000
Passenger services	€1000	Annual maintenance	€300000
Other consumption (10% of fuel cost)	€1600	Marketing and commercial costs	€600.000
Others: - fees for air navigation, landing, parking, handling, airport	€2600	<b>Total per year</b>	<b>€1,187 million</b>
<b>Total per flight</b>	<b>€25700</b>	<b>Total per flight</b>	<b>€1.978</b>

Tab. 8 – Costi operativi variabili e fissi per l'operatore di business jet (Fonte: Trans-Tech srl)



Dal momento che il costo unitario per passeggero è di € 7579, abbiamo fissato un prezzo del biglietto di € 10000 per il trasporto point-to-point, ottenendo un profitto di circa il 25% del costo unitario per passeggero. Considerando il funzionamento di un solo velivolo, l'operatore raggiungerà il punto di pareggio in 9 anni dall'inizio delle operazioni (Fig. 20). E il profitto complessivo raggiungerà i 150 milioni € come riportato in Fig. 21.



Fig. 20 – Punto di bilancio dal punto di vista dell'operatore di viaggi punto-punto (Fonte: Trans-Tech srl)

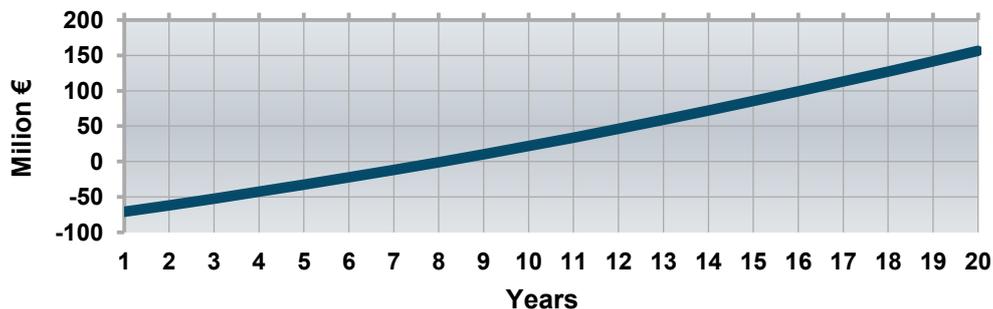


Fig. 21 – Profitto aggregato dell'operatore di viaggi punto-punto (Fonte: Trans-Tech srl)



## IL PUNTO DI VISTA DELL'OPERATORE PER IL TURISMO SPAZIALE SUBORBITALE

Per le missioni di turismo spaziale abbiamo considerato come costi operativi solo le spese di carburante e le tasse/imposte connesse per l'aeroporto e alla navigazione. A questi bisogna aggiungere: il costo per il wet lease pagato al produttore (€ 30 milioni) e le spese per il programma di formazione dei partecipanti (€ 5000 per partecipante). Come detto non consideriamo il costo di acquisizione del velivolo, perché ci si riferisce ad un contratto di wet lease, in cui l'operatore affitta il veicolo per 1 anno. I costi ed i ricavi presi in considerazione sono illustrati in Tab. 9.

COSTS AND REVENUES FOR 1 VEHICLE OPERATED	
Wet lease contract per year	€30M
Operating costs per flight: fuel, airport fees and taxes	€22856 (fuel cost) + €5000(fees and taxes) = €27856
Yearly marketing and commercial costs	€600.000 per year
Yearly office expenses	€10.000 per year
Cost for participants training program (per flight)	€25000 (€5000 per participant)
Unit cost per flight	€155.000
Unit cost per passenger	€31.000
Ticket price	€50.000
Revenue per flight	€200.000

Tab. 9 – Costi e fatturato per l'operatore di missioni da turismo spaziale suborbitale  
(Fonte: Trans-Tech srl)

L'analisi è effettuata ipotizzando un volo al giorno e, anche in questo caso, sono stati ipotizzati 302 giorni di volo medi all'anno, con andamento crescente lungo i 20 anni di life cycle. Il prezzo del biglietto è calcolato sulla base del costo unitario per passeggero. In tale scenario, abbiamo calcolato i costi totali e ricavi sui 20 anni di life cycle del veicolo (Tab. 10).

Years	Days of flight	Operating costs space tourism (€)	Wet lease costs (€)	Financing costs (€)	Revenue (€)
2015	270	15.681.120	30.000.000	1.200.000	54.000.000
2016	275	15.820.400	30.000.000	1.200.000	55.000.000
2017	275	15.820.400	30.000.000	1.200.000	55.000.000
2018	280	15.959.680	30.000.000	1.200.000	56.000.000
2019	280	15.959.680	30.000.000	0	56.000.000
2020	285	16.098.960	30.000.000	0	57.000.000
2021	285	16.098.960	30.000.000	0	57.000.000
2022	290	16.238.240	30.000.000	0	58.000.000
2023	295	16.377.520	30.000.000	0	59.000.000
2024	300	16.516.800	30.000.000	0	60.000.000
2025	305	16.656.080	30.000.000	0	61.000.000
2026	310	16.795.360	30.000.000	0	62.000.000
2027	315	16.934.640	30.000.000	0	63.000.000
2028	320	17.073.920	30.000.000	0	64.000.000
2029	320	17.073.920	30.000.000	0	64.000.000
2030	325	17.213.200	30.000.000	0	65.000.000
2031	325	17.213.200	30.000.000	0	65.000.000
2032	330	17.352.480	30.000.000	0	66.000.000
2033	330	17.352.480	30.000.000	0	66.000.000
2034	330	17.352.480	30.000.000	0	66.000.000
<b>Total in 20 years</b>		331.589.520	600.000.000	4.800.000	<b>1,209 billion</b>
<b>Total profit in 20 years</b>					<b>272.6 million</b>

Tab. 10 – Compazione tra costi e fatturato annui per l'operatore di un business jet utilizzato per missioni da turismo spaziale suborbitale (Fonte: Trans-Tech srl)



Abbiamo considerato costi di finanziamento solo nei primi 4 anni, perché alla fine del 4° anno l'operatore ha ottenuto un risultato complessivo superiore a € 31.900.000, che è la quantità necessaria per la locazione wet lease di un velivolo. I profitti complessivi arrivano a 275 milioni di € secondo la progressione riportata in Fig. 22<sup>7</sup>.



Fig. 22 – Profitto aggregato per l'operatore di un business jet utilizzato per missioni da turismo spaziale suborbitale (Fonte: Trans-Tech srl)

## 3.5 Altri Servizi Commerciali

### SERVIZI SPAZIALI

Secondo Tauri Group, la comunità «dei satelliti» è al momento orientata ad ipotizzare l'uso di sistemi suborbitali come i velivoli ipersonici per **lancio in orbita satelliti** molto piccoli (<10 kg)<sup>15</sup>.

Il lancio di satelliti molto piccoli è un mercato emergente sulla base dei successi ottenuti dalle università e del crescente interesse da parte dei clienti governativi. Il mercato è stato rivoluzionato con l'introduzione del modulo Cubesat (un cubo di 10 cm ed 1 kg) e del sistema Poly-Picosatellite orbitale Deployer (P-POD), che permette lo sviluppo rapido di payload e interfacce di lancio standard. Dal 2002 al 2011, sono stati lanciati 105 satelliti sotto i 15 kg, soprattutto per le università negli Stati Uniti. Germania e Giappone, i prossimi grandi sviluppatori, rappresentano ciascuno circa il 10% del mercato. Nel solo 2012, sono stati lanciati circa 65 satelliti in tutto il mondo (più della metà del totale lanciato nel decennio precedente) come carichi secondari. E si stima di arrivare a 100 lanci all'anno nei prossimi 10 anni.

Oltre il 90% dei satelliti molto piccoli sono stati lanciati come piggyback su sistemi di lancio esistenti. Attualmente, circa un terzo dei lanci di piccoli satelliti utilizza sistemi commerciali a basso costo, in primo luogo Dnepr.

Nel futuro i satelliti saranno sostanzialmente divisi equamente tra civili, militari e università, con circa il 4% del mercato composto da satelliti commerciale. I sistemi suborbitali cattureranno solo una parte di questi lanci in quanto, a differenza dei sistemi di lancio tradizionali, non dispongono di tutta l'energia necessaria per raggiungere l'orbita e quindi sarà necessario un sistema propulsivo supplementare. È comunque ragionevole prevedere un crescente utilizzo dei sistemi di interesse per questo scopo, come indicato in Fig. 23.

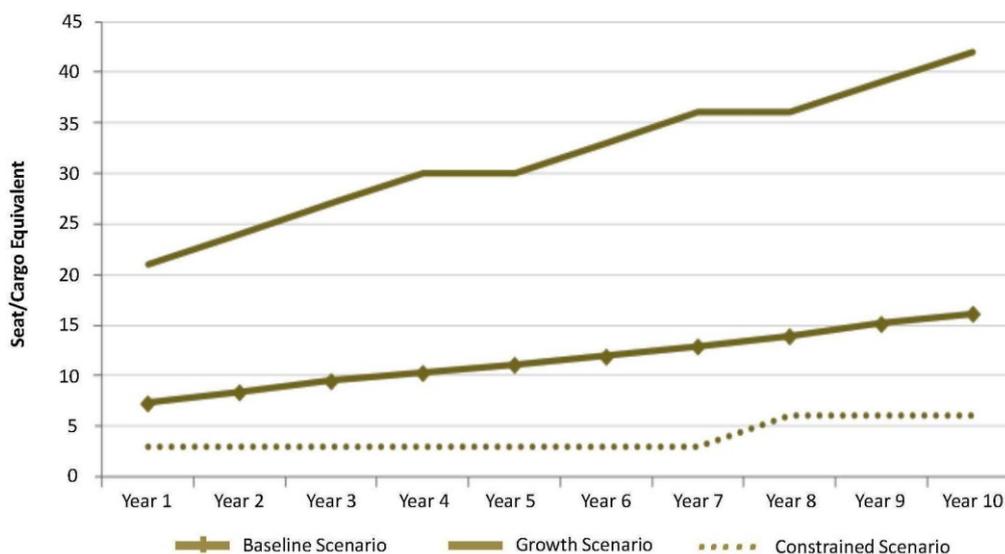


Fig. 23 – Previsione di utilizzo di sistemi ipersonici suborbitali per Messa in Orbita di Satelliti (Fonte: The Tauri Group)

Da notare che il mercato già esiste ed è in espansione, mentre la concreta disponibilità di sistemi di lancio suborbitale è ancora da dimostrare, rappresentando l'elemento di maggiore incertezza dell'analisi.

Altro utilizzo dei sistemi suborbitali ipersonici è l'**osservazione della terra** primariamente per l'acquisizione di immagini della terra e dei sistemi terrestri ad uso:

- commerciale
- civile
- militare (sorveglianza)

Tali sistemi si collocheranno tra i sistemi aerei (che garantiscono altissima risoluzione - al centimetro, ma copertura ridotta - decine di km<sup>2</sup>) e quelli orbitali (caratterizzati da risoluzione sia bassa che alta - dal km al metro, ma copertura ampia - migliaia di km). Si può ottenere una risoluzione al metro con copertura di km<sup>2</sup>).

Il mercato attuale per il telerilevamento è servito da piattaforme aeree e satellitari, che sono entrambe consolidate, ben note, e mature. La domanda è guidata dai requisiti sul tipo di immagine (pancromatica, iperspettrale, ecc), tempestività, precisione, risoluzione, qualità, ed altri parametri. Le sfide per i servizi da parte di velivoli suborbitali includono le restrizioni di sorvolo, le velocità elevate raggiunte, le limitazioni legate all'operatività da piste fisse e supporto logistico ridotto.

Al momento Tauri Group stima un mercato trascurabile, dato l'alto numero di alternative già esistenti<sup>15</sup>.

Tuttavia si stima che, come spesso succede sulla terra, una volta che il sistema sarà disponibile si svilupperà un mercato dedicato.



## MEDIA E RELAZIONI PUBBLICHE

Il mercato dei media e relazioni pubbliche è definito come l'insieme delle attività che utilizzano sistemi ipersonici suborbitali per promuovere i prodotti, diffondere la conoscenza del brand, o i contenuti di film con storie o contesti spaziali, come:

- Film e televisione: riprese a bordo di velivoli suborbitali per l'intrattenimento a tema spaziale
- Mezzi di pubblicità e sponsorizzazione: loghi e pubblicità posizionate su hardware spaziale e spazio spot pubblicitari girati nello spazio (sono inclusi i posti passeggeri acquistati da società collegate alla pubblicità o alla promozione del marchio, che acquistano posti a sedere per conto terzi)
- Pubbliche relazioni e outreach: consapevolezza o riconoscimento tramite associazione con velivoli suborbitali
- Novità spaziali e cimeli: Gli oggetti che hanno volato nello spazio e memorabilia associato con un particolare evento o veicolo spaziale.

I velivoli ipersonici suborbitali rappresentano un'opportunità a basso costo per i media e le relazioni pubbliche, rispetto ai servizi orbitali attualmente disponibili. Sebbene non siano così convenienti come i voli parabolici, i sistemi suborbitali sono in grado di fornire periodi relativamente lunghi di microgravità (5 minuti ininterrotti, rispetto a circa 22 secondi dei voli parabolici). I fornitori di servizi suborbitali che stanno emergendo possono suscitare l'interesse del pubblico e attirare opportunità pubblicitarie. Fare pubblicità con sistemi di questo tipo può essere realizzato attraverso spot pubblicitari e annunci stampa oppure mettendo un logo o altro elemento di marchio sulla superficie del veicolo o nell'abitacolo.

La stima del mercato è quantizzata per i primi 10 anni secondo i tre scenari analizzati, come riportato in Fig. 24.

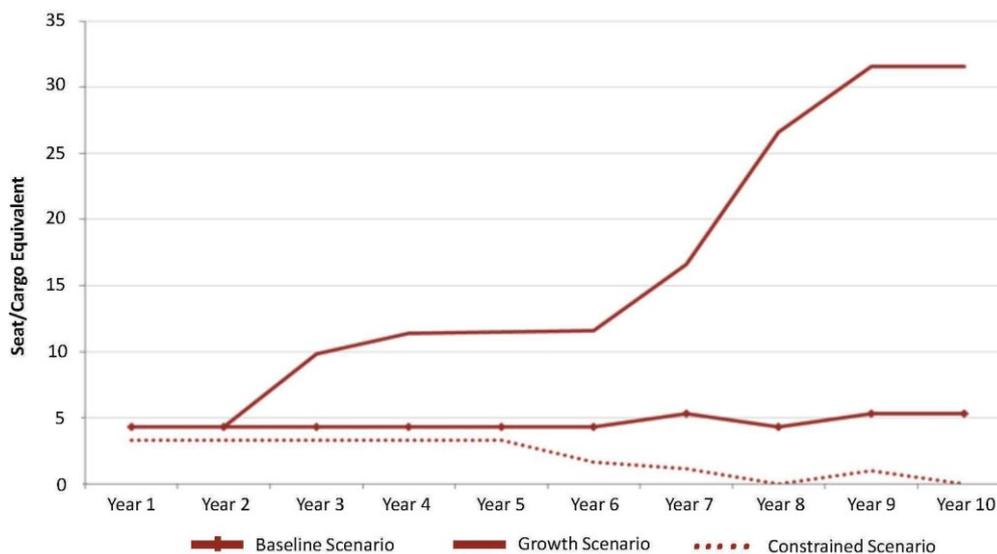


Fig. 24 - Previsione di utilizzo di sistemi ipersonici suborbitali per Media e PR (Fonte: The Tauri Group<sup>15</sup>)



## 3.6 Ruolo dell'Italia

---

L'Italia è stata, sin dall'inizio delle volo umano e dall'inizio dell'era spaziale nel secolo scorso, attore attivo e rilevante nell'ambito degli sviluppi tecnologici e sistemici. Già nel 1910 Giovanni Agusta fa volare il “Planeur” antesignano dell'elicottero, e nel 1926 Umberto Nobile guida la prima spedizione al Polo Nord con il dirigibile Norge. Sono degli anni '30 le crociere aeree transatlantiche di Italo Balbo, mentre il 1956 si distingue per il primo volo del caccia G-91 progettato da Giuseppe Gabrielli ed il volo del Sagittario, primo velivolo supersonico italiano. È il 1964 quando l'Italia diventa il terzo paese al mondo a lanciare un satellite nello spazio (San Marco 1), e poi nel 1970 prende vita il longevissimo Partenavia P68. Anche il 1984 è anno ricco: primo volo dell'AMX e volo inaugurale dell'ATR42. Più recentemente, nel 2012 abbiamo il primo lancio del piccolo vettore VEGA, e nel 2014 la prima astronauta italiana Samantha Cristoforetti stabilisce il record europeo di permanenza nello spazio e quello mondiale femminile.

Questa storia, fatta di pionierismo ma anche di capacità personali ed industriali, merita di proseguire e di continuare ad essere alimentata. Non a caso, l'Italia è stata la prima nazione europea che ha firmato tramite ENAC un accordo con FAA sui voli suborbitali.

Pertanto, si può dire senza remore che il volo ipersonico non può che essere settore di grande **interesse strategico** per l'Italia.

Occorre perciò essere **preparati alla competizione mondiale** che si svilupperà nei prossimi anni nell'ambito del volo suborbitale e in quello ad esso molto prossimo del volo stratosferico.

Partendo per tempo in modo deciso, coeso e mirato, l'Italia potrà giocare un ruolo importante sia nella necessaria fase di sperimentazione che in quella industrialmente più interessante dello sviluppo del business. Questo mercato può infatti offrire nuove opportunità da **Tier 1 e 2** alle grandi aziende del settore dell'Aeronautica e Trasporto Aereo, ma può anche offrire opportunità di **leadership** alle aziende dell'aviazione generale/executive per **nuovi velivoli ipersonici di piccole dimensioni**.

L'Italia può inoltre sviluppare il suo «piccolo» comparto di **servizi** business jet ipersonici puntando ad un ruolo rilevante sullo scenario internazionale, così come nel segmento di mercato della **messa in orbita di piccoli payload** attraverso sistemi economici suborbitali.



## 4. OPZIONI DI IMPIEGO SCIENTIFICO (WP2.3)

### 4.1 Possibili Impieghi

Gli utilizzi di tipo scientifico che si prospettano in un futuro di medio periodo, e relativi **livelli di interesse**, sono:

- *Test in volo* e sviluppo di sistemi e tecnologie aerospaziali ↑
- Sperimentazione in volo in ambito *aerodinamica ipersonica* ↑ ↑
- Sperimentazione in volo in ambito *propulsion* (razzi ibridi, ramjet a propellente liquido, ramjet ibridi, scramjet, ...) ↑ ↑ ↑
- Sperimentazione in volo in ambito *aerostrutture* (hot structures, materiali, aspetti affidabilistici, health monitoring & management) ↑ ↑ ↑
- *Caratterizzazione sistematica dell'atmosfera* nella fascia tra 70 e 100 km di quota ↑ ↑ ↑
- Sperimentazione in *micro e bassa gravità* suborbitale ↑ ↑
- Test in volo e sviluppo di sistemi e tecnologie in *astronomia* ↑
- Ricerca in ambito *Osservazione della Terra* ↑ ↑

Sulla destra di ciascun impiego è riportato in termini relativi il corrispondente livello di probabilità di successo sul mercato.

### 4.2 Il Mercato

Il Tauri Group ha introdotto il parametro "seat/cargo equivalent" identificando la capacità media di carico comparata con i posti a sedere sui sistemi di volo in questione, arrivando alla seguente conversione:

One seat/cargo equivalent can equal =	1 seat
	3 1/3 lockers

Questo parametro consente di standardizzare e consolidare le previsioni in tutti i mercati, che riflettono un mix di carico, persone, e voli dedicati.

Possono chiarire l'equivalenza i seguenti dati previsti a 10 anni dall'inizio, relativi alle aree scientifiche e tecnologiche che più di altre determineranno il mercato dell'utilizzo scientifico per i velivoli suborbitali:

- ❖ Microgravità 9 seat/cargo = 250 esperimenti



- ❖ Ricerca Umana 16 seat/cargo = 300 esperimenti

## RICERCA DI BASE E APPLICATA

Seguendo l'impostazione del Tauri Group, il mercato della ricerca base ed applicata è definito dalla richiesta in una serie di discipline di accesso allo spazio e sfruttamento delle proprietà uniche della microgravità:

- Ricerca biologica e fisica: carichi utili sperimentali per indagare risposte biologiche e fisiche
  - Biotecnologia
  - Biologia animale
  - Biologia cellulare
  - Microbiologia
  - Biologia vegetale
  - Fisica fondamentale
  - Fisica dei fluidi
  - Scienza della combustione
  - Crescita dei cristalli
  - Fisica dei plasmi
  - Scienza dei materiali
  - Nanotecnologia
- Scienze della Terra: osservazioni e misurazioni della Terra e dei suoi sistemi
  - Scienza dell'atmosfera
  - Meteorologia
  - Cambi climatici
  - Ecosistemi e ciclo del carbonio
  - Cicli dell'acqua e dell'energia
  - Oceanografia
- Scienze spaziali: osservazioni e misurazioni dell'ambiente spaziale
  - Astrofisica
  - Eliosfera
  - Planetologia
- Ricerca Umana: studio delle risposte della fisiologia e psicologia umana
  - Radiazioni spaziali
  - Comportamento umano
  - Esplorazione delle capacità mediche
  - Fattori umani in habitat spaziali e abitabilità
  - Ricerca medica su larga scala
  - Farmacologia

Le caratteristiche dei sistemi ipersonici suborbitali che sono più utili per la ricerca sono: l'accesso all'ambiente spazio (principalmente per la scienza spaziale), l'accesso alla microgravità (principalmente per la ricerca biologica e fisica), l'attraversamento dell'alta atmosfera (principalmente per la Scienza della Terra), e l'accesso di persone diverse soggette a fenomeni come accelerazione e decelerazione rapida (principalmente per la ricerca umana).

Quattro specifici campi di ricerca sembrano più adatti a sfruttare le capacità dei sistemi ipersonici suborbitali attraverso un'ampia gamma di esperimenti:



- Ricerca atmosferica - tali sistemi consentiranno ai ricercatori un regolare accesso a fasce alte dell'atmosfera poco conosciute per comprendere le dinamiche che controllano il meteo e il clima della Terra.
- Astronomia suborbitale - i velivoli suborbitali permetteranno ai ricercatori di effettuare osservazioni di alta qualità fuori nell'atmosfera nell'infrarosso (IR) e ultravioletto (UV)
- Ricerca umana ad ampia scala - saranno possibili studi su una popolazione di viaggiatori spaziali diversificata ed ampia, grazie a voli frequenti, per comprendere gli effetti sul umano corpo della microgravità e dell'accelerazione
- Ricerche sulla microgravità - i velivoli suborbitali offriranno una combinazione unica di caratteristiche, tra cui una significativa durata in microgravità di alta qualità a costi ridotti.

La stima del mercato è quantizzata per i primi 10 anni secondo i tre scenari analizzati, come riportato in Fig. 25.

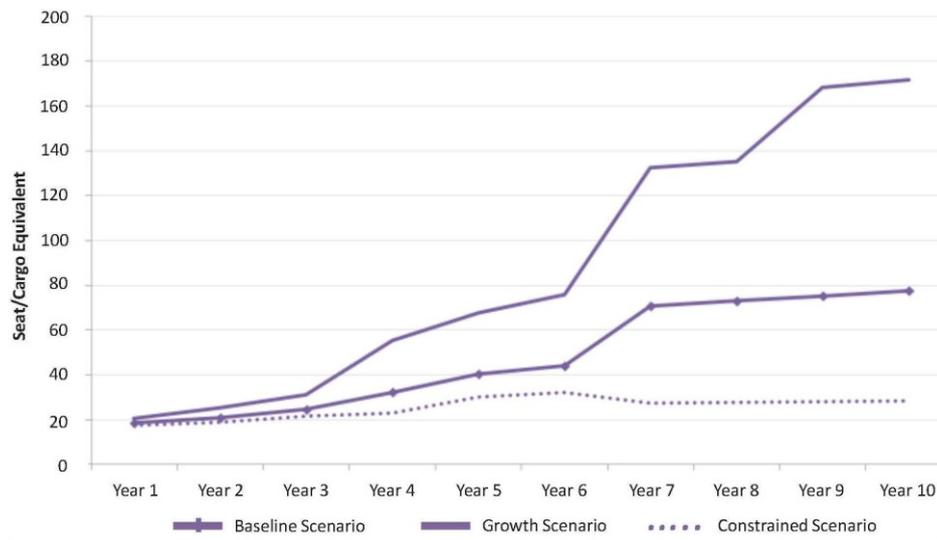


Fig. 25a – Previsione di utilizzo di sistemi ipersonici suborbitali per Ricerca di Base e Applicata (Fonte: The Tauri Group<sup>15</sup>)

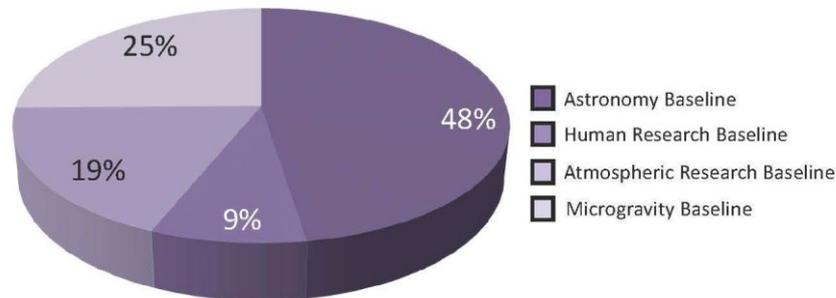


Fig. 25b – Distribuzione disciplinare dell'utilizzo di sistemi ipersonici suborbitali per Ricerca di Base e Applicata (Fonte: The Tauri Group<sup>15</sup>)

## TECNOLOGIA AEROSPAZIALE E DIMOSTRAZIONE IN VOLO

Il mercato dei Test e Dimostrazione di Tecnologia Aerospaziale è definito come l'attività a bordo di sistemi ipersonici suborbitali per sviluppare la maturità tecnologica e per ottenere la dimostrazione, qualifica o certificazione spaziale.

Le agenzie spaziali e le aziende attualmente svolgono attività di prova e dimostrazione utilizzando facility terrestri e voli spaziali (sia nello spazio o durante il lancio e il rientro).

Le facility terrestri includono banchi di prova a razzo, camere termiche, camere a vuoto, drop tower, camere di radiazioni, apparati per vibrazioni e acustica, gallerie del vento, e altri. Per la maggior parte di queste infrastrutture di prova c'è un eccesso di capacità.

La attività di test e dimostrazione su voli spaziali comprendono quelli su razzi sonda, la ISS, e veicoli e piattaforme governative. I ratei annui medi per i test e dimostrazioni tecnologiche su queste piattaforme sono circa 4 all'anno per razzi sonda, 24 per anno sulla ISS, e 10 all'anno sullo Space Shuttle (non più in servizio).

I sistemi ipersonici suborbitali sono potenzialmente in grado di supportare diversi tipi di attività di test e dimostrazione. Il match tra i requisiti di test e le funzionalità della piattaforma stabilirà se un volo su un sistema suborbitale è migliore di un'altra piattaforma per un test specifico. La Tab. 11 mostra le attività di test e dimostrazione che in genere vengono condotte su un gamma di piattaforme terrestri e spaziali che potrebbero essere condotte sui sistemi ipersonici in sviluppo o loro varianti. Come mostrato, i sistemi suborbitali si comparano relativamente bene con i sistemi orbitali, e in molti casi sono meno costosi.



Environment Platform	Micro-gravity	Radiation	Thermal	Vacuum	Vibration	Aero-dynamics	Altitude	Launch Loads	Human Factors
SRV	✓	✓	✓	✓		✓	✓		✓
Sounding Rocket	✓			✓	✓	✓	✓	✓	
Balloon								✓	
Aircraft	✓					✓			✓
Drop Tower	✓			✓					
Terrestrial Facilities		✓	✓	✓	✓	✓			✓
Orbital Systems	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Sample Tests	pumps, turbines, hydraulics	shielding, electronic communications	heat pipes, ablatives	valves, materials	structures, propellant systems	airframes, control surfaces	sensors	composites	suits, control panels

Tab. 11 - Tipi di prove e dimostrazione che potenzialmente possono essere condotti su velivoli ipersonici (indicati qui come SRV, cioè sistema di rientro suborbitale) e altre piattaforme aerospaziali (Fonte: The Tauri Group<sup>15</sup>)

La stima del mercato è quantizzata per i primi 10 anni secondo i tre scenari analizzati, come riportato in Fig. 26.

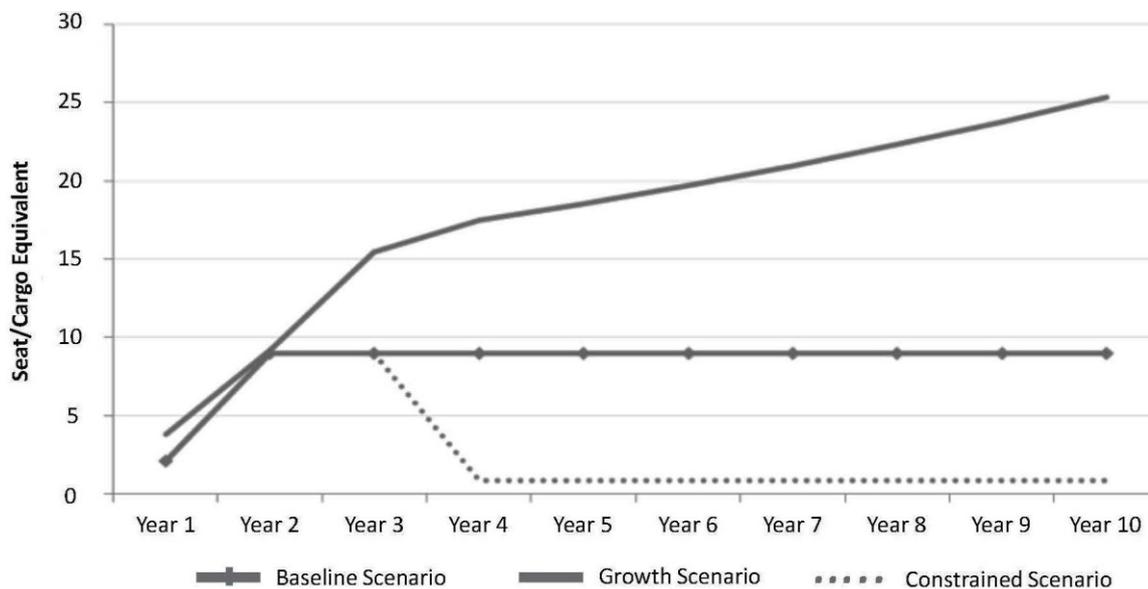


Fig. 26 - Previsione di utilizzo di sistemi ipersonici suborbitali per la Test e Dimostrazione di Tecnologie Aerospaziali (Fonte: The Tauri Group<sup>15</sup>)



## FORMAZIONE

Il mercato della formazione è definito come l'insieme delle opportunità offerte dai sistemi ipersonici suborbitali per le scuole e le università al fine di aumentare la consapevolezza e la possibilità di accesso allo spazio. Specificamente:

- Istruzione nelle scuole medie: Payloads e attività per scuole medie inferiori e superiori
- Missioni di formazione universitarie: Payloads sviluppati da studenti universitari.

Gli attuali progetti spaziali di formazione utilizzano razzi piccoli e grandi, palloni, voli parabolici, razzi amatoriali, e ISS. I payload realizzati dagli studenti sono in genere piccoli, con dimensioni che vanno da pochi centimetri a quelle dei CubeSat (cubo di 10 cm). I costi variano da \$500 a \$20.000 per le scuole medie, mentre per gli esperimenti universitari variano da \$500 a fino a \$300.000. Sono diversi i progetti che hanno già volato su sistemi ipersonici suborbitali o in programma.

La stima del mercato è quantizzata per i primi 10 anni secondo i tre scenari analizzati, come riportato in Fig. 27.

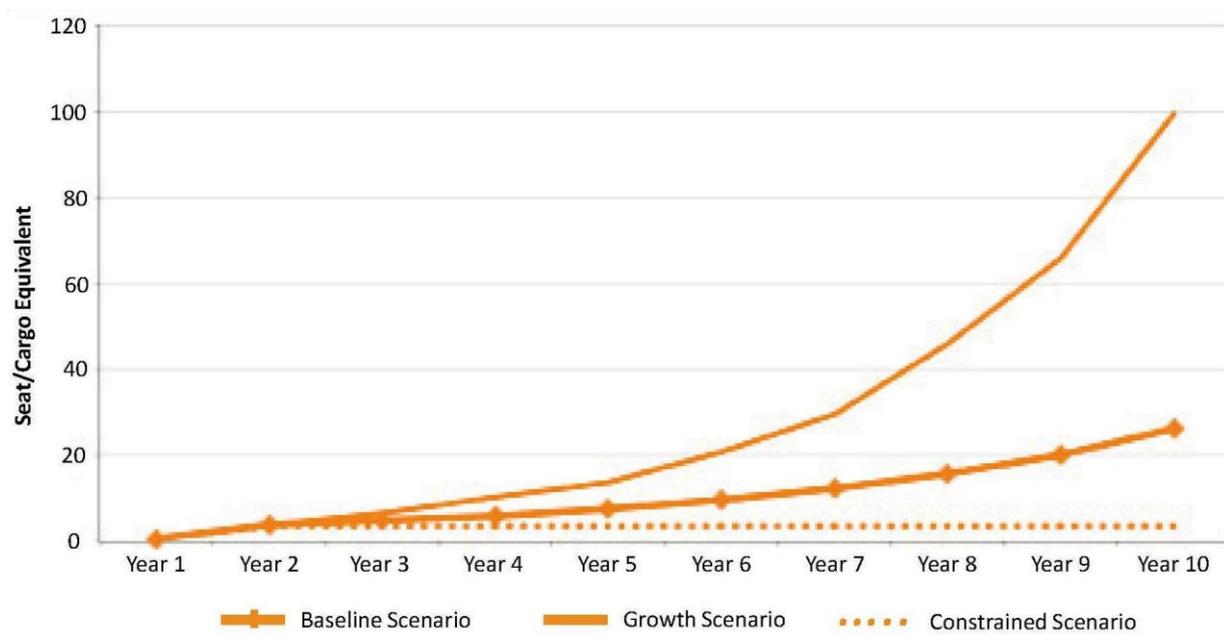


Fig. 27a – Previsione di utilizzo di sistemi ipersonici suborbitali per la Formazione (Fonte: The Tauri Group<sup>15</sup>)

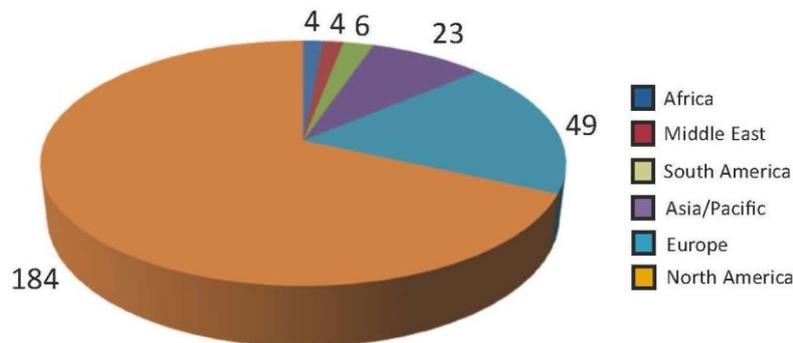


Fig. 27b - Distribuzione geografica delle università che partecipano a programmi educativi spaziali  
(Fonte: The Tauri Group<sup>15</sup>)

### 4.3 Ruolo dell'Italia

L'Italia ha sempre avuto scienziati di rilievo internazionale che hanno alimentato l'interesse nazionale e la presenza a livello mondiale sulle tematiche scientifiche del volo ad altissima velocità e della sperimentazione spaziale. Già negli anni '50 del secolo scorso scienziati di fama come Luigi G. Napolitano, Massimo Trella, Carlo Buongiorno si distinsero come allievi e collaboratori di Luigi Broglio all'Università di Roma e Antonio Ferri al Politecnico di Brooklyn; trattarono temi come le miscele di flussi ad altissima velocità, i flussi reagenti, i motori scramjet, e gli spaziplani come in SOAR, per citarne alcuni. Ai tempi delle missioni Gemini e Apollo si studiavano le caratteristiche aerothermochimiche del rientro atmosferico e gli effetti MHD (magneto hydro dynamics) sulla stand-off distance e quindi sui flussi termici sullo scudo termico delle capsule. Successivamente, nell'ambito degli studi sulla navetta spaziale europea Hermes all'Italia fu assegnato il progetto di un grande impianto per lo sviluppo e la qualifica del TPS; fu l'Italia a dimostrare la grande valenza aerodinamica di un tale impianto che divenne così la Galleria al Plasma Scirocco del CIRA. Da allora tutti gli impianti dello stesso genere, vecchi e nuovi, piccoli e grandi, sono chiamati plasma wind tunnel. E più recentemente, agli inizi del nuovo millennio, è l'Italia a sostenere che la nuova frontiera per ridurre i costi di accesso allo spazio ed i rischi del rientro è l'uso di sistemi alati con basso carico alare, avviando studi su progetto come l'USV del CIRA e Phoebus dell'Università Federico II di Napoli in collaborazione con OHB. L'importante ruolo rivestito negli anni recenti sui progetti ARD, EXPERT, VEGA e IXV dell'ESA, insieme ad numerosi altri studi, hanno infine dato all'Italia una dimensione molto rilevante nell'accesso allo spazio e nel rientro.

Anche questa storia merita di proseguire e di continuare ad essere alimentata. Che l'Italia sia stata la prima nazione europea a firmare tramite ENAC un accordo con FAA sui voli suborbitali è elemento significativo della volontà e capacità di cogliere il momento giusto per contribuire a fare la storia. L'attivazione del Gruppo di Lavoro CESMA sul Volo Ipersonico ne dimostra tutta la valenza.

Anche sul fronte scientifico, quello del volo ipersonico suborbitale è settore di grande **interesse strategico** per l'Italia, in stretta connessione con il quadro Commerciale.

Lo sviluppo di un settore ipersonico nazionale non potrà che essere associato alla disponibilità di **uno strumento di test scientifico e tecnologico**. Questa capacità integrerà e completerà le



infrastrutture di ricerca oggi esistenti, sviluppate sostanzialmente in ambito spaziale (CIRA, Poligoni, ALTEC, varie università, ...)

Il ruolo oggi di fatto acquisito di **leader europeo** in ambito tecnologie del rientro, grazie alla continuità d'azione con progetti come SHARK, SPEM, IRENE, MISTRAL, USV, EXPERT, IXV, PRIDE, HEXAFLY, ..., sarà **consolidato** con una piccola piattaforma volante ipersonica stratosferica e suborbitale.

La definizione ed implementazione di almeno un sito per la gestione delle operazioni (spazioporto), complementando capacità e competenze già esistenti in diversi poligoni sul suolo nazionale offrirà all'Italia la possibilità di essere prima mazione europea a fare sperimentazione con velivoli suborbitali, eventualmente all'inizio utilizzando sistemi americani in avanzato stato di sviluppo, ma poi sviluppando in casa uno proprio sistema.



## 5. STIMA MERCATO COMPLESSIVO

Riassumendo ed integrando le stime di mercato discusse nei capitoli precedenti, nonché complementandole dove necessario con estrapolazioni a tutto il periodo di 20 anni preso a riferimento, si ottiene il quadro numerico riportato in Tab. 12, cui corrispondono i grafici di Fig. 28.

	anno 1	anno 2	anno 3	anno 4	anno 5	anno 6	anno 7	anno 8	anno 9	anno 10	anno 11	anno 12	anno 13	anno 14	anno 15	anno 16	anno 17	anno 18	anno 19	anno 20		
Impieghi Commerciali	Trasporto stratosferico persone e merci	480	1208	3020	7620	12080	16610	21140	27180	33220	40770	48320	57380	66440	77010	87580	99660	111740	125330	138920	154020	
	Trasporto suborbitale persone e merci	0	120	750	2000	3020	4530	4530	6040	6040	7550	7550	9060	9060	10570	10570	12080	12080	13590	13590	15100	
	Servizi spaziali (lancio satelliti)	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	
	Media & PR	4	4	4	4	4	4	5	4	5	7	8	10	12	14	15	17	18	19	20	20	
	Addestramento piloti e astronauti	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	
Impieghi Scientifici	Speriment. in volo - aerodinamica	Ricerca di Base e Applicata																				
	Speriment. in volo - propulsione																					
	Speriment. in volo - aerostutture																					
	Caratterizzazione atmosfera		19	21	25	32	40	44	71	73	75	78	80	82	85	87	89	92	94	96	98	101
	Sperimentazione in microg																					
	Ricerca sull'Uomo																					
	Osservazione della terra																					
	Test in volo sistemi e tecn aerospaziali		Prove e Dimostrazioni Aerospaziali	2	9	9	9	9	9	9	10	10	10	10	11	11	12	12	13	14	14	15
	Test in volo sistemi e tecn astronomia																					
	Formazione		1	4	5	6	8	10	12	16	20	26	32	39	46	53	61	69	77	86	95	104
<b>TOTALE (seat/cargo equivalent)</b>	<b>517</b>	<b>1500</b>	<b>3830</b>	<b>9691</b>	<b>15184</b>	<b>21233</b>	<b>25796</b>	<b>33354</b>	<b>39405</b>	<b>48479</b>	<b>56041</b>	<b>66625</b>	<b>75701</b>	<b>87795</b>	<b>98380</b>	<b>111986</b>	<b>124081</b>	<b>139197</b>	<b>152802</b>	<b>169428</b>		

Tab. 12 – Stima complessiva del mercato ipersonico-suborbitale: evoluzione negli anni della richiesta (Fonte: TRANS-TECH Srl)

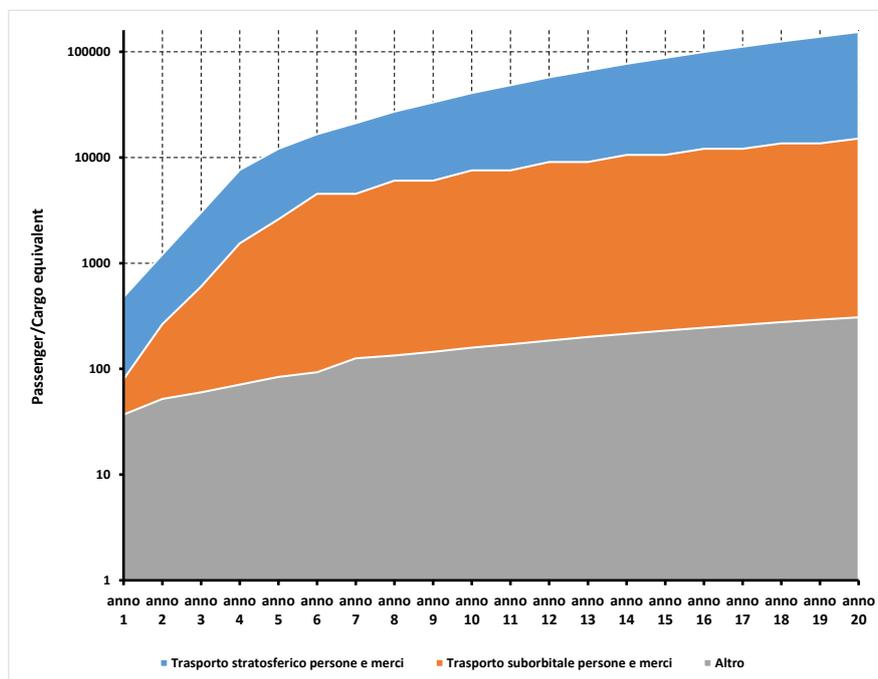


Fig. 28a – Andamento del mercato con focus sul trasporto stratosferico e suborbitale (Fonte: TRANS-TECH Srl)

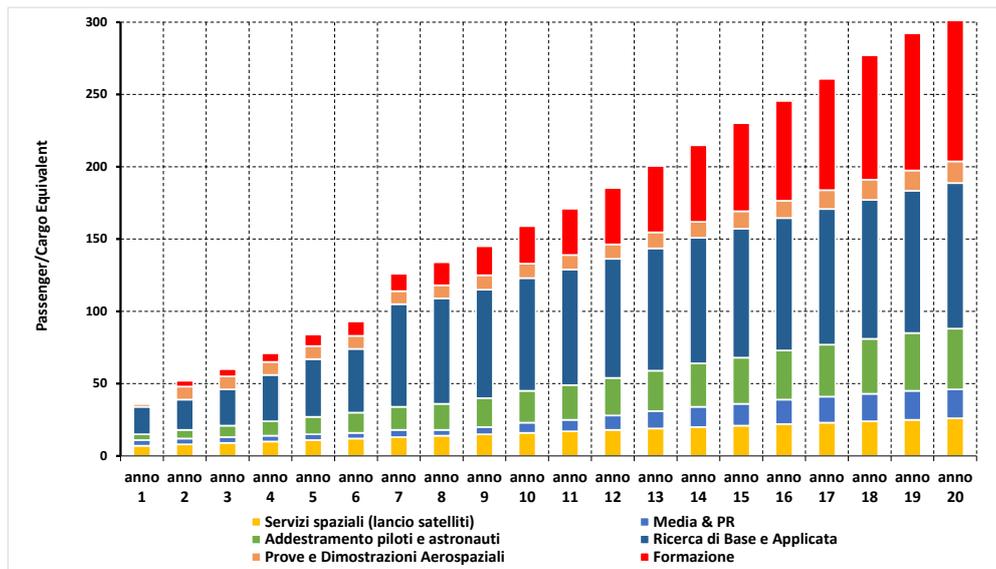


Fig. 28b - Andamento del mercato con focus sulla rimanente parte commerciale e la parte scientifica (Fonte: TRANS-TECH Srl)



## 6. CONCLUSIONI

Lo studio delle più rilevanti analisi di mercato esistenti mostra con evidenza la sostanziale inesistenza sui prossimi 20 anni di un mercato per il volo ipersonico di linea da effettuare con velivoli da 50-100 posti. Infatti, si riesce a stimare una richiesta di circa 1000 posti al giorno, che non ripagherebbe i grandi costi di sviluppo di velivoli di grandi dimensioni. Peraltro, lo sviluppo di tali velivoli pone ancora oggi alcune questioni di maturità tecnologica come l'abbattimento del boom sonico senza il quale si dovrà volare ad alta velocità esclusivamente sul mare, con grosse limitazioni sull'efficacia del business. In altri termini, la probabilità di ripetere l'esperienza del Concorde è elevatissima.

Lo sviluppo di velivoli ipersonici di piccola taglia, da 6-10 posti, offre invece un quadro del tutto ribaltato e positivo. Orientato non verso il grande pubblico bensì verso gli uomini d'affari e gli High Net Worth Individuals (HNWI), le analisi mostrano l'esistenza di un mercato che pur di nicchia giustifica economicamente l'apertura dell'aviazione ipersonica. Si arriva facilmente a stimare una domanda di almeno 500 velivoli in 20 anni, valore che abbiamo ridotto conservativamente ad un quinto per tenere conto delle incertezze di un mercato ancora quasi tutto sulla carta. La consegna di circa 100 velivoli in 20 anni ed il loro utilizzo per 1 volo/giorno su 300 gg/anno, copre a regime un mercato di 150.000 posti.

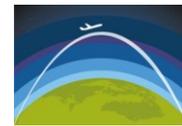


a  
in

Va sottolineato che l'utilizzo di velivoli di piccole dimensioni favorisce la soluzione di problemi tecnologici come il boom sonico, il volo ipersonico non solo sul mare, la propulsione, il decollo ed atterraggio su aeroporti non particolarmente grandi, ecc..., specie se la quota di crociera viene posta a circa 30 km.

Inoltre, i piccoli velivoli offrono l'opportunità di guardare contestualmente ad un altro mercato che è quello dei voli suborbitali (fino a 100 km). Questo mercato riguarda il nascente turismo spaziale, che promette di crescere considerevolmente nei prossimi 20 anni concretizzando alla fine del periodo oltre 15.000 posti. C'è chi scommette in numeri di gran lunga superiori!

I voli suborbitali possono rispondere anche ad un mercato commerciale di estrema nicchia che riguarda il lancio in orbita di satelliti di piccole dimensioni, la pubblicità e il training di piloti. Ma, esiste anche una nicchia di utilizzo scientifico incardinata sulla ricerca di base ed applicata, su test e dimostrazioni tecnologiche, nonché sulla formazione delle nuove generazioni. L'insieme di queste nicchie di mercato richiederanno circa 300 posti equivalenti alla fine dei 20 anni considerati nell'analisi.



## 7. RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- <sup>1</sup>Russo, G., "Next Generations Space Transportation Systems: R&D and Need for Flying Test Beds", *AIAA/NAL/NASDA/ISAS 10th International Space Planes and Hypersonic Systems and Technologies Conference*, Kyoto, Japan, 2001.
- <sup>2</sup>Russo, G., "Next Generations Space Transportation Systems", *Aerotecnica Missili e Spazio*, Vol. 81, No. 2, pp.65-72, 2002.
- <sup>3</sup>Monti, R. and Paterna, D., "A low risk reentry: looking backward to step forward", *Aerospace Science and Technology*, Vol. 10, pp.156–167, 2006.
- <sup>4</sup>Russo, G., "PRORA-USV: Closer Space and Aeronautics", Keynote Lecture at the *West-East High Speed Flow Field (WEHSFF-2007) Conference*, Moscow, Russia, 2007.
- <sup>5</sup>Ashford, D., "An aviation approach to Space transportation", *The Aeronautical Journal*, Vol. 113, pp.499–515, 2009.
- <sup>6</sup>Tausche, M., Janovsky, R., Scheper, M., Apeldoorn, J., Monti, R., Savino, R., De Stefano Fumo, M., Paterna, D., Di Sotto, E. and Branco J., "PHOEBUS: a high lift-over-drag vehicle for re-entry", *60th International Astronautical Conference*, Daejeon, Republic of Korea, 2009.
- <sup>7</sup>Webber, D., "Point-to-Point People with Purpose", *2nd International IAA Conference on Private Human Access to Space*, Arcachon, France, 2011.
- <sup>8</sup>Savino, R., Russo, G., Carandente, V., and D'Oriano, V., "Hyplane: Challenges for Space Tourism and Business Transportation", *J. Aeronautics & Aerospace Engineering*, Vol. 2, No. 5, 2013, <http://dx.doi.org/10.4172/2168-9792.1000123>
- <sup>9</sup>Carandente, V., D'Oriano, V., Gallina, A., Russo, G., Savino, R., Monti, R., "Aerothermodynamic and System Analysis of a small Hypersonic AirPlane (HyPlane)", IAC-13.D6.1.8, *64th International Astronautical Congress*, IAF, Beijing, China, 23rd - 27th September 2013
- <sup>10</sup>Savino, R., Russo, G., Carandente, V. and D'Oriano, V., "Hyplane for Space Tourism and Business Transportation", *J. British Interplanetary Society*, Vol. 67, 2014, pp. 82-89.
- <sup>11</sup>Savino, R., Russo, G., D'Oriano, V., Battipede, E., Gili, P. and Visone, M., "Performances of a Small Hypersonic Airplane (HYPLANE)", *65th International Astronautical Congress*, IAF, Toronto, Canada, 29 September 2014 (to appear in *Acta Astronautica*)
- <sup>12</sup>Savino, R. and Russo, "Design the Future: HYPLANE", *Space Renaissance Italia National Congress*, Milan, Italy, 2014, also *Futuri*, Vol. 1, No. 3, Sept 2014
- <sup>13</sup>Caiazza, F., "Space Tourism and Hypersonic Transportation: the Italian Hyplane Project", M.Sc. Dissertation, School of Economics Management and Statistics, University of Bologna, Bologna, Italy, 2014.
- <sup>14</sup>Chiesa, S., Russo, G., Fioriti, M. and Corpino, S., "Status and Perspectives of Hypersonic Systems and Technologies with Emphasis on the Role of Suborbital Flight", *Aerotecnica Missili e Spazio Journal*, Vol. 94, No. 2, 2015.
- <sup>15</sup>The Tauri Group, *Suborbital Reusable Vehicles: A 10-Year Forecast of Market Demand*, (2012).
- <sup>16</sup>*Suborbital Reusable Vehicles: A 10-Year Forecast of Market Demand*, The Tauri Group, 2015 report, available online at: [http://www.faa.gov/about/office\\_org/headquarters\\_offices/ast/reports\\_studies/forecasts/](http://www.faa.gov/about/office_org/headquarters_offices/ast/reports_studies/forecasts/)
- <sup>17</sup>Reichel, M.H., "Subsonic versus Supersonic Business Jets", 2011
- <sup>18</sup>FAA Aerospace Forecasts Fiscal Years 2015–2035, 2015
- <sup>19</sup>IHS Global Insight
- <sup>20</sup>Bombardier Business Aircraft, "Market forecast 2014-2033", 2013
- <sup>21</sup>Le Goff, T., Moreau, A., "Astrium suborbital spaceplane project: Demand analysis of suborbital space tourism", 2013
- <sup>22</sup>Webber, D., "Point-to-point people with purpose - Exploring the possibility of a commercial traveler market for point-to-point suborbital space transportation", 2012
- <sup>23</sup>Quick, D., "HyperMach unveils SonicStar supersonic business jet concept", 2011
- <sup>24</sup>Enciclopedia Italiana Treccani, Appendice IX, 2015, voce Turismo spaziale



- <sup>25</sup>General Aviation Statistical Databook & 2014 Industry Outlook (2014); General Aviation Manufacturers Association
- <sup>26</sup>Russo, G., Savino, R., HyPlane: the Business Case of a Small Hypersonic Airplane for Point-to-Point and Space Tourism flights, 20th AIAA International Space Planes and Hypersonic Systems and Technologies Conference, 6 - 9 July 2015, Glasgow, Scotland (UK)
- <sup>27</sup>Evaluation of the European market potential for commercial spaceflight (2013); Booz & Co.; prepared for the European commission enterprise and industry directorate-general
- <sup>28</sup>Flying by Numbers, Global Market Forecast 2015-2034, Airbus

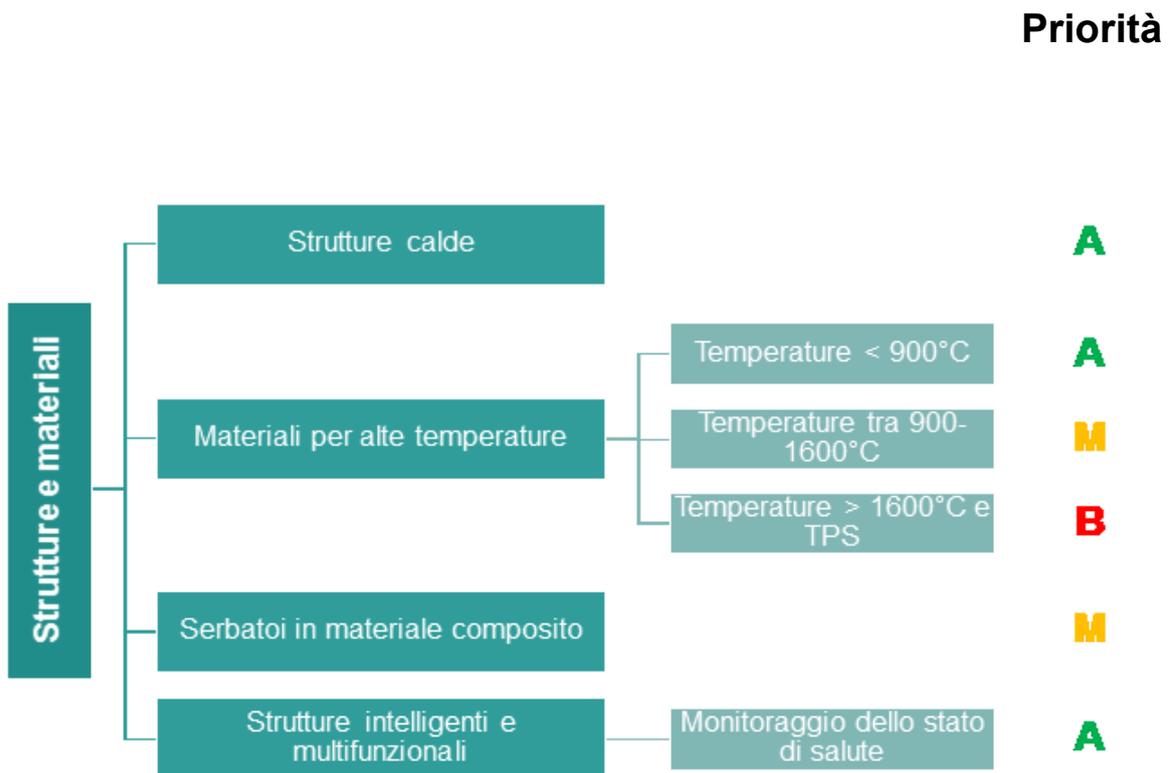


## 8. APPENDICE 1 – TECNOLOGIE ABILITANTI (WP3)

Le risultanze dell'analisi delle opzioni di impiego e dei fattori di mercato ed economici correlati, trattati nel report, implicano sistemi di piccole dimensioni in grado di decollare ed atterrare orizzontalmente da aeroporti comuni, di effettuare voli fino a Mach 4-4.5 e a 30 km per voli stratosferici oppure a 100 km per voli suborbitali.

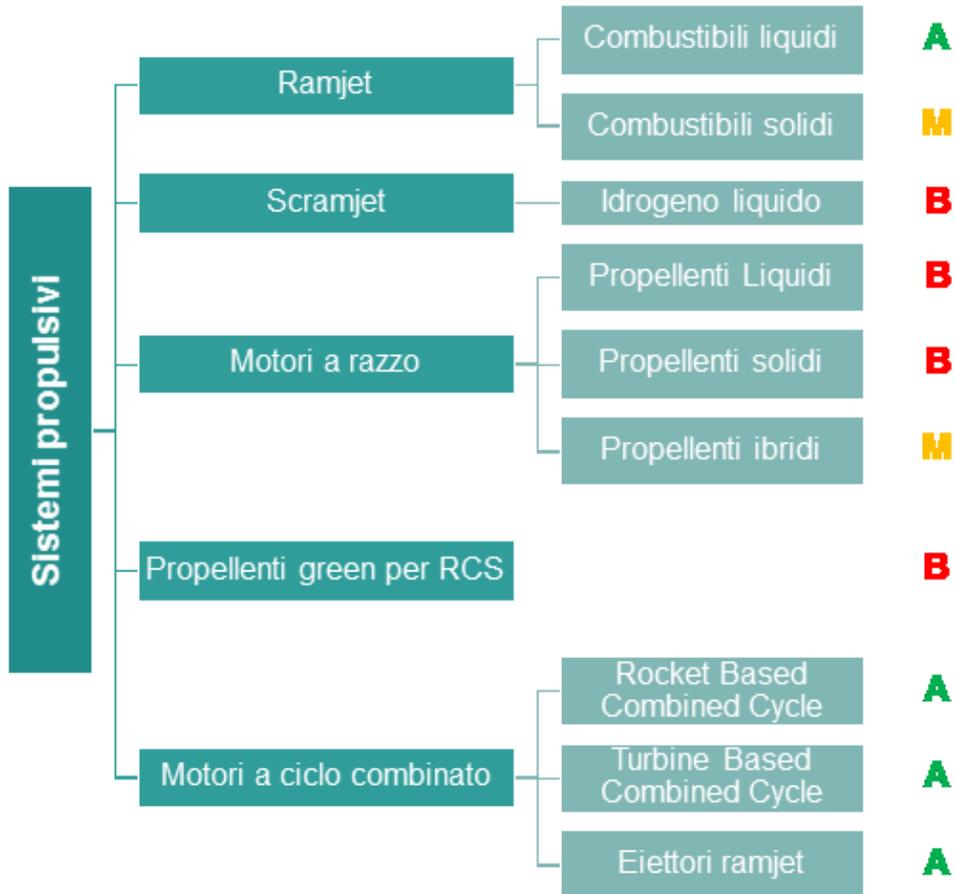
Nella presente appendice si riporta una valutazione qualitativa sulle priorità delle tecnologie abilitanti identificate in generale nel WP3. Per semplicità di trattazione e di lettura, nonché di cross-reference con le attività del WP3, si riportano gli schemi di cui al report WP3 a cui vengono associati i seguenti livelli di priorità:

- A** = Alta
- M** = Media
- B** = Bassa





**Priorità**

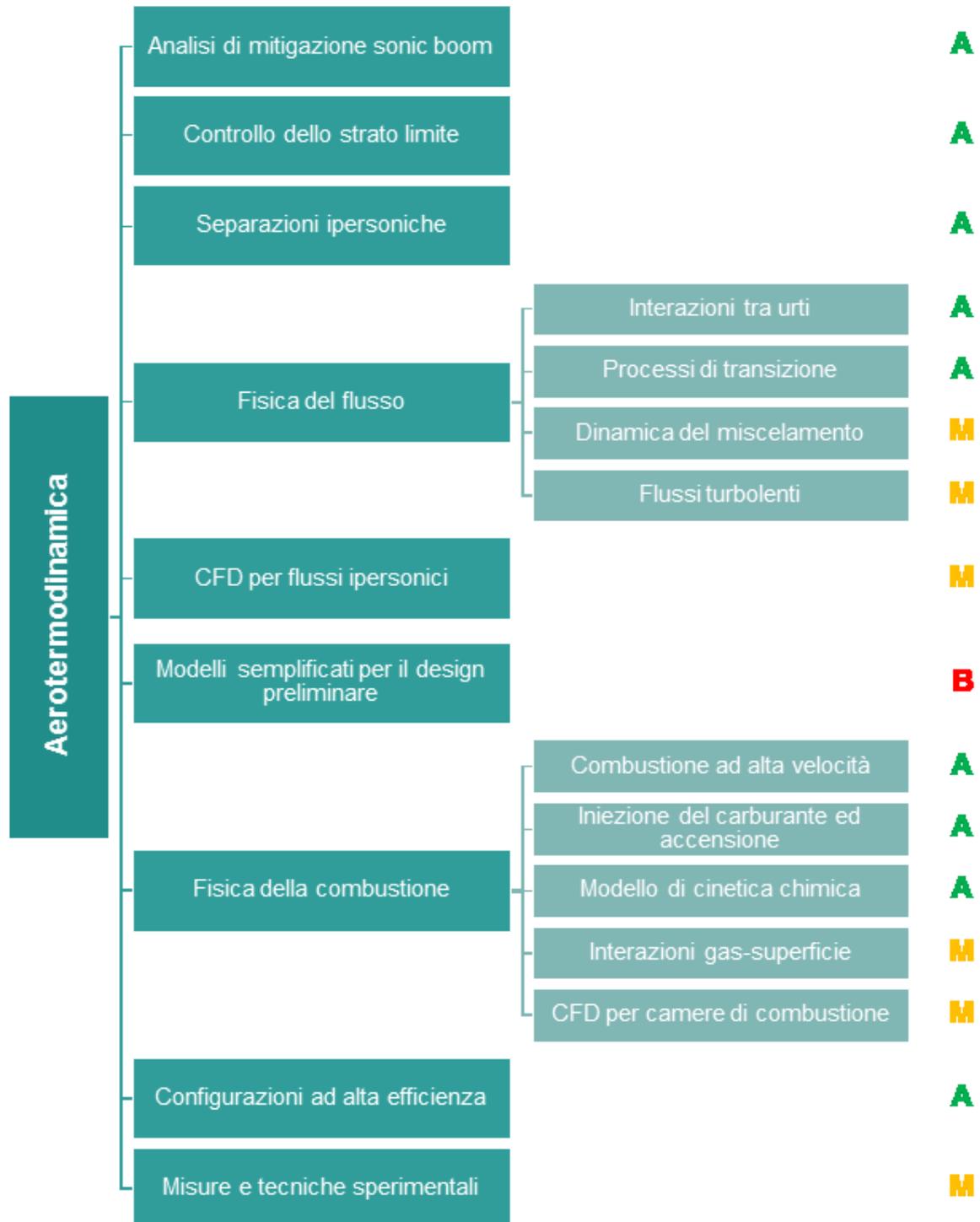


**Priorità**



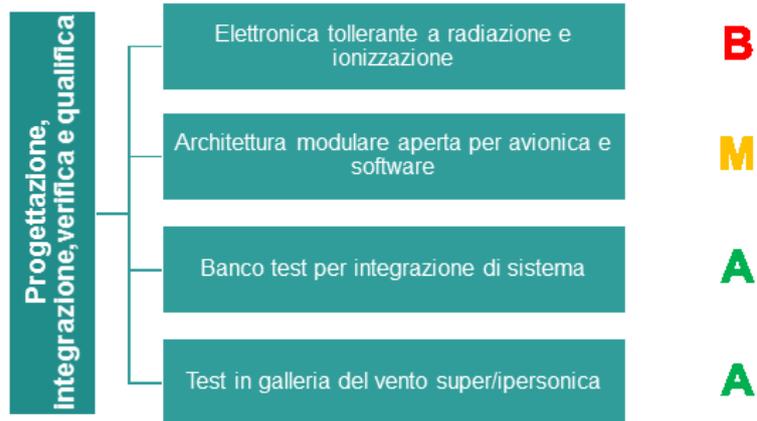


**Priorità**

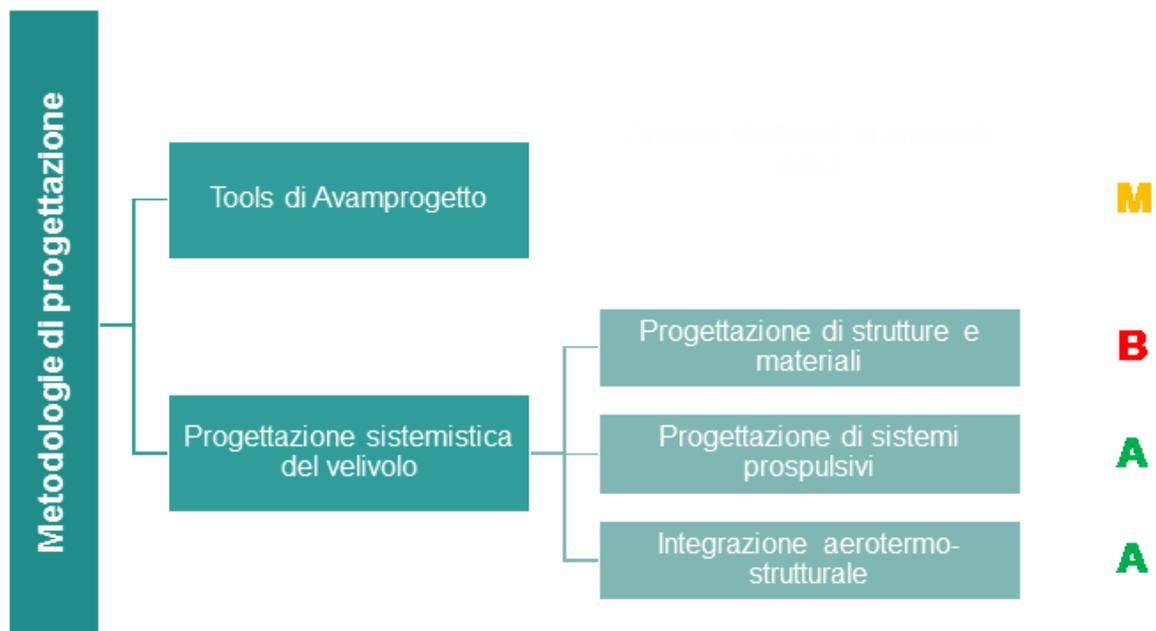




## Priorità



## Priorità





## Priorità

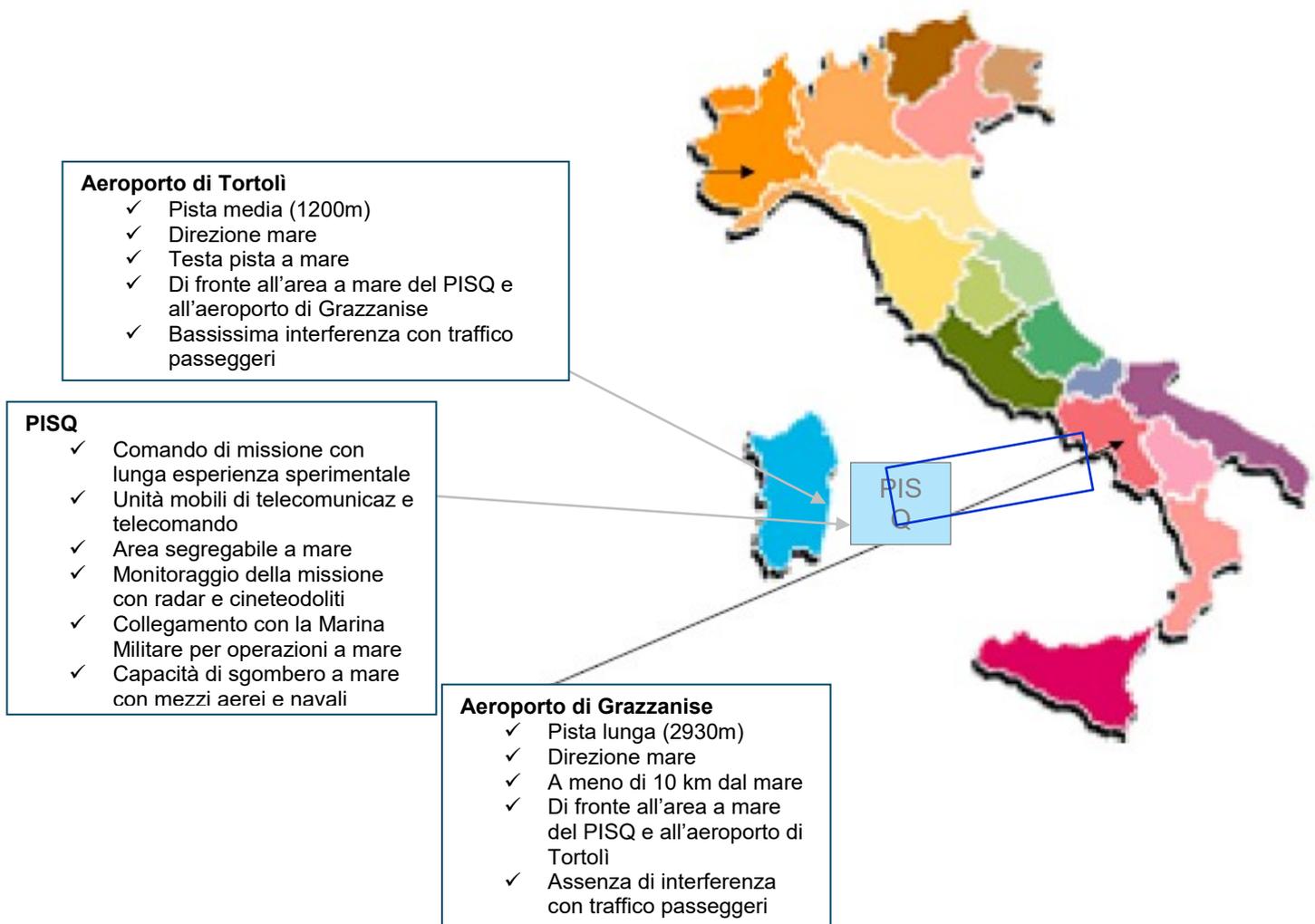




## 9. APPENDICE 2 – INFRASTRUTTURE (WP5)

Tenuto conto anche delle priorità regionali, oltre che di quanto emerso nell'ambito delle attività del WP5, si propone quale area dedicata alle attività ipersoniche-suborbitali quella del Mar Tirreno compresa tra la Campania e la Sardegna, facente capo agli aeroporti di Grazzanise e di Tortoli, e facente fulcro sulle infrastrutture già esistenti del Poligono Interforze di Salto di Quirra (PISQ).

Gli schemi seguenti sintetizzano le caratteristiche principali.







## 10. APPENDICE 3 – ROAD MAP (WP6)

In coerenza con quanto indicato nel WP4 circa la Road Map Regolamentare, si propone l'introduzione di una Road Map “capacitiva”, nel senso di costruzione di una capacità progettuale, industriale ed implementativa verso la realizzazione di un prodotto aerospaziale nazionale.

**(1) Obiettivo di breve periodo (2018)**

Supporto alla gestione e controllo di voli suborbitali sperimentali.  
Sperimentazione al suolo di tecnologie nazionali.

**(2) Obiettivo di medio termine (2020)**

Sperimentazione in volo con Flying Test Bed (FTB) nazionale/i.

**(3) Obiettivo di medio-lungo termine (2023-2025)**

Progettazione e realizzazione del primo prototipo italiano di velivolo ipersonico (incluse partecipazioni straniere).