

POLITECNICO DI TORINO
Collegio di Ingegneria Gestionale
Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Gestionale
Classe LM-31
Percorso Finanza

**Space Economy: evoluzione del settore spaziale e mappatura
delle startups europee**



Relatore:

Giuseppe Scellato

Candidato:

Christian Lato

Anno accademico 2021/2022

Sommario

Abstract	5
Introduzione: l'uomo e lo spazio	6
1. Space Economy.....	7
1.1 Segmentazione ed Attori	8
1.2 Il valore della 'Space Economy'	11
1.3 Tecnologie spaziali.....	15
1.3.1 Trend tecnologici e di business nella produzione di sistemi spaziali.....	17
1.4 Osservazione della Terra	20
1.4 Navigazione satellitare	28
1.5 Comunicazione satellitare	35
1.6 Le sfide del futuro	38
1.6.1 Turismo spaziale	38
1.6.2 Space mining.....	39
1.6.3 Detriti orbitali.....	40
2 La nascita dell'Agenzia Spaziale Europea.....	42
2.1 La struttura organizzativa dell'ESA.....	42
2.2 Il ruolo degli Stati membri e il budget ESA.....	44
2.3 Le startups nella Space economy	46
2.3.1 I programmi ESA a supporto dell'imprenditorialità	47
2.3.2 ESA Business Incubation Centres.....	54
3. Analisi aziendale ed evidenze empiriche	56
3.1 Metodologia	56
3.2 Analisi dei dati raccolti	57
3.2.1 Segmentazione	58
3.2.1 Finanziamenti.....	60
3.3 Casi studio aziendali	65
3.3.1 Tyvak.....	65
3.3.2 AIKO	66
3.3.3 Leaf Space.....	67
3.3.4 D-Orbit.....	68
3.3.5 Solar Foods	69
3.3.6 Isar Aerospace	70
CONCLUSIONE	71
BIBLIOGRAFIA	72
SITOGRAFIA	74
APPENDICE.....	78

Abstract

Nell'ultimo decennio, il settore Spaziale ha vissuto un'evoluzione senza precedenti evidenziando un cambio di paradigma rispetto al passato, oltrepassando il confine convenzionale del comparto spaziale stesso. Sempre più spesso, infatti, si sente parlare di Space Economy come quel complesso di attività economiche che hanno un filo diretto con tecnologie e/o risorse provenienti dallo Spazio. Lo sviluppo combinato di tecnologie spaziali e terrestri, motivato dal desiderio di rispondere alle esigenze della società contemporanea e alle sfide del nostro tempo, ha consentito una crescente diffusione di prodotti e servizi Space-Related e Space-Enabled impiegabili in una molteplicità di applicazioni coinvolgendo settori disparati tra cui l'agricoltura, l'energia, la logistica, il trasporto, l'industria 4.0 e le assicurazioni. Le potenzialità di questo settore sono molteplici e in parte ancora inesprese. L'obiettivo del presente lavoro di tesi è proprio quello di approfondire questa tematica, analizzando lo stato dell'arte della Space Economy, verificandone la pervasività socio-economica e cercando di comprendere i drivers che hanno guidato il cambiamento e le possibili prospettive future. L'elaborato si compone di tre capitoli principali: nel primo capitolo viene descritto l'ecosistema della 'Space Economy' definendo i diversi domini e gli attori interessati; lo studio convergerà, in seguito, sull'analisi delle principali tecnologie spaziali e dei più recenti trends tecnologici e di business. Nel secondo capitolo si analizza il ruolo assunto dall'Agenzia Spaziale Europea nello sviluppo della Space Economy e degli strumenti posti in essere per promuovere l'imprenditorialità all'interno del settore incentivando l'ingresso di nuovi players privati nel panorama europeo. Infine, nell'ultimo capitolo, viene proposta una mappatura a livello europeo, mediante un'analisi quantitativa e qualitativa, delle emergenti realtà imprenditoriali.

Introduzione: l'uomo e lo spazio

L'uomo ha sempre manifestato un grande interesse per lo spazio, motivato dal desiderio di conoscere la natura dell'universo e le sue origini.

L'era dell'esplorazione spaziale è ufficialmente iniziata nel 1957 quando, grazie all'evoluzione delle tecnologie aerospaziali, è stato lanciato il satellite *Sputnik 1* da parte dell'Unione Sovietica.

Nel 1958, gli Stati Uniti d'America, desiderosi di manifestare la propria supremazia tecnologica, lanciarono il satellite Explorer 1 e, nello stesso anno, venne proposta dal presidente Eisenhower la creazione della NASA, agenzia spaziale statunitense sottoposta al controllo del Dipartimento della Difesa.

Da allora, il settore spaziale si è reso protagonista, complice la Guerra Fredda tra Stati Uniti D'America e Unione Sovietica, per il perseguimento di importanti e ambiziose sfide, spesso collegate con dinamiche geopolitiche e di sicurezza nazionale, tra cui il primo volo orbitale con uomo a bordo nel 1961 eseguito dal cosmonauta sovietico Yuri Gagarin attraverso la capsula Vostok 1 e lo sbarco sulla Luna realizzato nel 1969 ad opera dell'astronauta Neil Armstrong nella missione Apollo 11.

Negli anni '80, con la fine della Guerra e con la contestuale affermazione della supremazia statunitense, si è conclusa l'era della corsa allo spazio.

L'ingresso di nuovi attori e la nascita delle Agenzie Spaziali, tra cui l'ESA (*European Space Agency*) fondata nel 1975 e l'ASI (*Agenzia Spaziale Italiana*) fondata nel 1988, ha reso necessario la sottoscrizione di trattati internazionali per regolare le attività di esplorazione ed utilizzo dello spazio, promuovendo la cooperazione internazionale nel settore come testimoniato dal lancio nel 1998 della prima *International Space Station* (ISS) realizzata attraverso la collaborazione tra l'agenzia americana, russa, europea, canadese e giapponese.

Oggi, il settore spaziale sta vivendo una fase di innovazione profonda spinta dall'ingresso di nuovi attori pubblici e privati e dall'introduzione di nuove tecnologie coinvolgendo un numero sempre maggiore di settori applicativi.

1. Space Economy

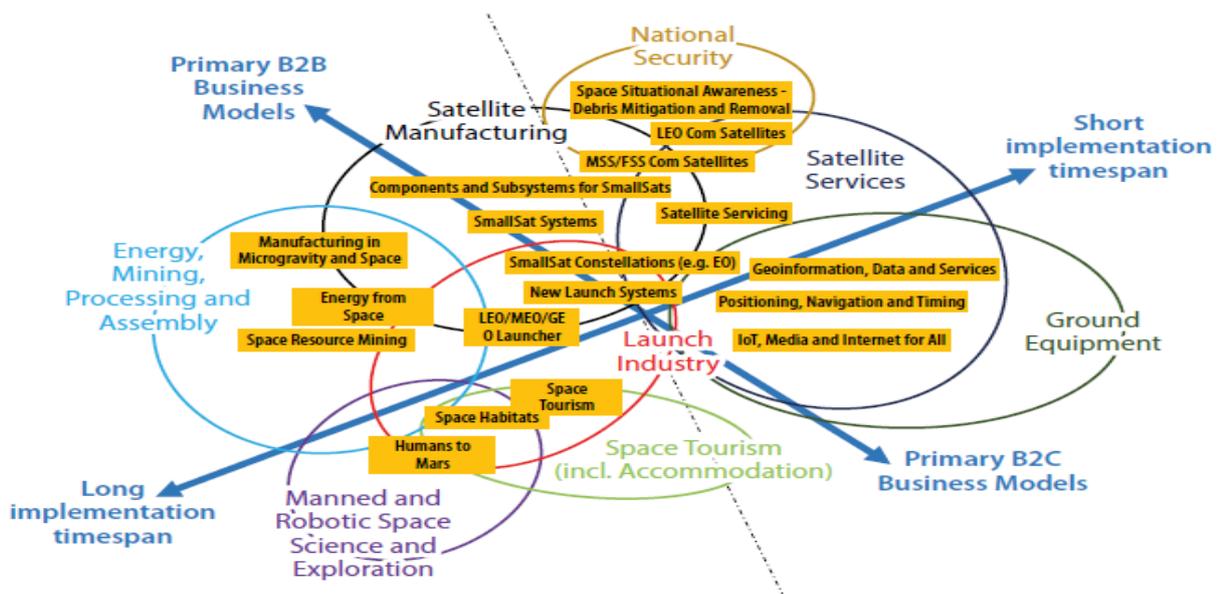


Figura 1: Panoramica dei modelli di business e dei segmenti della Space Economy. (fonte: Report “The future of the European space sector”)

La globalizzazione delle attività spaziali e la digitalizzazione hanno dato vita ad un nuovo ciclo dello sviluppo spaziale. A tal proposito, si sente parlare sempre più spesso di Space Economy.

Per comprenderne meglio il significato e le relazioni con l'industria spaziale tradizionale è utile partire dalla definizione che l'Organizzazione per la cooperazione e lo sviluppo economico ne fornisce. Secondo l'OCSE, la Space Economy rappresenta:

"La gamma completa di attività e l'uso delle risorse che creano valore e benefici per gli esseri umani nel corso dell'esplorazione, ricerca, comprensione, gestione e utilizzo dello spazio" (OCSE, 2012).

Come si evince dalla definizione proposta, la Space Economy è la catena del valore che, partendo dalla ricerca, sviluppo e realizzazione delle infrastrutture spaziali abilitanti, che sono considerati i pilastri dell'industria spaziale, arriva fino alla generazione di prodotti e servizi innovativi “abilitati”, destinati ad essere impiegati in numerose applicazioni terrestri, come risposta alle esigenze e alle problematiche dell'era contemporanea. La ‘Space Industry’ rappresenta, pertanto, un sottoinsieme collegato al concetto più generale di Space Economy.

La transazione verso la Space Economy si è affermata sempre di più nell'ultimo decennio grazie allo sviluppo congiunto di nuove tecnologie software e hardware per la raccolta e l'elaborazione dati, del cloud e dell'open source, dell'intelligenza artificiale e dell'Internet of Things. La combinazione di tecnologie spaziali innovative e delle più recenti tecnologie digitali ha posto le basi per la creazione di nuove opportunità di business portando alla generazione di una nuova catena del valore cross-settoriale e cross-tecnologica (Osservatorio Space Economy del Politecnico di Milano).

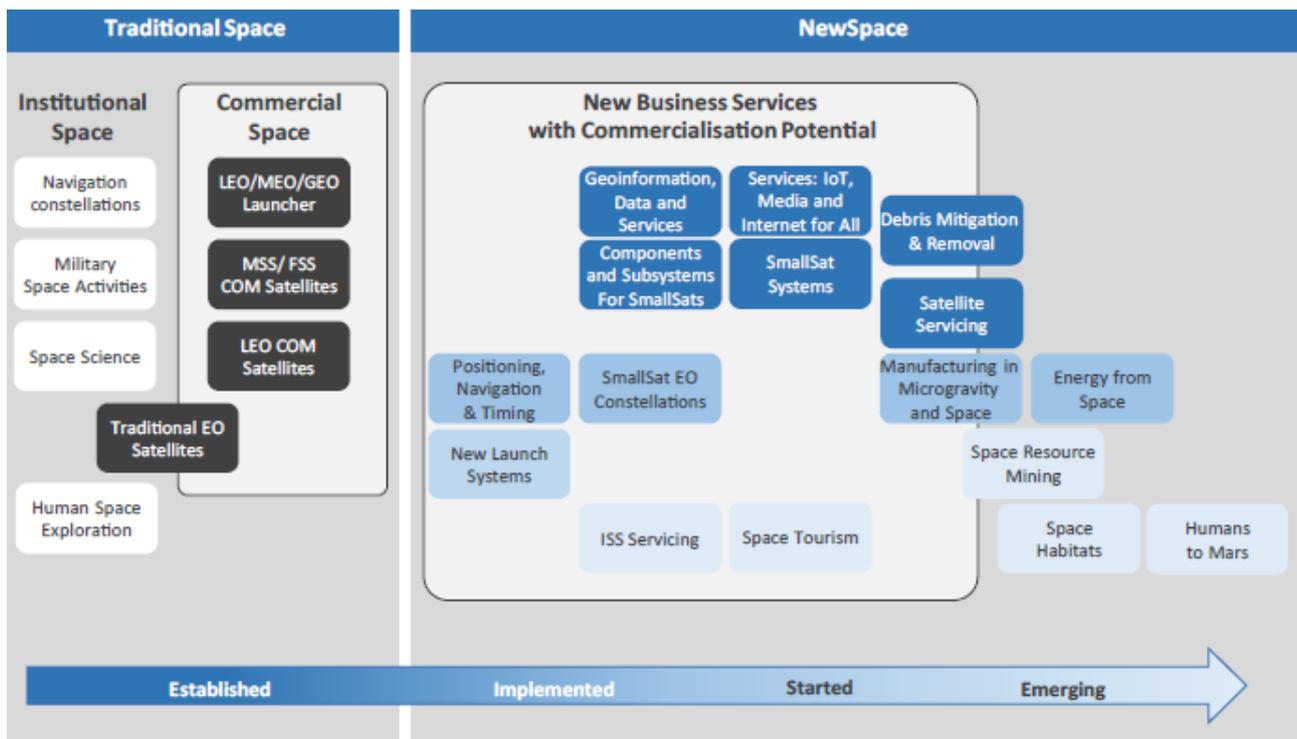


Figura 2: Evoluzione del settore spaziale. (fonte: Report “The future of the European space sector”)

1.1 Segmentazione ed Attori

L’OCSE ha definito tre principali perimetri in cui la Space Economy può essere suddivisa:

- il segmento UPSTREAM, in cui rientrano tutte quella attività di R&S, di progettazione e produzione che restituiscono al settore spaziale stesso, prodotti, tecnologie e servizi abilitanti per applicazioni spaziali.

Nello specifico, questo segmento include:

- *sviluppo e fabbricazione di satelliti e sottocomponenti*
- *sistemi e servizi di lancio*
- *ground segment*, termine usato per indicare i centri di controllo della missione e trasmissione e stazioni di ricezione presenti sulla Terra.
- il segmento DOWNSTREAM in cui rientrano tutti quei servizi, prodotti che si basano sulla tecnologia spaziale per applicazioni terrestri e il cui funzionamento è strettamente collegato ad essa.

Le aree principali che caratterizzano questo segmento sono:

- *osservazione della terra*
- *comunicazione satellitare*
- *navigazione satellitare*

- nell'ultimo segmento rientrano quei servizi, prodotti e tecnologie che derivano dalla tecnologia spaziale ma il cui grado di dipendenza è limitato o assente; si parla, in questo caso, di SPIN-OFF spaziali, cioè di prodotti e servizi nati attraverso un processo di trasferimento tecnologico dal settore spaziale.

Attraverso questa macroscopica analisi delle attività che compongono la Space Economy e prendendo come riferimento il segmento downstream appena descritto e di cui, in seguito, se ne parlerà più approfonditamente, si è in grado già di comprendere come ad oggi la vita sulla terra è strettamente collegata ed influenzata dallo Spazio e di come l'utilizzo e lo sfruttamento della tecnologia spaziale ha permesso di migliorare e rendere più sicura l'esistenza degli individui sulla Terra.

Per quanto concerne, invece, gli attori dell'ecosistema della Space Economy è fondamentale partire dalla seguente premessa: l'attività spaziale, dalle sue origini, è cresciuta e si è sviluppata principalmente grazie al supporto economico istituzionale delle agenzie governative (NASA, ESA, Roscosmos, ecc) e quindi indirettamente attraverso i finanziamenti dei governi nazionali. La motivazione di questa tendenza è da ricercare nella natura intrinseca dell'attività e della ricerca spaziale; il settore spaziale è un settore ad alto rischio a causa dell'elevato grado di fallibilità che le attività spaziali possono avere. Pertanto, gli enormi investimenti iniziali e la natura volatile degli stessi hanno portato il settore spaziale ad essere appannaggio esclusivo delle istituzioni pubbliche.

Oggigiorno, i governi nazionali sono tuttora i principali investitori nelle attività spaziali, attraverso meccanismi di appalti e sovvenzioni ad enti pubblici, istituti di ricerca, università e settore privato. Negli ultimi anni, però, si sta registrando una nuova tendenza traducibile in un processo di democratizzazione e privatizzazione del settore spaziale. Un numero sempre maggiore di attori privati è coinvolto nelle applicazioni spaziali e nella catena del valore della Space Economy. I fattori determinanti che posso spiegare questo fenomeno sono collegati in parte con quanto già detto in precedenza: l'innovazione tecnologica ha portato il settore spaziale ad ampliare i propri confini, coinvolgendo ed inglobando numerosi altri settori terrestri. Inoltre, la ricerca in tecnologia miniaturizzata e riutilizzabile e l'implementazione, anche nel settore spaziale, di modelli di business "As-a-Service" ha permesso di ridurre notevolmente gli investimenti iniziali, principale barriera all'entrata. A conferma di quanto detto, viene proposto, di seguito, un'analisi schematica, realizzata dalla commissione europea nel report "*The future of the European space sector*", dei rischi associati ai diversi segmenti di mercato della Space Economy prendendo in considerazione cinque elementi discriminatori.

Risk assessment of market segments and business models for five discriminators								
	Launch industry	Satellite manufacturing	Satellite services	Ground equipment	National security	Crewed and robotic space science and exploration	Space tourism (incl. habitation)	Energy, mining, processing and assembly
Product/technology	●	●	●	●	●	●	●	●
Asset intensity	●	●	●	●	●	●	●	●
Demand	●	●	●	○	●	●	●	●
Competitive landscape	●	●	●	●	●	●	●	●
Regulation	●	●	●	●	●	●	●	●
Risk summary	●	●	●	●	●	●	●	●

Risk assessment of market segments and business models for five discriminators

Legend: ○—Low Risk ●—High Risk

Figura 3: Valutazione dei rischi relativi ai diversi segmenti di mercato. (fonte: Report “The future of the European space sector “)

Si può evincere chiaramente come le attività direttamente connesse allo spazio, e quindi abilitanti per applicazioni terrestri, presentino un livello di rischio generalmente più elevato.

Per una rappresentazione più schematica è possibile suddividere gli attori della catena del valore spaziale in relazione al segmento di appartenenza come indicato nello “*Space economy Report*” di Euroconsult. Si distinguono pertanto:

- *Agenzie governative*: finanziano la ricerca e lo sviluppo della tecnologia spaziale e complementare.
- *Centri di ricerca e istituzioni accademiche*: promuovono l’innovazione tecnologica.
- *Attori dell’Industria Spaziale*: progettano e fabbricano veicoli spaziali e relativi sistemi di lancio.
- *Operatori del Ground Segment*: progettano e forniscono hardware e software per la gestione dei satelliti in orbita e il monitoraggio delle missioni spaziali.
- *Operatori satellitari a valle*: possiedono i sistemi satellitari e commercializzano i dati raccolti.
- *Fornitori di servizi a valle*: forniscono servizi di comunicazioni, di navigazione e informazione geografica e prodotti abilitati. (Euroconsult, 2021)

1.2 Il valore della ‘Space Economy’

Per comprendere meglio la portata che la Space Economy sta generando non solo nella vita quotidiana degli uomini, ma anche sotto l’aspetto economico nelle diverse economie nazionali, è interessante analizzare il valore che questo settore è in grado di generare. Gli esperti del settore preferiscono utilizzare un approccio macroeconomico per misurare l’evoluzione della Space Economy, ma generalmente questa attività è resa particolarmente complessa in quanto lo Spazio e tutte le attività ad esso connesse non sono identificate in modo univoco attraverso una specifica classificazione industriale riconosciuta a livello mondiale. L’aspetto più critico nelle analisi di settore è il modo in cui viene definito il confine tra attività spaziali e attività non spaziali, vista l’enorme pletora di applicazioni terrestri che possono essere più o meno collegate allo Spazio, influenzando il modo di valutare l’economia spaziale globale. Pertanto, gli studi di dimensionamento del mercato, condotti dalle più importanti società di consulenza, differiscono spesso nella logica di segmentazione, rendendo difficile poter effettuare dei confronti tra le diverse stime proposte (Pwc, 2020).

SOURCES	MARKET ESTIMATE 2020	NOTES ON ASSESSED PERIMETER AND GRANULARITY
	<p>USD 371 Bn</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Upstream (USD 23 Bn): launch services; satellite manufacturing • Midstream (USD 40 Bn): ground infrastructure & operations; fleet ops • Downstream (USD 226 Bn): consumer equipment, space services • Institutional budgets (USD 82 Bn): research & science; space exploration; military; etc.
	<p>USD 423.8 Bn</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Commercial revenues (USD 336.9 Bn): <ul style="list-style-type: none"> - Space infrastructure (USD 119.2 Bn); - Space products & services (USD 217.7 Bn); • Governmental spending (USD 86.9 Bn).

	<p align="center">USD 371 Bn</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Satellite Services (USD 117.8 Bn): telecommunications, remote sensing, science & national security; • Ground Equipment (USD 135.3 Bn): network & consumer equipment; • Government Space Budgets & Commercial Human Spaceflight (USD 100.7 Bn): non-satellite industry; • Satellite Manufacturing (USD 12.2 Bn); • Launch Industry (USD 5.3 Bn).
	<p align="center">USD 385 Bn</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Commercial Upstream (USD 8.7 Bn): satellite manufacturing, satellites launch, ground equipment manufacturing; • Commercial Downstream (USD 306 Bn): satellite operation, services. • Government (USD 70 Bn).

Figura 4: Confronto tra diversi studi di dimensionamento del mercato.

Secondo lo *'Space Economy Report'* pubblicato da Euroconsult, una delle principali società di consulenza spaziale e di informazione di mercato, e relativo all'anno 2021, l'economia spaziale globale ha raggiunto un valore di 370 miliardi di dollari nel 2021 scomponibile in:

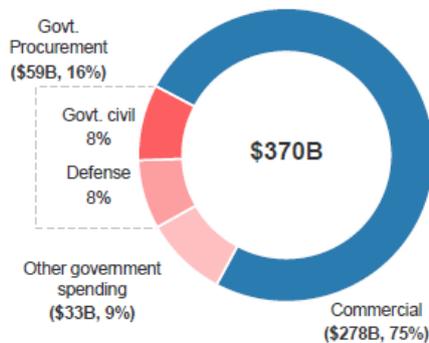


Figura 5: Valutazione globale Space Economy. (fonte: Euroconsult)

- 337 miliardi di dollari relativi alle attività spaziali commerciali e alle attività spaziali realizzate dal settore privato mediante appalti pubblici, che rappresentano il 75% dei ricavi globali.
- 33 miliardi di dollari relativi alle attività spaziali condotte da organizzazioni governative in cui rientrano i costi interni e di ricerca e sviluppo.

Si stima che l'economia spaziale crescerà del 74% entro il 2030 fino a raggiungere un valore di \$ 642 miliardi con un tasso di crescita composto annuale del 6,3%. Lo scenario proposto nel report prevede, quindi, un andamento crescente del mercato in controtendenza con la diminuzione del 4% registrata nel 2020, a causa dell'effetto della pandemia Covid-19 sui servizi spaziali commerciali.

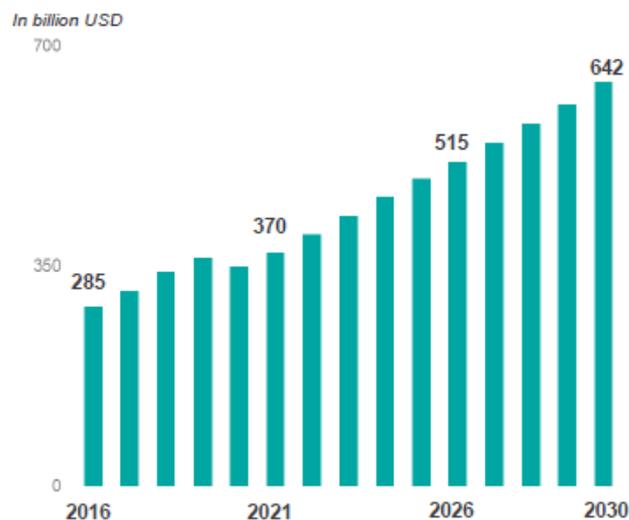


Figura 6: Prospettive di crescita della Space Economy. (fonte: Euroconsult)

Focalizzando l'attenzione sui singoli segmenti della Space Economy è evidente come la quota predominante dei \$ 337 miliardi, registrata dal mercato spaziale nel 2021, sia attribuibile principalmente al segmento downstream con un valore che si attesta sui \$ 300 miliardi e pari all'89% del valore del mercato globale e con la quota restante, \$ 37 miliardi, relativa al segmento upstream, che copre solo l'11% del mercato.

I principali drivers di reddito del segmento downstream sono la navigazione e la comunicazione satellitare che rappresentano rispettivamente il 56% e il 42% del valore totale, mentre il mercato di osservazione della Terra ha un impatto sui ricavi globali ancora limitato attestandosi sul 2% nonostante le enormi potenzialità applicative di cui avremo modo di discutere nel prosieguo della trattazione.

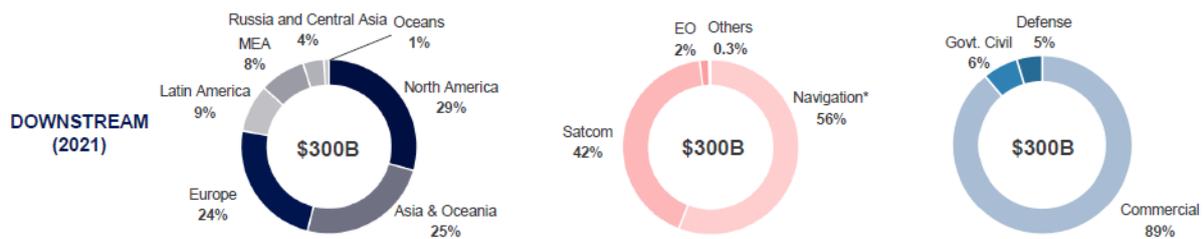


Figura 7: Valutazione segmento downstream. (fonte: Euroconsult)

È particolarmente interessante sottolineare come nel segmento upstream, gli Stati Uniti d’America detengano ancora una posizione di leadership nello sviluppo e nella produzione di sistemi e tecnologie spaziali rispetto ai competitors delle altre nazioni mondiali. Inoltre, le infrastrutture collegate alla comunicazione satellitare e all’osservazione della Terra sono le tecnologie che hanno generato il maggior ritorno economico contribuendo rispettivamente con il 33% e il 27%.

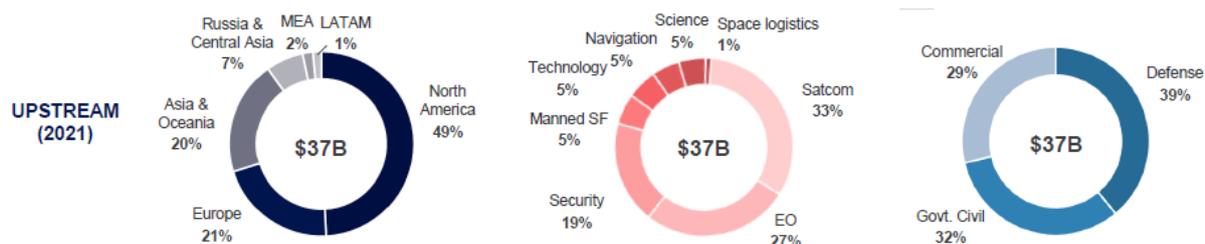


Figura 8: Valutazione segmento upstream. (fonte: Euroconsult)

Ad oggi, secondo i dati pubblicati da Forbes, sono i paesi nel mondo che investono in programmi spaziali e, tra questi, 14 hanno capacità di lancio autonome; l’Italia, nel contesto spaziale, assume un ruolo di primo piano, rientrando nei 9 paesi dotati di un’agenzia spaziale con un budget di oltre 1 miliardo di dollari all’anno (Forbes, 2022). Gli investimenti pubblici rappresentano la maggior parte dei finanziamenti nelle attività spaziali. Uno degli indicatori più utili per misurare l’intensità dei finanziamenti è il rapporto tra i budget spaziali e il PIL delle singole nazioni.

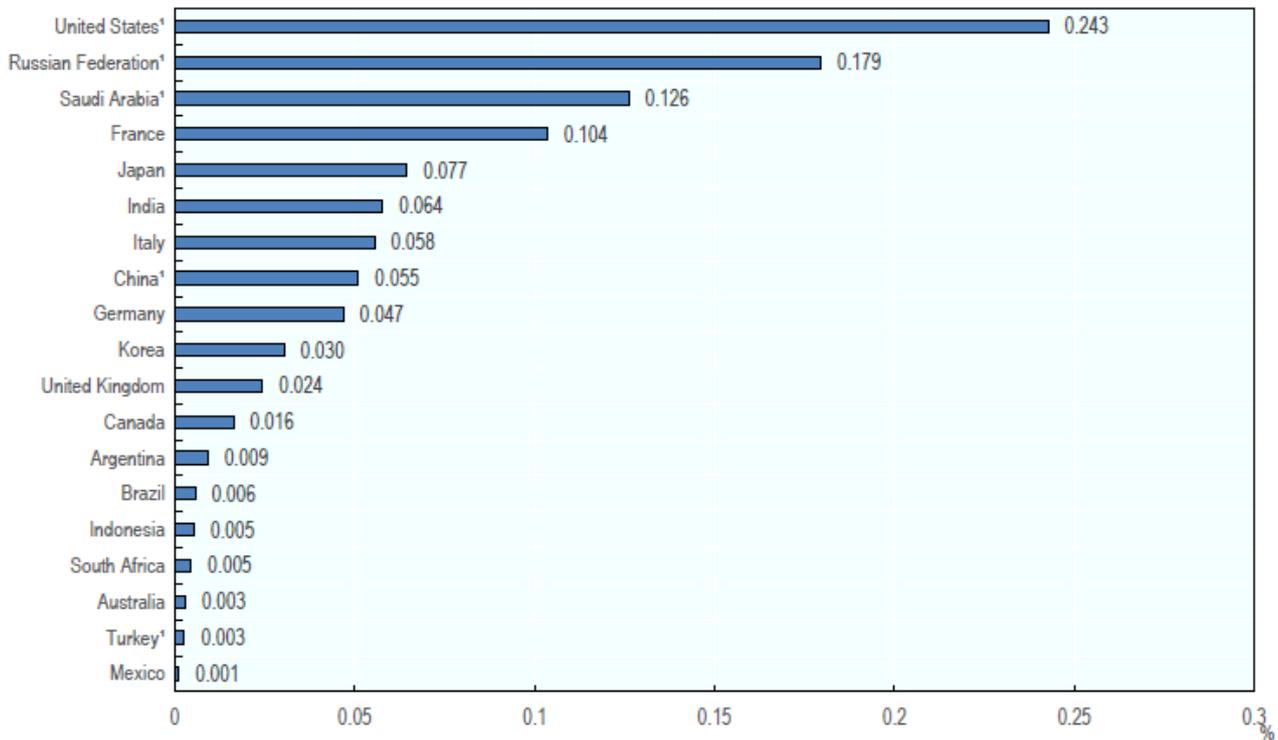


Figura 9: Rapporto budget spaziali e PIL. (fonte: OCSE)

Secondo le stime fornite dall'OCSE, nel 2019, gli investimenti di Stati Uniti e della Federazione Russa rappresentavano circa lo 0,2% del loro PIL nazionale, seguiti da Francia e Arabia Saudita allo 0,1%. L'Italia, in questa classifica, si attesta in sesta posizione con lo 0.058%(OCSE,2020).

1.3 Tecnologie spaziali

Dimostrata la pervasività socio-economica che la Space Economy ha assunto nell'economia globale, l'obiettivo di questo paragrafo è quello di analizzare nel dettaglio le principali tecnologie spaziali che attualmente caratterizzano la Space Economy e, successivamente, capire come ed in quali ambiti tali tecnologie possono essere impiegate per applicazioni terrestri contribuendo, tra le altre cose, alla salvaguardia della natura, dell'ambiente e di tutti gli esseri viventi che la popolano.

I satelliti

Le infrastrutture spaziali, utilizzate per la raccolta e la trasmissione di dati e informazioni dallo Spazio, sono comunemente denominate Satelliti.

I satelliti, corpi celesti che orbitano intorno ad altri corpi, si distinguono principalmente in *naturali*, esempi sono la Luna e la Terra, ed *artificiali*.

I satelliti artificiali sono sistemi molto complessi, realizzati dall'uomo e condotti nello spazio attraverso un razzo vettore denominato '*lanciatore*', in grado di orbitare intorno alla Terra a differenti

altitudini, velocità e seguendo percorsi diversi sfruttando le leggi di Keplero e la dinamica di Newton. Un satellite può restare nella stessa orbita per un lungo periodo di tempo grazie al bilanciamento tra la spinta gravitazionale della Terra e la forza centrifuga. La spinta gravitazionale diminuisce più ci si allontana dalla Terra, mentre la forza centrifuga aumenta di pari passo con l'aumento della velocità orbitale. C'è, pertanto, una connessione diretta tra la distanza dalla Terra e la velocità orbitale del satellite in quanto più un satellite è vicino alla Terra, e quindi in un'orbita bassa, maggiore sarà l'attrazione gravitazionale e tanto maggiore dovrà essere la velocità del satellite per generare una forza centrifuga di pari entità.

È possibile classificare i satelliti artificiali in funzione dello scopo per il quale sono stati creati; si distinguono, pertanto, satelliti *scientifici*, destinati alla sola ricerca, e *applicativi* in cui rientrano tutti quei satelliti utilizzati quotidianamente per fornire servizi nel campo delle telecomunicazioni, del monitoraggio ambientale e meteorologico e della navigazione.

Le orbite terrestri possono essere suddivise in base all'altitudine rispetto alla Terra.

Si distinguono in:

- *orbita terrestre bassa (LEO)* orbita ad un'altitudine compresa tra l'atmosfera e le fasce di Van Allen, ossia 200-2.000 km. I satelliti presenti in orbita LEO compiono una rivoluzione completa della terra in una finestra di circa 90 minuti.
- *orbita terrestre media (MEO)* orbita ad un'altitudine compresa tra le fasce di Van Allen e l'orbita geostazionaria, ossia 2.000-35.786 km. Il periodo orbitale dei satelliti in orbita Meo varia tra le due e le dodici ore. Generalmente a queste altitudini orbitano i satelliti destinati alla navigazione e al posizionamento.
- *orbita terrestre alta (HEO)* orbita ad un'altitudine pari o superiore 35.786 km dalla superficie terrestre. Queste orbite garantiscono lunghi periodi di visibilità della superficie del pianeta e sono principalmente utilizzate dai satelliti per le telecomunicazioni.
- *orbita geostazionaria (GEO)* è un particolare tipo di orbita geosincrona collocata ad un'altitudine di circa 35.786 km dalla superficie terrestre sullo stesso piano dell'equatore. Il periodo orbitale è lo stesso del periodo di rotazione della Terra e questo è il motivo principale per cui i satelliti appaiono fermi se osservati dalla Terra. In questa orbita sono presenti i satelliti per le telecomunicazioni e i satelliti di osservazione della Terra impiegati principalmente per il monitoraggio di eventi meteorologici come grandi tempeste e cicloni tropicali.
- *orbita polare* orbita collocata ad un'altitudine compresa nel range 700-800 km dalla superficie terrestre con un'inclinazione di circa 90° rispetto al piano equatoriale. I satelliti, che operano in orbita polare, tendono a raggiungere l'equatore e i diversi punti della superficie terrestre

alla stessa ora ogni giorno consentendo la raccolta di dati a intervalli regolari utili per effettuare confronti a lungo termine.

1.3.1 Trend tecnologici e di business nella produzione di sistemi spaziali

Le tecnologie digitali rappresentano il motore dello sviluppo dell'industria spaziale. L'integrazione tra tecnologia spaziale e digitale sta trasformando radicalmente i processi, i prodotti e i servizi, sia a monte che a valle della catena del valore aprendo a nuove prospettive di business. Questo paragrafo si concentrerà principalmente sui cambiamenti nella produzione delle strutture satellitari, dei sistemi di lancio e sull'analisi dei nuovi processi e servizi collegati alle infrastrutture satellitari.

- ***Satelliti e lanciatori***

Negli ultimi anni si è assistito ad un aumento considerevole del numero di satelliti lanciati in orbita. Il processo di democratizzazione dello spazio è stato guidato da un cambio di paradigma che ha coinvolto le fasi di progettazione, produzione e distribuzione dei satelliti e dei lanciatori.

Il mercato manifatturiero spaziale, infatti, ha registrato un crescente impiego di satelliti di piccole dimensioni e di masse ridotte inferiori a 500 kg. La NASA divide questa classe di satelliti, in funzione del loro peso, in:

- small satellite, 100-500 kg
- minisatellite, 100-180 kg
- microsatellite, 10-100 kg
- nanosatellite, 1-10 kg (e.g. cubesats)
- picosatellite, 0.01-1 kg
- femtosatellite, 0.001-0.01 kg

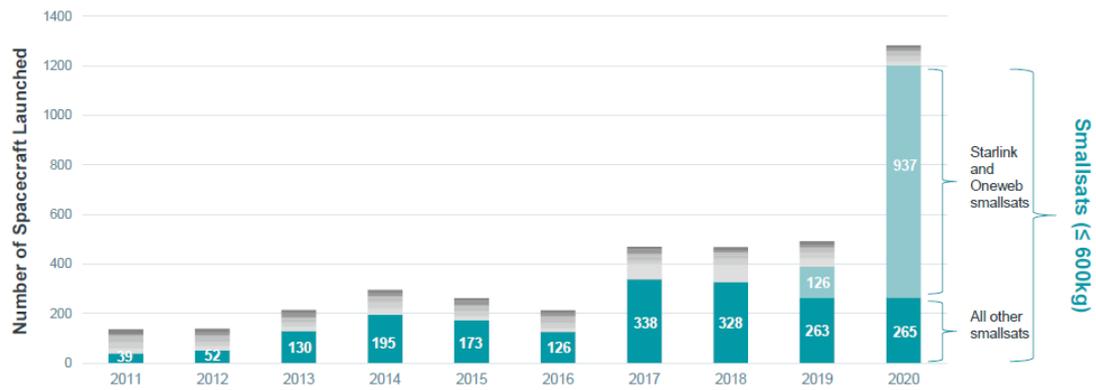


Figura 10: Numero di satelliti lanciati per tipologia. (fonte: Bryce Tech)

L'utilizzo nello spazio di satelliti di massa ridotta e molto più standardizzati, reso possibile grazie allo sviluppo contestuale di nano-componentistica hardware e di materiali più leggeri in fibra di carbonio, ha permesso di ridurre notevolmente sia i costi per ogni kg mandato nello Spazio che i tempi di produzione.

Un discorso del tutto analogo può essere fatto per i sistemi di lancio. La diffusione di satelliti di dimensioni e peso limitati rispetto ai satelliti tradizionali ha influenzato anche la produzione dei lanciatori, portando il mercato ad investire in sistemi di lancio più piccoli e con componenti riutilizzabili rendono le attività di lancio in orbita molto più sostenibili e aprendo alla possibilità a nuovi players di entrare in questo segmento di mercato, originariamente popolato da un numero molto ristretto di attori.

Le prospettive future della manifattura spaziale saranno sempre più focalizzate sul progressivo abbassamento dei costi di produzione mediante l'estensione della vita utile degli assets spaziali riducendo il rischio di obsolescenza e aumentando la possibilità di riutilizzare sempre più componenti in nuove missioni, promuovendo al contempo sostenibilità economica e ambientale.

- ***Additive manufacturing***

La produzione additiva (AM), chiamata anche stampa 3D, è una delle principali tecnologie emergenti del nostro tempo. Inizialmente impiegata per la prototipazione, oggi il suo utilizzo è stato esteso alla produzione rapida di componentistica da integrare in sistemi più complessi, grazie allo sviluppo di tecnologie e materiali sempre più avanzati. I prodotti realizzati attraverso la stampa 3D, stanno suscitando grande interesse anche nel settore spaziale, trovando largo impiego nella produzione di componentistica per satelliti, veicoli di lancio e dispositivi di supporto. Le parti tridimensionali stampate offrono una massa ridotta, un'elevata complessità, senza la necessità di combinare e fissare elementi insieme, e una rapida

stampabilità anche di oggetti altamente personalizzati e modulari.

SmarTech Analysis prevede che il valore complessivo delle parti stampate in 3D per lo spazio privato raggiungerà \$ 2,1 miliardi nel 2026, salendo fino ai \$ 5,4 miliardi entro il 2031 (SmarTech Analysis, 2021).

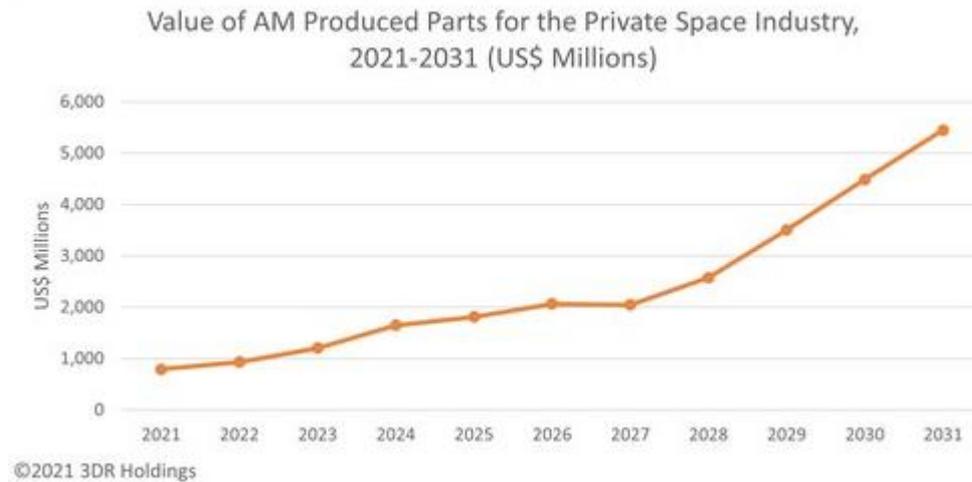


Figura 11: Valore dell'additive manufacturing nel settore spaziale. (fonte: SmarTech Publishing)

Le prospettive future dell'additive manufacturing nel settore spaziale hanno una duplice valenza; lo sviluppo ulteriore di questa tecnologia, supportato dal progressivo miglioramento delle tecniche di produzione e dall'introduzione di nuovi materiali per ovviare a criticità come rugosità superficiale e limitate proprietà meccaniche dei prodotti realizzati, ne permetterà un impiego sempre più massiccio per la produzione di componenti satellitari, contribuendo in modo determinante a ridurre il peso e i costi delle infrastrutture e ad accelerare il lancio dei veicoli nello Spazio. Inoltre, il miglioramento dell'AM focalizzato nella produzione di stampe 3D capaci di lavorare in assenza di gravità, attività parzialmente implementata sulla ISS con le prime stampanti 3D in grado di lavorare nello Spazio, aprirebbe alla possibilità di un utilizzo diretto di queste tecnologie in orbita, riducendo la dipendenza dei veicoli spaziali dai vincoli e dai requisiti di lancio e la necessità di trasportare componentistica sostitutiva dalla Terra.

- ***Infrastructure as a service***

L'introduzione di servizi di "sharing" nelle attività di lancio e l'utilizzo delle infrastrutture del Ground segment "as a service" sono ulteriori trends che stanno semplificando l'accesso allo Spazio.

Il primo servizio, che riprende il concetto di sharing economy adattandolo al settore spaziale, consente di lanciare più satelliti contemporaneamente per realizzare missioni con obiettivi

diversi, mediante l'utilizzo di un unico veicolo, riducendo così i costi che le aziende devono sostenere.

Relativamente al secondo servizio, con l'aumento del numero di nuovi operatori satellitari che non possiedono le conoscenze e le possibilità finanziarie per realizzare un propria stazione di Terra, destinata al monitoraggio e alla gestione dei satelliti nello Spazio, si sta concretizzando sempre di più l'idea di estendere concetti di I.a.a.s. e cloud computer anche alle infrastrutture spaziali presenti sulla Terra, aprendo all'idea di un'unica rete di stazioni in grado di abilitare la comunicazione dei diversi operatori con i rispettivi satelliti (PwC, 2020).

1.4 Osservazione della Terra

L'Osservazione della Terra (OT) consiste nella raccolta di dati al fine di estrarne informazioni utili a generare conoscenza riguardo ai processi fisici, chimici e biologici della Terra, con l'obiettivo di monitorarne lo stato e i cambiamenti, sia di origine naturale che antropica (CNR- Istituto sull'Inquinamento Atmosferico). Le tecnologie e le analisi OT sono, inoltre, risorse fondamentali per promuovere l'innovazione anche in altri mercati tra cui energia, sicurezza, mobilità e trasporti, beni culturali, agricoltura e salute.

Al momento sono oltre 275 i satelliti per l'osservazione della Terra in orbita e, secondo le ultime stime di Euroconsult, il numero potrebbe aumentare notevolmente raggiungendo i 550 entro il 2028 (Euroconsult, 2021). Una quota considerevole dei satelliti in orbita è gestita principalmente da agenzie governative mediante programmi spaziali di osservazione della Terra. I più importanti sono: il programma *Landsat* gestito dalla NASA in collaborazione con l'Istituto Geologico degli Stati Uniti, il programma *Gaofen* gestito dalla CNSA e il programma *Copernicus* dall'ESA.

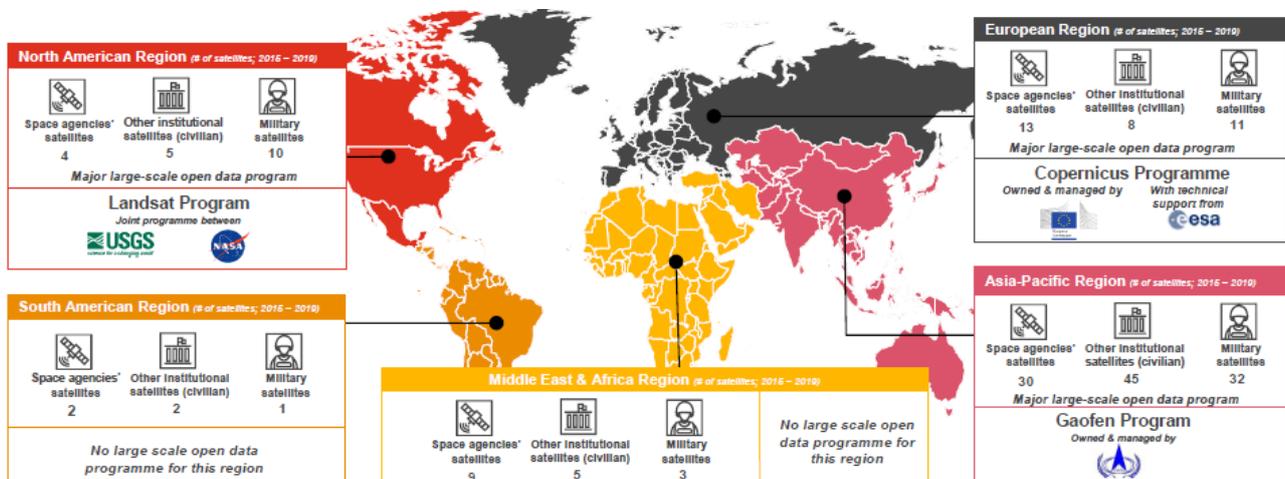


Figura 12: Programmi di osservazione della terra. (fonte: PwC)

Il Programma Europeo di osservazione della Terra, precedentemente conosciuto come GMES (*Global Monitoring for Environment and Security*), è stato lanciato nel 1998 ed è promosso dall'Unione Europea con il contributo dell'ESA con i suoi 22 Stati membri. Copernicus ha come obiettivo lo sviluppo di un insieme complesso di sistemi, ossia satelliti per l'osservazione della Terra e sensori in situ, in grado di fornire dati precisi e aggiornati sul nostro Pianeta. I servizi collegati al programma, che attengono all'ambiente, al territorio e alla sicurezza, si basano su informazioni raccolte attraverso una costellazione di sei tipologie di satelliti dedicati, chiamati "*Sentinels*", ognuno specializzato in un preciso dominio e da decine di altri satelliti di supporto. Il programma distingue sei principali aree tematiche: servizi per l'ambiente marittimo, per l'ambiente terrestre, per l'atmosfera, per la gestione delle risposte alle emergenze e per il monitoraggio del cambiamento climatico.

L'ASI oltre a ricoprire un ruolo di rilievo nel programma Copernicus, in particolare grazie allo sviluppo di componenti e payload presenti nei satelliti Sentinel e del relativo ground segment, è impegnata attivamente nel campo dell'osservazione della Terra con il Programma COSMO-SkyMed dedicato al telerilevamento tramite tecnologia RADAR ad alta definizione.

Funzionamento

L'osservazione della Terra si basa sul telerilevamento, ovvero l'acquisizione a distanza, mediante particolari sensori montati su satelliti EO, di informazioni quantitative su un oggetto di interesse o su un particolare fenomeno senza che ci sia un contatto diretto con lo stesso utilizzando l'energia elettromagnetica emessa o riflessa.

Nel telerilevamento esistono due principali gruppi di sensori:

Sensori passivi: sono strumenti che non emettono energia propria ma sfruttano esclusivamente la radiazione naturale di altre sorgenti luminose. Appartengono a questa categoria i sensori ottici, che rilevano la radiazione solare riflessa dall'oggetto di studio utilizzando sensori nel vicino infrarosso e nell'infrarosso a onde corte per formare un'immagine, ed i sensori ad infrarossi MWIR e LWIR che rilevano la radiazione infrarossa proveniente dall'oggetto di interesse.

Sensori attivi: sono strumenti che provvedono essi stessi all'illuminazione delle superfici, captando poi la radiazione elettromagnetica di ritorno. Tipici sistemi attivi sono i sensori radar ed i sensori lidar che inviano un fascio di radiazioni, e poi registrano il segnale di ritorno dopo che questo ha interagito con la superficie indagata.

Value chain

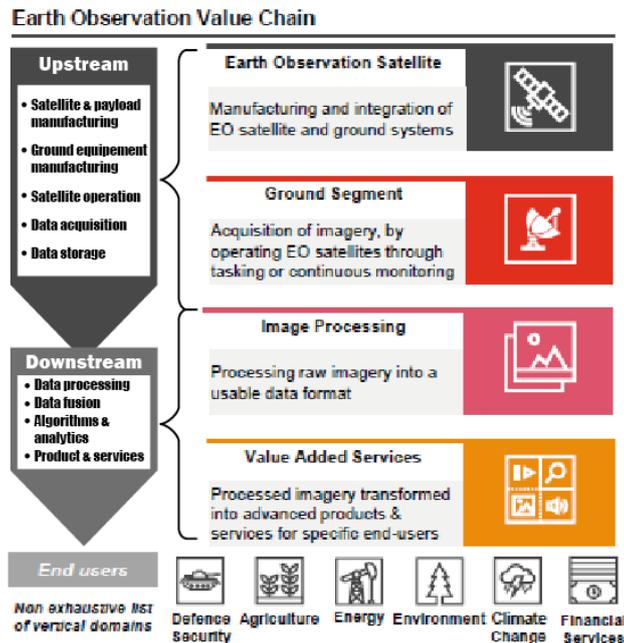


Figura 13: Catena del valore osservazione della terra. (fonte: Pwc, modificato)

La catena del valore dell'osservazione della Terra si può suddividere in tre sezioni principali in funzione delle attività svolte e delle caratteristiche degli attori interessati:

- L'industria a monte si riferisce all'industria spaziale responsabile dello sviluppo e della fabbricazione dell'infrastruttura di rete necessaria per condurre le diverse missioni spaziali; ciò include i satelliti dedicati all'attività di osservazione della Terra, i sistemi di lancio e i relativi servizi, i sensori e il segmento di terra per il controllo delle missioni e la gestione del payload.
- L'industria a valle include le aziende e gli attori esperti nella gestione dei dati EO, le cui attività ruotano attorno al trattamento dei dati e alla creazione di servizi a valore aggiunto.
- Gli utenti finali sono costituiti dalla base più ampia di imprese e attori istituzionali per i quali i prodotti derivati dall'elaborazione dei dati EO rappresentano input di supporto alle loro attività.

È importante sottolineare un elemento critico all'interno della catena del valore EO. I dati grezzi, raccolti attraverso la rete satellitare, non possono essere utilizzati direttamente in applicazioni terrestri. Il ruolo degli utenti intermedi è cruciale in quanto garantiscono una linea di connessione tra le caratteristiche tecniche dei prodotti satellitari e le esigenze specifiche degli utenti finali elaborando le immagini satellitari ed estrapolando da esse informazioni a valore aggiunto concretamente

impiegabili nei processi decisionali.

Il processo di gestione dei dati EO consiste in quattro attività specifiche:

- *Acquisizione dati*: raccolta, filtraggio e pulizia di dati prima di essere analizzati.
- *Processamento dei dati*: analisi dei dati e controllo della qualità
- *Archiviazione dei dati*: archiviazione e gestione dei dati precedentemente elaborati
- *Distribuzione dei dati*: condivisione dei dati a valore aggiunto agli utenti finali

Trends tecnologici e di business

Nonostante il mercato dell'osservazione della Terra rimanga, ad oggi, ancora orientato al monitoraggio e alla sicurezza, l'adozione di nuove tecnologie e l'introduzione di nuovi modelli di business da parte dei diversi operatori della catena del valore, sta spingendo verso una crescita considerevole della domanda di prodotti e servizi EO da un pool diversificato di clienti provenienti da settori non tradizionali.

I principali trends tecnologici alla base del cambiamento coinvolgono segmenti diversi della catena del valore e riguardano l'aumento del numero di nano-satelliti, lo sviluppo di nuovi e innovativi sensori EO e l'introduzione di tecnologie avanzate di analisi dati.

- *Nano-satelliti, lanciatori riutilizzabili, GSaaS*

Lo sviluppo tecnologico spaziale sta generando effetti di rete positivi in tutti i segmenti della Space Economy tra cui l'osservazione della Terra. Come testimoniato dal grafico proposto di seguito, il volume di satelliti EO in orbita ha subito, nell'ultimo decennio, una crescita considerevole. La ragione principale risiede nella drastica riduzione del costo di produzione dei satelliti e del time-to-market resa possibile grazie alla progressiva adozione di nano-satelliti caratterizzati da componenti standard e di minore dimensione.

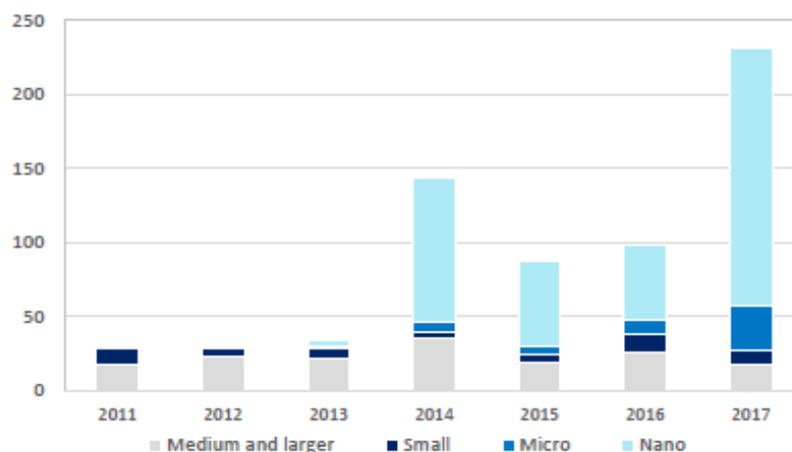


Figura 14: Evoluzione dei satelliti EO lanciati in orbita. (fonte: Pwc)

Inoltre, anche il costo dei servizi di lancio si è notevolmente ridotto a seguito dello sviluppo di lanciatori più piccoli e riutilizzabili e sempre più players spaziali specializzati nella produzione di stazioni di controllo propongono servizi del tipo Ground Segment as a Service (GSaaS) rivolti a quegli operatori satellitari EO che desiderano evitare di investire in infrastrutture dedicate. La riduzione dei costi di accesso allo spazio ha permesso pertanto ad un numero sempre maggiore di investitori privati e pubblici di investire in costellazione di nano-satelliti EO permettendo di raccogliere sempre più dati e spingendo gli operatori del segmento downstream a sviluppare nuovi strumenti in grado di raccogliere ed elaborare enormi set di dati per ricavare informazioni utili impiegabili nei processi, prodotti e servizi di un numero crescente di settori non spaziali.

- *Sensori EO*

Lo sviluppo di innovative tecnologie di sensori da implementare a bordo dei satelliti, come i sensori iper-spetttrali e la riflettometria GNSS, ha permesso non solo di raccogliere una quantità maggiore di dati ma di migliorare la risoluzione delle immagini e di ridurre i tempi di rivisitazione.

- *Analisi dati*

L'aumento del numero di satelliti in orbita, l'accesso gratuito ai dati EO condivisi da programmi open source come Copernicus e Landsat, le innovazioni nel campo dei sensori e l'integrazione di dati eterogenei provenienti da fonti diverse, hanno prodotto un aumento considerevole del volume dei dati spaziali. La gestione dei Big Data è la sfida principale che il mercato dell'osservazione della Terra è impegnata ad affrontare. Oggi sempre più aziende si

occupano dello sviluppo di software di Intelligenza artificiale e Machine Learning per l'elaborazione dei dati spaziali e di sistemi per l'archiviazione e la condivisione dei dati come cloud storage e cloud computing al fine di estrarne il valore economico nascosto e di beneficiare dei ritorni economici derivanti dalla vendita degli stessi.

In un contesto in continua evoluzione in cui il potenziale inespresso dei dati EO è ancora molto elevato lo studio dal titolo “*Capturing value form earth observation analytic*”, realizzato dalla società di consulenza Arthur D. Little, individua due possibili modelli di business del futuro:

- *Servizi specializzati*

La potenziale espansione dei confini applicativi dei dati EO sta coinvolgendo mercati altamente specializzati come il settore agricolo, dell'energia rinnovabile e delle assicurazioni. La necessità di comprendere meglio le esigenze di questi mercati può spingere verso una maggiore cooperazione e integrazione verticale tra i diversi players della catena del valore coinvolgendo non solo gli attori del segmento upstream e downstream ma anche gli utenti finali.

- *Servizi generalisti*

Diversamente dal caso precedente, i dati EO possono essere impiegati in un'ampia gamma di applicazioni per svolgere analisi più standardizzate, come il rilevamento delle modifiche e l'identificazione di oggetti. In questo contesto, la possibilità di fornire servizi automatizzati di analisi di grandi volumi di dati e facilmente integrabili in diversi mercati applicativi può rappresentare un fattore determinante per lo sviluppo e per l'aumento della domanda di dati EO.

I dati EO consentono agli operatori del segmento downstream di fornire servizi e prodotti innovativi che trovano impiego in una ampia gamma di settori applicativi (Strada, Sasanelli, 2018):

Mappatura

La principale applicazione della tecnologia satellitare relativa all' Earth Observation è la creazione di mappe. Sul mercato sono presenti un numero notevole di tipologie di mappe che si differenziano per il contenuto e la scala di riduzione. L'evoluzione delle tecniche di elaborazione delle immagini satellitari ha permesso di sviluppare un numero sempre maggiore di mappe, ampliandone notevolmente l'utilizzo.

Cambiamento climatico e ambientale

Il cambiamento climatico e il deterioramento dell'ambiente sono due delle sfide più complesse che oggi il mondo si trova ad affrontare. Fenomeni come l'aumento delle emissioni di gas serra in atmosfera, a causa dell'eccessivo utilizzo di combustibili fossili, e il conseguente surriscaldamento climatico, principale causa di alluvioni, siccità, desertificazione, deforestazioni e scioglimento dei ghiacciai, stanno generando ripercussioni negative sugli ecosistemi terrestri e sulla salute dell'uomo. I satelliti EO sono in grado di rilevare la presenza in atmosfera di diverse sostanze chimiche come diossido di azoto, ozono, formaldeide, anidride solforosa, metano, monossido di carbonio e aerosol e permettono una più efficiente applicazione dei trattati internazionali che impongono limiti nell'emissione in atmosfera di inquinanti da parte di impianti industriali e delle singole nazioni, attraverso un monitoraggio continuo e globale.

La tecnologia satellitare di Osservazione della Terra consente di misurare, inoltre, la temperatura e l'umidità del terreno, di delineare l'evoluzione dei deserti e delle foreste, di monitorare la qualità e i livelli d'innalzamento delle acque di mari e oceani e di fornire mappature aggiornate della criosfera. La possibilità di disporre di serie storiche relative a tali informazioni è fondamentale per comprendere gli effetti nel tempo che il cambiamento climatico sta generando sul nostro Pianeta e per promuovere azioni concrete volte a contrastare questo fenomeno.

Gestione dei disastri

Un disastro naturale è un evento generato a seguito del verificarsi di particolari fenomeni quali terremoti, eruzioni vulcaniche, tsunami, alluvioni, ecc, che può provocare la perdita di vite umane e causare danni ingenti all'ambiente e alle infrastrutture. Nelle situazioni più gravi, la tempestività del primo intervento è fondamentale per limitarne le conseguenze negative. In questo contesto, e, soprattutto, quando le aree in cui si è verificato l'evento diventano inaccessibili, le immagini satellitari di osservazione della Terra possono diventare essenziali per raccogliere informazioni sull'entità del disastro e quindi per pianificare e organizzare le attività di soccorso. I dati geo-spaziali, inoltre, potrebbero essere particolarmente utili per la prevenzione di catastrofi naturali attraverso un monitoraggio costante del suolo e delle sue deformazioni, delle risorse idriche e dei vulcani, in modo da limitare, e in particolari casi eliminare, le conseguenze negative di questi fenomeni naturali.

Monitoraggio e pianificazione urbana

I dati geo-spaziali sono uno strumento particolarmente utile nell'ambito della pianificazione urbana. Le informazioni ricavate attraverso l'elaborazione delle immagini satellitari permettono di monitorare la distribuzione delle infrastrutture presenti sulla Terra, le condizioni del suolo e di creare modelli 3D

delle città per una più efficiente gestione ed impiego della superficie terrestre.

Monitoraggio delle risorse

L'utilizzo intensivo e le condotte illegali sono le principali cause del depauperamento di molte risorse naturali presenti sulla Terra. La pesca illegale, che è una costante minaccia per la salute degli oceani, il disboscamento di foreste vergini per lasciare spazio all'agricoltura intensiva, l'espansione urbana ne sono un esempio. L'attività dei satelliti EO mette a disposizione informazioni utili sullo stato di salute di queste risorse e sulla loro disponibilità. La tecnologia satellitare rappresenta, inoltre, uno strumento concreto per contrastare le condotte illecite, mediante l'utilizzo delle immagini satellitari per individuare i responsabili di attività proibite.

Meteorologia

Nell'ambito dell'Osservazione della Terra, i satelliti meteorologici sono utilizzati per raccogliere informazioni sulle condizioni meteo-atmosferiche di specifiche aree del pianeta per realizzare previsioni meteorologiche sempre più aggiornate ed affidabili.

Agricoltura

Il settore agricolo è stato il settore economico che per primo ha usufruito della tecnologia spaziale nel campo dell'osservazione della Terra. Uno dei principali servizi offerti è il monitoraggio della produzione agricola; questo tipo di analisi, che può essere realizzata a livello globale, nazionale e regionale e che sfrutta le variazioni temporali del colore della vegetazione, permette di estrarre informazioni a valore aggiunto che garantiscono agli agricoltori una gestione quotidiana più efficiente in funzione della salute delle colture, delle caratteristiche e dello stato del terreno e delle condizioni meteorologiche. L'implementazione di queste nuove pratiche, che oggi rientrano nell'ambito della "precision agriculture" e nelle "smart farming", ha come obiettivo quello di aumentare la produzione agricola preservando, al contempo, le risorse a disposizione e riducendo l'inquinamento ambientale dovuto ai fertilizzanti e fitofarmaci. I dati geo-spaziali permettono, inoltre, una migliore tracciabilità della catena di approvvigionamento globale e forniscono, mediante algoritmi di machine learning, analisi in grado di quantificare la produzione annua delle singole colture supportando i governi nazionali nella gestione di eventuali carenze o eccedenze.

Energia

I dati geo-spaziali possono essere di grande utilità per promuovere la transizione energetica. La condivisione di informazioni sull'irraggiamento, sulla copertura nuvolosa, sulla velocità e direzione

del vento, sul wind shear, sulla temperatura e umidità dell'aria, sulla topografia e rugosità superficiale del terreno renderanno più semplice ed efficace l'utilizzo di fonti energetiche alternative.

Business Intelligence

Le tecnologie di osservazione della Terra possono essere impiegate nell'ambito della business intelligence per permettere alle aziende di capire meglio il comportamento dei consumatori attraverso l'elaborazione di dati geo-spaziali.

Assicurazione

La tecnologia satellitare relativa all' Earth Observation può trovare impiego nel settore assicurativo per supportare le attività di definizione e quantificazione del rischio, grazie anche all'utilizzo di serie storiche, proponendo polizze sempre più customizzate e per una più efficiente gestione dei sinistri mediante l'adozione di immagini EO per la stima dei danni.

1.4 Navigazione satellitare

Il sistema globale di navigazione satellitare (GNSS) è una tecnologia rivoluzionaria di georadiolocalizzazione e navigazione terrestre, marittima e aerea, che si compone di una rete complessa di satelliti artificiali in orbita e pseudoliti e che consente agli utenti in possesso di dispositivi elettronici abilitati, di determinare la propria posizione, velocità e tempo mediante l'elaborazione dei segnali trasmessi dai satelliti.

Il GNSS è in grado di garantire una copertura globale grazie ai segnali trasmessi da una varietà di sistemi di posizionamento satellitare, comprese le costellazioni globali e regionali e i sistemi di potenziamento satellitare (GSA,2019).

Ad oggi, i principali sistemi di posizionamento satellitare sono:

- *Costellazioni globali:* GPS (USA), GLONASS (Federazione Russa), Galileo (UE), BeiDou (RPC)
- *Costellazioni regionali:* QZSS (Giappone), IRNSS (India) e componente regionale BeiDou (RPC)
- *Sistemi di potenziamento satellitare (SBAS):* WAAS (USA), EGNOS (UE), MSAS (Giappone), GAGAN (India), SDCM (Federazione Russa) e SNAS (RPC).

I primi sistemi di posizionamento satellitari furono il Global Positioning System (GPS) realizzato a partire dal 1978 dagli Stati Uniti d'America e il sistema sovietico GLONASS, entrambi

originariamente concepiti per finalità militari.

Il sistema GPS si compone di 32 satelliti in orbita MEO e dal 1983 il suo utilizzo è stato esteso anche per applicazioni civili.

Il sistema GLONASS, attualmente sotto il controllo dell' Agenzia Spaziale Russa, è stato inizialmente dichiarato operativo nel 1996 ma, a seguito di un periodo di interruzione nello sviluppo del progetto, solo dal 2011, grazie all'intervento del governo di Vladimir Putin, la costellazione di 24 satelliti Uragan è perfettamente attiva.

Per quanto concerne l'Europa, i due principali programmi GNSS sono EGNOS e Galileo.

EGONOS è un progetto congiunto tra ESA, Commissione Europea e EUROCONTROL, operativo dal 2009, che si compone di tre satelliti geostazionari e di una rete interconnessa di 40 stazioni di posizionamento e 4 centri di missione e controllo. L'obiettivo di EGONOS è quello di migliorare le prestazioni dei due sistemi già operativi, GPS e GLONASS, correggendo gli errori di misurazione del segnale. La logica di funzionamento è la seguente: le stazioni a terra ricevono i segnali satellitari GPS, li elaborano apportando le dovute correzioni e inviano i dati ai tre satelliti geostazionari che, a loro volta, li inviano agli utenti finali.

Il sistema Galileo è un progetto avviato ufficialmente nel 2003 e finanziato dalla Commissione Europea, dall'ESA, e dall'Agenzia del GNSS europeo. Nato principalmente per affermare l'indipendenza tecnologica dell'Europa dal resto del mondo, Galileo è un sistema di navigazione satellitare globale completamente autonomo che, basandosi sulla doppia frequenza come standard, è in grado di fornire una precisione di posizionamento in tempo reale fino alla gamma del metro e può operare ed interconnettersi con i sistemi GPS e GLONASS.

La rete infrastrutturale di Galileo si compone di una costellazione di 26 satelliti, 24 dei quali posizionati in tre piani circolari dell'orbita terrestre media (MEO) ad un'altitudine rispetto alla Terra di 23.222 km e con un'inclinazione dei piani orbitali di 56 gradi rispetto all'equatore. I due satelliti restanti si trovano su orbite errate a causa di un errore commesso dal lanciatore Soyuz. Inoltre l'attività nello spazio sarà supportata da diverse stazioni a terra e da due centri di controllo e missione.

Il sistema Galileo fornisce un ampio spettro di servizi:

- *Open Service (OS)* servizio gratuito di posizionamento, temporizzazione e navigazione rivolto al mercato di massa.
- *Commercial Service (CS)* servizio criptato e a pagamento che fornisce un'elaborazione dati più veloce e con una maggiore accuratezza.
- *Public Regulated Service (PRS)* servizio rivolto esclusivamente ad utenti autorizzati, principalmente operatori di sicurezza, che garantisce continuità di servizio anche durante disastri naturali, minacce terroristiche e momenti di crisi.

- *Safety of Life Service (SoL)* servizio rivolto principalmente a compagnie aeree e marittime transoceaniche che operano in ambienti dove non sono presenti infrastruttura a terra tradizionali.
- *Search and Rescue Support Service (SRS)* servizio di ricerca e salvataggio, di supporto al sistema COSPAS-SARSAT, per la gestione di allarmi e la localizzazione di utenti in pericolo.

Funzionamento

Il principio di funzionamento della navigazione satellitare si basa sulla misura della distanza tra alcuni satelliti, posti in una posizione nota, e un ricevitore di cui non si conosce la posizione. I satelliti trasmettono periodicamente un segnale che viene captato dal ricevitore nel momento di utilizzo; il ricevitore ricava le informazioni dai satelliti e determina la propria posizione calcolando quanto dista da un certo numero di satelliti presi come riferimento. Per effettuare questo calcolo, viene misurato l'intervallo di tempo che impiega il segnale per viaggiare dai satelliti al ricevitore. È necessario che il ricevitore interagisca con quattro satelliti per ricavare quattro informazioni (altitudine, longitudine, latitudine e tempo) necessarie per determinare il corretto posizionamento sulla Terra.

Per misurare le prestazioni di un sistema di navigazione satellitare vengono presi come riferimento quattro criteri:

- *Accuratezza* differenza tra la misurazione calcolata e i dati reali
- *Continuità* capacità del sistema di fornire il servizio senza interruzioni
- *Integrità* capacità del sistema di fornire una soglia di confidenza relativa alle misurazioni effettuate e di segnalare eventuali anomalie nei dati
- *Disponibilità* percentuale di tempo in cui il sistema funziona correttamente, cioè il segnale rispetta i criteri di accuratezza, integrità e continuità.

La disponibilità e l'accuratezza delle misurazioni satellitari e le eventuali correzioni associate determinano la precisione dei vari sistemi GNSS. In funzione del livello di precisione, i sistemi GNSS possono essere impiegati in applicazioni diverse come riassunto nel grafico proposto di seguito.

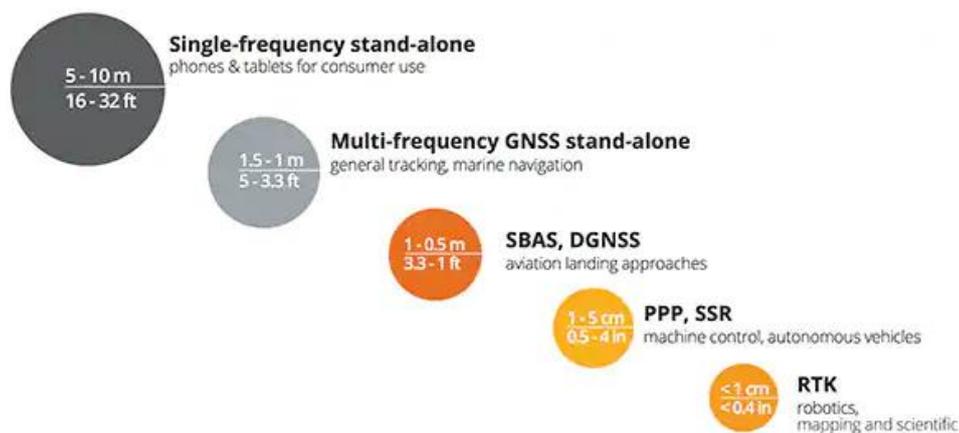


Figura 15: applicazioni tecnologia GNSS in funzione delle caratteristiche tecniche. (fonte: Septentrio)

Value chain

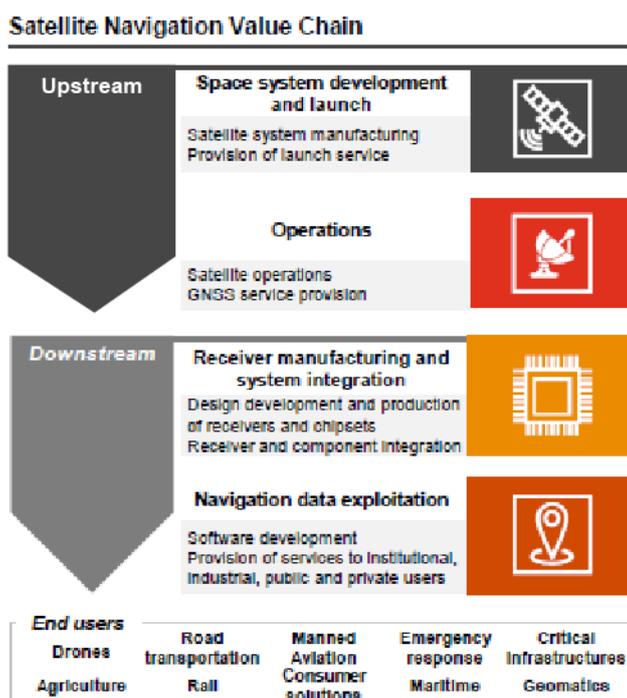


Figura 16: Catena del valore navigazione satellitare. (fonte: Pwc, modificato)

La catena del valore del GNSS è composta da due componenti principali:

- l'industria a monte costituita da tutti quei soggetti impegnati alla realizzazione di infrastrutture spaziali (satelliti, stazioni di terra) per fornire segnali per la navigazione e il posizionamento.
- l'industria a valle fornisce prodotti e servizi abilitati all'utilizzo dei segnali GNSS. È possibile suddividere il segmento a valle in tre macro-aree:

- produttori di componenti, compresi i produttori di componenti specifici per GNSS (ad es. chipset e antenne GNSS), piccoli ricevitori GNSS e ricevitori GNSS pronti per l'integrazione;
- integratori di sistemi, che integrano la capacità GNSS in sistemi più grandi come i veicoli;
- fornitori di servizi a valore aggiunto, i cui servizi migliorano l'accesso e l'uso del GNSS (ad esempio software abilitato al GNSS come mappe, servizi a valore aggiunto, applicazioni, telecomunicazioni e altri usi simili come download di dati relativi alla posizione).

Trends tecnologici e di business

Lo sviluppo congiunto di nuove costellazioni di satelliti GNSS in grado di integrarsi tra loro, migliorando le prestazioni in termini di precisione e integrità e la possibilità di combinare tecnologie satellitari di osservazione della Terra e di navigazione, mediante lo sviluppo di algoritmi e software di intelligenza artificiale, ha aperto a nuove e profittevoli opportunità di business (Strada, Sasanelli, 2018):

Rilievo e mappatura

Il sistema GNSS può essere impiegato per il posizionamento e la navigazione di veicoli autonomi come veicoli terrestri senza pilota (UGV), veicoli aerei senza pilota (UAV), veicoli di superficie senza pilota (USV) e veicoli sottomarini senza pilota (UUV). La diffusione di dispositivi abilitati GNSS, in grado di operare in completa autonomia, introduce sul mercato un servizio alternativo di rilievo e mappatura che va ad aggiungersi a quello realizzato mediante satelliti di osservazione della Terra. I campi applicativi coinvolgono l'agricoltura, l'urbanistica, la logistica, il monitoraggio ambientale e delle infrastrutture e l'estrazione mineraria.

Mobilità

La navigazione satellitare ha cambiato il modo in cui le persone si muovono contribuendo ad aumentare la sicurezza, a migliorare la gestione del traffico, a ridurre il consumo di carburante e le emissioni di sostanze inquinanti.

Nell'ambito stradale, il sistema GNSS permette agli automobilisti di conoscere il percorso più efficiente per raggiungere uno specifico luogo, tenendo in considerazione le condizioni del traffico e l'eventuale presenza di incidenti e chiusure stradali contribuendo, quindi, a ridurre i tempi di viaggio

e il rischio di sinistri. Le informazioni raccolte sono inoltre utilizzate dall'autorità pubblica per una migliore gestione della viabilità stradale.

Nell'aviazione il sistema satellitare consente un efficientamento delle rotte e delle procedure di avvicinamento con conseguente riduzione di CO2. Permette, inoltre, di semplificare le operazioni di decollo e atterraggio negli aeroporti e consente agli aeroplani di segnalare la propria posizione alle stazioni di controllo del traffico aereo, tramite l'Automatic Dependent Surveillance – Broadcast (ADS-B), contribuendo al monitoraggio e alla sicurezza dei veicoli in volo.

La tecnologia GNSS trova largo impiego nella mobilità marittima e, oltre a fornire supporto per la pianificazione del percorso e nelle operazioni portuali, come l'attracco e le operazioni di carico, scarico e trasbordo, consente alle navi di segnalare, alle Autorità competenti, la propria posizione per motivi di sicurezza e per il controllo del traffico grazie a tecnologie come l'Automatic Identification System (AIS) e il Long-Range Identification and Tracking.

Nel settore ferroviario la tecnologia GNSS può essere utilizzata per realizzare una programmazione più accurata e per fornire, ai macchinisti e ai controllori, informazioni aggiornate sulla presenza di altri treni sulla rete ferroviaria in modo tale da adattare la velocità di percorrenza al fine di mantenere la giusta distanza di sicurezza e, ai passeggeri, informazioni sulla posizione del treno e sull'orario previsto di arrivo e di partenza.

Sharing economy

Il GNSS ha permesso di estendere il modello di business basato sulla sharing economy anche ai mezzi di trasporto. Oggigiorno, l'affermazione sul mercato di servizi di car sharing e bike sharing è stata resa possibile soprattutto grazie al contributo dei sistemi di navigazione e posizionamento che consentono alle aziende fornitrici del servizio di tenere traccia delle proprie risorse monitorando e registrando il percorso degli utenti e di addebitare una specifica tariffa in funzione della distanza percorsa.

Logistica

La possibilità di implementare nella catena logistica la tecnologia GNSS ha avuto dei risvolti notevoli soprattutto in termini di efficienza e sicurezza grazie ad un miglior monitoraggio del carico coinvolgendo l'intera catena di fornitura.

La tecnologia GNSS permette non solo di pianificare percorsi ottimali per il trasporto merci, ma garantisce una migliore tracciabilità del loro percorso riducendo, conseguentemente, il rischio di furti. Il monitoraggio è reso possibile mediante l'utilizzo dei segnali inviati da sensori fissi presenti nei mezzi di trasporto e da sensori mobili installati nei container. Inoltre, le informazioni raccolte possono

essere condivise in tempo reale con i clienti aggiornandoli sulla posizione e sulle tempistiche di consegna dei loro pacchi.

Agricoltura

L'introduzione della tecnologia GNSS nell'agricoltura è un ulteriore passo verso il cambiamento basato sull'utilizzo dei dati satellitari EO e dei dati raccolti in situ per supportare le attività operative e di pianificazione degli agricoltori in un sistema completamente integrato.

La possibilità di utilizzare droni e sensori di terra permette di raccogliere informazioni dettagliate sulla posizione delle diverse colture in una specifica area contribuendo a monitorare, ad esempio, la presenza di parassiti e l'evoluzione di eventuali epidemie.

Il GNSS fornisce supporto nelle attività di semina e nella distribuzione delle giuste quantità di prodotti chimici, come pesticidi, consentendo di migliorare la produttività e al contempo abbattere i costi, grazie ad un più efficiente utilizzo delle risorse, e ridurre l'inquinamento ambientale.

Infine, consente di migliorare l'efficienza nella guida dei mezzi agricoli, indicando il percorso da seguire durante le diverse attività e aprendo alla possibilità della guida autonoma anche in ambito agricolo.

Marketing

La possibilità di raccogliere informazioni sulle attività commerciali visitate dai consumatori, permette di conoscere meglio le tendenze di acquisto dei vari soggetti, consentendo alle aziende di realizzare una più accurata profilazione dei clienti e di adeguarsi meglio alle richieste del mercato.

Servizi basati sulla posizione (LBS)

L'abilitazione degli smartphone e più in generale dei vari dispositivi elettronici a ricevere i segnali GNSS, ha portato alla diffusione di un'enorme quantità di applicazioni mobile che basano il loro funzionamento sulla posizione. In questo ambito, le app. più utilizzate sono quelle collegate ai servizi di navigazione che non si limitano ad indicare il percorso da seguire per raggiungere una certa destinazione ma condividono, inoltre, informazione sulle tempistiche, sui luoghi e sui possibili mezzi di trasporto che possono essere impiegati. Altre app comunemente utilizzate coinvolgono lo sport, il turismo, i giochi mobile e promuovono la socialità dando la possibilità di incontrare persone nuove presenti nelle vicinanze.

Sport

In ambito sportivo, il GNSS consente l'impiego di dispositivi abilitati in grado di raccogliere

informazioni prestazionali in tempo reale di ogni atleta rilevandone, ad esempio, la velocità, l'accelerazione e la distanza totale percorsa. I dati raccolti possono essere consultati e analizzati successivamente per realizzare allenamenti specifici.

Salute

La navigazione satellitare ha permesso di realizzare dispositivi miniaturizzati da utilizzare in campo medico per monitorare i pazienti affetti da patologie neurodegenerative garantendo loro ed ai parenti supporto nella gestione dei problemi di orientamento.

Assicurazione

Il GNSS può essere impiegato in ambito assicurativo fornendo informazioni utili per la gestione delle polizze che prevedono il pagamento del premio annuo sulla base del numero di chilometri percorsi dall'assicurato.

1.5 Comunicazione satellitare

Con il termine comunicazione satellitare (SATCOM) si fa riferimento ad una complessa rete di satelliti artificiali e di apparecchiature collegate che sono divenute indispensabili nella vita di tutti i giorni fornendo una copertura globale per la trasmissione di dati e video, in tempo reale, da e verso una o più località in tutto il mondo.

L'era della comunicazione satellitare ha avuto inizio nel 1965 con la messa in orbita del primo satellite commerciale dedicato alle telecomunicazioni, INTELSAT 1, che fu il primo satellite a fornire un collegamento quasi istantaneo tra Europa e Nord America. Oggi la tecnologia Satcom è una rete matura con circa 2.000 satelliti in orbita impiegati sia per scopi civili che militari.

L'infrastruttura si compone di due elementi principali: i satelliti equipaggiati da un certo numero di transponders e le apparecchiature di trasmissione, ricezione e ausiliarie. Ogni transponder consiste di un'antenna ricevente sintonizzata su un canale, o su un range di frequenze, in entrata (uplink), di un apparecchio che modifica queste frequenze al range di frequenze del canale di uscita, generalmente più basse, (downlink) e di un amplificatore di potenza per fornire alle microonde in uscita una potenza adeguata. La capacità di un satellite dipende dal numero di transponders di cui è dotato.

Funzionamento

Il principio di funzionamento è il seguente: una stazione o un'altra apparecchiatura terrestre, fissa o in movimento, trasmette i dati al satellite utilizzando le frequenze radio. Il satellite, attraverso i

transponders, riceve il segnale, ne amplifica e cambia la frequenza, e una volta modificato, lo trasmette ad una seconda stazione di terra o ad un'altra apparecchiatura terrestre.

Generalmente nelle telecomunicazioni satellitari sono utilizzate onde radio nel range da 1 GHz ai 300 GHz.

Value chain

L'ecosistema SATCOM può essere sostanzialmente suddiviso in due segmenti principali: un segmento spaziale e un segmento terrestre.

Il segmento spaziale include le infrastrutture spaziali tra cui i satelliti Satcom, i sistemi di lancio e le strutture a terra necessarie per mantenere operativi i satelliti, strutture di tracciamento, telemetria e comando (TT&C) e le apparecchiature per la trasmissione dei segnali.

Il segmento terrestre comprende tutti quei players impegnati nella fornitura di servizi e di apparecchiature che consentono la comunicazione satellitari sulla Terra. Rientrano in questo segmento gli operatori VSAT, i produttori di sistemi quali dispositivi satellitari direct-to-home (DTH), apparecchiature di ricezione mobile, telefoni satellitari e dispositivi portatili direttamente rivolti al mercato degli utenti finali pubblici o privati e i fornitori di servizi complementari.

Trends tecnologici e di business

La possibilità di comunicare e trasmettere dati su lunghe distanze e a livello globale (anche in ambienti in cui le infrastrutture terrestri sono limitate) e le caratteristiche di disponibilità, riservatezza e resilienza rendono la tecnologia Satcom particolarmente utile in numerose applicazioni commerciali fornendo un contributo determinante allo sviluppo economico, sociale e cultura sulla Terra.

Il principale campo d'utilizzo dell'infrastruttura Satcom è rappresentato dalla trasmissione di segnali per contenuti radio-televisivi per il settore dell'intrattenimento e dell'informazione.

La rete Satcom rappresenta, inoltre, un'alternativa valida per la connessione ad Internet soprattutto quando il collegamento con l'infrastruttura terrestre è reso particolarmente complesso. L'aumento del numero di satelliti nello spazio, lo sviluppo di innovativi ricevitori a banda stretta e il contestuale sviluppo della rete 5G con la prospettiva sempre più concreta di una sua integrazione con la tecnologia satellitare, sono i principali drivers di sviluppo per nuove applicazioni terrestri basate sulla tecnologia SATCOM. Di seguito sono riportati degli esempi applicativi (Strada, Sasanelli, 2018):

Aviazione – marittimo – ferroviario

I sistemi di comunicazione satellitare permettono di condividere informazioni relative, ad esempio, a

situazioni di emergenza indipendentemente se ci si trova ad operare in atmosfera, in mare o sulla terra ferma e garantiscono connettività a bordo anche quando si viaggia in aree distanti dalle infrastrutture terrestri.

IoT, M2M, Smart Cities

Lo sviluppo di internet stravolgerà completamente il modo di concepire ed utilizzare la tecnologia. L'IoT consente di interconnettere dispositivi, veicoli ed edifici rendendo possibile il trasferimento dei dati raccolti ed elaborati in modo del tutto automatico e di controllare a distanza il loro funzionamento. Esempi applicativi coinvolgono: le smart home e la domotica, gli edifici intelligenti, il monitoraggio industriale mediante sensori e dispositivi robotici, l'industria automobilistica con la guida autonoma, dispositivi smart health per il monitoraggio automatico dello stato di salute, smart cities e infine dispositivi per la sorveglianza e la sicurezza.

Difesa

La comunicazione satellitare garantisce, ai diversi comparti della difesa, un servizio di comunicazione affidabile, del tutto indipendente dalla zona di intervento, durante le attività operative.

Gestione delle emergenze

La comunicazione satellitare viene spesso utilizzata durante i disastri naturali e le emergenze a seguito del danneggiamento delle infrastrutture terrestri. Le apparecchiature mobili satellitari possono essere installate nelle aree di interesse garantendo, al personale sul posto e agli operatori a distanza, una comunicazione sicura per coordinare le diverse attività.

Istruzione

La comunicazione satellite può essere utilizzata per fornire servizi di e-learning dando la possibilità agli studenti che vivono in contesti rurali in cui le infrastrutture presenti sono limitate, di frequentare i corsi scolastici a distanza colmando, in questo modo, il dislivello culturale e tecnologico che coinvolge parte del mondo.

Salute

Così come nell'ambito dell'istruzione, i sistemi di comunicazione satellitare possono svolgere un ruolo prezioso nel settore sanitario garantendo servizi di telemedicina, tra cui consultazioni mediche e diagnosi, consentendo così a tutti quei pazienti che risiedono in ambienti con accesso limitato alle strutture sanitarie di poter usufruire di un'assistenza sanitaria adeguata.

1.6 Le sfide del futuro

1.6.1 Turismo spaziale

Il turismo spaziale è un particolare segmento della Space economy che si pone l'obiettivo di offrire servizi ricreativi basati sul volo e sul soggiorno nello Spazio a privati cittadini. L'era del turismo spaziale ha avuto, originariamente, inizio a cavallo degli anni '70 -'80 con il programma americano Space Shuttle che aprì alla possibilità, mai concretizzata, che rappresentanti di compagnie private o delle istituzioni potessero partecipare alle attività di trasporto Terra-Spazio. La prima reale attività di trasporto spaziale come servizio turistico è avvenuta nel 2001 quando otto individui privati hanno raggiunto la ISS per un breve soggiorno di qualche giorno, salendo in orbita con una capsula Soyuz. Nell'era contemporanea, lo sviluppo di piattaforme e veicoli, da destinare al turismo spaziale, è gestito da poche aziende private dotate di enormi risorse finanziarie, ma un crescente numero di società, agenzie governative e potenziali turisti si sta impegnando ad investire in questa nicchia di mercato, incentivati dalle enormi prospettive future. Ad oggi, il turismo spaziale presenta molte criticità che ne limitano notevolmente lo sviluppo. Gli enormi investimenti iniziali, necessari per finanziare la costruzione delle infrastrutture e per realizzare le attività di lancio, rendono il turismo spaziale un'esperienza rivolta solo ad un numero molto limitato di persone a causa dei costi proibitivi che possono raggiungere anche gli 800.000 dollari al giorno nello spazio. Il 2021 è stato, però, un anno molto fiorente per lo sviluppo del turismo spaziale registrando un elevato numero di missioni spaziali con civili a bordo:

- L'11 luglio, Virgin Galactic ha lanciato il suo primo volo suborbitale turistico. L'equipaggio composto da quattro persone tra cui il fondatore Richard Branson e i due piloti della missione di prova Unity 22, ha volato appena sopra il confine dello spazio a circa 80 km dalla Terra, sperimentando per circa quattro minuti l'assenza di gravità.
- Il 20 luglio, Blue Origin ha lanciato il suo primo volo suborbitale con equipaggio a bordo composto dal fondatore Jeff Bezos e da un gruppo di altri tre turisti spaziali utilizzando il sistema New Shepard.
- Il 15 settembre è stato realizzato il primo volo orbitale senza astronauti professionisti con equipaggio composto dal miliardario Isaacman in qualità di pilota e finanziatore della missione (Inspiration 4), accompagnato dall'assistente medico Hayley Arceneaux, dall'ingegnere Chris Sembroski e dal geoscientista e specialista in comunicazione scientifica Sian Proctor. Sembroski e Proctor hanno vinto i loro posti tramite un concorso di beneficenza per sostenere il

St. Jude Children's Research Hospital di Memphis. Il volo è avvenuto a bordo di una navicella spaziale SpaceX, Crew Dragon, e la missione ha avuto una durata di quasi tre giorni.

- il 13 ottobre, durante la seconda missione spaziale con equipaggio di Blue Origin, chiamata NS-18, William Shatner, conosciuto per aver interpretato il ruolo di capitano James T. Kirk in Star Trek: The Original Series, è diventato, all'età di 90 anni, la persona più anziana ad aver mai volato nello spazio.
- Il 5 ottobre è sbarcata sulla Iss, la prima troupe cinematografica per girare il primo lungometraggio nello spazio. Il progetto è stato reso possibile grazie all'attività congiunta dell'agenzia spaziale russa Roscosmos, la stazione televisiva russa Channel One e lo studio Yellow, Black and White.
- La Blue Origin ha realizzato un terzo volo nel 2021. Tra i sei passeggeri che hanno riempito la navicella New Shepard, erano presenti Michael Strahan, conduttore di Good Morning America, e Laura Shepard Churchley figlia dell'astronauta della Nasa Alan Shepard.
- L'8 dicembre, a bordo di una navicella spaziale russa Soyuz, Yusaku Maezawa, il produttore di video Yozo Hirano e il cosmonauta Alexander Misurkin hanno raggiunto la Iss per una missione di 12 giorni grazie al contributo della società di turismo spaziale statunitense Space Adventures e dell'agenzia spaziale russa Roscosmos.

1.6.2 Space mining

Con il progressivo esaurimento delle risorse sulla Terra, lo sfruttamento minerario dello Spazio potrebbe contribuire a colmare, nel prossimo futuro, il fabbisogno terrestre. I corpi celesti, infatti, sono una potenziale fonte inesauribile di risorse naturali che sulla Terra scarseggiano o mancano del tutto. Un solo asteroide potrebbe contenere quantità enormi di materie prime come oro, nichel, ferro, platino, elio3, candidato ad essere la fonte di energia del futuro in quanto in grado di alimentare con un suo chilogrammo una metropoli terrestre, e metalli definiti 'Terre rare', come lantanio, neodimio e ittrio, utilizzati per produrre componenti elettronici, il cui reperimento sulla Terra è particolarmente complesso. Le risorse spaziali potrebbero, inoltre, essere impiegate direttamente in orbita fornendo quei prodotti necessari a sostenere la vita nello spazio. Ad oggi, l'elemento che suscita maggiore interesse è l'acqua. La presenza di acqua nello Spazio, contribuirebbe non solo a supportare la produzione di cibo, ma, scomposto nelle sue componenti principali, fornirebbe ossigeno, per creare

ambienti vivibili, ed idrogeno, per produrre propellente per alimentare i veicoli spaziali, rendendo la vita nello Spazio non più una semplice idea.

1.6.3 Detriti orbitali

L'aumento progressivo del numero di satelliti in orbita, di cui si è avuto modo di discutere nei paragrafi precedenti, ha contribuito, in modo negativo, ad aumentare la presenza di detriti e di sistemi in disuso nello Spazio. Attualmente orbitano intorno alla terra circa 35000 detriti con dimensione superiore ai 10 centimetri di cui circa 28000 sono “catalogati” e mappati giornalmente.

Nel breve periodo, tra le attività poste in essere per la gestione e la mitigazione del problema rientrano la sorveglianza sistemica e il tracciamento dei detriti presenti nelle diverse orbite reso possibile grazie ad una complessa rete di rilevamento che è in grado di tracciare oggetti inferiori a 5 centimetri di diametro presenti in orbita LEO.

Conoscere in modo aggiornato la posizione dei vari detriti, consente di prevedere in anticipo la possibilità di un incrocio di traiettorie tra un satellite operativo e un detrito orbitale. L'ESA, ad esempio, è impegnata nello sviluppo di un sistema di prevenzione che, mediante l'utilizzo di software di intelligenza artificiale, valuterà automaticamente il rischio e la probabilità di collisione consentendo di effettuare, nel caso ce ne fosse bisogno, manovre di collision avoidance.

Molte Agenzie spaziali e attori privati sono impegnati, inoltre, nello sviluppo di missioni attive di rimozione dei detriti orbitali e di tecnologie in grado di risolvere definitivamente il problema:

- il 2 aprile 2018 è stata realizzata la missione RemoveDebris, il cui progetto è stato affidato ad Airbus DS France. Durante la missione è stata testata la fattibilità dell'impiego di una rete e di un arpione attraverso cui realizzare le attività di raccolta e deorbitamento di oggetti nello Spazio.
- la rimozione laser orbitale dei detriti (LODR) può rappresentare una soluzione alternativa per mitigare il problema dei detriti orbitali e consiste nell'utilizzo di un sistema laser pulsato ad alta potenza dalla Terra per creare getti di plasma sugli oggetti presenti nello Spazio, rallentandone la velocità orbitale e consentendone, così, il rientro in atmosfera.
- La società Tethers Unlimited ha testato, nel 2020, un modulo sperimentale di deorbitamento, a bordo del cubesat Prox-1, composto da un nastro elettricamente conduttivo che, una volta dispiegato, è in grado di interagire con l'ambiente spaziale, caricandosi elettricamente,

consentendo di ridurre il tempo necessario al satellite per uscire dall'orbita e rientrare nell'atmosfera.

2 La nascita dell’Agenzia Spaziale Europea

Le prime organizzazioni europee spaziali, hanno visto gli albori nel 1962, quando sei paesi dell’Europa (Belgio, Francia, Germania, Italia, Paesi Bassi e Regno Unito ed il Canada), decisero di fondare dapprima l’European Launcher Development Organisation (ELDO) e, sempre nello stesso anno, l’European Space Research Organisation (ESRO) con la partecipazione anche di Danimarca, Spagna, Svezia e Svizzera. Le ragioni alla base della creazione di un consorzio erano motivate dalla volontà delle Nazioni partecipanti di aumentare la competitività dell’Europa nelle attività spaziali per contrastare l’ascesa dell’Unione Sovietica e degli Stati Uniti che si erano rese protagoniste, in quegli anni, dei primi lanci nello Spazio rispettivamente con il satellite Sputnik 1 e con il satellite Explorer 1.

Successivamente le due organizzazioni furono integrate e, nel 1975, fu sancita a Parigi, con l’adesione ai vari principi costitutivi, la creazione dell’Agenzia Spaziale Europea.

Oggi, l’Agenzia Spaziale Europea è un’organizzazione riconosciuta a livello internazionale che basa la sua attività sul contributo dei suoi 22 Stati membri, Austria, Belgio, Danimarca, Estonia, Finlandia, Francia, Germania, Grecia, Irlanda, Italia, Lussemburgo, Norvegia, Paesi Bassi, Polonia, Portogallo, Romania, Regno Unito, Repubblica Ceca, Spagna, Svezia, Svizzera e Ungheria, e su accordi di cooperazione con nazioni come Bulgaria, Cipro, Croazia, Lettonia, Lituania, Malta, Slovacchia e Canada.

La sua missione, tutt’oggi, consiste: *“nello sviluppo delle capacità spaziali europee e nella garanzia che gli investimenti effettuati per la conquista dello spazio continuino a produrre vantaggi e ricadute positive per tutti i cittadini europei”* (ESA) e per ottemperare al proprio compito, è impegnata attivamente in numerosi programmi che abbracciano tutti i segmenti che compongono la Space Economy.

2.1 La struttura organizzativa dell’ESA

La sede principale dell’ESA è situata a Parigi dove sono presenti alcuni degli uffici delle più alte cariche dell’organizzazione tra cui il direttore generale Josef Aschbacher, eletto il primo marzo 2021. Sul territorio europeo, inoltre, sono dislocate diverse sedi ognuna responsabile di una specifica attività come riassunto nella tabella di seguito.

CENTRO	SEDE	NAZIONE	ATTIVITÀ
EAC	Colonia	Germania (DEU)	Centro per l'addestramento, le operazioni e la medicina spaziale degli astronauti.
ESAC	Villanueva de la Canada	Spagna (ESP)	Centro che si occupa del controllo dei telescopi spaziali dell'ESA e dell'archiviazione di tutti i dati scientifici.
ESOC	Darmstadt	Germania (DEU)	Centro di monitoraggio e controllo dei satelliti europei in orbita.
ESRIN	Frascati	Italia (ITA)	Centro responsabile delle attività di osservazione della Terra
ESTEC	Noordwijk	Paesi Bassi (NLD)	Centro di ricerca e sviluppo di tecnologia spaziale
ECSAT	Harwell	Regno Unito (GBR)	Centro per le applicazioni spaziali e le telecomunicazioni
ESEC	Redu	Belgio (BEL)	Centro per i servizi di sicurezza informatica spaziale
Guiana Space centre	Kourou	Francia (FRA)	Centro di lancio europeo di missili spaziali

Figura 17: Sedi ESA.

Il quartier generale ospita il Consiglio dell'ESA, massimo organo di governo responsabile di definire le linee guida alla base dei diversi programmi e delle attività spaziali dell'organizzazione. Ogni Stato membro prende parte al Consiglio attraverso un proprio rappresentante. Il voto esercitato da ogni rappresentante ha lo stesso peso all'interno del Consiglio indipendentemente dalle dimensioni e dal contributo finanziario della Nazione rappresentata. Tra i compiti del Consiglio, che generalmente si riunisce ogni tre anni, vi è l'elezione del Direttore Generale il cui mandato ha una durata di 4 anni. Il Direttore Generale è responsabile del coordinamento dei diversi Direttorati ognuno dedicato ad uno specifico campo di ricerca. L'organigramma aggiornato delle massime cariche dell'ESA è proposto di seguito.

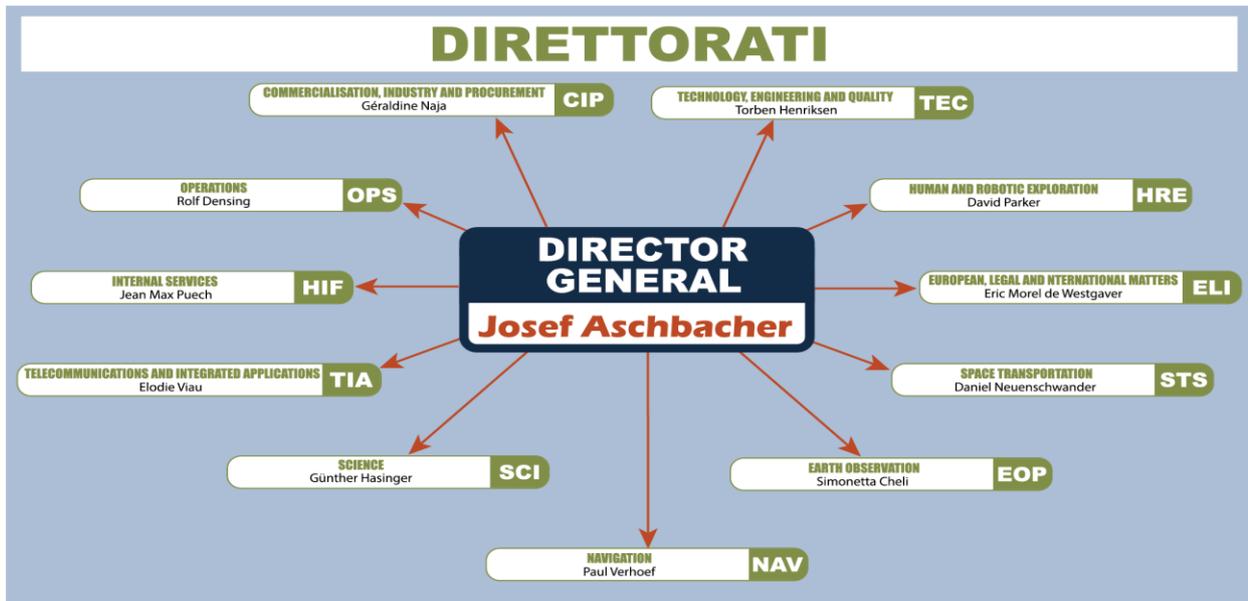


Figura 18: Organigramma ESA.

2.2 Il ruolo degli Stati membri e il budget ESA

L'impegno dell'ESA nell'attuare il programma spaziale europeo è reso concretamente possibile grazie al contributo finanziario dei diversi Stati membri e di altre organizzazioni europee.

Le attività dell'Agenzia sono raggruppabili in tre macro divisioni:

- *Programmi obbligatori*: comprendono tutte le attività di base condotte dall'ESA e riguardano il budget generale e i programmi scientifici spaziali. Tutti gli Stati membri sono obbligati a contribuire al finanziamento di questi programmi. L'apporto di ogni Stato è calcolato in funzione del prodotto interno lordo (PIL) nazionale.
- *Programmi facoltativi*: comprendono attività nell'ambito dell'osservazione della Terra, delle telecomunicazioni, della navigazione satellitare e del trasporto spaziale. In questo caso, sono gli Stati membri a decidere il grado di coinvolgimento nei diversi programmi nonostante, per poter partecipare, deve essere rispettato comunque un valore percentuale minimo sempre proporzionale al livello del PIL.
- *Programmi Spaziali dell'Unione Europea*: comprendono l'insieme dei progetti spaziali deliberati e finanziati dalla Commissione Europea. L'ESA assume solo un ruolo di natura operativa impegnandosi nella progettazione, sviluppo e costruzione delle infrastrutture del segmento spaziale e del segmento terrestre.

Il budget raccolto dall'ESA nel 2022 è pari 7.15 Miliardi di euro (ESA, 2020). La quota principale, ossia il 64.3%, deriva dai finanziamenti ottenuti dagli Stati membri impegnati a sostenere i diversi programmi spaziali.

BUDGET 2022 BY FUNDING SOURCE

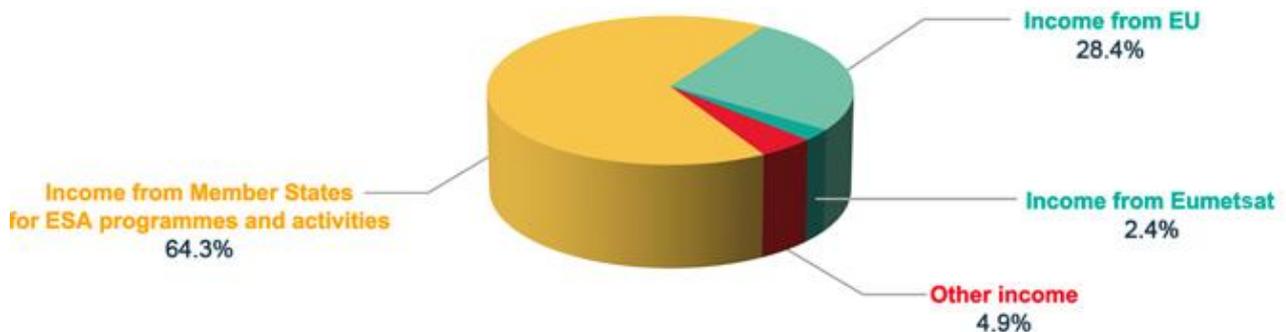


Figura 19: Composizione budget ESA. (Fonte: ESA)

Con 680.2M di euro, corrispondente al 14,1% del budget raccolto tra gli Stati membri, l'Italia è al terzo posto per finanziamenti destinati all'Agenzia Spaziale Europea, dietro solo a Francia (24.5%) e Germania (21.1%). Insieme i primi tre paesi contribuenti finanziano quasi il 60% del budget messo a disposizione da tutti gli Stati membri.

BUDGET 2022 ESA Activities and Programmes

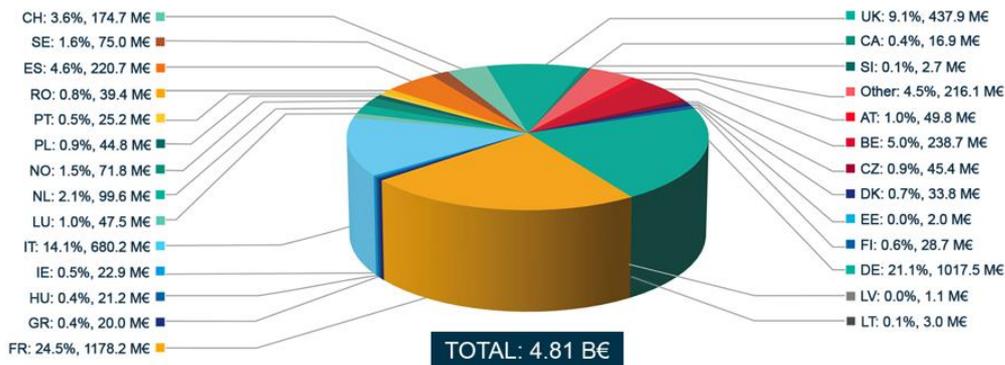


Figura 20: Composizione budget ESA relativo ai finanziamenti ottenuti dagli Stati membri. (Fonte: ESA)

L'ESA utilizza gran parte dei fondi raccolti per sottoscrivere contratti industriali con aziende private. Adottando una logica geografica per assegnare i vari contratti, l'ESA garantisce un valore dei contratti, sottoscritti in ogni Nazione, proporzionale al contributo dato, contribuendo finanziariamente e tecnologicamente allo sviluppo dei diversi Paesi europei.

2.3 Le startups nella Space economy

Il progresso tecnologico nella produzione satellitare, l'avvento dell'economia digitale, l'integrazione di tecnologie diverse con lo sviluppo di nuove infrastrutture abilitanti e nuovi servizi e modelli di business sono stati i principali drivers che hanno consentito ad un numero sempre maggiore di startups di farsi strada nell'ecosistema spaziale contribuendo con le proprie idee ad un profondo rinnovamento. L'importanza che hanno assunto oggi le startups, come motore propulsivo della crescita e dell'innovazione del settore, è testimoniata dall'ammontare di finanziamenti che grandi players pubblici e privati destinano per lo sviluppo di nuovi progetti tecnologici e di business. Secondo le stime di Bryce Tech i finanziamenti ottenuti dalle Startups collegate al settore spaziale hanno raggiunto i 7.6 Miliardi di dollari nel 2020, confermando un trend crescente che si registra ormai dal 2015.

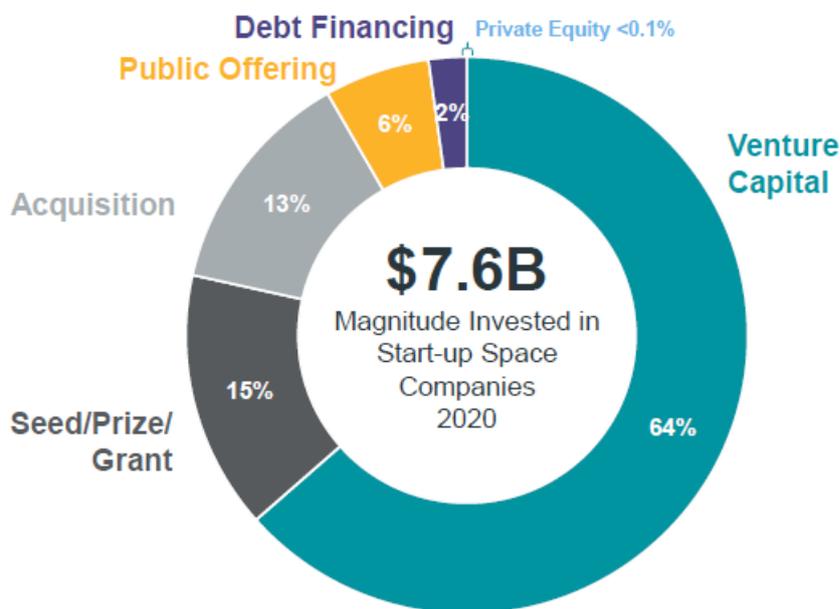


Figura 21: Ammontare finanziamenti ottenuto dalle startups nel 2020. (Fonte: BryceTech)

Dei 36.7 Miliardi di dollari investiti nelle startup tra il 2000 e il 2020 ben 26.2 Miliardi, pari al 72%, sono relativi solo al periodo 2015-2020.

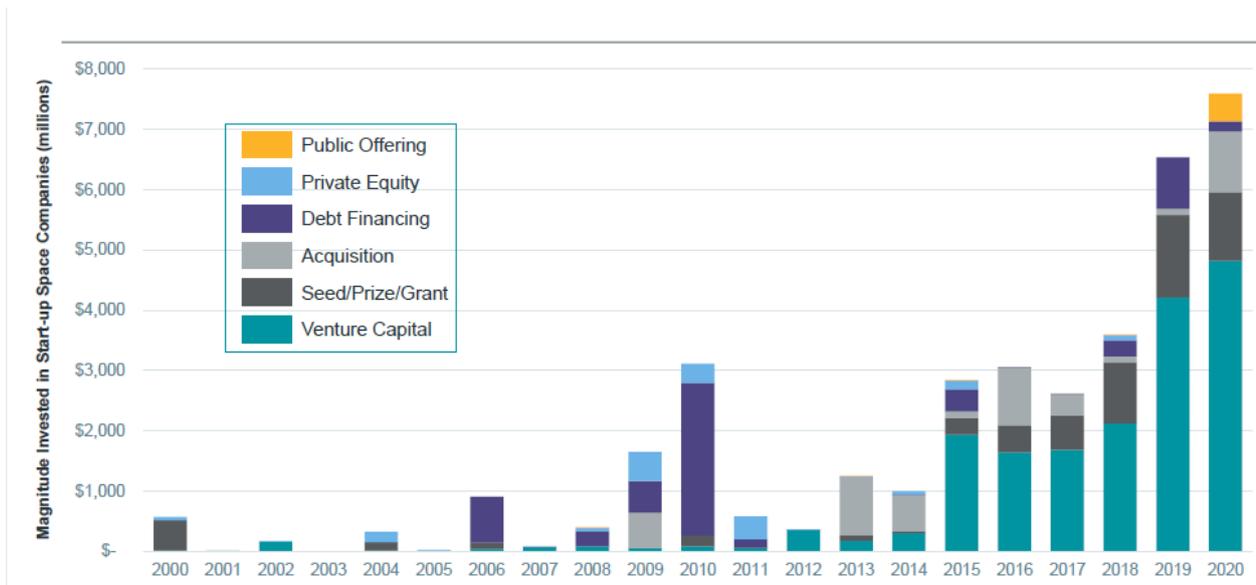


Figura 22: Evoluzione dei finanziamenti destinati alle startups nel settore spaziale. (Fonte: BryceTech)

Le Agenzie Spaziali e le organizzazioni pubbliche hanno introdotto numerosi strumenti che supportano concretamente la crescita di startups e PMI creando un ecosistema favorevole all'avvio di nuove imprese. Secondo l'OECD nel report "The Space Economy in Figures: How Space Contributes to the Global Economy" i principali meccanismi posti in essere per supportare l'innovazione e l'imprenditorialità possono essere suddivisi in tre tipologie principali:

- *Istituzione di procedure flessibili per l'approvvigionamento di prodotti e servizi spaziali commerciali.*
- *Accordi di cofinanziamento per R&S e sviluppo tecnologico, compresi diversi tipi di partenariati pubblico-privato (PPP).*
- *Sovvenzioni mirate per la ricerca e lo sviluppo.*

2.3.1 I programmi ESA a supporto dell'imprenditorialità

L'ESA è impegnata in diversi programmi di ricerca e sviluppo a sostegno delle PMI e delle startups interessate a sviluppare un'idea tecnologica o di business, facilitando l'accesso al mercato tramite fondi iniziali, assistenza tecnica, opportunità di networking e semplificando la raccolta di finanziamenti esterni. Il budget ESA relativo al 2022 destinato ad ogni dominio applicativo è riportato di seguito.

ESA BUDGET BY DOMAIN FOR 2022: 7.15 B€*

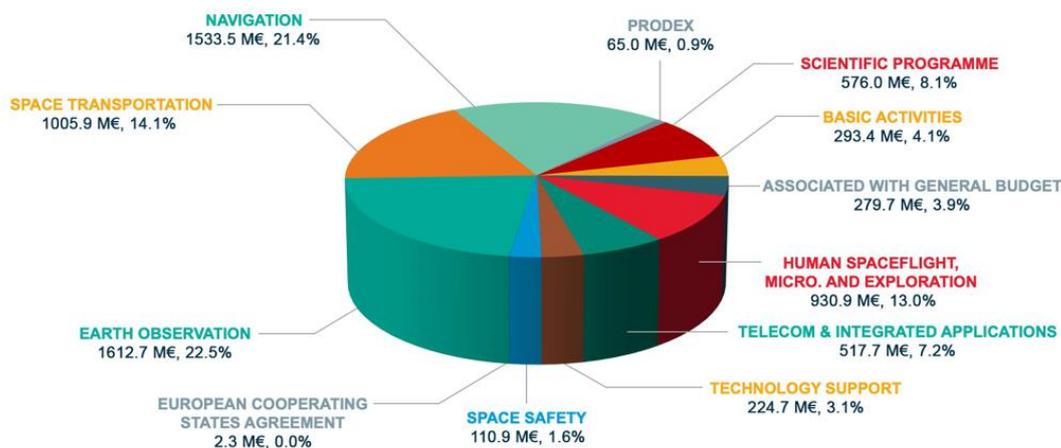


Figura 23: Composizione budget ESA relativo ai diversi domini. (Fonte: ESA)

Una rassegna non esaustiva dei principali programmi a supporto delle startups e PMI offerti dall'ESA comprende:

- TDE

Il Technology Development Element rientra tra i programmi obbligatori ed è l'unico programma tecnologico, finanziato dall'ESA, che coinvolge tutte le applicazioni spaziali e i domini tecnici. Il programma si occupa dello sviluppo preliminare di nuove tecnologie verificando la validità delle idee e la loro idoneità per applicazioni spaziali. Il programma TDE si basa sul concetto, introdotto dall'ESA, di *Innovation Triangle Initiative (ITI)*. Sono coinvolte 3 figure principali:

- Inventore: entità che si occupa dell'ideazione di una nuova tecnologia.
- Sviluppatore: entità che si occupa della realizzazione fisica dell'idea imprenditoriale secondo gli standard del settore spaziale e successivamente di dimostrare la sua fattibilità e utilizzo.
- Cliente: entità che si impegna a cofinanziare il progetto e ad impiegare la tecnologia sviluppata in un'applicazione spaziale.

- ARTES

Il programma Advanced Research in Telecommunications Systems promuove l'innovazione nel segmento della comunicazione satellitare, sostenendo, attraverso il contributo finanziario

ed operativo dell'ESA, lo sviluppo e la crescita di nuovi progetti industriali. Il programma ARTES è scomponibile in tre rami:

- *ARTES Core Competitiveness*: l'ESA offre due forme di sostegno all'industria e nello specifico con l'*Advanced Technology Programme* promuove l'innovazione tecnologia finanziando con il 100% lo sviluppo di idee relative a nuove tecnologie SATCOM; con l'*ARTES Competitiveness & Growth*, l'ESA finanzia fino all'80% le proposte che consentono un futuro sfruttamento commerciale di prodotti e servizi SATCOM.
- *Programmi di partenariato*: l'ESA utilizza accordi di partenariato con operatori satellitari e produttori per cofinanziare progetti ambiziosi caratterizzati da un elevato tasso di rischio. Questi strumenti aprono alla possibilità di intraprendere progetti pionieristici che senza la condivisione del rischio non potrebbero essere implementati. Esempi di progetti realizzati mediante accordi di partenariato includono il sistema europeo di trasmissione dei dati (EDRS); il Sistema di Identificazione Automatica Satellitare (SAT-AIS); e la Next Generation Platform (Neosat).
- *ARTES Business Applications*: l'ESA, attraverso questa componente del programma, estende i confini applicati dei sistemi SATCOM, supportando le aziende che desiderano sviluppare nuovi servizi e applicazioni terrestri che si basano sulla tecnologia o sui prodotti spaziali provenienti dal segmento delle telecomunicazioni.

- GSTP

Il General Support Technology Program ha come obiettivo lo sviluppo di progetti e prototipi tecnologici promettenti e collaudati fino a farli diventare prodotti maturi impiegabili in nuove missioni spaziali per incrementare la competitività e l'indipendenza dell'Europa. Coinvolge tutte le discipline tecnologiche del settore spaziale ad eccezione delle telecomunicazioni il cui sviluppo tecnologico, come abbia già visto, è sotto la responsabilità del programma ARTES. Negli anni il programma GSTP ha acquisito un'importanza rilevante nel panorama europeo, coinvolgendo sempre più paesi membri, nonostante la natura del programma sia facoltativa, e contribuendo ad incrementare l'innovazione tecnologia del settore e i risvolti economici delle singole Nazioni. Secondo l'ESA, infatti, 1 euro investito nel Programma si traduce, in termini commerciali in un ritorno di 3,5 euro.

Le attività condotte nel GSTP si articolano in tre specifici elementi:

- *Develop*: le attività relative a quest'area sono collegate al processo di maturazione di nuove tecnologie e tecniche che rappresentano l'elemento di base delle future innovazioni spaziali. L'ESA ha definito 3 principali frameworks in cui dividere le diverse attività riassunti nella tabella di seguito.

DEVELOP			
FRA-MEWORK	DURATA	FINANZIA-MENTO	ATTIVITÀ
De-Risk	9 mesi	< 200.000€	Coinvolge quell'insieme di attività che hanno come obiettivo la valutazione dei rischi associati allo sviluppo di una nuova tecnologia.
Advanced Manufacturing	12 mesi	< 250.000 €	Consente alle entità con un background nello spazio di vedere come l'uso della produzione avanzata potrebbe influire sui loro prodotti e output.
Building Blocks	18 mesi	< 500.000 €	Attività per collegare gli sviluppi tecnologici nazionali.

Figura 24: Descrizione dei frameworks relativi all'elemento 'Develop' del programma GSTP.

- *Make*: l'elemento 2 del programma GSTP ha l'obiettivo di supportare proposte innovative provenienti dal settore spaziale che possono essere avanzate in ogni momento dell'anno. L'ESA si impegna a finanziare il progetto al 50-75% in funzione del livello di sviluppo delle proposte e delle tipologie di aziende coinvolte.
- *Fly*: l'elemento 3 del programma GSTP coinvolge tutte quelle attività direttamente coinvolte con il processo di verifica in orbita del funzionamento di una nuova tecnologia.

- **FLPP**

Il Future Launchers Preparatory Program rientra tra i programmi facoltativi ed ha l'obiettivo di promuovere lo sviluppo di nuove tecnologie abilitanti per le missioni spaziali del futuro. Il piano strategico dell'ESA, nell'ambito dei lanci spaziali, mira a supportare quei progetti tecnologici emergenti che permettano di migliorare le prestazioni e l'affidabilità dei veicoli di lancio attuali consentendo, al contempo, di ridurre i costi operativi e il time-to-market del lanciatore per facilitare ulteriormente l'accesso allo Spazio. Attraverso il programma FLPP, l'ESA si impegna a supportare le aziende in tutte le diverse fasi dello sviluppo tecnologico, dalla definizione dei principi di base alla loro attuazione e verifica mediante test e dimostrazione in volo.

- **Boost!**

Il Commercial Space Transportation Services and Support programme si prefigge l'obiettivo di incoraggiare l'imprenditorialità nel campo del trasporto spaziale commerciale cofinanziando e supportando lo sviluppo di idee da parte del settore privato.

Il programma si articola in due specifici elementi:

- *Commercial Space Transportation Services*: fornisce la possibilità a startup, PMI e operatori affermati del settore di inviare delle proposte innovative al fine di ricevere il sostegno dell'ESA per la loro realizzazione.
- *Support to Participating States*: è rivolto invece direttamente agli Stati membri per consentire loro di perseguire obiettivi nazionali nella realizzazione di porti spaziali e dei servizi correlati.

- **Future EO**

Il programma Future EO, promosso dall'ESA, ha l'obiettivo di supportare lo sviluppo del segmento dell'osservazione della Terra in tutti i suoi aspetti principali dalla realizzazione di innovative infrastrutture spaziali abilitanti, allo sviluppo di nuove applicazioni terrestri.

L'elemento *EO Science for Society* del programma focalizza l'attenzione sull'implementazione di proposte, collegate all'osservazione della Terra, che possono rappresentare una risposta concreta alle opportunità e alle sfide emergenti e prioritarie del nostro tempo.

- **InCubed**

Il programma "Investing in Industrial Innovation" è gestito dall'ESA Φ-lab e deriva da un accordo di partenariato pubblico-privato. L'obiettivo del programma è quello di supportare lo sviluppo di idee, prodotti e servizi ritenuti validi relativi allo sfruttamento delle immagini e dei dati EO per finalità commerciali.

- **NAVISP**

Il Navigation Innovation and Support Programme supporta lo sviluppo di proposte innovative nel campo della navigazione satellitare e delle tecnologie e dei servizi PNT. Il contributo dell'ESA in questo campo è di fondamentale importanza grazie alle competenze acquisite con progetti come Galileo ed EGNOS, realizzati in collaborazione con l'UE.

Il programma NAVISP si compone di tre elementi; l'*Innovation in Satellite Navigation* e il *Competitiveness* sono rivolti al settore industriale e accademico e si focalizzano sull'implementazione di nuovi concetti, tecniche, tecnologie e servizi legati al settore PNT e sul miglioramento e sviluppo di piattaforme e sistemi esistenti mediante studi di fattibilità e attività di Proof of concept.

Il *Support to Member States* è rivolto direttamente agli Stati membri e consente loro di inviare richieste di sostegno operativo e finanziario a supporto delle attività condotte a livello nazionale nel campo della navigazione satellitare.

- PRODEX

Il PROgramme de Développement d'Expériences scientifiques è stato creato nel 1986 per consentire alle istituzioni accademiche e private, di poter partecipare attivamente alla realizzazione di un'ampia gamma di esperimenti condotti dall'ESA, promuovendo, in questo modo, la diffusione di know how e conoscenze specifiche nei diversi ambiti della società.

- Technology Transfer and Patents

Gestito dall'Ufficio per il trasferimento tecnologico e i brevetti, il programma si impegna a promuovere l'utilizzo di tecnologie e innovazioni nate in ambito spaziale in attività non spaziali coinvolgendo settori disparati dell'industria e aprendo a nuove possibilità di business e allo sviluppo di nuovi prodotti e servizi.

Ogni anno l'ESA invita i diversi players dell'industria a proporre nuove idee di sfruttamento della tecnologia spaziale;

L'identificazione delle proposte più promettenti è solo il primo step di una serie di attività condotte, con il supporto dell'ESA, per ridurre al minimo i rischi operativi ed economici associati.

Financing technology transfer demonstration activities

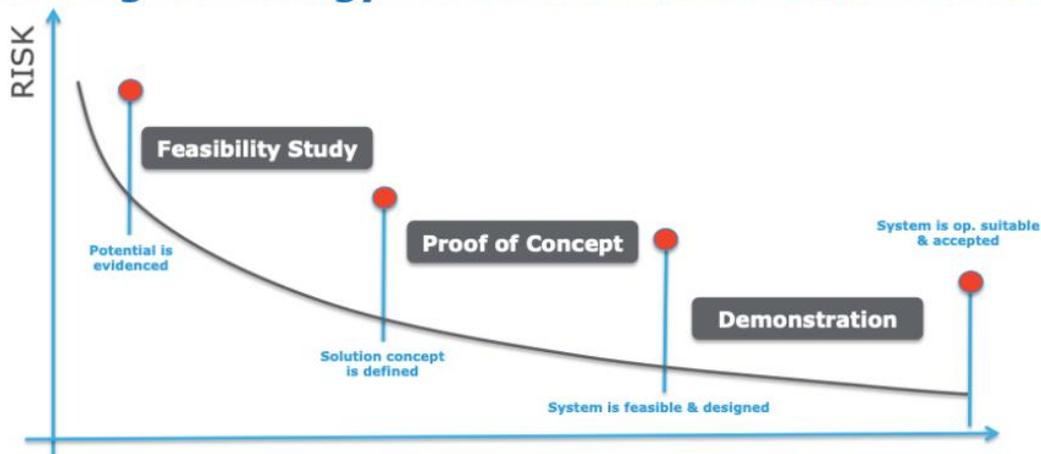


Figura 25: Fasi del programma TTP. (Fonte: ESA)

Una volta raccolta l'idea si procede con la fase di *feasibility study* che consiste in una valutazione tecnica e commerciale del trasferimento tecnologico.

L'attività successiva, denominata *Proof of Concept (PoC)*, che ha una durata di 6 mesi, riprende il lavoro fatto durante lo studio di fattibilità e consiste nell'elaborazione di un modello di business e sulla verifica sperimentale della fattibilità della proposta avanzata.

I Demonstration Projects (DP) hanno l'obiettivo di sviluppare, infine, un sistema pilota e di verificarne il funzionamento in un ambiente pre-operativo.

2.3.2 ESA Business Incubation Centres

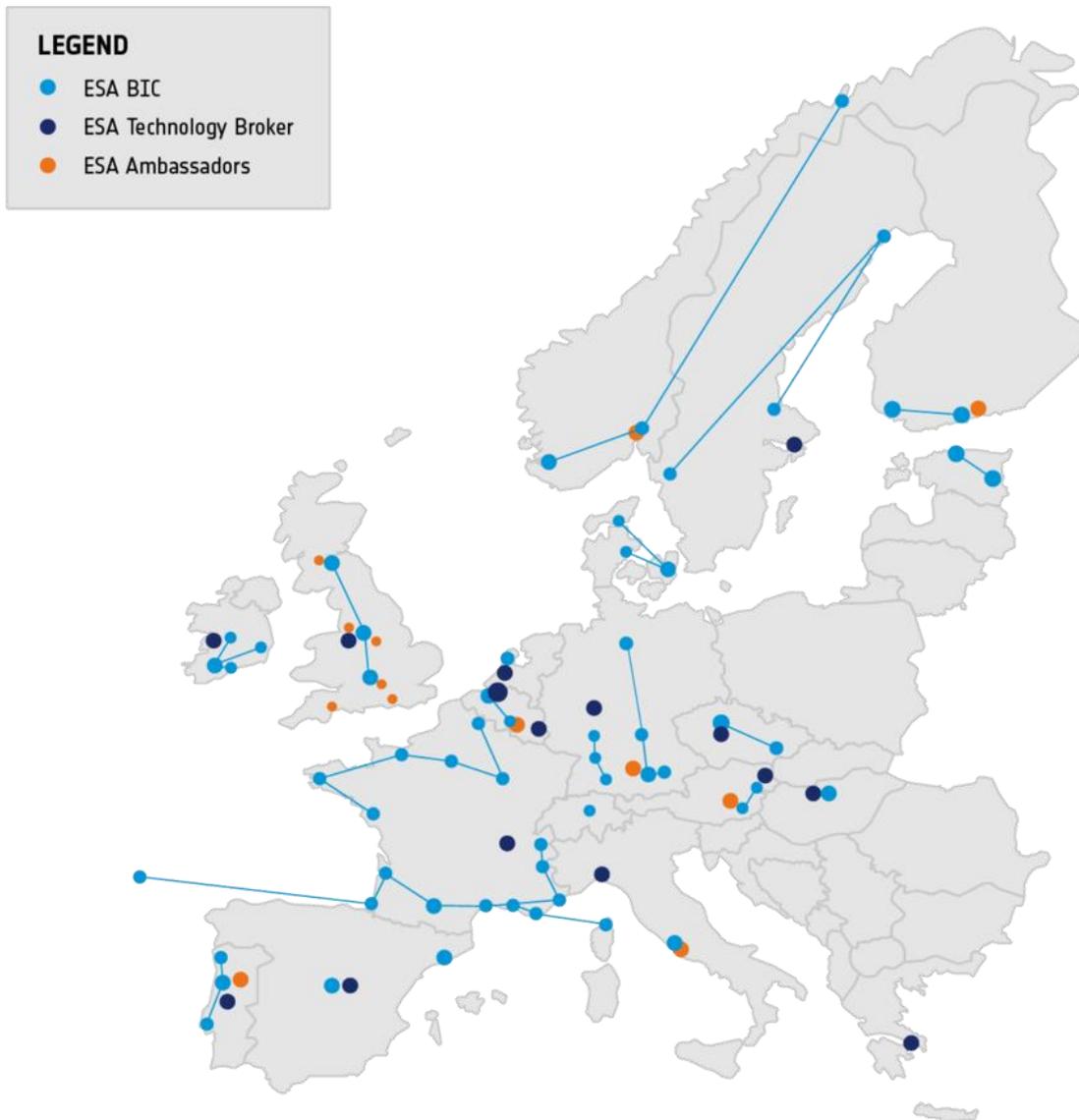


Figura 26: Sedi programmi ESABIC. (Fonte: ESA)

Con l'avvio del programma nel 2003, l'ESA ha creato un network di Business Incubation Centres dislocati in diversi paesi dell'Europa coadiuvato da una rete composta da partner istituzionali, accademici e industriali, in grado di sostenere in modo concreto lo sviluppo e la crescita di startups nel panorama Europeo. L'iniziativa, promossa dall'ESA, si è dimostrata di grande successo garantendo il supporto a più di 1000 startups europee e contribuendo alla creazione di nuovi posti di lavoro.

Ad oggi, il programma si compone di 22 BIC ed è impegnato concretamente nel trasformare idee innovative legate allo Spazio in attività imprenditoriali con un duplice obiettivo; da un lato sostenere

l'innovazione del segmento upstream incentivando lo sviluppo ulteriore delle infrastrutture spaziali; dall'altro, contribuire all'estensione delle applicazioni spaziali in settori diversi da quello spaziale coinvolgendo tutto il segmento downstream.

Le startups accettate nel programma ESABIC, possono usufruire di un periodo di incubazione di due anni presso le strutture messe a disposizione dall'ESA e dai partner associati oltre al contributo finanziario, mediante l'utilizzo di diversi strumenti, e tecnico, grazie all'impegno degli esperti presenti nei diversi centri.

Ogni BIC viene gestito da un'organizzazione locale che ha contatti diretti con entità del mondo accademico, industriale e finanziario.

La rete BIC ha da poco inaugurato l'ingresso di un nuovo centro in Italia che va ad aggiungersi all'ormai storico ESA BIC Lazio avviato nel 2009 ed ospitato e gestito dall'organizzazione governativa Lazio Innova S.p.A.; a fine 2021, infatti, l'Agenzia Spaziale Europea ha accolto la candidatura dell'incubatore I3P, del Politecnico di Torino e della Fondazione Links per la creazione di un nuovo centro, collocato a Torino, a supporto dello sviluppo tecnologico e di business delle startups più promettenti presenti sul territorio italiano. Il centro ha previsto il lancio di tre selezioni annuali, di cui una già avviata e con deadline fissata entro il 25 febbraio 2022, in collaborazione con l'Agenzia Spaziale Europea e l'Agenzia Spaziale Italiana. Le startups e i progetti imprenditoriali ammessi al programma saranno incubati presso l'incubatore del Politecnico di Torino I3P e potranno contare su un contributo finanziario iniziale di 50.000 euro oltre che a servizi di supporto tecnologico e di business gratuiti. Le attività condotte presso il centro ESA BIC Turin saranno supportate, inoltre, dalla partecipazione e dal contributo della Regione Piemonte, della Camera di commercio di Torino e della Fondazione Compagnia di San Paolo.

3. Analisi aziendale ed evidenze empiriche

3.1 Metodologia

L'attività empirica condotta per la stesura del seguente progetto di tesi ha riguardato la creazione di un database, non ancora presente sul mercato, contenente le startups che, a partire dal 2003, sono state selezionate per partecipare ai diversi programmi ESABIC europei. L'obiettivo alla base di tale lavoro, è stato quello di creare una mappatura a livello europeo dei progetti imprenditoriali con un legame diretto con lo Spazio, cercando di collocare ogni azienda in uno specifico segmento di appartenenza. A livello operativo sono state analizzate tutte le aziende presenti all'interno dei portafogli dei vari programmi, resi pubblici sui siti ufficiali dell'ESA e dei partners associati. Le aziende oggetto dello studio sono in totale 711, per ognuna delle quali è stata condotta un'analisi basata su dati raccolti attraverso canali ufficiali e interviste pubblicate sul web, al fine di realizzare una profilazione il più accurata possibile.

Il database si compone di 5 sezioni principali:

I SEZIONE "ANAGRAFICA": informazioni di carattere generale relative ad ogni azienda, tra cui il programma Esabic in cui è stata ammessa, la data di fondazione, la sede operativa e la Nazione, il sito web ufficiale e il segmento di appartenenza.

Nelle sezioni II-III si è cercato di indagare in modo più approfondito la connessione spaziale delle attività condotte dalle singole aziende prendendo come riferimento le linee guida condivise dall'ESA.

II SEZIONE "UPSTREAM": sviluppo di tecnologie o servizi che coinvolgo direttamente la 'Space Industry' in uno dei seguenti domini:

- Satellite segment
- LUNCH segment
- Ground segment
- Support technology and services

III SEZIONE "DOWNSTREAM": sfruttamento della tecnologia spaziale in un dominio non spaziale:

- Earth Observation
- Satellite Navigation
- Satellite Communication

- Technology Transfer
 - Hardware
 - Software
 - Brevetti di proprietà dell'ESA concessi in licenza
 - Processi e know how

IV SEZIONE “CAMPI APPLICATIVI”: identificazione delle possibili applicazioni delle tecnologie e dei servizi sviluppati.

V SEZIONE “FINANZIAMENTI”: raccolta, mediante l'utilizzo del programma Crunchbase Pro, dei finanziamenti che le singole startups hanno ottenuto da parte di investitori privati e pubblici.

3.2 Analisi dei dati raccolti

Le startups inserite all'interno del database ed oggetto dell'analisi provengono da 17 dei 22 programmi europei ESABIC. Non è stato possibile includere le startups ammesse nei 5 programmi restanti a causa dell'assenza di specifici portafogli nei canali ufficiali. Il grafico, di seguito, riassume in modo dettagliato il numero di startups associate ad ogni programma analizzato.

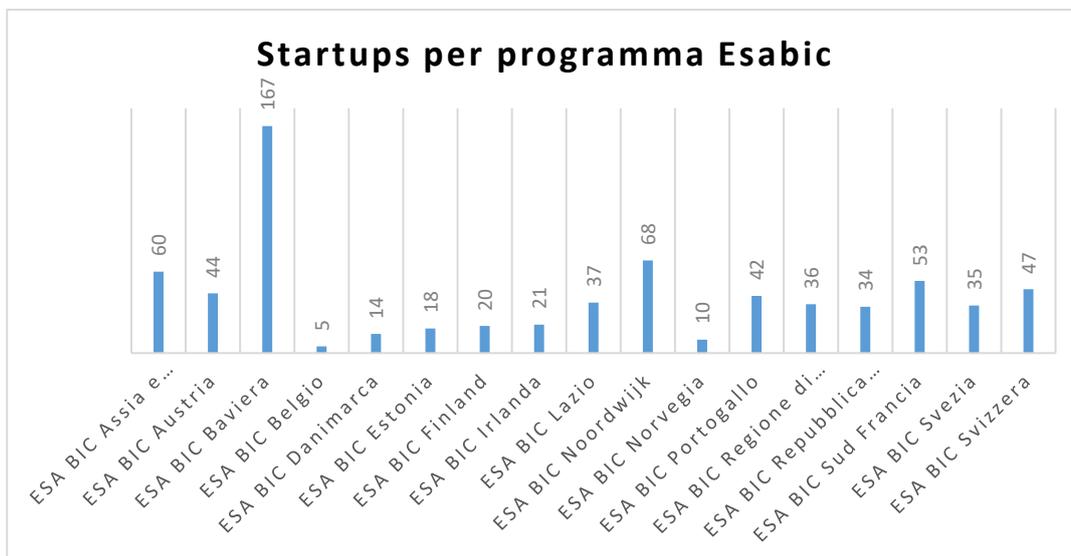


Figura 27: Numero di startups associate ad ogni programma.

Delle 711 aziende presenti all'interno del database, sono state escluse 39 startups dalle analisi prodotte per la mancanza di informazioni adeguate relative all'attività condotta. Di seguito sono proposte delle evidenze statistiche relative alla distribuzione delle aziende nei diversi domini e ai finanziamenti ottenuti, generate, appunto, dall'elaborazione dei dati raccolti.

3.2.1 Segmentazione

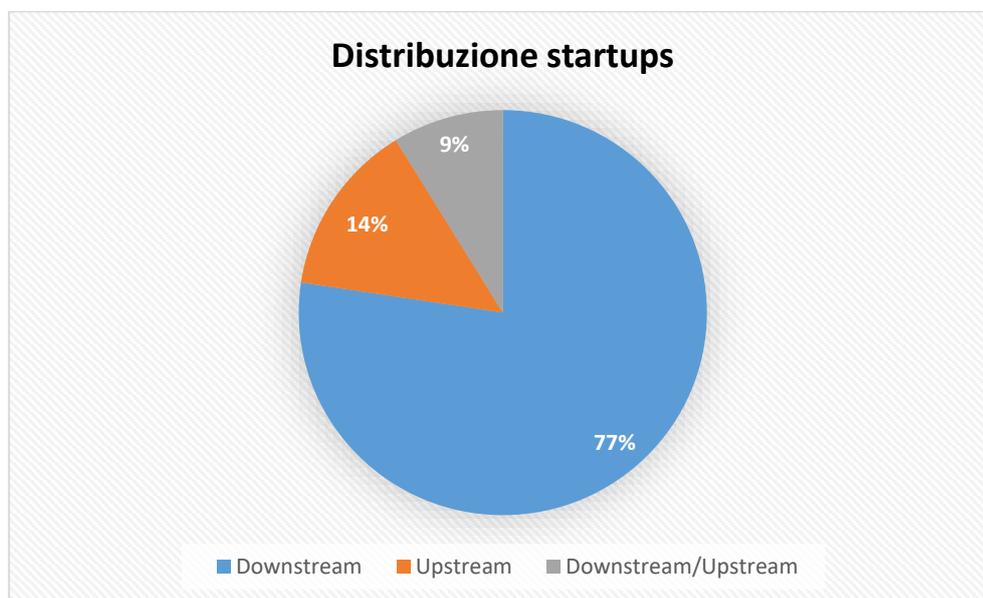


Figura 28: Segmentazione startups.

La quota predominante delle aziende analizzate è impegnata in attività correlate al segmento downstream con una quota pari al 77%. Una possibile motivazione che può giustificare una tendenza così marcata è attribuibile alle enormi potenzialità di business, in parte ancora inesprese, che la tecnologia spaziale è in grado di offrire per applicazioni terrestri aprendo alla possibilità ad attori originariamente non impegnati in attività spaziali di entrare in questo settore ampliando ulteriormente i confini applicativi.

Il diagramma permette inoltre di osservare un altro aspetto importante; il 9% delle aziende oggetto di studio sono impegnate nello sviluppo di tecnologie e/o servizi i cui risvolti applicativi coinvolgono sia il segmento spaziale che il segmento terrestre.

Focalizzando l'attenzione sui singoli segmenti di cui si è discusso in precedenza, si è cercato di categorizzare le attività condotte dalle singole startups nei rispettivi domini di appartenenza. Un aspetto molto importante da tenere in considerazione nella valutazione dei grafici che saranno proposti di seguito riguarda il fatto che ogni singola azienda può appartenere contemporaneamente a più domini, in quanto l'attività svolta può coinvolgere tecnologie e servizi tra loro di natura diversa.

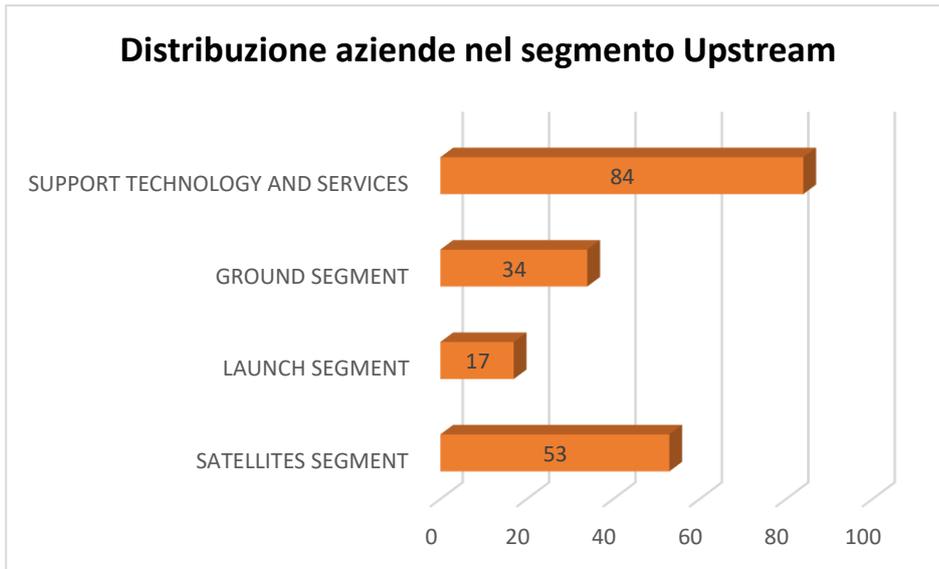


Figura 29: Distribuzione startups nei domini del segmento Upstream.

Relativamente al segmento upstream, i domini con una maggiore presenza di startups riguardano la tecnologia e i servizi di supporto e il segmento satellitare. Lo sviluppo di tecnologie innovative per l'equipaggiamento e la preparazione degli astronauti, la diffusione di nuove tecniche di produzione mediante l'additive manufacturing, lo sviluppo di materiali nuovi con proprietà meccaniche e tecniche uniche che ne consentono l'impiego per applicazioni spaziali e l'affermazione sul mercato di satelliti di piccole dimensioni sono alcune delle motivazioni che possono giustificare un trend di questo tipo. Per quanto riguarda i domini restanti, le infrastrutture del segmento di terra e le tecnologie di lancio sono ancora oggi, nonostante il progresso tecnologico (ad esempio nello sviluppo di innovativi propulsori elettrici e l'avvento di lanciatori riutilizzabili) segmenti di nicchia in cui sono necessarie conoscenze adeguate e risorse finanziarie ingenti per poter competere.

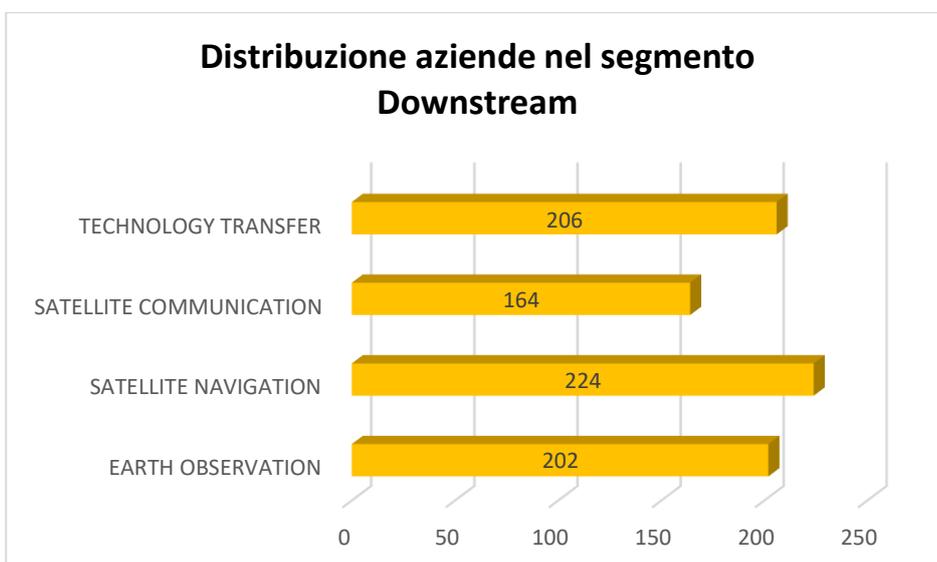


Figura 30: Distribuzione startups nei domini del segmento Downstream.

Per quanto concerne il segmento downstream, la distribuzione delle aziende nei diversi domini è pressoché simile. I livelli raggiunti nei diversi ambiti del segmento downstream sono una prova ulteriore dell'importanza che assume oggi l'ESA nel panorama Europeo, non solo nello sviluppo del settore spaziale ma anche nel progresso tecnologico dei settori non spaziali, grazie alla possibilità, per le aziende incubate, di poter disporre di dati satellitari, di tecnologie proprietarie come software, hardware e brevetti, concessi in licenza, da utilizzare in applicazioni terrestri. Un quadro dei principali campi applicativi è proposto di seguito.

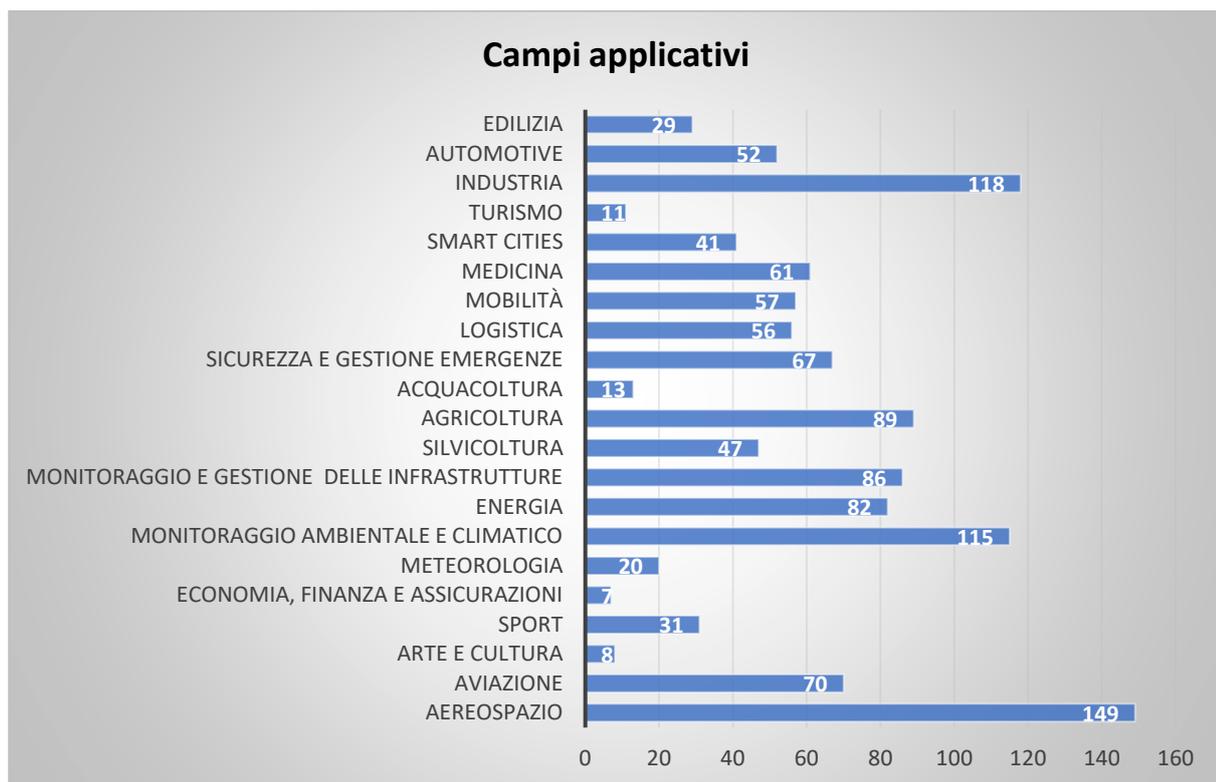


Figura 31: Campi applicativi.

3.2.1 Finanziamenti

Dopo lo studio di dimensionamento del mercato, l'analisi si è focalizzata sull'ammontare di finanziamenti che ogni startup è riuscita a raccogliere nel corso degli anni. Delle 711 aziende inizialmente analizzate, è stato possibile ottenere informazioni, mediante il programma Crunchbase Pro, dei round di finanziamento di 168. Un quadro riassuntivo dei dati raccolti è proposto di seguito.

SEGMENTO	N. AZIENDE	CAPITALE TOT. RACCOLTO	%
Upstream	18	\$273.261.100,00	14%
Downstream	130	\$1.379.743.421,00	70%
Upstream/Downstream	20	\$321.048.680,00	16%
Tot.	168	\$1.974.053.201,00	100%

Figura 32: Tabella riassuntiva dei finanziamenti raccolti dalle startups.

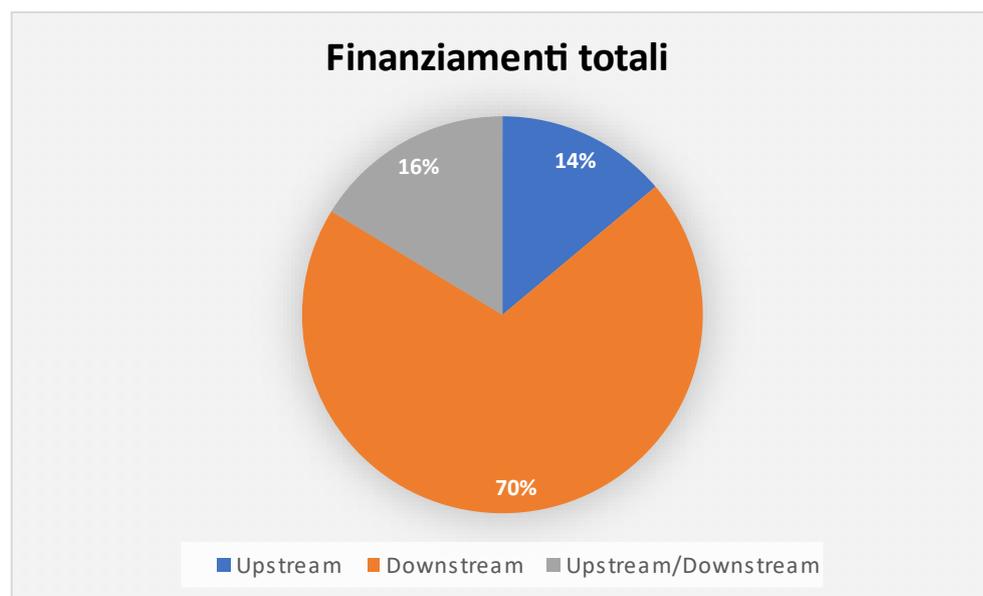


Figura 33: Distribuzione dei finanziamenti totali.

La distribuzione dei finanziamenti totali raccolti dalle aziende oggetto di studio, è un parametro utile che permette di misurare le potenzialità di business dei diversi progetti imprenditoriali e l'evoluzione del comportamento degli investitori. Il diagramma proposto evidenzia chiaramente come le startups appartenenti al segmento downstream siano state in grado di raccogliere un volume di finanziamenti nettamente superiore rispetto al segmento upstream. Alla luce dell'analisi condotta nel primo capitolo sul valore dei diversi segmenti di mercato, si è avuto modo di notare come i ritorni economici maggiori derivino, appunto, dalle attività realizzate nel segmento terrestre, giustificando quindi una maggiore propensione degli investitori verso questa tipologia di progetti.

Analizzando nel dettaglio le transazioni effettuate nel periodo 2016-2022, l'andamento temporale dei finanziamenti è il seguente:

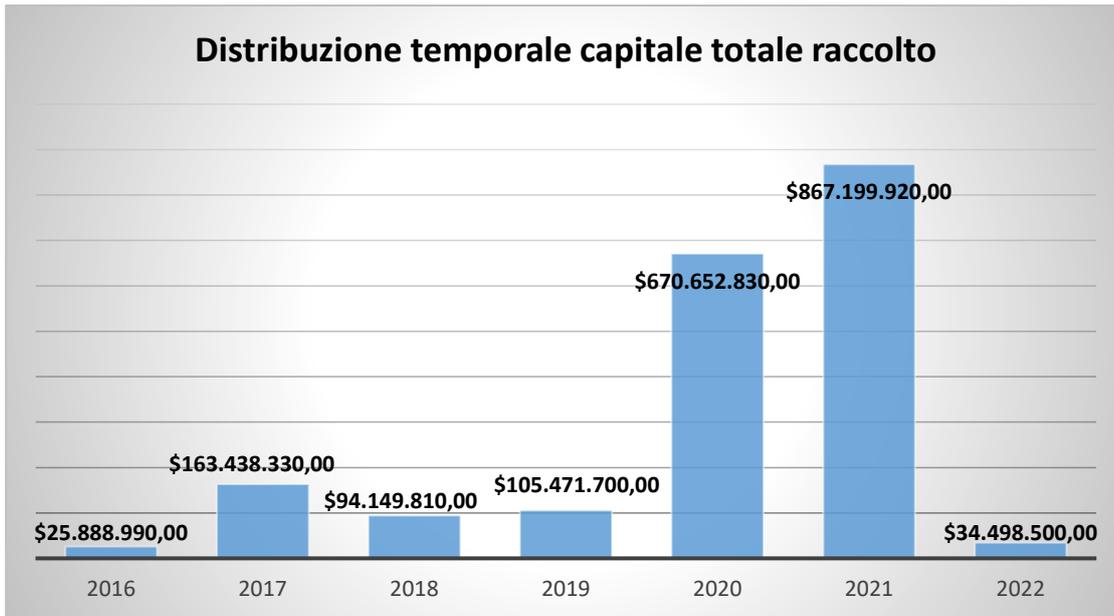


Figura 34: Distribuzione temporale dei finanziamenti totali.

Dal 2018, è possibile osservare un trend crescente nel volume di finanziamenti con un netto incremento nel periodo a cavallo degli anni 2020 e 2021. L'incremento ha coinvolto tutte le diverse fasi del financing cycle come testimoniato dai grafici proposti di seguito.

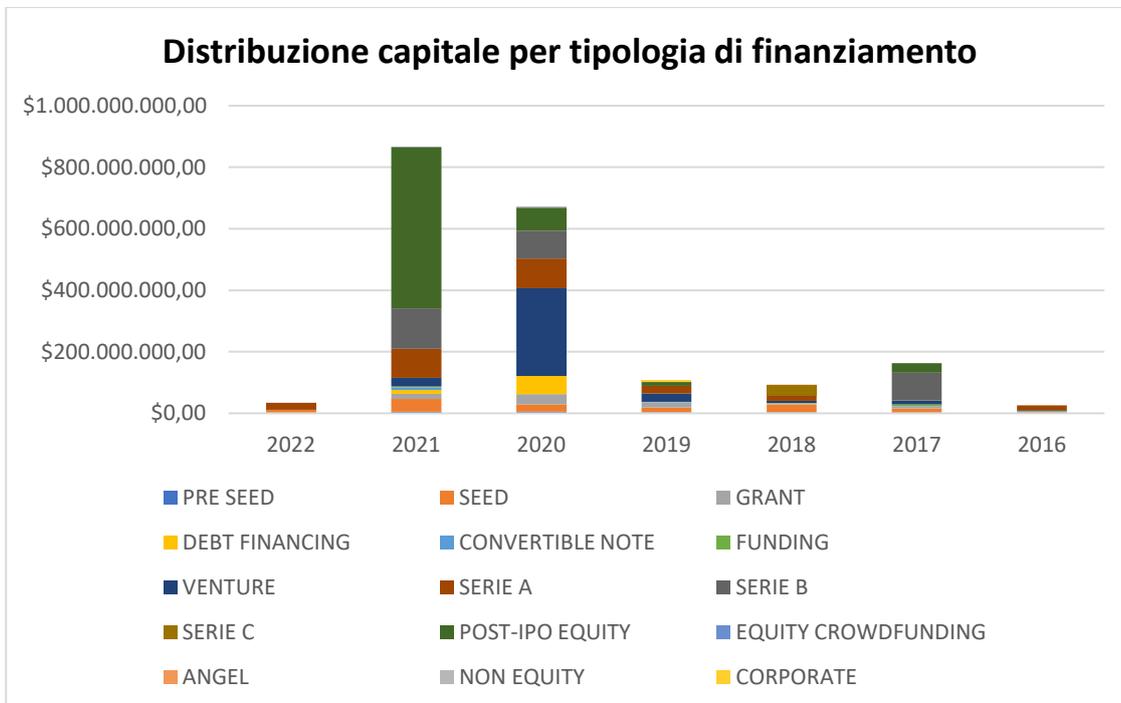


Figura 35: Distribuzione temporale dei finanziamenti totali per tipologia.

Nel corso degli ultimi 3 anni il numero totale di round si è attestato pressoché sullo stesso livello; per quanto concerne le fasi iniziale di sviluppo, i finanziamenti raccolti (pre-seed, seed, grant) sono

cresciuti in modo esponenziale passando da circa 6 Milioni di dollari nel 2016 fino a raggiungere i 63 Milioni di dollari nel 2021 testimoniando, appunto, un progressivo interesse da parte di investitori privati e pubblici nel supportare progetti embrionali. Il grafico di seguito descrive in modo dettagliato l'andamento nei diversi anni.

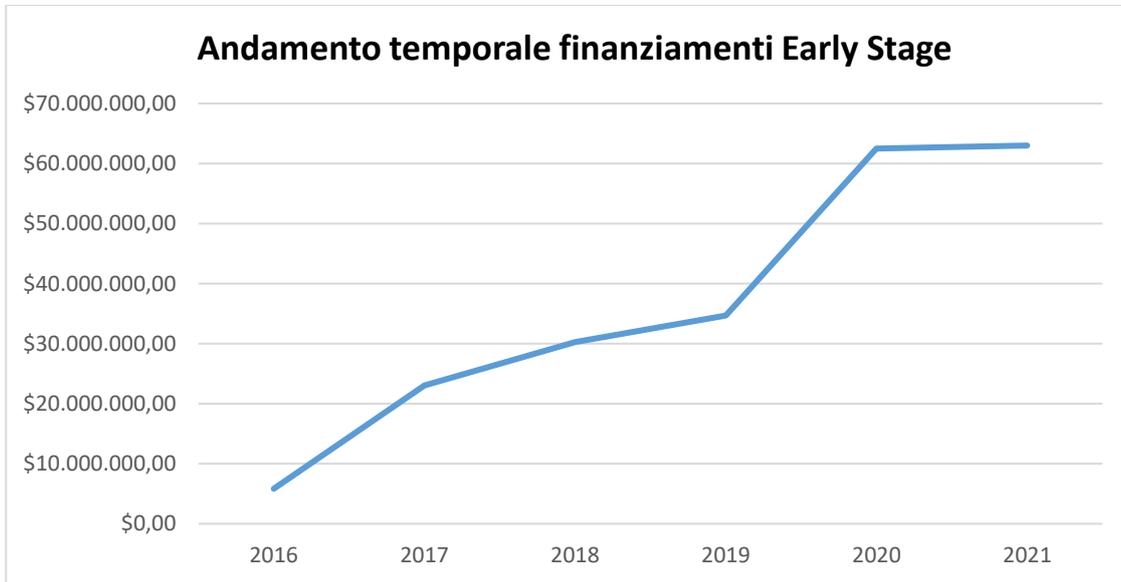


Figura 36: Andamento temporale finanziamenti Early Stage.

Un andamento del tutto simile è possibile riscontrarlo anche nei finanziamenti Early Growth (serie A e B) relativi alle fasi successive di sviluppo, con un ammontare di capitale raccolto nel 2016 di circa 15 Milioni di dollari che ha raggiunto la sorprendente cifra di 225 Milioni di dollari nel 2021.

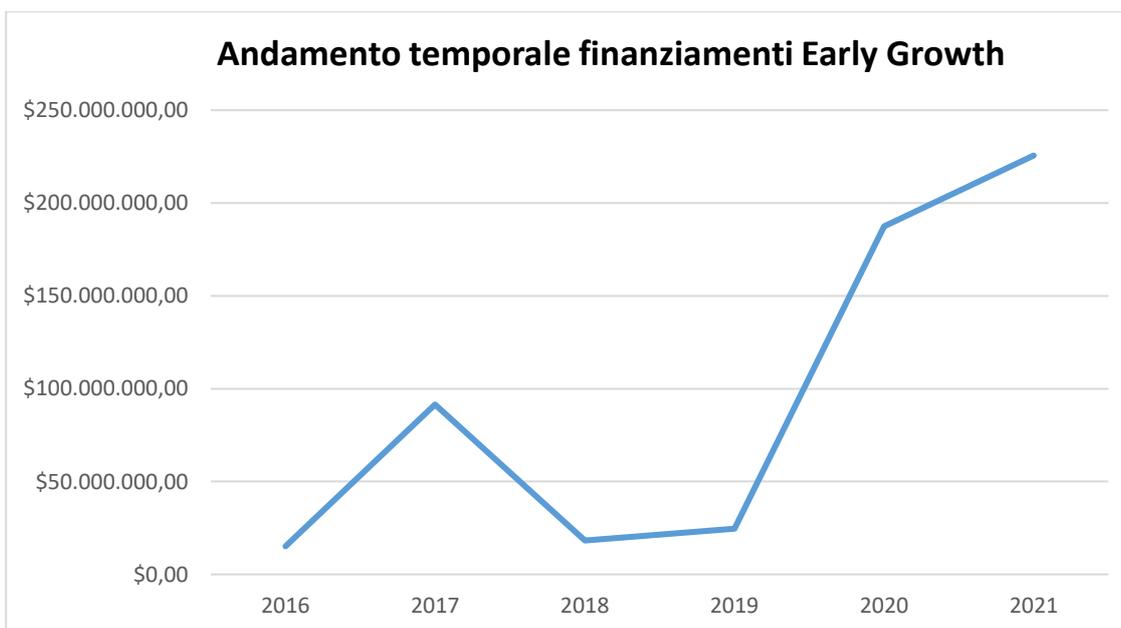


Figura 37: Andamento temporale finanziamenti Early Growth.

Un'ulteriore trends nell'ambito del funding è il recente utilizzo di piattaforme di equity crowdfunding che permettono a singoli utenti di acquistare azioni delle imprese. Secondo i dati elaborati, sia nel 2021 che nel 2020 sono stati raccolti dalle startups circa 1 Milione di dollari attraverso questo innovativo strumento, cosa invece mai verificata negli anni precedenti.

Viene proposta, infine, una raccolta delle più importanti transazioni registrate nel corso del 2021.

NOME AZIENDA	TIPOLOGIA ROUND	CAPITALE RACCOLTO
NavVis	VENTURE	\$28.200.000,00
Lilium	POST-IPO EQUITY	\$450.000.000,00
Isar Aerospace Technologies	SERIE B	\$75.000.000,00
Capmo	SERIE B	\$30.600.000,00
Blickfeld	SERIE A	\$31.000.000,00
Twaice	SERIE B	\$25.900.000,00
Mynaric	POST-IPO EQUITY	\$75.000.000,00

Figura 38: Principali round di finanziamento nel 2021.

Nei capitoli precedenti si è dato particolare risalto alle prospettive imprenditoriali collegate allo sfruttamento di risorse e/o dati provenienti dal comparto spaziale; la nascita di nuove venture capital dedicate proprio per supportare la Space Economy e la crescente propensione, da parte di investitori privati e pubblici, nel mettere a disposizione ingenti capitali per l'implementazione di idee imprenditoriali legate allo Spazio, sono ulteriori riprove della fiducia crescente verso il cambiamento che è in atto.

3.3 Casi studio aziendali

Di seguito, viene proposta l'analisi di alcune realtà aziendali, presenti nel panorama italiano ed europeo, i cui progetti imprenditoriali hanno riscosso un successo tale da incentivare affermati players pubblici e privati a contribuire operativamente e finanziariamente alla loro implementazione.

3.3.1 Tyvak

Tyvak International SRL, fondata nel 2015 e appartenente al Terran Orbital Corporation, è un'azienda leader nel campo dei prodotti e dei servizi legati ai veicoli spaziali di piccola dimensione. Con sede a Torino, l'azienda ha incentrato la sua attività nella ricerca e nello sviluppo di innovative tecnologie spaziali e di processi agile, per fornire nano-satelliti, componentistica miniaturizzata e servizi abilitanti per missioni governative e commerciali. Le principali piattaforme satellitari proposte dall'azienda sono riassunte nella tabella seguente:



	TRESTLES 6U	TRESTLES 12U	MAVERICKS MICROSAT
PAYLOAD MASS	3 kg	13 kg	Mission Dependent
PAYLOAD VOLUME	~3U	~9U	Mission Dependent
PAYLOAD PEAK POWER	180W	180W	>2kW
POWER SYSTEM	10 to 12.6V Battery	10 to 12.6V Battery	33 or 66V Battery
SOLAR ARRAY PEAK POWER	40W, 60W, or 120W	40W, 60W, or 120W	375W
SINGLE AXIS SUN TRACKING	Nano Solar Array Drive	Nano Solar Array Drive	Micro Solar Array Drive
SOLAR ARRAY DRIVE			
GUIDANCE, NAVIGATION AND CONTROL	Fine, Coarse, General, Sun, Ground Track, Inertia Track, and Safe Modes		
POSITION KNOWLEDGE	+/- 5m	+/- 5m	+/- 5m
DATA BUSES	RS-422, Ethernet	RS-422, Ethernet	RS-422, Ethernet
BUS PROVIDED REDUNDANT STORAGE	4GB	4GB	Up to 10TB
COMM	Uplink: UHF, S-Band Downlink: UHF, S-Band, X-Band	Uplink: UHF, S-Band Downlink: UHF, S-Band, X-Band	Uplink: UHF, S-Band Downlink: UHF, S-Band, X-Band, Ka-Band
COMMAND AND TELEMETRY RADIO TRANSMITTERS	9.6kbps to 2Mbps	9.6kbps to 2Mbps	9.6kbps to 2Mbps
COMMAND AND TELEMETRY RADIO RECEIVERS	100bps to 125kbps	100bps to 125kbps	100bps to 125kbps
MEDIUM DATA RATE TRANSMITTER + 128GB STORAGE	2Mbps to 50Mbps	2Mbps to 50Mbps	2Mbps to 50Mbps
HIGH DATA RATE TRANSMITTER + 10TB STORAGE	Contact Us	Up to 1Gbps	Up to 1Gbps
PROPULSION	10 to 300 m/s	10 to 300 m/s	10 to 300 m/s

Figura 39: Piattaforme satellitari prodotte da Tyvak. (fonte: website Tyvak)

L'azienda è impegnata nella creazione di numerose partnerships con diversi stakeholder dell'ecosistema spaziale coinvolgendo PMI, centri di ricerca, università, agenzie governative, per estendere ulteriormente le proprie competenze al fine di rendere più semplice ed economico l'accesso allo Spazio. Tyvak realizza, inoltre, servizi di consulenza specifici che non si limitano alla produzione e fornitura di veicoli e componentistica spaziale, ma coprono tutte le diverse fasi in cui si articola una missione nello Spazio, dalla progettazione e analisi di fattibilità fino all'integrazione dei veicoli satellitari con i sistemi di lancio, al controllo della missione e ai servizi di assicurazione per la gestione del rischio di fallimento, focalizzandosi sempre sulle esigenze dei singoli clienti e sugli obiettivi da raggiungere. Le innovative tecnologie messe a disposizione dall'azienda permettono un loro impiego in numerose applicazioni: in ambito accademico e nella ricerca consentono di realizzare missioni dimostrative in orbita; permettono, inoltre, di raccogliere informazioni utili relative al monitoraggio climatico, alla gestione dei disastri e alla sicurezza, di particolare interesse per le autorità governative, e ,infine, possono essere impiegate per applicazioni commerciali nel campo delle telecomunicazioni abilitando la connessione Machine-To-Machine. Secondo i dati presenti sul programma Crunchbase Pro, l'azienda ha realizzato un unico grant round nel 2016 raccogliendo un ammontare di capitale pari a 2 milioni di euro.

3.3.2 AIKO

AIKO S.r.l. è un'azienda innovativa deep-tech impegnata nello sviluppo di soluzioni digitali integrabili in tecnologie e applicazioni spaziali. La mission dell'azienda è quella di fornire software di intelligenza artificiale all'avanguardia per il settore spaziale con un duplice obiettivo: ridurre l'impatto dei costi per condurre missioni in orbita e al contempo aumentare l'efficienza e le prestazioni dei satelliti rendendoli più autonomi ed intelligenti. L'azienda, fondata nel 2017, è incubata presso l'incubatore universitario I3P del Politecnico di Torino ed è attualmente impegnata in progetti di ricerca e collaborazione con importanti stakeholders del panorama mondiale tra cui ESA e NASA JPL. Le competenze dell'azienda rientrano nell'ambito del Deep Learning, dei Knowledge-Based Systems e nello sviluppo di software embedded che trovano impiego in applicazioni sia direttamente in orbita che nei servizi di supporto a Terra. Nel primo caso le soluzioni proposte permettono una migliore comprensione dei dati satellitari, consentendo tra le altre cose, analisi automatiche dei dati in base al contenuto delle informazioni, manutenzione e gestione predittiva dei guasti e coordinamento tra i satelliti appartenenti alla stessa costellazione. A terra, gli operatori del ground segment possono prendere decisioni più informate sulla gestione delle missioni spaziali, grazie ai dati raccolti e messi a disposizione dai diversi software, in grado di segnalare possibili nuovi modelli e relazioni.

I prodotti di punta dell'azienda sono:

- *CLARITY*

Software di deep learning, integrabile a bordo della maggior parte dei satelliti di osservazione della Terra presenti sul mercato, che consente l'elaborazione avanzata dei dati EO direttamente in orbita, eliminando automaticamente le immagini ottiche inutilizzabili per applicazioni a valle (ad esempio per la presenza di nuvole). L'implementazione di questa tecnologia consente un aumento dello spazio di archiviazione disponibile a bordo fino al 40%, e una riduzione dei costi relativi al downlink dei dati e alle attività di archiviazione ed elaborazione a terra.

- *MIRAGE*



Figura 40: Rappresentazione schematica relativa al funzionamento del software Mirage. (fonte: website AIKO)

Software di Intelligenza Artificiale che, avvalendosi dei dati raccolti in tempo reale durante la missione, permette di prendere delle decisioni in completa autonomia consentendo una gestione immediata di possibili eventi non pianificati, spostando, in parte, il processo decisionale direttamente sul satellite e riducendo la necessità di un intervento degli operatori del Mission Control Center.

L'azienda ha raccolto, secondo i dati consultabili sul programma Crunchbase Pro, finanziamenti per circa 2 milioni di euro. Una quota considerevole dei finanziamenti totali è stata ottenuta nel Seed round del 2020 con la concessione di 1,5 milioni di euro ad opera di Primo Ventures.

3.3.3 Leaf Space

Leaf Space è una startup italiana, fondata nel 2014, con sede a Lomazzo che fornisce soluzioni nell'ambito della New Space Economy volte a semplificare l'accesso allo Spazio per gli operatori impegnati nello sviluppo di microsatelliti. Grazie ad una affidabile infrastruttura di stazioni di terra,

l'azienda è stata una delle prime ad aver esteso il concetto di as-a-service al mercato spaziale, offrendo servizi GSaaS adattabili alle specifiche esigenze dei diversi utenti mediante le soluzioni *Leaf Line* e *Leaf Key*. Come abbiamo avuto modo di discutere nei capitoli precedenti, l'implementazione di queste nuove soluzioni di outsourcing per la comunicazione tra satelliti e stazioni di terra ha riscosso un notevole successo contribuendo a ridurre significativamente i costi e il time-to-market delle missioni nello Spazio e ad aumentare la sicurezza informatica durante la trasmissione dei dati. L'azienda, secondo i dati disponibili attraverso il programma Crunchbase Pro, ha raccolto negli ultimi anni un ammontare di finanziamenti pari a €5.4M da investitori come RedSeed Ventures, EASME, PoliHub, Como Venture, Key Capital con un ultimo round Serie A realizzato nel 2020 che ha messo a disposizione dell'azienda liquidità per 3 Milioni di euro.

3.3.4 D-Orbit

D-Orbit è una società New Space leader nel settore della logistica spaziale e dei servizi di trasporto. L'azienda, fondata nel 2011 con sede a Como e con filiali dislocate in diversi paesi del mondo, tra cui Lisbona, Portogallo, Harwell, Regno Unito e Washington DC, ha sviluppato tecnologie proprietarie innovative in grado di semplificare l'accesso allo Spazio fornendo soluzioni flessibili a seconda delle esigenze e degli obiettivi degli utenti. L'impegno nell'implementare modelli di business, non solo orientati al profitto, ma anche al perseguimento di finalità di interesse sociale e a tutela dell'ambiente (tra cui la ricerca nell'ambito dello smaltimento dei detriti spaziali in collaborazione con l'Agenzia Spaziale Europea), ha consentito alla D-Orbit di diventare la prima azienda spaziale B-Corp certificata al mondo. La D-Orbit fa, inoltre, parte della rete di startups che sono state ammesse ai programmi ESA, dopo aver condotto un periodo di incubazione dal 2015 al 2017 presso la sede DNA Cascais del programma ESABIC Portugal.

I servizi offerti dall'azienda sono molteplici e di facile adattabilità ai diversi casi d'uso; nell'ambito del trasporto spaziale l'azienda fornisce servizi sia per il lancio di singoli veicoli spaziali che per l'accesso in orbita a costellazione di cubesat, resi possibili grazie alla piattaforma proprietaria ION Satellite Carrier che è in grado di ospitare contemporaneamente combinazioni diverse di Cubesat fino ad un volume massimo di 64 U e di distribuire, durante lo stesso lancio, le strutture satellitari in orbite collocate ad altitudini diverse. D-Orbit fornisce, inoltre, AURORA, un software di controllo della missione personalizzabile, impiegabile sia per il monitoraggio di singoli satelliti che per un'intera costellazione. Secondo i dati ricavati dal programma Crunchbase Pro, i finanziamenti totali raccolti dall'azienda ammontano a 21,25 milioni di euro. L'ultimo round, relativo al 2020 e di tipo debt financing, ha permesso all'azienda di ottenere liquidità per 15 milioni di euro.

3.3.5 Solar Foods

Solar Foods è un'azienda finlandese specializzata in tecnologia alimentare, fondata nel 2017 come spin-off di un progetto di ricerca realizzato in collaborazione con il centro VTT e l'Università finlandese LUT. L'azienda impegnata nello sviluppo di nuovi metodi per la produzione alimentare sostenibile, ha brevettato un rivoluzionario bio-processo in grado di produrre una sostanza proteica, denominata Soleina, utilizzando solo energia rinnovabile.

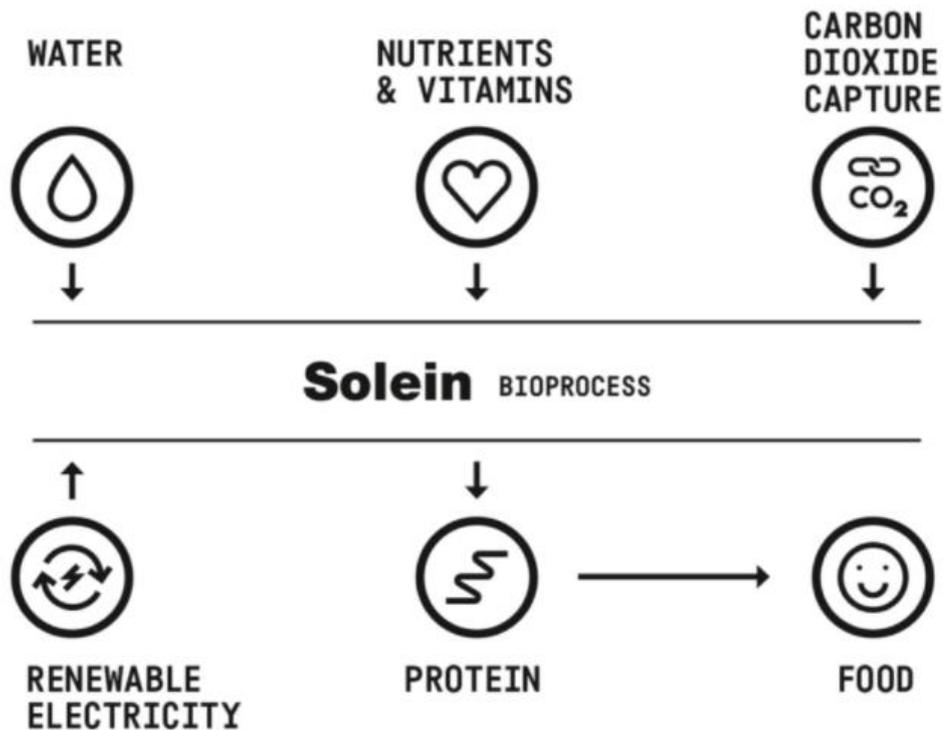


Figura 41: Rappresentazione schematica del bio-processo. (fonte: ESA)

Il metodo implementato da Solar Foods è indipendente dalle condizioni climatiche ed ambientali in cui avviene il processo, in quanto richiede come materie in input solo anidride carbonica, acqua, elettricità ed oligoelementi. L'energia elettrica viene utilizzata per scindere le molecole d'acqua e ricavare da esse l'idrogeno che, combinato con l'anidride carbonica ed altre sostanze, tra cui potassio e sodio, permette di alimentare particolari batteri naturali in grado appunto di generare la Soleina. La possibilità di utilizzare questo tipo di tecnica di produzione anche in ambienti particolarmente complessi con limitate risorse e in ambienti chiusi, ha portato l'azienda ad essere selezionata per un periodo di incubazione presso il programma ESABIC Finland. Durante la collaborazione con l'ESA, l'azienda si è impegnata nel cercare di adattare il suo innovativo bio-processo per applicazioni spaziali, proponendo e sviluppando soluzioni per consentire agli astronauti di alimentarsi durante le future missioni su Marte.

L'innovativo progetto di Solar Foods, le ha permesso di raccogliere, in questi anni, ingenti capitali

per finanziare la propria attività. Secondo i dati condivisi da Crunchbase Pro, i finanziamenti ottenuti, ammontano a circa 37 milioni di euro. Nell'ultimo round, realizzato nel 2021, l'azienda ha ricevuto 10 milioni di euro.

3.3.6 Isar Aerospace

Isar Aerospace è una startup tedesca fondata nel 2018 con sede ad Ottobrunn, specializzata nello sviluppo di tecnologie relative al trasporto spaziale. Grazie al contributo finanziario di investitori privati e pubblici, l'azienda è impegnata nel rendere lo Spazio una meta facilmente ed economicamente raggiungibile mediante *Spectrum*, un veicolo di lancio a due stadi ad alte prestazioni basato su una propulsione pulita (ossigeno liquido e propano) e destinato al trasporto di satelliti di piccole e medie dimensioni. Le attività di progettazione e produzione sono condotte completamente all'interno dell'azienda e si basano sull'integrazione delle più recenti tecnologie, dall'analisi avanzata dei dati, che consente una maggiore automazione delle fasi di progettazione, all'utilizzo di tecniche di produzione additiva che, integrate con materiali compositi in carbonio, permette di realizzare parti complesse in modo più flessibile migliorando le prestazioni, i tempi di produzione e costi associati. Il veicolo, con un'altezza di 28 m e diametro di 2 m, è in grado di raggiungere una capacità di carico utile fino ad una tonnellata per viaggi in orbita bassa. L'azienda ha potuto contare, in questi anni, del contributo di molti investitori pubblici e privati riuscendo a raccogliere circa 160 milioni di euro in 3 diversi rounds finanziari. Un ruolo fondamentale nello sviluppo dell'azienda lo ha ricoperto l'ESA; nel 2017, il progetto dell'azienda è stato selezionato per entrare a far parte del programma ESABIC Bavaria dove ha ricevuto un importante contributo finanziario ed operativo iniziale per la sua implementazione. Negli ultimi anni, inoltre, l'azienda ha firmato due contratti con l'ESA nell'ambito del programma Boost. L'ultimo, sottoscritto nel 2021 dal valore di 11 milioni di euro, garantisce alla Isar Aerospace supporto da parte dell'ESA nella preparazione di due voli dimostrativi di *Spectrum* previsti nel 2022 e nel 2023.

CONCLUSIONE

L'affermazione a livello globale della Space Economy ha prodotto cambiamenti tangibili generando esternalità positive in gran parte dei settori dell'economia. Dalla trattazione appena affrontata, si può evincere come lo Spazio ha assunto un ruolo chiave non solo in termini di crescita economica ma nel creare, anche, una maggiore consapevolezza e sensibilità verso problematiche sociali e ambientali. L'emergenza climatica, le disuguaglianze sociali, la disomogeneità finanziaria, la transazione energetica, sono tematiche prioritarie che devono essere gestite nell'immediato. In questo senso, lo Spazio può contribuire in modo determinante nel fornire strumenti in grado di abilitare strategie risolutive per affrontare le sfide del nostro tempo. Il percorso di innovazione tracciato dal settore spaziale, mediante processi di trasferimento e integrazione tecnologica, rappresenta una prova concreta di come i concetti di innovazione, sostenibilità e profitto non sono tra loro antitetici ma altresì, se opportunamente combinati, possono contribuire a generare un circolo virtuoso i cui frutti saranno il benessere sociale ed ambientale. Solo aggiornando periodicamente gli obiettivi da perseguire, dando eco alle esigenze di tutti, sarà possibile alimentare questo processo di crescita globale. Fondamentale sarà ancora il ruolo delle istituzioni pubbliche: l'adozione di nuovi strumenti di supporto finanziario ed operativo, a sostegno di nuove e già affermate realtà imprenditoriali, sarà un requisito essenziale per la proliferazione di nuove idee, principale motore propulsivo nell'ambito di un rinnovamento continuo e duraturo nel tempo. La Space Industry dovrà sostenere in modo ancora più concreto la politica di democratizzazione dello Spazio che è attualmente in atto; la cooperazione tra entità con background tecnico-scientifici diversi si è dimostrata uno degli elementi di successo dell'evoluzione spaziale e, se ulteriormente incentivata, potrà contribuire in futuro a risolvere le sfide che attualmente il settore spaziale si trova ad affrontare, tra cui la riduzione dei costi di produzione, l'integrazione tra tecnologie spaziali e la gestione dei big data spianando la strada a nuove prospettive di business.

BIBLIOGRAFIA

OECD, (2014), *“The Space Economy at a Glance”*.

OECD, (2018), *“Private Equity Investment in Artificial Intelligence”*.

<https://www.oecd.org/going-digital/ai/private-equity-investment-in-artificial-intelligence.pdf>.

OECD, (2019), *“The Space Economy in Figures: How Space Contributes to the Global Economy”*.

<https://www.oecd.org/innovation/the-space-economy-in-figures-c5996201-en.htm>.

OECD Space Forum, (2020), *“Measuring the Economic Impact of the Space Sector”*.

ESA, (2019), *“In Space economy: creating value for Europe”*.

PwC France, The European Commission, (2019), *“Copernicus Market Report”*.

PwC France, (2020), *“Main Trends & Challenges in the Space Sector”*.

GSA, The European Commission, (2019), *“GNSS Market Report”*.

De Concini A., Toth J., (2019), *“The future of the European space sector”*. European Investment Bank.

Euroconsult, (2021), *“Earth Observation Data & Services Market”*. (extract)

Euroconsult, (2021), *“Space Economy Report”*. (extract)

Strada G. M., Sasanelli N., (2018), *“Growing the Space Economy: The Downstream Segment as a Driver”*.

BryceTech, (2020), *“Start-up Space: update on investment in commercial space ventures”*.

BryceTech, (2021), *“State of the Satellite Industry”*.

BryceTech, (2021), *“Smallsats by the Numbers”*.

Messeni Petruzzelli A., Panniello U., (2019), “*Space economy: Storia e prospettive di business*”. Milano: Franco Angeli.

Arthur D. Little, (2019), “*Capturing value from earth observation analytics*”.

ASD EUROSPACE, (2021), “*Eurospace facts & figures*”.

Space Foundation, (2020), “*The Space Report*”.

SpaceTech Analytics, (2021), “*SpaceTech Industry Landscape Overview*”.

ASI, ICE, (2020), “*Italian Space Industry: Products - Services - Applications – Technologies Catalogue*”.

European Space Policy Institute (ESPI), (2021), “*ESPI Report 78 - Space Venture Europe 2020*”.

European Space Policy Institute (ESPI), (2020), “*ESPI Report 75 - European Space Strategy in a Global Context - Full Report*”.

European Space Policy Institute (ESPI), (2019), “*ESPI Report 70 - Evolution of the Role of Space Agencies - Full Report*”.

European Space Policy Institute (ESPI), (2017), “*The Rise of Private Actors in the Space Sector – Executive Summary*”.

United Nations Office of Outer Space Affairs (UNOOSA), (2021), “*Space Economy Initiative 2020 Outcome Report*”.

SITOGRAFIA

AstroSpace, (2022), *“Perché la Space Economy è in crescita esponenziale?”* - Spazio Blog.
<https://www.astrospace.it/2021/04/28/perche-la-space-economy-e-in-crescita-esponenziale-spazio-blog>

BacktoWork, (2022), *“Space Economy: la nuova frontiera dell'innovazione”*.
<https://www.backtowork24.com/news/space-economy-la-nuova-frontiera-innovazione>

ISPI, (2022), *“Nanosatelliti: il monopolio va in orbita”*.
<https://www.ispionline.it/it/pubblicazione/nanosatelliti-il-monopolio-va-orbita-32597>

ISPI, (2022), *“Il futuro è in orbita”*.
<https://www.ispionline.it/it/pubblicazione/il-futuro-e-orbita-32843>

Morning Future, (2022), *“Innovation in space - Morning Future”*.
<https://www.morningfuture.com/en/2021/03/10/space-economy-innovation-business/>

Iridium Satellite Communications, (2022), *“What is Satellite IoT and How is it Used?”*.
<https://www.iridium.com/blog/2021/04/01/what-is-satellite-iot-and-how-is-it-used/>

Nasdaq, (2022), *“Four Megatrends Elevating the Commercial Space Industry”*.
<https://www.nasdaq.com/articles/four-megatrends-elevating-the-commercial-space-industry-2021-10-28>

Blog.osservatori.net, (2022), *“Space Economy: che cos'è e perché è un trend che interessa tutti!”*.
https://blog.osservatori.net/it_it/space-economy-perch%C3%A9-interessa-tutti

Il Giornale delle PMI, (2022), *“Dalla space economy grandi opportunità di innovazione per le imprese, ma il potenziale è ancora da cogliere”*.
<https://www.giornaledellepmi.it/dalla-space-economy-grandi-opportunita-di-innovazione-per-le-imprese-ma-il-potenziale-e-ancora-da-cogliere/>

Euspa.europa.eu, (2022), *“Industry and value chain”*.

<https://www.euspa.europa.eu/euspace-applications/industry-and-value-chain>

Forbes Itali, (2022), *“Decolla la Space economy: l'Italia è sesta al mondo per spese spaziali in rapporto al Pil”*.

<https://forbes.it/2022/01/25/space-economy-italia-sesta-al-mondo-per-spesse-spaziali/#:~:text=Sono%2088%20i%20paesi%20nel,miliardo%20di%20dollari%20all'anno.>

ESA, (2022), *“Orbite satellitari”*.

https://www.esa.int/SPECIALS/Eduspace_IT/SEMRCWZRA0G_0.html

Analysis, S., (2022), *“SmarTech Analysis Report: The Additive Manufacturing Market in the Private Space Industry Will Reach \$2.1B by 2026”*.

<https://www.prnewswire.com/news-releases/smartech-analysis-report-the-additive-manufacturing-market-in-the-private-space-industry-will-reach-2-1b-by-2026--301370217.html>

Iia.cnr.it, (2022), *“Osservazione della Terra”*.

<https://iia.cnr.it/macroarea-tecnologie/osservazione-terra/>

ESA, (2022), *“Cos'è il telerilevamento?”*.

https://www.esa.int/SPECIALS/Eduspace_IT/SEMD6RZRA0G_0.html

Digikey, (2022), *“Come implementare rapidamente moduli GNSS multi-costellazione per il posizionamento”*.

<https://www.digikey.it/it/articles/how-to-quickly-implement-positioning-multi-constellation-gnss-modules>

Mise, (2022), *“Space Economy”*.

<https://www.mise.gov.it/index.php/it/impresa/competitivita-e-nuove-impresespace-economy>

ASI, (2022), *“Space Economy & Innovazione”*.

<https://www.asi.it/space-economy/>

SpacEconomy 360, (2022), *“Space economy, che cos'è e quanto vale il business. Italia in pole*

position”.

<https://www.spaceeconomy360.it/politiche-spazio/space-economy-business-da-1-trilione-di-dollari-italia-in-pole-position/>

SpacEconomy 360, (2022), “*Turismo Spaziale: Guida Galattica per un Weekend Fuori-Pianeta (se puoi permettertelo)*”.

<https://www.spaceeconomy360.it/turismo-spaziale/turismo-spaziale-un-affaire-per-pochi-ma-le-cose-cambieranno/>

ESA, (2022), “*Europe's Copernicus programme*”.

https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Copernicus/Europe_s_Copernicus_programme

ESA, (2022), “*ESA programmes and activities of interest to SMEs*”.

https://www.esa.int/About_Us/Business_with_ESA/Small_and_Medium_Sized_Enterprises/ESA_programmes_and_activities_of_interest_to_SMEs#FEO

Spacesolutions.esa.int, (2022), “*ESA Space Solutions*”.

<https://spacesolutions.esa.int/>

ESA, (2022), “*About the Technology Development Element programme (TDE)*”.

https://www.esa.int/Enabling_Support/Space_Engineering_Technology/Shaping_the_Future/About_the_Technology_Development_Element_programme_TDE

ESA, (2022), “*About the General Support Technology Programme (GSTP)*”.

https://www.esa.int/Enabling_Support/Space_Engineering_Technology/Shaping_the_Future/About_the_General_Support_Technology_Programme_GSTP

Artes.esa.int, (2022), “*Activities*”.

<https://artes.esa.int/our-activities>

Artes.esa.int, (2022), “*Core Competitiveness*”.

<https://artes.esa.int/core-competitiveness>

ESA, (2022), “*Boost! – ESA's Commercial Space Transportation Services and Support Programme*”.

https://www.esa.int/Enabling_Support/Space_Transportation/Boost%21_ESA_s_Commercial_Space_Transportation_Services_and_Support_Programme

ESA, (2022), “*FutureEO*”.

https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/FutureEO

Navisp.esa.int, (2022), “*ESA's NAVISP Programmes*”.

<https://navisp.esa.int/>

Sci.esa.int, (2022), “*ESA Science & Technology – PRODEX*”.

<https://sci.esa.int/web/prodex/>

ESA, (2022), “*ESA's Technology Transfer and Patent Office*”.

https://www.esa.int/Enabling_Support/Space_Engineering_Technology/ESA_s_Technology_Transfer_and_Patent_Office

ESA, (2022), “*ESA Business Incubation Centres*”.

https://www.esa.int/Applications/Business_Incubation/ESA_Business_Incubation_Centres12

APPENDICE

<https://drive.google.com/drive/folders/1jEfXZmlMsBc1IZuFAMehQzhGK9BEOeHr?usp=sharing>