



Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma

N 2/2020

# *Quaderno*





*Quaderno*



In copertina:  
Immagine di repertorio

# Il saluto del Presidente

Dott. Ing. Carla Cappiello



## *Il Collegio Consultivo Tecnico*

Il Decreto Semplificazioni ha introdotto numerose novità normative per accelerare e semplificare la realizzazione di opere pubbliche. Tra queste la costituzione obbligatoria di un Collegio Consultivo Tecnico, CCT, per i lavori che superino la soglia comunitaria anche in esecuzione.

L'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma, accogliendo le sollecitazioni degli iscritti, ha sottolineato la necessità che fossero forniti dei chiarimenti su competenze, compensi e modalità di funzionamento, responsabilità dei componenti del Collegio e delle Amministrazioni appaltanti.

Su proposta del Comitato Tecnico Appalti Pubblici della Fondazione dell'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma (CTAP), il Presidente del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici il 19 novembre scorso ha costituito un Gruppo di Lavoro, che ha redatto in tempi brevissimi delle Linee Guida, approvate il 21 dicembre 2020, di semplicissima applicazione.

In base a queste linee guida il Collegio Consultivo Tecnico non svolge una funzione meramente consultiva di supporto, ma assume anche determinazioni direttamente vincolanti per le parti.

La costituzione dei CCT ai sensi del DL 76 rappresenta, per le stazioni appaltanti e per gli operatori economici, l'opportunità per addivenire in tempi rapidi e certi alla risoluzione di qualsivoglia controversia e disputa tecnica che possa insorgere nella fase di esecuzione di un contratto pubblico.

L'istituto, a fronte di un onere per la parte fissa dei costi del Collegio Consultivo Tecnico di gran lunga inferiore di quello di una commissione di collaudo tecnico-amministrativo in corso d'opera, consentirà, tra l'altro, di limitare il ricorso alle altre procedure di risoluzione delle controversie sicuramente più onerose per le parti, riducendo gli oneri per consulenze di natura tecnica e legale. Viene, pertanto, offerto alle amministrazioni un efficace strumento per la celere esecuzione dell'opera a regola d'arte e per contribuire al rilancio economico del sistema Paese.

Al punto 3.1.3 delle Linee Guida, è stata prevista una opportuna attività di monitoraggio a cura del Consiglio Superiore sulla costituzione dei Collegio Consultivo Tecnico, al fine di fornire al Governo ed al Parlamento i dati sulla funzionalità di un istituto reintrodotta, al momento, solo in via temporanea.

Il Comitato Tecnico Appalti Pubblici della Fondazione dell'Ordine, ha altresì predisposto un foglio di calcolo dei compensi del CCT.

Ing. Carla Cappiello  
Presidente

Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma





# L'Editoriale

Ing. Francesco Marinuzzi Ph.D.



## *Il finanziamento dell'innovazione ed il capitale umano*

Nell'attuale società capitalistica la disponibilità del capitale ha rappresentato sempre una variabile decisiva per la nascita e crescita delle imprese e delle attività professionali. Vi sono interi settori finanziari e bancari dedicati alla tematica.

Recentemente, con la rivoluzione digitale, abbiamo assistito ad un cambio radicale del rapporto fra beni materiali e beni immateriali.

Nella fase della rivoluzione industriale i beni o cespiti principali dell'attività imprenditoriale erano costituiti dai beni materiali specifici e strumentali alla produzione. Questi avevano una identità, visibilità, oggettività e certezza di valore così forte da costituire essi stessi una forma di garanzia intermedia per il prestito del capitale. Parliamo di macchinari, capannoni, strumentazioni etc.

In questa fase, invece, la componente immateriale è, spesso, diventata se non prevalente, significativa e comunque critica per il business e la sua sopravvivenza. La sottrazione di progetti, informazioni utili, archivi dei clienti ad opera di un dipendente dimissionario oppure di un hacker informatico possono sottrarre valore sia in sé cancellando quei dati e rendendoli non più disponibili sia per sé portandoli in dote ad una nuova azienda concorrente sullo stesso mercato che risulta avvantaggiata in quanto non si trova, finanziariamente, a dover ammortizzare gli investimenti fatti per generare quegli asset immateriali sottratti.

Molti ingegneri e professionisti, inoltre, sono sempre più coinvolti in perizie giurate e asseverate relative ai beni immateriali vista la oggettiva difficoltà e non semplicità della loro stima e valutazione. Parliamo, ad esempio, di brevetti, progetti, archivi clienti, informazioni massive o big data, software, codice sorgente ed applicativi digitali, conoscenze e conoscenza presente nella testa delle persone. Una caratteristica comune a molti di questi beni immateriali è relativa alla limitata durabilità nel tempo. Infatti, molti sono frutto di sforzi di ricerca e sviluppo e sono figli di innovazioni di processo e di prodotti che trovano la loro identità e valore solo in una specifica finestra temporale. Pertanto, molte realtà finanziarie, soprattutto di diritto non anglosassone, sono restie a considerarli delle valide garanzie per i prestiti e per l'accesso al capitale così come lo erano e lo sono i beni materiali tradizionali. In effetti, in caso di fallimento, potrebbe aver poco senso tentare di acquisire alcuni di questi beni e rivenderli sul libero mercato.

Tutto ciò genera il paradosso che proprio le realtà più innovative e promettenti, visto l'attuale contesto che premia le iniziative digitali, sono quelle che possono avere maggiori problemi per trovare i finanziamenti dei loro processi innovativi ponendo il problema di chi e come finanziare l'innovazione. Non è un caso che esistano tanti programmi pubblici a livello europeo, nazionale o locale specifici per il finanziamento dell'innovazione con una componente a fondo perduto non banale in funzione anche del territorio nord, centro o sud dell'iniziativa. Purtroppo, vedendo le statistiche l'Italia non è fra i primi in capacità di sfruttamento dei fondi europei e se facciamo una analisi della bontà degli investimenti in innovazione vediamo che non sempre vengono raggiunti gli obiettivi. Troppi fondi a troppi e a pioggia? Forse, ma il problema è anche un altro.

È necessario sviluppare una cultura e una capacità di valutazione più oggettiva dei beni immateriali in grado da fare da guida e da discriminare nella scelta degli investimenti posti, comunque, che è naturale in alcuni ambiti che un progetto su tre sia fallimentare. Ad esempio, nella silicon valley gli investitori nelle startup sanno che la percentuale di successo è inferiore al 10% ma sono mossi dalla paura di scartare e non vedere la prossima Facebook o Google piuttosto che di perdere i vari capitali messi nelle varie iniziative. Sanno che indovinare il giusto investimento, grazie alla possibilità di scalare la soluzione a livello mondiale, ripaga di varie volte gli altri investimenti non andati a buon fine.

Da questo punto di vista sicuramente uno degli elementi fondamentali e duplice per i beni immateriali è il capitale umano. Persone adeguatamente preparate, formate e certificate rappresentano un valore oggettivo e assoluto facilmente verificabile e misurabile. Inoltre, queste persone sono anche le fonti di molti beni immateriali quali brevetti, software e progetti.

Troppo spesso ho visto bandi pubblici, anche recenti di autorità di settore, assegnare all'esame di stato di abilitazione alla professione di ingegnere lo stesso valore di una qualunque certificazione acquisibile in poche settimane acquistando il relativo corso di preparazione oppure bandi che non considerano affatto il titolo universitario ma semplicemente l'esperienza sul campo e l'eventuale certificazione di terze parti. Così facendo non solo si alimenta il fenomeno cosiddetto della fuga dei cervelli ma si fa perdere valore a tutta la filiera universitaria e formativa che è considerata internazionalmente di eccellenza.

Si è fortemente convinti sul valore e sulla necessità delle certificazioni professionali soprattutto in settori a forte innovazione ma queste devono essere, a parere dello scrivente, in aggiunta e non in sostituzione a quella dello Stato soprattutto se il ruolo è pubblico, di responsabilità ed apicale. E questo a tutela soprattutto della cittadinanza e dell'efficienza del sistema, in primis, e solo in secondo ordine dei colleghi ingegneri. Uno Stato Innovatore, infatti, che seleziona e valorizza adeguatamente il suo capitale umano può generare una domanda di innovazione illuminata che può generare una forte offerta innovativa così come anche trattato nel noto libro di Marianna Mazzucato. Questa tematica è particolarmente viva e critica nel terzo settore dell'ingegneria dell'informazione che d'altra parte è proprio l'area a maggior tasso assoluto di innovazione anche per le altre due aree.

La figura dell'ingegnere è sinonimo di affidabilità e competenza e capacità di gestione di problematiche complesse. Lo stesso percorso di studio, non affatto scontato, è testimonianza di una determinazione e capacità di perseguimento di obiettivi a medio periodo.

La comunità di tutti gli iscritti ha un grande valore e con tutto il sistema delle Commissioni, con questo progetto editoriale, con la formazione professionale e con tante altre iniziative tutti possono aggiornare le proprie competenze, e soprattutto di confrontarsi fra di loro per moltiplicare automaticamente ed aumentare questo prezioso valore delle idee e delle conoscenze tanto immateriale quanto reale ed operativo nella società contemporanea.

Francesco Marinuzzi Ph.D.  
Direttore Editoriale



# Quaderno

**Direttore responsabile**

Stefano Giovenali

**Direttore editoriale**

Francesco Marinuzzi

**Comitato di redazione****Sezione A**

Carla Cappiello

Gioacchino Gioni

Lucia Coticoni

Giuseppe Carluccio

Carlo Fascinelli

Lorenzo Quaresima

Manuel Casalboni

Filippo Cascone

Alessandro Caffarelli

Massimo Cerri

Francesco Fulvi

Tullio Russo

**Sezione B**

Giorgio Mancurti

**Amministrazione e redazione**

Piazza della Repubblica, 59 - 00185 Roma

Tel. 06 4879311 - Fax 06 487931223

**P.M. - Art Director**

Tiziana Primavera

**Assistenza editoriale**

Chiara Notargiacomo - Flavio Cordari

**Stampa**

Press Up

**Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma**

Piazza della Repubblica, 59 - 00185 Roma

[www.ording.roma.it](http://www.ording.roma.it)

[segreteria@ording.roma.it](mailto:segreteria@ording.roma.it)

[editoriale@ording.roma.it](mailto:editoriale@ording.roma.it)

**Finito di stampare:** febbraio 2021

Il Quaderno IOROMA è una estensione alla rivista IOROMA

La Direzione rende noto che i contenuti, i pareri e le opinioni espresse negli articoli pubblicati rappresentano l'esclusivo pensiero degli autori, senza per questo aderire ad esse.

La Direzione declina ogni qualsiasi responsabilità derivante dalle affermazioni o dai contenuti forniti dagli autori, presenti nei suddetti articoli.



**MISTO**

Carta da fonti gestite  
in maniera responsabile

**FSC® C109382**

**GLI EDITORIALI**

Il saluto del Presidente **1**  
*di Carla Capiello*

L'Editoriale **4**  
*di Francesco Marinuzzi*

**GLI ARTICOLI**

Parere del C.T.A.P. n. 4/07.09.2020 **8**  
*S. Minotti, A. Cancrini*

Il Segnalamento Ferroviario in orbita con Galileo **38**  
*M. Catillo*

Automobili elettriche e sistemi di ricarica **56**  
*D. Iacomini*

Esplorazione dello spazio: storia, scienza e tecnologie **74**  
*N. Mirotta, G. De Felice Proia*

**L'AREA WEB DEL QUADERNO E DELLA RIVISTA 104**



*a cura di:*  
Ing. S. Minotti  
Avv. A. Cancrini





# PARERE DEL C.T.A.P.

n. 4/07.09.2020

## OGGETTO

*Incentivo per funzioni tecniche, ex art.113 D.Lgs. 18 aprile 2016, n. 50, riservato al personale delle amministrazioni aggiudicatrici. Problematiche attuative, natura e valore strategico.*

## 1. Premessa

L'art.113, comma 3, del D.Lgs. 50/2016 - Codice dei Contratti Pubblici – ha previsto gli “Incentivi per funzioni tecniche” riproponendo l’istituto della **remunerazione incentivante del personale delle amministrazioni aggiudicatrici**, introdotto per la prima volta con la Legge n°109 dell’11 febbraio 1994 “Legge quadro in materia di lavori pubblici”, cosiddetta *Legge Merloni*, quale strumento finalizzato a valorizzare la professionalità dei pubblici dipendenti impegnati nelle procedure di affidamento degli appalti pubblici, incrementandone al contempo la produttività.

Il comma 3 del succitato art. 113 prevede l’adozione di un **regolamento attuativo** recante norme per la ripartizione del suddetto incentivo per le funzioni tecniche: *“L’ottanta per cento delle risorse finanziarie del fondo costituito ai sensi del comma 2 è ripartito, per ciascuna opera o lavoro, servizio, fornitura con le modalità e i criteri previsti in sede di contrattazione decentrata integrativa del personale, sulla base di apposito regolamento adottato dalle amministrazioni secondo i rispettivi ordinamenti, tra il responsabile unico del procedimento e i soggetti che svolgono le funzioni tecniche indicate al comma 2 nonché tra i loro collaboratori. (...)”*

L’insorgenza del diritto a percepire l’incentivo presuppone quindi non solo la prestazione dell’attività incentivata, ma anche l’adozione del Regolamento; in assenza di tale regolamento *“il dipendente può fare valere solo un’azione risarcitoria per inottemperanza agli obblighi che il legislatore ha posto a carico delle amministrazioni appaltanti”* (In tal senso Cass. civ., sentenza 28

maggio 2020, n. 10222, v. più approfonditamente, infra, par. 2).

Il presente parere consegue alle richieste pervenute al CTAP di questa Fondazione, da parte di ingegneri pubblici dipendenti, singolarmente o per il tramite di associazioni di categoria, i quali lamentano una ingiustificata e persistente inerzia, da parte delle Amministrazioni di appartenenza, nell’adozione del succitato Regolamento attuativo, con la conseguente impossibilità di percepire i predetti incentivi per funzioni tecniche.

## 2. Natura dell’incentivo per funzioni tecniche

### a. La lotta ai fenomeni corruttivi ed il riconoscimento della responsabilità professionale

Nella sua prima versione, l’art. 18 Legge 11 febbraio 1994, n. 109 (c.d. legge Merloni), l’incentivo fu introdotto principalmente come strumento anticorruzione e la sua ripartizione doveva tenere conto delle responsabilità professionali connesse alle specifiche prestazioni da svolgere. In pieno clima tangentopoli il principale interesse del Legislatore era infatti quello di porre freno al dilagare dei fenomeni corruttivi sia con strumenti di repressione, ma anche facendo ricorso alla prevenzione. Ripartire un incentivo economico legandolo alla responsabilità professionale, poteva quindi fornire una ottima opportunità per dirigenti, funzionari tecnici e loro collaboratori di integrare il proprio reddito con una quota proporzionale al raggiungimento degli obiettivi. Tale novazione normativa introduceva, inizialmente nel solo settore dei lavori e successivamente anche per gli appalti di forniture e servizi



Regula

pubblici, un beneficio diretto in termini di soddisfazione del personale e uno indiretto dovuto alla percezione da parte del singolo dipendente di un giusto riconoscimento - anche economico - della prestazione professionale prestata, che avrebbe dovuto rendere meno appetibili le condotte illecite, percepite a quel punto come troppo rischiose.

In quella prima veste, sostanzialmente confermata in tutte le successive riforme della legge 109 (fino alla Merloni- quater) si prevedeva di remunerare, con l'apposito incentivo, la responsabilità assunta dal RUP, dai progettisti, dal direttore dei lavori e dai collaudatori. Non era stato posto inoltre alcun limite ai corrispettivi percepibili da ciascun dipendente, che poteva potenzialmente veder moltiplicato di n volte il proprio stipendio tabellare.

I risultati di tale impostazione sono stati, in un primo momento, ottimali e tali da dare nuovo impulso alle attività svolte dai dipendenti interni alle stazioni appaltanti. Finanche le progettazioni, da sempre, per la loro complessità, riserva dei progettisti esterni, furono frequentemente svolte in via diretta dai progettisti interni.

Tuttavia, ciò determinò un notevole incremento dei carichi di lavoro in capo al personale tecnico interno alle stazioni appaltanti, che avrebbe dovuto essere accompagnato da una riorganizzazione delle stazioni appaltanti medesime e da un potenziamento delle dotazioni organiche e strumentali, ma anche dei luoghi necessari ad espletare attività che richiedono per loro natura disponibilità di ampi spazi (si pensi solo alle postazioni CAD, alle sale plotter, alle sale riunioni per la consultazione

e discussione dei progetti ecc.).

A tale esigenza – va detto – nella fase iniziale spesso sopperirono gli stessi destinatari degli incarichi, impegnandosi nell'assolvimento delle prestazioni professionali ben oltre gli orari di servizio stabiliti dai contratti di lavoro e mettendo a disposizione delle amministrazioni di appartenenza anche risorse hardware e software private, ritenendo tali compiti adeguatamente ricompensati attraverso l'incentivo. Nel medio/ lungo termine, tuttavia, per sostenere l'enorme mole di prestazioni richieste dal settore, si sarebbe dovuto puntare oltre che alla formazione continua, al fine di garantire il costante aggiornamento professionale, anche su un cospicuo incremento degli organici.

Purtroppo, ciò non si è verificato, pertanto moltissime stazioni appaltanti - alle volte senza neanche rendersene conto – si sono ritrovate in condizioni di *working overload*. Le motivazioni sono molteplici: dalla impossibilità di adeguare gli organici a causa del blocco del *turn-over*, alla scarsa disponibilità di fondi per le dotazioni strumentali (*hw* e *sw*), alle difficoltà dei pubblici amministratori nel comprendere lo spirito e l'importanza strategica della norma specifica.

Inoltre, si sono frequentemente verificati fenomeni quali: dilatazione dei tempi di realizzazione delle opere, scadimento della qualità della prestazione professionale, ricorso alle varianti tecniche e suppletive per porre rimedio ad errori progettuali, aumento del contenzioso e infine, incremento fuori controllo della spesa. Pertanto, si è verificata paradossalmente proprio un'am-



tions

S

plificazione degli effetti negativi ai quali la legge Merloni avrebbe inteso porre un freno.

di molteplici interventi da parte del legislatore, fino all'attuale versione ex art. 113, d.lgs. 18 aprile 2016, n. 50.

**b. Evoluzione della normativa**

L'incentivo per i dipendenti interni che operano nel campo degli appalti pubblici è stato oggetto

Di seguito si ritiene utile elencare le principali modifiche che ha subito la norma nel corso degli anni:

Norma	Testo	Periodo di vigenza	
		dal	al
Art. 18, c.1, Legge 109/94	<p><b>(Incentivi e spese per la progettazione)</b></p> <p>1. Una somma non superiore all' <b>1,5 per cento</b> dell'importo posto a base di gara di un'opera o di un lavoro, a valere direttamente sugli stanziamenti di cui all'articolo 16, comma 7, è ripartita, per ogni singola opera o lavoro, con la modalità ed i criteri previsti in sede di contrattazione decentrata ed assunti in un regolamento adottato dall'amministrazione, tra il responsabile unico del procedimento e gli Incaricati della redazione del progetto, del piano della sicurezza, della direzione dei lavori, del collaudo nonché tra i loro collaboratori. La percentuale effettiva, nel limite massimo dell'1,5 per cento, è stabilita dal regolamento in rapporto all'entità e alla complessità dell'opera da realizzare. La ripartizione tiene conto delle responsabilità professionali connesse alle specifiche prestazioni da svolgere. Le quote parti della predetta somma corrispondenti a prestazioni che non sono svolte dai predetti dipendenti, in quanto affidate a personale esterno all'organico dell'amministrazione medesima, costituiscono economie. I commi quarto e quinto dell'articolo 62 del</p>	01.01.2006	30.06.2006

	<p>regolamento approvato con regio decreto 23 ottobre 1925, n. 2537, sono abrogati. I soggetti di cui all'articolo 2, comma 2, lettera b) possono adottare con proprio provvedimento analoghi criteri.</p>		
<p>Art. 92, c. 5, D.Lgs 163/2006</p>	<p><b><i>(Corrispettivi e incentivi per la progettazione)</i></b></p> <p>5. Una somma non superiore al <b>due per cento</b> dell'importo posto a base di gara di un'opera o di un lavoro, comprensiva anche degli oneri previdenziali e assistenziali a carico dell'amministrazione, a valere direttamente sugli stanziamenti di cui all'articolo 93, comma 7, è ripartita, per ogni singola opera o lavoro, con le modalità e i criteri previsti in sede di contrattazione decentrata e assunti in un regolamento adottato dall'amministrazione, tra il responsabile del procedimento e gli incaricati della redazione del progetto, del piano della sicurezza, della direzione dei lavori, del collaudo, nonché tra i loro collaboratori. La percentuale effettiva, nel limite massimo del due per cento, è stabilita dal regolamento in rapporto all'entità e alla complessità dell'opera da realizzare. La ripartizione tiene conto delle responsabilità professionali connesse alle specifiche prestazioni da svolgere. Le quote parti della predetta somma corrispondenti a prestazioni che non sono svolte dai predetti dipendenti, in quanto affidate a personale esterno all'organico dell'amministrazione medesima, costituiscono economie. I soggetti di cui all'articolo 32, comma 1,</p>	<p>01.07.2006</p>	<p>22.12.2008</p>

	<p>lettere b) e c), possono adottare con proprio provvedimento analoghi criteri.</p>		
<p>Art. 92, c. 5, D.Lgs 163/2006  (modifiche introdotte dalla legge. 22 dicembre 2008, n. 201)</p>	<p><b><i>(Corrispettivi, incentivi per la progettazione e fondi a disposizione delle stazioni appaltanti)</i></b></p> <p>5. Una somma non superiore al due per cento dell'importo posto a base di gara di un'opera o di un lavoro, comprensiva anche degli oneri previdenziali e assistenziali a carico dell'amministrazione, a valere direttamente sugli stanziamenti di cui all'articolo 93, comma 7, è ripartita, per ogni singola opera o lavoro, con le modalità e i criteri previsti in sede di contrattazione decentrata e assunti in un regolamento adottato dall'amministrazione, tra il responsabile del procedimento e gli incaricati della redazione del progetto, del piano della sicurezza, della direzione dei lavori, del collaudo, nonché tra i loro collaboratori. La percentuale effettiva, nel limite massimo del due per cento, è stabilita dal regolamento in rapporto all'entità e alla complessità dell'opera da realizzare. La ripartizione tiene conto delle responsabilità professionali connesse alle specifiche prestazioni da svolgere. <b><i>((La corresponsione dell'incentivo è disposta dal dirigente preposto alla struttura competente, previo accertamento positivo delle specifiche attività svolte dai predetti dipendenti; limitatamente alle attività di progettazione, l'incentivo corrisposto al singolo dipendente non può superare l'importo del rispettivo</i></b></p>	<p>23.12.2008</p>	<p>18.08.2014</p>

	<p><b>trattamento economico complessivo annuo lordo; le quote parti dell'incentivo corrispondenti a prestazioni non svolte dai medesimi dipendenti, in quanto affidate a personale esterno all'organico dell'amministrazione medesima, ovvero prive del predetto accertamento, costituiscono economie.))</b> I soggetti di cui all'articolo 32, comma 1, lettere b) e c), possono adottare con proprio provvedimento analoghi criteri.</p>		
<p>Art. 93, c. 7-bis e seguenti, D.Lgs 163/2006</p> <p><b>(modifiche introdotte dall'art. 13-bis della legge 11 agosto 2014, n. 114)</b></p>	<p><b>(Livelli della progettazione per gli appalti e per le concessioni di lavori)</b></p> <p>((7-bis. A valere sugli stanziamenti di cui al comma 7, le amministrazioni pubbliche <b>destinano ad un fondo per la progettazione e l'innovazione risorse finanziarie in misura non superiore al 2 per cento</b> degli importi posti a base di gara di un'opera o di un lavoro; la percentuale effettiva è stabilita da un regolamento adottato dall'amministrazione, in rapporto all'entità e alla complessità dell'opera da realizzare. 7-ter. <b>L'80 per cento</b> delle risorse finanziarie del fondo per la progettazione e l'innovazione è ripartito, per ciascuna opera o lavoro, con le modalità e i criteri previsti in sede di contrattazione decentrata integrativa del personale e adottati nel regolamento di cui al comma 7-bis, tra il responsabile del</p>	<p>19.08.2014</p>	<p>18.04.2016</p>





procedimento e gli incaricati della redazione del progetto, del piano della sicurezza, della direzione dei lavori, del collaudo, nonché tra i loro collaboratori; gli importi sono comprensivi anche degli oneri previdenziali e assistenziali a carico dell'amministrazione. Il regolamento definisce i criteri di riparto delle risorse del fondo, tenendo conto delle responsabilità connesse alle specifiche prestazioni da svolgere, con particolare riferimento a quelle effettivamente assunte e non rientranti nella qualifica funzionale ricoperta, della complessità delle opere, escludendo le attività manutentive, e dell'effettivo rispetto, in fase di realizzazione dell'opera, dei tempi e dei costi previsti dal quadro economico del progetto esecutivo. Il regolamento stabilisce altresì i criteri e le modalità per la riduzione delle risorse finanziarie connesse alla singola opera o lavoro a fronte di eventuali incrementi dei tempi o dei costi previsti dal quadro economico del progetto esecutivo, redatto nel rispetto dell'articolo 16 del regolamento di cui al decreto del Presidente della Repubblica 5 ottobre 2010, n. 207, depurato del ribasso d'asta offerto. Ai fini dell'applicazione del terzo periodo del presente comma, non sono computati nel termine di esecuzione dei lavori i tempi conseguenti a sospensioni per accadimenti elencati all'articolo 132, comma 1, lettere a), b), c) e d). La corresponsione dell'incentivo è disposta dal dirigente o dal responsabile di servizio preposto alla struttura competente, previo

	<p>accertamento positivo delle specifiche attività svolte dai predetti dipendenti. <b><u>Gli incentivi complessivamente corrisposti nel corso dell'anno al singolo dipendente, anche da diverse amministrazioni, non possono superare l'importo del 50 per cento del trattamento economico complessivo annuo lordo.</u></b> Le quote parti dell'incentivo corrispondenti a prestazioni non svolte dai medesimi dipendenti, in quanto affidate a personale esterno all'organico dell'amministrazione medesima, ovvero prive del predetto accertamento, costituiscono economie. Il presente comma non si applica al personale con qualifica dirigenziale. 7-quater. <b>Il restante 20 per cento</b> delle risorse finanziarie del fondo per la progettazione e l'innovazione è destinato all'acquisto da parte dell'ente di beni, strumentazioni e tecnologie funzionali a progetti di innovazione, di implementazione delle banche dati per il controllo e il miglioramento della capacità di spesa per centri di costo nonché all'ammodernamento e all'accrescimento dell'efficienza dell'ente e dei servizi ai cittadini. 7-quinquies. Gli organismi di diritto pubblico e i soggetti di cui all'articolo 32, comma 1, lettere b) e c), possono adottare con proprio provvedimento criteri analoghi a quelli di cui ai commi 7-bis, 7-ter e 7-quater del presente articolo)).</p>		
<p>Art. 113, c. 1 e seguenti, D.Lgs. 50/2016</p>	<p><b>(Incentivi per funzioni tecniche)</b> 1. Gli oneri inerenti alla progettazione, alla direzione</p>	<p>19.04.2016</p>	

dei lavori ovvero al direttore dell'esecuzione, alla vigilanza, ai collaudi tecnici e amministrativi ovvero alle verifiche di conformità, al collaudo statico, agli studi e alle ricerche connessi, alla progettazione dei piani di sicurezza e di coordinamento e al coordinamento della sicurezza in fase di esecuzione quando previsti ai sensi del decreto legislativo 9 aprile 2008 n. 81, alle prestazioni professionali e specialistiche necessari per la redazione di un progetto esecutivo completo in ogni dettaglio fanno carico agli stanziamenti previsti per i singoli appalti di lavori, servizi e forniture negli stati di previsione della spesa o nei bilanci delle stazioni appaltanti.

2. A valere sugli stanziamenti di cui al comma 1, **le amministrazioni aggiudicatrici destinano ad un apposito fondo risorse finanziarie in misura non superiore al 2 per cento** modulate sull'importo dei lavori, servizi e forniture, posti a base di gara **per le funzioni tecniche svolte dai dipendenti delle stesse esclusivamente per le attività di programmazione della spesa per investimenti, di valutazione preventiva dei progetti, di predisposizione e di controllo delle procedure di gara e di esecuzione dei contratti pubblici, di RUP, di direzione dei lavori ovvero direzione dell'esecuzione e di collaudo tecnico amministrativo ovvero di verifica di conformità, di collaudatore statico** ove necessario per consentire l'esecuzione del contratto nel rispetto dei documenti a base di gara, del progetto, dei tempi e costi prestabiliti. Tale fondo non è previsto da parte

	<p>di quelle amministrazioni aggiudicatrici per le quali sono in essere contratti o convenzioni che prevedono modalità diverse per la retribuzione delle funzioni tecniche svolte dai propri dipendenti. Gli enti che costituiscono o si avvalgono di una centrale di committenza possono destinare il fondo o parte di esso ai dipendenti di tale centrale. La disposizione di cui al presente comma si applica agli appalti relativi a servizi o forniture nel caso in cui è nominato il direttore dell'esecuzione.</p>		
<p>Art. 113, c. 1 e seguenti, D.Lgs. 50/2016</p>	<p>3. <b>L'ottanta per cento</b> delle risorse finanziarie del fondo costituito ai sensi del comma 2 è ripartito, per ciascuna opera o lavoro, servizio, fornitura <b>con le modalità e i criteri previsti in sede di contrattazione decentrata integrativa del personale, sulla base di apposito regolamento adottato dalle amministrazioni secondo i rispettivi ordinamenti</b>, tra il responsabile unico del procedimento e i soggetti che svolgono le funzioni tecniche indicate al comma 2 nonché tra i loro collaboratori. Gli importi sono comprensivi anche degli oneri previdenziali e assistenziali a carico dell'amministrazione. L'amministrazione aggiudicatrice o l'ente aggiudicatore stabilisce i criteri e le modalità per la riduzione delle risorse finanziarie connesse alla singola opera o lavoro a fronte di eventuali incrementi dei tempi o dei costi non conformi alle norme del presente decreto. La corresponsione dell'incentivo è disposta dal dirigente o dal responsabile di servizio</p>	<p>19.04.2016</p>	

preposto alla struttura competente, previo accertamento delle specifiche attività svolte dai predetti dipendenti. Gli incentivi complessivamente corrisposti nel corso dell'anno al singolo dipendente, anche da diverse amministrazioni, non possono superare l'importo del 50 per cento del trattamento economico complessivo annuo lordo. Le quote parti dell'incentivo corrispondenti a prestazioni non svolte dai medesimi dipendenti, in quanto affidate a personale esterno all'organico dell'amministrazione medesima, ovvero prive del predetto accertamento, incrementano la quota del fondo di cui al comma 2. Il presente comma non si applica al personale con qualifica dirigenziale.

4. Il restante 20 per cento delle risorse finanziarie del fondo di cui al comma 2 ad esclusione di risorse derivanti da finanziamenti europei o da altri finanziamenti a destinazione vincolata è destinato all'acquisto da parte dell'ente di beni, strumentazioni e tecnologie funzionali a progetti di innovazione anche per il progressivo uso di metodi e strumenti elettronici specifici di modellazione elettronica informativa per l'edilizia e le infrastrutture, di implementazione delle banche dati per il controllo e il miglioramento della capacità di spesa e di efficientamento informatico, con particolare riferimento alle metodologie e strumentazioni elettroniche per i controlli. Una parte delle risorse può essere utilizzato per l'attivazione presso le amministrazioni aggiudicatrici di tirocini formativi e di orientamento di cui all'articolo

18 della legge 24 giugno 1997, n. 196 o per lo svolgimento di dottorati di ricerca di alta qualificazione nel settore dei contratti pubblici previa sottoscrizione di apposite convenzioni con le Università e gli istituti scolastici superiori.

5. Per i compiti svolti dal personale di una centrale unica di committenza nell'espletamento di procedure di acquisizione di lavori, servizi e forniture per conto di altri enti, può essere riconosciuta, su richiesta della centrale unica di committenza, una quota parte, non superiore ad un quarto, dell'incentivo previsto dal comma 2.

5-bis. Gli incentivi di cui al presente articolo fanno capo al medesimo capitolo di spesa previsto per i singoli lavori, servizi e forniture.

Riassumendo, pertanto:

- *l'art. 18, c.1, della Legge 11 febbraio 1994, n. 109*, ha introdotto il concetto di incentivo per la progettazione da ripartire tra il responsabile unico del procedimento e gli incaricati della redazione del progetto, del piano della sicurezza, della direzione dei lavori, del collaudo nonché tra i loro collaboratori, nella misura massima dell'1,5 per cento dell'importo posto a base di gara di un'opera o di un lavoro<sup>1</sup> con la modalità ed i criteri previsti in sede di contrattazione decentrata ed assunti in un regolamento adottato dall'amministrazione;
- *l'art. 92, c. 5, del D.Lgs 12 aprile 2006, n. 163* eleva la percentuale da ripartire dall'1,5 al 2%. I soggetti destinatari della ripartizione non variano (responsabile del procedimento, incaricati della redazione del progetto, del piano della sicurezza, della direzione dei lavori, del collaudo, nonché i loro collaboratori). I criteri di ripartizione vengono demandati sempre ad un apposito regolamento da adottarsi da parte di ciascuna amministrazione con le modalità e i criteri previsti in sede di contrattazione decentrata;
- con l'entrata in vigore del Decreto-legge 23 ottobre 2008, n. 162 (in G.U. 23/10/2008, n.249), convertito con modificazioni dalla L. 22 dicembre 2008, n. 201 (in G.U.

22/12/2008, n. 298), vengono disposte (con l'art. 1, comma 10-quater, lettera a)<sup>2</sup>) importanti modifiche all'art. 92 comma 5, *"allo scopo di fronteggiare la crisi nel settore delle opere pubbliche e al fine di incentivare la progettualità delle amministrazioni aggiudicatrici"*.

In particolare, viene stabilito che:

- la corresponsione dell'incentivo è disposta dal dirigente preposto alla struttura competente, previo accertamento positivo delle specifiche attività svolte dai dipendenti;
  - l'incentivo corrisposto al singolo dipendente non può superare l'importo del rispettivo trattamento economico complessivo annuo lordo.
  - Importanti modifiche alla disciplina degli incentivi sono introdotte dal *Decreto-legge 24 giugno 2014, n. 90* (in G.U. 24/06/2014, n.144), convertito con modificazioni dalla *L. 11 agosto 2014, n. 114* (in S.O. n. 70, relativo alla G.U. 18/8/2014, n. 190), ha disposto (con l'art. 13, comma 1) l'abrogazione dei dall'art. 13-bis della legge 11 agosto 2014, n. 114
- In particolare:
- vengono abrogati i commi 5 e 6 dell'art. 92 del D.Lgs 12 aprile 2006, n. 163;
  - l'intera disciplina viene riscritta nell'art. 93, commi 7-bis e seguenti del D.Lgs 12 aprile 2006, n. 163;



- viene stabilito per la prima volta che “risorse finanziarie in misura non superiore al 2 per cento degli importi posti a base di gara di un’opera o di un lavoro” vengano destinate ad un apposito fondo per la progettazione e l’innovazione. L’innovazione è particolarmente importante in quanto le somme da ripartire non sono più prelevate direttamente dai capitoli di bilancio ove sono accantonati gli stanziamenti delle singole opere, ma dall’apposito “fondo”. In sostanza, ove tale fondo non venga costituito non sarà possibile accantonare e ripartire le somme agli aventi diritto;
  - viene poi stabilito che solo l’80 per cento delle risorse finanziarie del fondo per la progettazione e l’innovazione è ripartito, per ciascuna opera o lavoro, con le modalità e i criteri previsti in sede di contrattazione decentrata integrativa del personale e adottati nel regolamento di cui al comma 7-bis, tra il responsabile del procedimento e gli incaricati della redazione del progetto, del piano della sicurezza, della direzione dei lavori, del collaudo, nonché tra i loro collaboratori;
  - il restante 20 per cento è destinato all’acquisto da parte dell’ente di beni, strumentazioni e tecnologie funzionali a progetti di innovazione, di implementazione delle banche dati per il controllo e il miglioramento della capacità di spesa per centri di costo nonché all’ammodernamento e all’accrescimento dell’efficienza dell’ente e dei servizi ai cittadini. Anche questa innovazione è particolarmente importante in quanto mirata ad elevare il livello di qualità del servizio della Pubblica Amministrazione nei confronti dei cittadini, attraverso un costante aggiornamento dei beni, strumentazioni e tecnologie delle stazioni appaltanti;
  - viene ulteriormente ridotta la somma che può essere corrisposta al singolo dipendente a titolo di incentivi che non potrà superare l’importo del 50 per cento del trattamento economico complessivo annuo lordo.
  - Infine, il Decreto legislativo 18 aprile 2016, n. 50 (in SO n.10, relativo alla G.U. 19/04/2016, n.91) ha disposto (con l’art. 217, comma 1, lettera e)) l’abrogazione del D.Lgs 12 aprile 2006, n. 163, compresa pertanto l’intera disciplina in esso contenuta relativamente alla ripartizione degli incentivi per il personale tecnico delle stazioni appaltanti.
- Si riportano, per completezza di esposizione, tutte le modifiche all’art. 92 del D.Lgs. 12 aprile

2006, n. 163, dall'entrata in vigore, fino alla sua abrogazione (Tab. 1).

**c. Il riconoscimento della qualità della prestazione professionale delle stazioni appaltanti. Dall'incentivo per la progettazione dei lavori all'incentivo per funzioni tecniche dei lavori, servizi e forniture**

L'art. 113 del D.lgs. 50/2016 apporta evidenti e significative novità in ordine all'istituto della remunerazione incentivante del personale dipendente della stazione appaltante per le attività tecniche in oggetto nel campo dei lavori pubblici.

Innanzitutto, in luogo dei *"corrispettivi ed incentivi per la progettazione"*, il suddetto art. 113 ha previsto gli *"incentivi per funzioni tecniche"*: come si esporrà nel prosieguo, il legislatore ha deciso di non puntare più sull'incentivazione della fase progettuale interna, ma piuttosto sulle fasi di programmazione e controllo; inoltre, l'attenzione non è più rivolta soltanto ai lavori, ma anche alle forniture e servizi. Ciò per la necessità di favorire le attività interne di tutto il personale impegnato nei procedimenti di affidamento di un contratto pubblico, compreso quello amministrativo e contabile che, nelle precedenti versioni dell'art. 18 della Legge 109 e dell'art. 92 del D.Lgs. 163, era risultato estremamente penalizzato rispetto al personale tecnico in senso stretto, pur svolgendo un ruolo parimenti importante nella gestione di una commessa pubblica.

È stato inoltre considerato che la massimizzazione dei benefici nel campo delle opere pubbliche è necessariamente connessa alla quali-

ficazione delle stazioni appaltanti, che devono essere in grado innanzitutto di programmare le proprie attività, bilanciando sapientemente le attività interne e il ricorso a professionalità esterne alle quali va lasciata la possibilità di accesso a quello spazio di mercato dove possono esprimere al meglio la propria attività professionale al servizio della collettività.

Il testo attualmente vigente si riferisce chiaramente alla remunerazione per funzioni tecniche svolte dai dipendenti delle stazioni appaltanti *"esclusivamente per le attività di programmazione della spesa per investimenti, di valutazione preventiva dei progetti, di predisposizione e di controllo delle procedure di gara e di esecuzione dei contratti pubblici, di RUP, di direzione dei lavori ovvero direzione dell'esecuzione e di collaudo tecnico amministrativo ovvero di verifica di conformità, di collaudatore statico ove necessario per consentire l'esecuzione del contratto nel rispetto dei documenti a base di gara, del progetto, dei tempi e costi prestabiliti"*.

Si tratta quindi di tutte attività di pianificazione e verifica alle quali viene attribuita una particolare importanza nel processo di realizzazione in qualità dell'opera pubblica e per questo affidate a personale interno e remunerate attraverso la destinazione di un apposito fondo.

La *ratio* di elevare la qualificazione delle stazioni appaltanti è ravvisabile anche nella scelta del legislatore di destinare il 20 per cento delle risorse finanziarie del fondo incentivante di cui al comma 2 (ad esclusione di risorse derivanti da finanziamenti europei o da altri finanziamenti a destinazione vincolata) *"all'acquisto da parte dell'ente di beni, strumentazioni e tecnologie funzionali a*

Tab.1

<p><b>31/01/2007</b> Il Decreto legislativo 26 gennaio 2007, n. 6 (in G.U. 31/01/2007, n.25) ha disposto (con l'art. 3, comma 1, lettera n)) la modifica dell'art. 92, comma 6; (con l'art. 3, comma 1, lettera bb)) la modifica dell'art. 92, comma 2.</p>
<p><b>31/07/2007</b> Il Decreto legislativo 31 luglio 2007, n. 113 (in SO n.173, relativo alla G.U. 31/07/2007, n.176) ha disposto (con l'art. 2, comma 1, lettera u)) la modifica dell'art. 92, commi 2 e 4.</p>
<p><b>02/10/2008</b> Il Decreto legislativo 11 settembre 2008, n. 152 (in SO n.227, relativo alla G.U. 02/10/2008, n.231) ha disposto (con l'art. 2 comma 1, lettera t)) la modifica dell'art. 92, rubrica, commi 2 e 3, l'abrogazione del comma 4 e l'introduzione del comma 7-bis all'art. 92.</p>
<p><b>23/10/2008</b> Il Decreto-legge 23 ottobre 2008, n. 162 (in G.U. 23/10/2008, n.249) , convertito con modificazioni dalla L. 22 dicembre 2008, n. 201 (in G.U. 22/12/2008, n. 298), ha disposto (con l'art. 1, comma 10-quater, lettera a)) la modifica dell'art. 92 comma 5.</p>
<p><b>24/06/2014</b> Il Decreto legge 24 giugno 2014, n. 90 (in G.U. 24/06/2014, n.144) , convertito con modificazioni dalla L. 11 agosto 2014, n. 114 (in S.O. n. 70, relativo alla G.U. 18/8/2014, n. 190), ha disposto (con l'art. 13, comma 1) l'abrogazione dei commi 5 e 6 dell'art. 92.</p>
<p><b>19/04/2016</b> Il Decreto legislativo 18 aprile 2016, n. 50 (in SO n.10, relativo alla G.U. 19/04/2016, n.91) ha disposto (con l'art. 217, comma 1, lettera e)) l'abrogazione dell'intero provvedimento.</p>

*progetti di innovazione anche per il progressivo uso di metodi e strumenti elettronici specifici di modellazione elettronica informativa per l'edilizia e le infrastrutture, di implementazione delle banche dati per il controllo e il miglioramento della capacità di spesa e di efficientamento informatico, con particolare riferimento alle metodologie e strumentazioni elettroniche per i controlli. Una parte delle risorse può essere utilizzato per l'attivazione presso le amministrazioni aggiudicatrici di tirocini formativi e di orientamento di cui all'articolo 18 della legge 24 giugno 1997, n. 196 o per lo svolgimento di dottorati di ricerca di alta qualificazione nel settore dei contratti pubblici previa sottoscrizione di apposite convenzioni con le Università e gli istituti scolastici superiori"* (comma 4 del citato art. 113).

In tale ottica non è da sottovalutare il fatto che nell'attuale versione dell'art. 113, tra le attività interne incentivate, è stata espunta la progettazione, oltre ad essere stato confermato il limite del 50% del trattamento economico annuo lordo all'ammontare degli incentivi che ogni dipendente può percepire (comma 3). Lo scopo di tale ultima modifica - che nella sostanza si condivide - è quello di incentivare unicamente quelle attività che possono essere svolte dai pubblici dipendenti, in qualità e compatibilmente con l'orario di servizio settimanale (solitamente 36 ore): programmazione, affidamento, esecuzione e collaudo dei contratti.

Tuttavia, qualche perplessità desta l'aver posto un limite così esiguo all'importo massimo in termini di incentivi che annualmente può percepire ogni dipendente. Il rischio - soprattutto per le stazioni appaltanti di medie/grandi dimensioni - è infatti quello del raggiungimento del tetto già nei primi mesi dell'anno, con l'effetto di una demotivazione del personale ad operare con lo stesso impegno nella seconda parte dell'esercizio finanziario. Pertanto, sembrerebbe più equilibrato prevedere un limite pari al doppio, se non addirittura al triplo, del trattamento economico annuo lordo; in tal modo l'importo sarebbe più che soddisfacente a far mantenere le giuste motivazioni al personale per l'intero anno solare. Infine, non si condivide la scelta legislativa di aver incluso, tra le attività incentivate, il collaudo tecnico-amministrativo e statico. È ben noto, infatti, quanto sia importante garantire la terzietà di tale figura, sia che operi singolarmente, sia in forma collegiale. Non giova affatto in tal senso incentivare economicamente l'esercizio di tale attività attraverso il personale interno, che inesorabilmente e alternativamente si troverebbe - ed in effetti si trova - nella veste di controllore e controllato di/da uno o più colleghi, quindi in posizione di possibile conflitto di interessi, con effetti negativi sulla serenità di giudizio. In un'auspicabile riforma o riscrittura del Codice

sarà opportuna una riflessione su tale aspetto nel senso che - a nostro parere - andrebbe sancito a chiare lettere il ruolo di terzietà e indipendenza del collaudatore tecnico-amministrativo e del collaudatore statico, condizione che può essere garantita esclusivamente affidando tali incarichi a personale esterno alla stazione appaltante, in possesso di adeguata preparazione tecnica, amministrativa e, ove necessario, contabile e giuridica.

#### **d. Gli effetti diretti e indiretti sull'organizzazione e la performance delle stazioni appaltanti**

L'incentivo per funzioni tecniche, oltre che premiare direttamente il personale che contribuisce al raggiungimento degli obiettivi programmati dall'Amministrazione e remunerare gli incaricati proporzionalmente all'assunzione di responsabilità in ciascuna fase del procedimento di realizzazione di un lavoro, fornitura o servizio pubblico, diviene indirettamente una leva per raggiungere nuovi obiettivi e più alti livelli di performance delle stazioni appaltanti.

È indubbio infatti che tale incentivo, qualora sagacemente messo in atto e correttamente utilizzato dalla dirigenza e dal RUP, può favorire notevolmente la motivazione del personale, costituendo al contempo un'occasione per migliorare gli strumenti operativi e per incrementare le attività formative, utili all'aggiornamento professionale continuo e alla specializzazione. Tutto ciò, a sua volta, può incidere in maniera positiva sull'organizzazione e sulla qualità del lavoro delle stazioni appaltanti.

#### **e. Il Regolamento attuativo**

Tra le novità più importanti, introdotte nell'ultima versione dell'incentivo per funzioni tecniche ex art. 113, c.3 D.Lgs 50/2016, c'è quella dell'*inversione procedimentale* tra adozione del Regolamento e contrattazione sindacale. Fino alla vigenza dell'art. 90 del D.lgs. 163/06, infatti, l'adozione del Regolamento era successiva alla contrattazione sindacale, mentre con l'introduzione dell'art. 113 del d.lgs. 50/16 è stato sancito l'esatto contrario. L'aver rimandato ad una fase di secondo livello la partecipazione dei sindacati alla decisione dei criteri di ripartizione ha avuto l'effetto di escludere - nella fase di regolamentazione dei principi generali - tutto il personale da qualsiasi decisione a tal merito. Ciò - a nostro modo di vedere - è una delle cause, se non la più importante, che ha determinato la mancata adozione, da parte di numerose Amministrazioni, di un proprio Regolamento attuativo.

Sulla questione il Consiglio di Stato, nel parere 2324/2018, con il quale restituiva con osservazioni al Ministero della Giustizia lo schema di regolamento concernente norme per la ripar-



tizione degli incentivi per funzioni tecniche, ha fatto rilevare - tra le altre cose - che << il regolamento in linea con la sua natura di atto-fonte introduttivo di norme giuridiche e non di mere regole tecniche di calcolo, dovrebbe limitarsi a stabilire il criterio generale di indirizzo e orientamento per la successiva articolazione di dettaglio delle modalità e dei criteri al livello della contrattazione collettiva. La Sezione comprende le ragioni pratiche, verosimilmente condivise dalla stessa rappresentanza sindacale (ma sul punto le relazioni illustrative non forniscono elementi di conoscenza utili), che consiglierebbero l'eshaustività della disciplina regolamentare, per evitare, a livello applicativo, incertezze operative, eterogeneità di comportamenti, possibili disparità di trattamento, eventuali contenziosi. È altresì noto che il modo di procedere dello schema di regolamento qui in esame ripercorre il modello dei precedenti regolamenti assunti sotto il previgente regime giuridico. Nondimeno non può giudicarsi legittima una scelta interpretativa che sostanzialmente vanifica e abroga la scelta del legislatore del 2016, scelta chiara, ancorché per certi versi opinabile o non condivisibile, di superare il precedente modello, che faceva rifluire nel regolamento la disciplina completa dell'istituto in recepimento della contrattazione, e che impone un nuovo modello, per cui il regolamento precede la contrattazione e la orienta. Una soluzione alla problematica qui segnalata potrebbe consistere nell'eliminare l'elenco tipologico delle categorie di attività, con annessa quota percentuale, sostituendo tali previsioni di dettaglio con un enunciato normativo di carattere generale, volto a stabilire il criterio della rispondenza delle quote percentuali rispetto al ruolo e alla rilevanza, nonché alla difficoltà tecnico-amministrativa di ciascuna delle categorie tipologiche, anche in relazione alle specificità del singolo appalto, mantenendo un complessivo equilibrio di proporzionalità nella suddivisione in quote. La norma regolamentare, quindi, potrebbe procedimentalizzere in qualche modo la successiva specificazione di dettaglio a livello di contrattazione decentrata, anche prevedendo, come già suggerito a proposito dell'art. 3, in tema di riduzione del fondo, luoghi e momenti di concertazione e di arbitraggio consensuale di eventuali controversie. In questo quadro il potere del dirigente di suddivisione di ciascuna quota tra i soggetti aventi diritto potrebbe essere conservato, ma come atto sostanzialmente vincolato all'applicazione dei criteri dettagliati in sede contrattuale, non esclusa, al limite, una residua area di valutazione discrezionale sul "contributo in concreto apportato dai dipendenti coinvolti nella ripartizione">>.

In sostanza, secondo il Consiglio di Stato, il Regolamento per funzioni tecniche, nel nuovo

regime giuridico disposto dall'art. 113 del D.Lgs. 50/2016, deve semplicemente orientare la successiva contrattazione decentrata, nella quale potranno così essere definiti nel dettaglio - attraverso la concertazione sindacale - i criteri di ripartizione tra le figure professionali, peraltro già individuate dalla fonte di diritto primaria<sup>3</sup>.

Al riguardo, tra le numerose segnalazioni pervenute a questo Ordine, ci sembra maggiormente emblematica dello stallo che si è venuto a determinare, quella dell'Associazione Técnica P.A. che lamenta la mancata adozione proprio da parte del Ministero della Giustizia del Regolamento ex art.113 D.Lgs 50/2016, a distanza di oltre quattro anni dall'entrata in vigore del D.Lgs 50/2016. Técnica P.A., tra le altre cose, segnala come tale omissione pregiudichi il riconoscimento di un "diritto soggettivo spettante al dipendente" per lo svolgimento delle attività individuate dal Legislatore.

Inoltre, prosegue sempre Técnica P.A., l'inerzia del Ministero non solo espone l'Amministrazione a notevole rischio di contenzioso, i cui costi



si ripercuoterebbero sull'intera collettività, ma comporta altresì un grave e prolungato inadempimento nei confronti degli stessi propri dipendenti, circostanza quest'ultima che conduce ad un'ulteriore demotivazione del personale, già profondamente provato da inadeguate condizioni economiche e lavorative, foriera di minare la stessa credibilità ed autorevolezza dell'Amministrazione della Giustizia.

Sempre in ordine all'inerzia delle Amministrazioni merita di essere presa in considerazione la richiesta di un gruppo di ingegneri in servizio presso l'Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato, che segnala la presa di posizione dell'IPZS che ad oggi non ha ritenuto di essere soggetta alle previsioni del citato art. 113 del D.Lgs. n. 50/2016.

Si chiede in particolare a questo Ordine degli Ingegneri di voler esprimere un parere in ordine all'applicabilità delle disposizioni relative agli incentivi per le funzioni tecniche, di cui al vigente art. 113 del D.Lgs. n. 50/2016, anche nei riguardi ed in favore dei dipendenti dell'Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato S.p.A., segnalando

se del caso la questione all'A.N.A.C.

#### **f. La costituzione del fondo per le funzioni tecniche**

L'art. 113, c.2 del D.Lgs 50/2016 dispone che *“a valere sugli stanziamenti di cui al comma 1 le amministrazioni pubbliche destinano a un apposito fondo risorse finanziarie in misura non superiore al 2 per cento modulate sull'importo dei lavori posti a base di gara per le funzioni tecniche svolte dai dipendenti pubblici”*. Ne discende che, non potendosi più prelevare - secondo quanto stabilito dalla norma vigente - le somme da ripartire per le funzioni tecniche direttamente dai capitoli di finanziamento delle opere, *la mancata costituzione del fondo costituisce un impedimento invalicabile all'erogazione degli incentivi, venendo a mancare la stessa copertura finanziaria*.

Su tale aspetto si è più volte espressa la Corte dei Conti, anche con riguardo all'efficacia retroattiva delle disposizioni regolamentari e della contrattazione collettiva. Premesso che - secondo l'orientamento prevalente - per la liquidazione





dei compensi si dovrà in ogni caso attendere sia l'approvazione del regolamento, sia la firma della contrattazione decentrata integrativa CCDI, per quanto sopra non sarebbe possibile ripartire le somme agli aventi diritto in assenza della costituzione dell'apposito fondo. Ma in assenza del Regolamento e della contrattazione decentrata non è possibile determinare le somme da accantonare, sicché verrebbe a determinarsi il paradosso che, una volta stabilite le regole di ripartizione (attraverso il regolamento e la successiva contrattazione decentrata), non sarebbe comunque possibile procedere alla ripartizione per assenza della copertura finanziaria.

Ciò sarebbe ancor più grave se si pensa che Pubbliche Amministrazioni (come il Ministero della Giustizia e del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti) sono sprovviste di Regolamento addirittura dal 19.08.2014 (data di entrata in vigore delle modifiche apportate dall'art. 13-bis della legge 11 agosto 2014, n. 114 -all'art. 92 del D.lgs. 50/2016).

Si pone, in sostanza, il problema - serio e concreto - di determinare come sanare i periodi intercorrenti tra le numerose modifiche normative e l'adozione delle specifiche regolamentazioni, tenuto conto che: 1) tale lasso di tempo - per talune amministrazioni - è addirittura dell'ordine di *anni*; 2) l'orientamento prevalente della magistratura contabile ha sostenuto l'impossibilità di recuperare con "effetto retroattivo" tali periodi. A tal proposito, potrebbe applicarsi il principio stabilito dalla Corte dei Conti (Basilicata) che

ritiene - ragionevolmente - che *"sia possibile costituire il fondo, alimentandolo per ogni opera e lavoro con l'aliquota stabilita per legge (2%), mentre solo con il Regolamento sarà possibile determinare griglie di aliquote diverse e solo per le opere approvate successivamente, in relazione alla loro complessità ed entità"*.

In sostanza la Corte suggerisce di prevedere nei quadri economici di spesa e di accantonare nell'apposito fondo l'aliquota massima del 2%, che sarà poi semmai ridimensionata all'esito delle disposizioni regolamentari e della contrattazione decentrata, andando a costituire le eventuali somme residue un'economia di bilancio.

Rimane però il problema irrisolto dell'impossibilità di regolamentare con efficacia retroattiva una norma non più in vigore, in considerazione del rapido evolversi della materia e delle numerose modifiche apportate alla specifica disciplina nel corso degli ultimi anni.

Ad esempio, il periodo intercorrente tra il 19.08.2014 e il 18.04.2016 - relativo alle modifiche apportate dalla legge 11 agosto 2014, n. 114 alla disciplina degli incentivi prevista dal D.lgs. 163/2016 - non sarebbe più regolamentabile in quanto riferito a una norma non più in vigore.

A tal riguardo, la Corte dei Conti, Sez. Autonomie, con deliberazione n. 18/2016 ha chiarito che il regolamento di ripartizione degli incentivi *"ha rappresentato da sempre un passaggio fondamentale per la regolazione interna della materia, nel rispetto dei principi e canoni stabiliti dalla legge, e per tale motivo gli enti sono tenuti*



*ad adeguarlo tempestivamente alle novità normative medio tempore intervenute*". Precisando inoltre che *"queste nuove disposizioni, tuttavia, sulla base dell'articolata disciplina transitoria contenuta negli articoli 216 e 217, troveranno applicazione per le sole attività poste in essere successivamente alla data di entrata in vigore, ossia il 19 aprile 2016"*.

**3. Azionabilità del diritto in assenza di regolamento ex art. 113, c. 3 - mezzi tutela del diritto - azioni avverso il silenzio sull'istanza di accesso ex art. 5. c2. D.lgs. 33/2013.**

**a. Inerzia delle Amministrazioni nell'adozione del Regolamento – mezzi di tutela del diritto**

Sulla natura, sui limiti oggettivi e soggettivi, sui presupposti condizionanti l'insorgenza del diritto a percepire l'incentivo per funzioni tecniche si è più volte pronunciata la giurisprudenza della Corte di Cassazione, rilevando come, con l'istituto in parole, il legislatore abbia derogato alla disciplina generale del trattamento accessorio dettata dal d.lgs. n. 165/2001, prevedendo - in una logica premiale ed al fine di valorizzare le professionalità esistenti all'interno delle pubbliche amministrazioni - un compenso ulteriore da attribuire (secondo le modalità stabilite dalle diverse versioni della norma succedutesi nel tempo) in favore del personale impegnato nelle attività di progettazione interna agli enti oltre che in quelle di esecuzione dei lavori pubblici

(cfr. ex multis sentenze Cass. n. 13937/2017; n. 2284/2019, n. 10222/2020).

Più in particolare, l'incentivo in esame, secondo il consolidato orientamento giurisprudenziale, ha carattere retributivo (cfr. Cass. n. 21398/2019 e la giurisprudenza ivi richiamata; cfr. anche Corte dei Conti, Sez. Regionale di Controllo per il Veneto, Deliberazione 264 del 25 luglio 2018<sup>4</sup>) *"...ma, poiché il legislatore ha rimesso, dapprima alla contrattazione collettiva decentrata e successivamente alla potestà regolamentare attribuita alle amministrazioni, la determinazione delle modalità di ripartizione del fondo, la nascita del diritto è condizionata, non dalla sola prestazione dell'attività incentivata, bensì anche dall'adozione del regolamento, in assenza del quale il dipendente può fare valere solo un'azione risarcitoria per inottemperanza agli obblighi che il legislatore ha posto a carico delle amministrazioni appaltanti* (Cass. 28 maggio 2020, n. 10222, in cui sono richiamate Cass. n. 13937/2017, Cass. n. 3779/2012, Cass. n. 13384/2004).

La ricostruzione dell'incentivo in termini di speciale trattamento retributivo e la configurazione della mancata adozione del regolamento di ripartizione quale inottemperanza da parte delle amministrazioni a uno specifico obbligo di legge, stando alla giurisprudenza ad oggi formata - si sul punto, inducono, a ritenere:

1. quanto alla legittimazione, l'esperibilità della tutela risarcitoria esclusivamente in capo al titolare dello speciale trattamento retributivo



rappresentato dall'incentivo in questione;

2. quanto alla giurisdizione, l'esperibilità dell'azione risarcitoria innanzi al giudice ordinario. Qualche criticità sembra, invece, ancora doversi prospettare circa l'esperibilità di un'azione giudiziale volta a ottenere l'adempimento dell'obbligo di adozione del regolamento di cui all'art. 113, D.lgs., 50/2016, considerati i limiti di adottabilità, da parte del giudice ordinario di sentenze di condanna nei confronti della pubblica amministrazione a un facere procedimentale, in forza del principio di separazione dei poteri.

**b. Applicabilità dell'istituto dell'incentivo per funzioni tecniche alle Società interamente partecipate da soggetti pubblici**

Riguardo al quesito posto dai tecnici dell'IPZS in merito all'applicabilità delle disposizioni relative agli incentivi per le funzioni tecniche, di cui al vigente art. 113 del D.Lgs. n. 50/2016, anche nei riguardi ed in favore dei dipendenti dell'Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato S.p.A., si ritiene che la risposta vada semplicemente ricercata nella definizione che il codice dei contratti fornisce di *amministrazione aggiudicatrice*. Infatti il c.2 dell'art. 113 individua inequivocabilmente proprio nell'amministrazione aggiudicatrice il soggetto giuridico deputato a destinare (e quindi anche a ripartire) *“ad un apposito fondo risorse finanziarie in misura non superiore al 2 per cento modulate sull'importo dei lavori, servizi e forniture, posti a base di gara per le funzioni tecniche svolte dai dipendenti delle stesse*

*esclusivamente per le attività di programmazione della spesa per investimenti, di valutazione preventiva dei progetti, di predisposizione e di controllo delle procedure di gara e di esecuzione dei contratti pubblici, di RUP, di direzione dei lavori ovvero direzione dell'esecuzione e di collaudo tecnico amministrativo ovvero di verifica di conformità, di collaudatore statico ove necessario per consentire l'esecuzione del contratto nel rispetto dei documenti a base di gara, del progetto, dei tempi e costi prestabiliti”*.

L'art. 3 c.1 lett. a) del codice dei contratti definisce <<amministrazioni aggiudicatrici>> *“le amministrazioni dello Stato; gli enti pubblici territoriali; gli altri enti pubblici non economici; gli organismi di diritto pubblico; le associazioni, unioni, consorzi, comunque denominati, costituiti da detti soggetti”*.

Vengono inoltre definiti, ai sensi dell'art. 3 c. lett. d) del codice «organismi di diritto pubblico», qualsiasi organismo, anche in forma societaria il cui elenco non tassativo è contenuto nell'allegato IV: 1) istituito per soddisfare specificatamente esigenze di interesse generale, aventi carattere non industriale o commerciale; 2) dotato di personalità giuridica; 3) la cui attività sia finanziata in modo maggioritario dallo Stato, dagli enti pubblici territoriali o da altri organismi di diritto pubblico oppure la cui gestione sia soggetta al controllo di questi ultimi oppure il cui organo d'amministrazione, di direzione o di vigilanza sia costituito da membri dei quali più della metà è designata dallo Stato, dagli enti pubblici territoriali o da altri organismi di diritto pubblico.



A ben vedere non sembrano esservi dubbi circa le caratteristiche di organismo di diritto pubblico attribuibili all'IPZS, che pertanto è annoverabile tra le "amministrazioni aggiudicatrici", con il conseguente obbligo di costituire il fondo di cui all'art. 113 c.2 del codice, oltre che di ripartire tale fondo sulla base di un apposito Regolamento.

#### **4. Conclusioni**

L'incentivo per funzioni tecniche rappresenta un potente strumento a disposizione delle amministrazioni aggiudicatrici per elevare i livelli di *performance* delle stazioni appaltanti, istituire modelli organizzativi improntati alla qualità, incrementare la produttività e la soddisfazione professionale del personale dipendente.

In tal senso però la concreta attuazione di tali modelli organizzativi presuppone la leale cooperazione delle parti politiche, pubblica e sindacale, nonché dei vari attori che partecipano al processo di realizzazione di un contratto pubblico, tra i quali in primo luogo il responsabile del procedimento, ma certamente anche dirigenti e tutto il personale avente diritto alla remunerazione delle funzioni tecniche, attraverso la ripartizione del fondo appositamente costituito.

##### **a. Il ruolo della Parte Politica**

Come esposto in precedenza, la concreta attuazione degli obiettivi fissati dal legislatore attraverso l'istituzione del fondo per le funzioni tecniche, è strettamente correlata ad una azione tempestiva dell'organo politico delle singole amministrazioni pubbliche. Tale organo politico,

con l'ausilio degli Uffici Amministrativi, ha l'onere di mettere a punto ed adottare un apposito regolamento secondo il proprio ordinamento (decreto ministeriale, determina consigliare, assembleare ecc.).

L'adozione dei regolamenti e dei relativi aggiornamenti dovrà essere sempre tempestiva, al fine di evitare di incappare nell'impossibilità di regolamentare disposti normativi non più in vigore.

Gli stessi regolamenti, infine, dovranno essere snelli e dettare unicamente i criteri generali e le linee guida, rimandando la successiva definizione di dettaglio dei criteri di ripartizione alla contrattazione decentrata integrativa. Il Regolamento potrebbe ad esempio definire aliquote massime per ogni singola figura professionale o meglio range percentuali (es: al responsabile del procedimento spetta una aliquota variabile da x,xx% a y,yy% per i lavori di \_\_\_\_\_, da z,zz% a w,ww% per servizi e forniture, al direttore dei lavori....., ecc.); potranno poi definirsi – sempre nel regolamento – ulteriori range o criteri per valutare la prestazione di ciascun dipendente.

A tal proposito un ruolo strategico e di coordinamento potrebbe assumere la Presidenza del Consiglio dei Ministri – come anche suggerito dal Consiglio di Stato nel parere 01139/2019 avente ad oggetto "*Ministero delle infrastrutture e dei trasporti. Schema di decreto recante "Regolamento recante norme per la ripartizione dell'incentivo per le funzioni tecniche di cui all'art. 113 del decreto legislativo 18 aprile 2016, n. 50"*". Al riguardo, si ritiene di poter condividere il suggerimento del Consiglio di Stato che, in vista della

redazione di un numero considerevolmente elevato di regolamenti da parte delle numerose amministrazioni pubbliche aggiudicatrici di lavori, servizi e forniture, “non può non segnalare con forza la necessità dell’esercizio di un incisivo ruolo di coordinamento di tali regolamenti da parte della Presidenza del Consiglio e in particolare del suo DAGL, onde evitare che le singole Amministrazioni affrontino la tematica in esame, per così dire, in ordine sparso”.

Vista la specificità della materia si ritiene tuttavia che il tavolo di coordinamento, pur se sotto la regia della Presidenza del Consiglio dei Ministri, debba essere incardinato presso il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

Non appare fuori contesto ipotizzare in questa sede che – laddove una amministrazione non si trovi nelle condizioni di emanare un proprio Regolamento – essa possa optare per l’adozione di un Regolamento già emanato da altra Amministrazione del medesimo comparto, facendolo proprio. Tale opzione potrebbe scaturire da un semplice atto di indirizzo da parte dell’Organo politico deputato all’adozione del Regolamento. Un ulteriore suggerimento – nell’eventualità di

future riforme del Codice – consiste nel promuovere l’estensione dell’incentivo a tutte le figure a qualunque titolo coinvolte nel procedimento, includendo anche dirigenti, nonché dipendenti di concessionari o aziende partecipate, purché annoverabili tra le amministrazioni aggiudicatrici. Ciò in quanto l’incentivazione produce ricadute positive nella gestione degli appalti, dei cantieri e delle infrastrutture e di conseguenza dell’intera economia del paese.

#### **b. Il ruolo delle Parti Pubbliche e Sindacale**

Nella seconda fase – quella della contrattazione decentrata – assume un ruolo fondamentale lo spirito di cooperazione tra la parte pubblica e quella sindacale, che coerentemente ai principi dettati dai regolamenti adottati da ciascuna amministrazione dovranno definire con precisione le aliquote di ripartizione, magari diversificandole in base alla complessità e alla natura dell’opera (es. ristrutturazione, restauro, nuova edilizia) o del tipo contratto da realizzare (lavoro, servizio o fornitura), al numero dei collaboratori, alla qualità della prestazione resa e così via.



### **c. Compiti del Responsabile del Procedimento e della Dirigenza**

Come ben noto il Responsabile del Procedimento ha l'onere di vigilare sull'intero processo di realizzazione di un'opera o di un contratto pubblico. Già nella fase di programmazione della spesa dovrà perciò tenere in conto nel quadro economico di spesa degli oneri per funzioni tecniche che, in assenza di un regolamento di ripartizione, saranno quantificati forfettariamente nell'aliquota massima del 2%, salvo poi - all'esito dell'adozione del regolamento e della contrattazione decentrate - costituire economia le somme che non fosse possibile ripartire. Il ruolo della dirigenza sarà invece quello di provvedere all'approvazione della spesa - attraverso specifica determina dirigenziale - disponendo l'accantonamento sull'apposito fondo delle somme indicate dal RUP nel quadro economico di spesa.

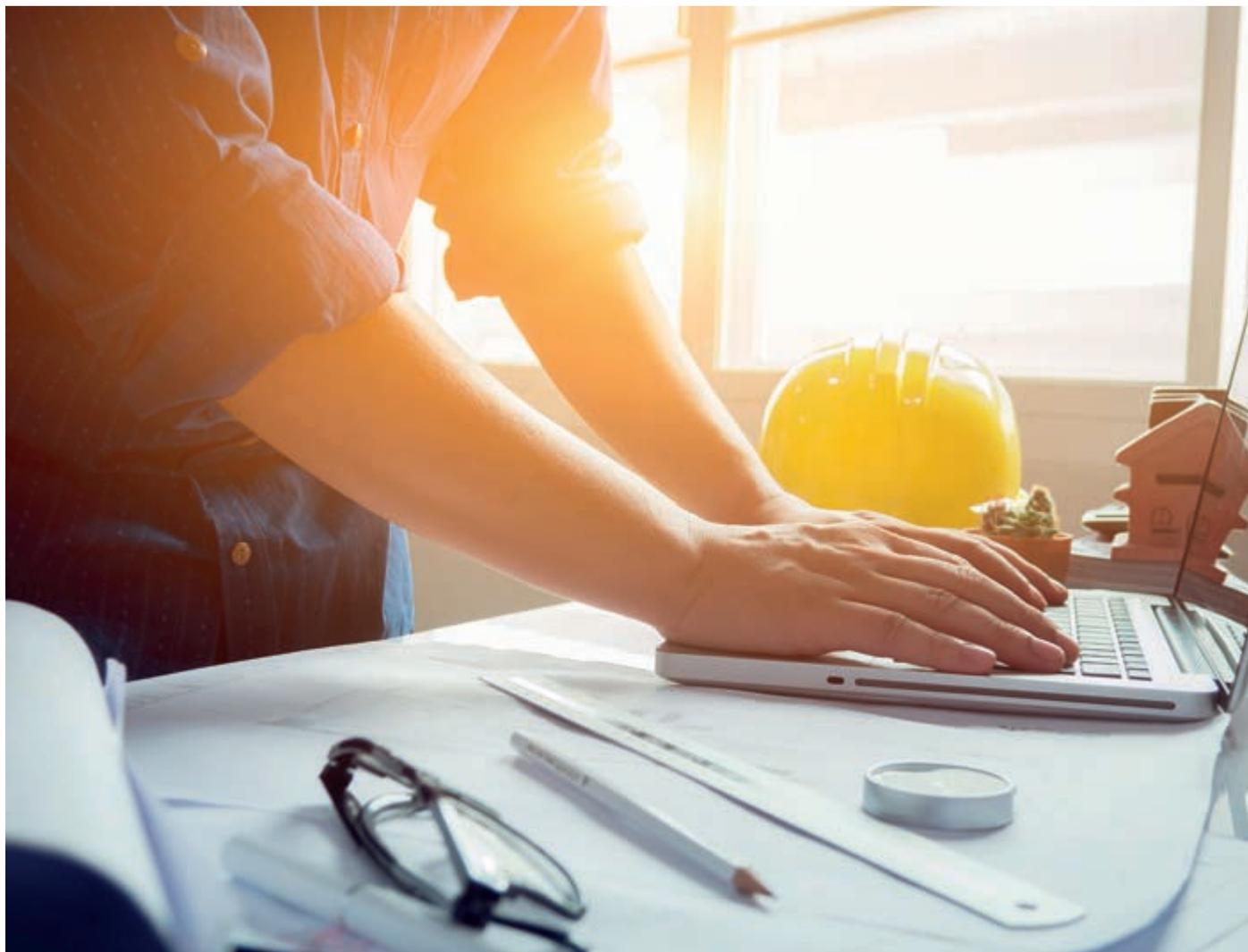
### **d. Possibili azioni degli aventi diritto alla ripartizione**

Tenuto conto del richiamato e consolidato orientamento giurisprudenziale, che attribuisce al premio incentivante il carattere retributivo al pari dello stipendio, non sembrano esserci dubbi sul

fatto che l'azione risarcitoria potrà essere intentata unicamente innanzi al giudice ordinario, unicamente dagli aventi diritto allo speciale trattamento retributivo. Per quanto sopra esplicitato, però, in assenza di regole di ripartizione sarà difficoltoso per il giudice determinare il quantum, vista l'indeterminatezza delle aliquote da assegnare a ciascuna figura professionale. A parere di chi scrive un'azione dinanzi al giudice ordinario in assenza di un regolamento attuativo presenta rilevanti profili di aleatorietà. Potrebbe pertanto risultare utile intentare azioni, anche in sede giurisdizionale, amministrativa, se del caso anche per il tramite delle Associazioni di categoria.

### **e. Il ruolo delle Associazioni di categoria**

In tal senso il ruolo di Associazioni di categoria come *Téchne P.A.* può essere strategico. Tali Associazioni sono infatti portatrici di interessi diffusi e meglio di ogni altro soggetto possono svolgere una funzione di impulso, finalizzata a sollecitare - anche mediante atto di segnalazione alle Autorità di Controllo Contabile e/o all'A-NAC - le amministrazioni aggiudicatrici e gli enti aggiudicatori, ad oggi ancora inottemperanti





rispetto all'obbligo ex art. 113, comma 3, D.lgs. 50/2016, di adozione dei relativi regolamenti. Azioni, in sostanza, di costante pressione sull'operato dell'Amministrazione, costringendola a rimuovere la propria inerzia anche attraverso il richiamo alla responsabilità personale dei dirigenti e dei funzionari responsabili della messa a punto e della approvazione degli atti procedurali e dei contratti. Concludendo, stupisce la pervicacia con la quale molte Amministrazioni Aggiudicatrici - sia a livello centrale, sia a livello locale - stiano sottovalutando (ormai da numerosi anni) le po-

tenzialità offerte dalla norma, in alcuni casi disinteressandosi completamente del problema. Tra l'altro l'effetto in termini di demotivazione del personale a lungo andare può essere devastante sulla funzionalità delle stazioni appaltanti. In altri termini occorre in breve tempo dare concretezza alle intenzioni del legislatore garantendo i diritti del personale a tutela del corretto funzionamento dei pubblici uffici. A tal proposito, si ritiene quindi opportuno che le Amministrazioni vigilanti sollecitino le amministrazioni aggiudicatrici a dar corso quanto prima alla concreta attuazione dell'art. 113 del codice.

#### NOTE

1. a valere direttamente sugli stanziamenti previsti per la realizzazione dei singoli lavori negli stati di previsione della spesa o nei bilanci delle amministrazioni aggiudicatrici, nonché' degli altri enti aggiudicatori o realizzatori.
2. 10-quater. Allo scopo di fronteggiare la crisi nel settore delle opere pubbliche e al fine di incentivare la progettualità delle amministrazioni aggiudicatrici: a) all'articolo 92, comma 5, del decreto legislativo 12 aprile 2006, n.163, il quarto periodo e' sostituito dal seguente: "La corresponsione dell'incentivo è disposta dal dirigente preposto alla struttura competente, previo accertamento positivo delle specifiche attività svolte dai predetti dipendenti; limitatamente alle attività di progettazione, l'incentivo corrisposto al singolo dipendente non può superare l'importo del rispettivo trattamento economico complessivo annuo lordo; le quote parti dell'incentivo corrispondenti a prestazioni non svolte dai medesimi dipendenti, in quanto affidate a personale esterno all'organico dell'amministrazione medesima, ovvero prive del predetto accertamento, costituiscono economie."
3. D.Lgs 18 aprile 2016, n. 50, art. 113
4. Gli incentivi in esame, diversamente da quanto accade per il trattamento retributivo (principale o accessorio) dei pubblici dipendenti, di competenza della contrattazione collettiva nazionale, sono previsti dalla legge – attualmente, art. 113 del D.lgs. n. 50/2016 – che definisce le prestazioni (espletamento di funzioni tecniche, appunto, analiticamente individuate) che danno luogo alla corresponsione degli stessi; lo speciale trattamento retributivo in questione, dunque, trova la propria fonte in una norma, la quale prevede, ai fini della corresponsione – rectius ripartizione del fondo all'uopo accantonato – la fissazione dei criteri e della modalità di distribuzione delle risorse ad esso specificamente "destinate" in sede di contrattazione collettiva decentrata e l'adozione di "apposito regolamento". Quest'ultimo costituisce un "passaggio fondamentale per la regolazione interna della materia" (deliberazione SEZAUT/18/2016/QMIG), strumento di adattamento della disciplina normativa alle specifiche esigenze dell'ente, legate alle singole procedure di appalto, ma, nell'ottica che qui interessa, è soprattutto l'atto che, recependo i criteri e le modalità individuati dalla contrattazione decentrata, consente il riparto delle risorse accantonate e rende determinabile il quantum dell'incentivo spettante ai singoli dipendenti, con ciò sancendo il sorgere della pretesa patrimoniale (ovvero del diritto) alla corresponsione del trattamento accessorio. Invero, il momento in cui può dirsi sorto il diritto alla erogazione degli incentivi (per la progettazione, prima, e per le funzioni tecniche, attualmente), in passato, era stato identificato con l'espletamento della prestazione. In particolare, la Sezione delle Autonomie e, seguendone l'orientamento, anche alcune Sezioni regionali di controllo, avevano ritenuto, sulla scorta di una pronuncia della Suprema Corte (sentenza n. 13384 del 19 luglio 2004), che il diritto all'incentivo – ossia quello allora previsto dall'art. 18 della L. n. 109/1994 – costituisse "un vero e proprio diritto soggettivo di natura retributiva (...) che inerisce al rapporto di lavoro in corso, nel cui ambito va individuato l'obbligo dell'Amministrazione di adempiere, a prescindere dalle condizioni e dai presupposti per rendere concreta l'erogazione del compenso" e che "dal compimento dell'attività nasce il diritto al compenso" (deliberazione n. 7/2009/QMIG). Di recente, tuttavia, sempre con riferimento ad una fattispecie sorta nella vigenza della disciplina anteriore al Codice degli appalti, la Corte di Cassazione ha chiarito il proprio orientamento, precisando che i principi affermati nella sentenza del 2004 non avallano affatto la possibilità di riconoscere il diritto all'incentivo in assenza del regolamento (allora prescritto dall'art. 18 della L. n. 109/1994, a seguito delle modifiche introdotte prima dall'art. 16 della L. n. 127/2007 e poi dall'art. 13 della L. n. 144 del 1999) e che, in ogni caso, "l'incentivo può essere attribuito se previsto dalla contrattazione collettiva decentrata e se sia stato adottato l'atto regolamentare della Amministrazione aggiudicatrice volto alla precisazione dei criteri di dettaglio per la ripartizione delle risorse finanziarie confluite nel Fondo" (Cass. civ. sez. lav., sentenza 5 giugno 2017, n. 13937/2017)".
5. Cfr. art. 4, comma 2, della legge n. 2248/1865, All. E.



a cura di:  
Ing. M. Catillo

# IL SEGNALAMENTO FERROVIARIO IN ORBITA CON GALILEO

ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI ROMA



## 1. ABSTRACT

Il progetto di innovazione ERSAT-GGC (ERTMS + SATellite Galileo Game Changer) di Horizon2020 rappresenta un contributo fondamentale alla tabella di marcia per l'applicazione dello standard europeo ERTMS del segnalamento ferroviario e della sicurezza alle linee locali e regionali, con l'introduzione della localizzazione satellitare

GNSS e delle Reti di Telecomunicazione Radio pubbliche.

Lo sviluppo e la diffusione dello standard ERTMS (European Rail Traffic Management System) ha garantito negli ultimi decenni un significativo incremento della sicurezza e dell'interoperabilità delle ferrovie in Europa. Sebbene lo standard ERTMS abbia subito un notevole impiego nelle principali linee nazionali e internazionali, la sua adozione nelle linee regionali e locali è stata limitata, a causa dei costi associati e della difficoltà di garantire la retrocompatibilità con le apparecchiature già installate su tali linee.

Per ovviare a questo problema, la CE, le agenzie competenti (GSA, ERA, ESA) e le principali parti interessate (imprese ferroviarie, gestori delle infrastrutture ferroviarie e organismi notificati) hanno definito una roadmap completa per l'applicazione allo standard ERTMS della localizzazione satellitare GNSS, sfruttando i sistemi europei Galileo ed EGNOS.

I precedenti progetti finanziati a livello europeo (ad esempio ERSAT-EAV, RHINOS, ecc.) hanno preparato le basi per la nuova architettura ERTMS in grado di utilizzare le tecnologie GNSS e la Tecnologia Radio TLC pubblica. La nuova architettura consentirà di raggiungere i seguenti importanti obiettivi e traguardi della "E-GNSS nella tabella di marcia per il segnalamento ferroviario":

- Ridurre i requisiti in termini di apparecchiature fisiche per ottenere le stesse funzioni ERTMS;
- Raggiungere i più alti standard di sicurezza nelle linee attualmente non protette a un costo inferiore rispetto alle alternative equivalenti;
- Aumentare la capacità delle linee senza investire in binari, grazie alla riduzione media degli "intervalli di confidenza dei treni".

## 2. ERMTS: Punto di partenza per una gestione del traffico ferroviario con tecnologie satellitari

Da dicembre del 2008 l'Italia si è accorciata, con l'attivazione della nuova linea "Alta Velocità" Milano – Bologna che ha consentito il collegamento tra i due capoluoghi in 65 minuti. L'evento ha segnato anche la nascita del Frecciarossa, il treno che "vola sulle rotaie" a 300 km/h.

Per garantire questa velocità, si è reso necessario implementare un sistema di sicurezza e monitoraggio che ha contribuito a rendere la rete ferroviaria italiana una delle più moderne e di elevata qualità tecnologica d'Europa, grazie a:

- i sistemi di comando e controllo della marcia dei treni:
  - ATC – Automatic Train Control;



- SCMT – Sistema Controllo Marcia treno;
  - ERTMS/ETCS – European Rail Traffic Management System/European Train Control System.
  - i sistemi di comunicazione terra-treno GSM-R.
  - gli apparati centrali di stazione e i relativi sistemi di comando e controllo a distanza come:
    - l'ACS – Apparato Centrale Statico;
    - l'SCC – Sistema Comando e Controllo.
- Per quanto riguarda il sistema di comando e controllo della marcia del treno, è proprio l'ERTMS/ETCS che viene dedicato alle nuove linee AV/AC (Alta Velocità/Alta Capacità) per rendere operativo il progetto “rete ferroviaria

interoperabile europea”.

L'obiettivo principe dell' ETCS è quindi la creazione di un sistema di comando dei treni armonizzato a livello europeo. Per comprendere al meglio il significato di interoperabilità, ci si affida alla definizione ferroviaria data per l'introduzione del sistema ERTMS/ETCS:

*l'interoperabilità si fonda su un insieme di condizioni per ottemperare a requisiti essenziali, con particolare riguardo a tematiche quali la sicurezza, l'affidabilità, la disponibilità, la tutela della salute e dell'ambiente, la compatibilità tecnica di sottosistemi e componenti. Essa rappresenta la capacità di consentire la marcia dei treni in sicurezza e senza interruzioni sull'intera rete europea. L'interoperabilità mira quindi a stabilire condi-*



zioni di progettazione, costruzione, assetto e gestione delle infrastrutture e del materiale rotabile, per permette di realizzare, nel territorio comunitario, la circolazione sicura dei treni con continuità tra reti di gestori diversi. Sono state proprio le ferrovie italiane ad adottare per prime in Europa l'innovativo ERTM/ETCS L2 (livello 2). Di seguito si analizza sinteticamente il sistema ERTMS/ETCS Livello 2 per poter introdurre la gestione del traffico ferroviario con tecnologie satellitari. Per una panoramica completa del sistema ERTMS/ETCS e sua evoluzione da SCMT "Sistema Controllo Marcia Treno" si rimanda direttamente agli Standards riportati nel sito ERA "European Union Agency for Railways" <https://www.era.europa.eu/>.

## **ERTMS Livello 2**

Il sistema ERTMS Livello 2 rappresenta la tecnologia attualmente in uso per le linee ad Alta Velocità in Italia e non solo. Questo sistema permette di supervisionare la marcia del treno e di gestire il distanziamento dei treni tramite un sistema di comunicazione radio (GSM-R) continuo tra il sottosistema di Bordo (treno) e il sottosistema di terra (RBC - Radio Block Centre). L'autorizzazione al movimento (MA) viene trasmessa al veicolo in continuità via GSM-R assieme a tutte le informazioni relative alla linea come rallentamenti o velocità massima. Le esatte posizioni dei treni, la direzione di marcia assieme a tutte le altre necessarie informazioni vengono tra-

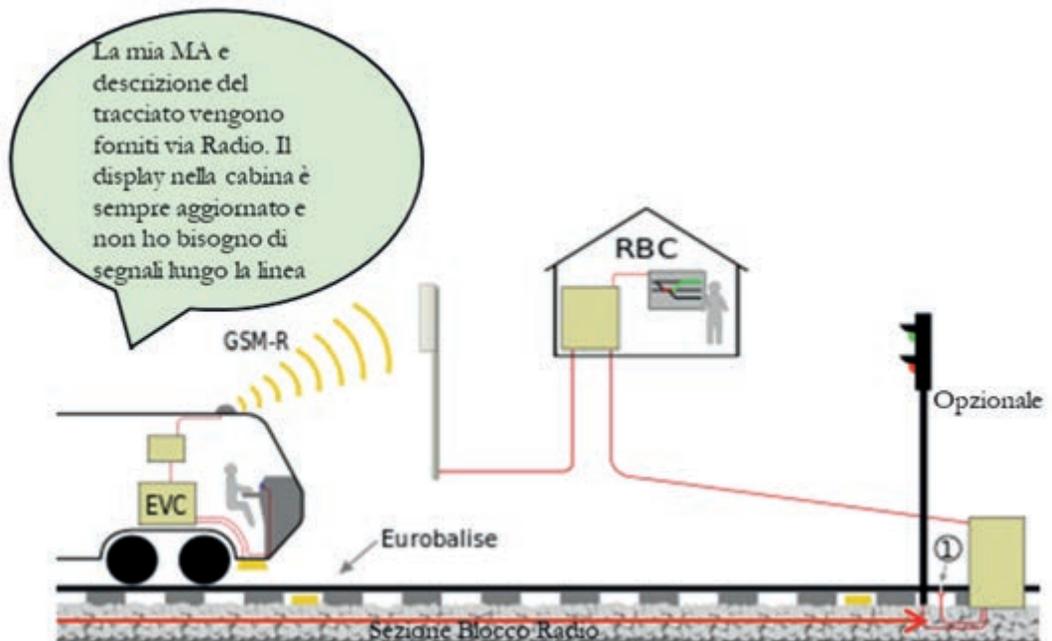


Fig.1  
ERTMS Livello 2



Fig.2  
Eurobalise e  
Antenna ricevente  
sottocassa Treno

smesse automaticamente al Radio Block Centre (RBC) a intervalli determinati. Il movimento dei treni è così monitorato in continuità per mezzo dei radio block centre.

Per il Livello 2, si ha la presenza delle sole balise (Eurobalise) di tipo passivo e servono esclusivamente come sensori di certificazione del posizionamento del treno. Le Eurobalise (transponder), posizionate sulle traverse dei binari in punti particolarmente significativi della tratta ferroviaria, rappresentano una sorta di "appuntamento" in linea per il treno.

RBC gestisce un database con l'elenco dei punti informativi (Eurobalise) all'interno del trac-

ciato da percorrere e la relativa progressiva chilometrica della logica degli appuntamenti da incontrare.

#### **Balise Virtuale e Tecnologia GNSS**

Il concetto di balise virtuali nasce dalla considerazione che il sistema di bordo potrebbe essere alimentato con un riferimento spaziale assoluto dato da un Global Navigation Satellite System (GNSS), invece delle balise fisse, e che le informazioni fisse ora acquisite dalle balise fisiche potrebbero essere memorizzate su una base dati caricata dal sistema di bordo prima della missione.

Il principale vantaggio di questa soluzione è la

possibilità di ridurre la complessità delle linee eliminando la maggior parte delle Eurobalise e di conseguenza ridurre la manutenzione lungo le linee.

Va inoltre evidenziato che:

- Il “concetto balise virtuale” è complementare e non intende sostituire tutte le balise fisiche oggi presenti in stazione/linea.
- La soluzione proposta non introduce nuovi livelli ERTMS / ETCS o modalità operative e non ha alcun impatto sul rilevamento del treno e sulla supervisione dell'integrità del treno che sono ancora di responsabilità delle apparecchiature a terra come definito dagli Standards UNISIG.
- È assicurata la retrocompatibilità tecnologica.
- L'uso a bordo treno del GNSS è a integrazione del sottosistema odometrico.

Al fine di includere la capacità delle balise virtuali, l'architettura ETCS è stata integrata con i sottosistemi di seguito introdotti:

• **Sistema di terra**

1. *Database delle tracce*

Il “Il track DB” (DB di binario) è generato in fase di progettazione. Il DB viene gestito dal sottosistema di terra, e un'immagine del DB “di binario”

deve essere messa a disposizione al sottosistema di bordo prima dell'inizio della missione.

Il track DB deve includere:

- La posizione geografica di tutte le balise virtuali progettate per la linea e, per ogni balise, il proprio telegramma. Va notato che l'introduzione del concetto di balise virtuale non richiede alcuna modifica alle regole applicate per l'assegnazione dei valori delle variabili dei telegrammi. Il modo in cui EVC elabora le informazioni è equivalente, non c'è distinzione funzionale tra balise fisiche e virtuali.
- Riferimento geografico delle tracce.
- Informazioni aggiuntive sul tracciato dei binari al fine di consentire, in collaborazione con il sistema a terra, l'identificazione del binario impegnato dal treno.

La comunicazione terra/bordo individuato per caricare il DB di traccia è il collegamento Euroradio già presente nell'architettura ETCS. Va inoltre sottolineato che al fine di garantire l'interoperabilità terra/bordo, la struttura dei messaggi che consentono al sistema di Bordo di caricare il DB di traccia deve essere regolata da una specifica di interoperabilità (STI).

2. *Il sistema di potenziamento (o stazione di riferimento)*

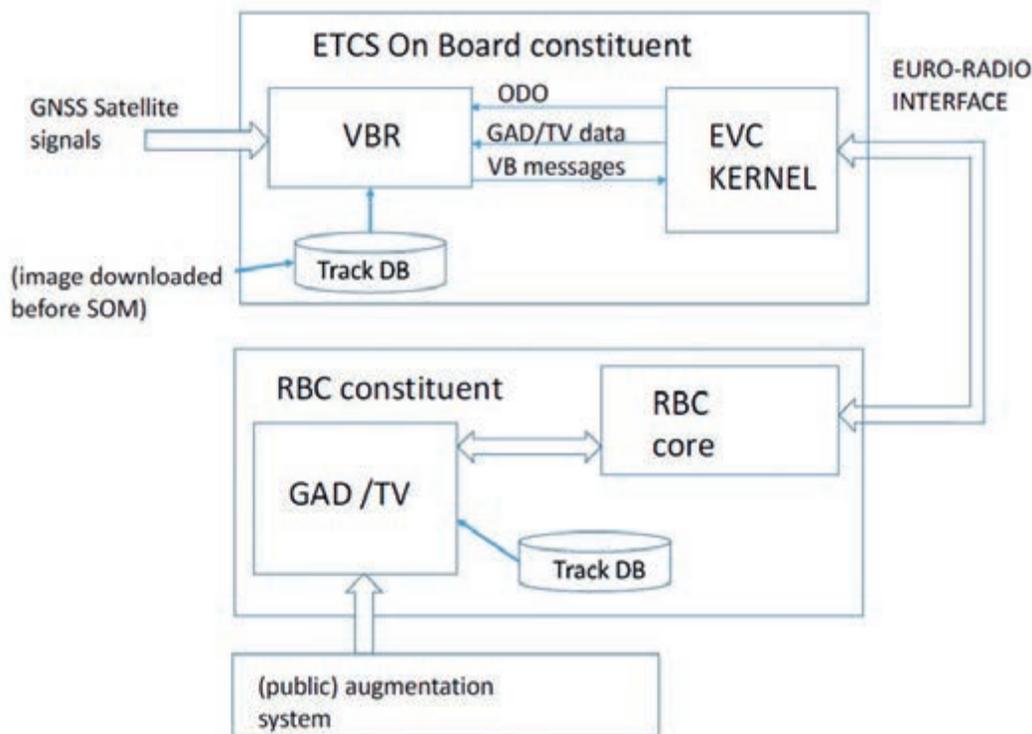


Figura 3  
Architettura avanzata  
ETCS

Il compito del sistema di potenziamento è quello di monitorare in una località ben nota i segnali forniti dai satelliti al fine di calcolare i fattori correttivi che, una volta messi a disposizione ai sistemi di bordo, consentono di aumentare la precisione della localizzazione GNSS. Nello specifico, l'utilizzo di un sistema di potenziamento riduce sensibilmente gli effetti della propagazione troposferica, che si può ipotizzare costante in area di alcune decine di chilometri dalla stazione di riferimento, sulla precisione della localizzazione. Una seconda missione della stazione di riferimento è la rilevazione di satelliti inaffidabili che devono essere esclusi dal sistema di bordo durante la valutazione PVT (Posizione, Velocità, Tempo). La stazione di riferimento può eseguire questa operazione più facilmente di un ricevitore di bordo perché, lavorando in una posizione fissa, conosce la soluzione PVT prevista. I fattori correttivi ed i dati di integrità dei satelliti calcolati dalle stazioni di riferimento saranno raccolti dal sistema di potenziamento e diffusi e quindi trasmessi tramite il canale Euroradio ai sistemi di bordo al fine di aumentare la precisione della misura.

3. *The GAD / TV (GNSS Augmentation Dissemination / Trackside Verification)*

La missione di questi componenti è:

- GAD: raccogliere e diffondere ai sistemi di bordo i dati relativi alla correzione degli errori e all'integrità del satellite.
- TV: verifica la localizzazione del treno sui binari unendo i dati forniti dal treno.

• **Sistema di bordo**

1. *Letto di balise virtuali basato su GNSS di bordo (VBR)*

Il lettore di balise virtuali può essere suddiviso in due unità: "Ricevitore antenna / GNSS" e "Calcolo PVT e rilevamento balise".

Mentre la prima unità ha in carico l'acquisizione e la demodulazione dei segnali satellitari, la seconda unità deve:

- Calcolare il PVT (posizione, velocità, tempo) e l'accuratezza della localizzazione, tenendo conto anche dei fattori di correzione degli errori trasmessi dal sistema di potenziamento e diffusione.
- Determinare quando la posizione del treno corrisponde alle prossime balise virtuali previste lungo il percorso del treno.
- Acquisire dal DB di traccia i telegrammi corrispondenti, correlare il telegramma con lo spazio/tempo corrente e inviare i dati, compreso l'intervallo di confidenza di sicurezza, al core EVC esattamente come previsto dalle attuali implementazioni.

**Impatto sul quadro dell'Interoperabilità**

La nuova architettura ETCS proposta dal progetto ERSAT GGC include il sottosistema GAD / TV all'interno del sottosistema RBC e il VBR all'interno del sottosistema ETCS On-board. Non sono stati introdotti nuovi componenti di interoperabilità.

E' da notare che le funzioni preposte al sottosistema

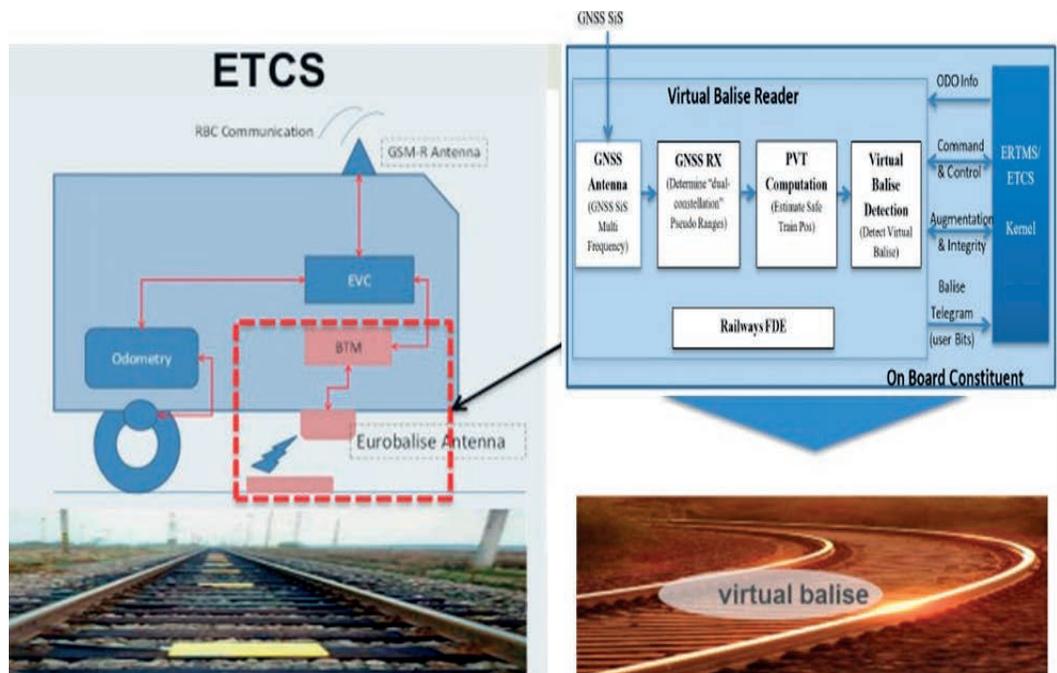


Figura 4  
ETCS-GNSS

stema VBR e GAD-TV sono ben definite e indipendenti dalle altre funzioni assegnate ai componenti di interoperabilità. Quindi VBR, GAD / TV potrebbero essere sviluppati, verificati e certificati come “prodotti generici” ogni volta che viene applicato un ciclo di vita CENELEC 50126 / CENELEC 50129.

L'architettura proposta impatta solo sulla definizione dei messaggi scambiati tramite l'interfaccia EURORADIO. Perciò la definizione dei messaggi ETCS dovrà essere aggiornata includendo nuovi pacchetti dedicati. Non sono necessarie modifiche al protocollo di comunicazione EURORADIO fino al livello di sicurezza incluso.

L'architettura proposta non necessita ovviamente di alcuna modifica sulle altre interfacce esistenti.

**Introduzione della tecnologia GNSS e dei vincoli ferroviari**

Come noto, la finalità principale di tutti i GNSS è quella di rendere disponibile, tramite ricevitori a basso costo, un'accurata localizzazione del ricevitore su un sistema di coordinate riferito alla Terra. Inoltre il GNSS è anche in grado di fornire informazioni precise sull'ora UTC e sulla velocità del ricevitore.

Al giorno d'oggi sono operativi molti GNSS come: GPS (sviluppato e mantenuto dagli Stati Uniti), GLONASS (Russia), Galileo (comunità europea) e Beidou (Cina).

I principali dubbi da chiarire per introdurre il concetto GNSS nel sistema di gestione, monitoraggio e protezione dei veicoli ferroviari sono:

- la precisione della misurazione GNSS è adatta alle esigenze ferroviarie?
- la disponibilità delle misurazioni GNSS è adatta alle esigenze delle ferrovie?
- l'integrità della misurazione GNSS è adatta alle esigenze ferroviarie?

**Precisione GNSS**

Per valutare la possibilità di utilizzare un GNSS in un contesto ferroviario è necessario tener conto che:

- il rispetto di una precisione di misura predefinita non può essere assicurato da alcun ricevitore GNSS;
- Spetta alle applicazioni ferroviarie:
  - valutare l'accuratezza dei dati satellitari al livello di integrità richiesto per la sicurezza dell'applicazione ferroviaria.
  - integrare, se necessario, la misura GNSS con altre misure dirette o indirette fornite da altre fonti indipendenti (come dati odometrici o dati inerziali) di misura la cui integrità deve essere ben nota.

Si deve considerare che:

- L'utilizzo del sistema GNSS all'interno del sistema ETCS livello 2 non assicura la stessa precisione di localizzazione richiesta dalla specifica UNSIG per un rilevamento di balise fisiche di  $\pm 1$  m (Subset 036). Perciò è necessario trasferire alle funzioni dell'EVC, che necessitano dei dati di localizzazione, l'accuratezza di sicurezza.

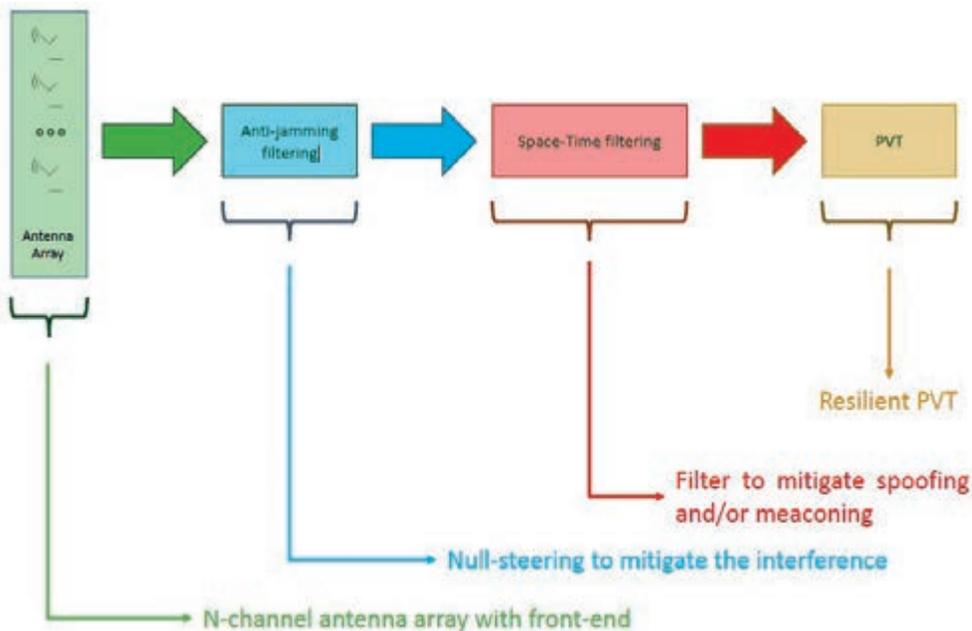


Fig. 5 Array di antenne GNSS: schema di elaborazione

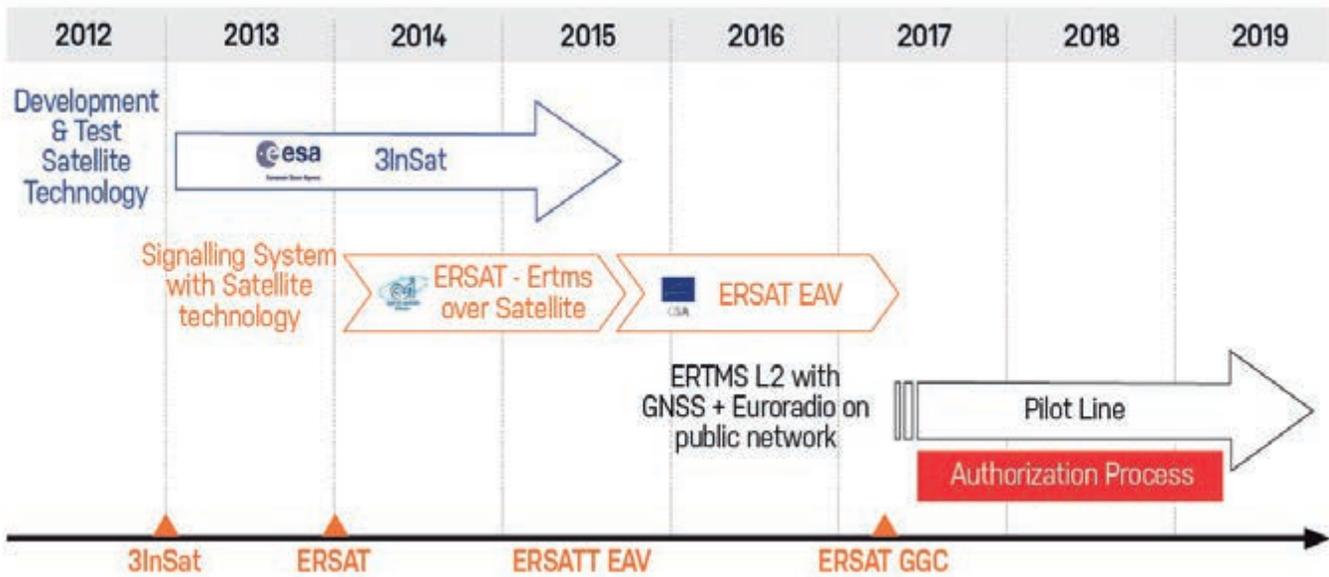


Fig. 6 • Fasi del progetto

Le Eurobalise fisiche vengono utilizzate anche all'inizio della missione per localizzare in sicurezza il treno sul binario corretto. Questa funzione potrebbe essere svolta in sicurezza da un lettore di balise virtuali solo se la precisione della misura di sicurezza è inferiore alla distanza tra binari paralleli adiacenti. Questo requisito al giorno d'oggi non è garantito, con l'integrità di sicurezza richiesta per le applicazioni ferroviarie, con le attuali tecnologie GNSS.

#### Disponibilità GNSS

E' la frazione di tempo in cui la soluzione PVT è disponibile durante una missione. Per garantire un'elevata disponibilità per la funzione "Virtual balise Reader" è necessario progettare accuratamente la posizione delle balise virtuali, evitando la vicinanza di ponti, pareti laterali o grandi edifici che possono oscurare i segnali GNSS, ed eventualmente applicando opportune contromisure.

#### Integrità GNSS

L'integrità e la continuità caratterizzano la risposta del sistema a eventi naturali o guasti del sistema stesso.

E' importante valutare l'effetto dei guasti, ad esempio con il supporto del "functional Failure Mode Effect Analysis". Focalizzando l'attenzione sulla progettazione di un array di antenne GNSS, di seguito è riportato un principio di schema di elaborazione

### 3. ERSAT GGC

ERSAT GGC è concepito per velocizzare il processo di certificazione degli asset EGNSS (Sistema geostazionario europeo di navigazione di sovrapposizione) secondo le regole ERTMS. È un follow up del programma ERSAT (ERTms + Satellite) lanciato nel 2012 da RFI in collaborazione con Ansaldo STS (ora Hitachi Rail STS) per l'integrazione delle tecnologie satellitari sulla piattaforma ERTMS. Obiettivi primari di ERSAT GGC

sono di consentire a RFI di lanciare una linea operativa, nominata Game Changer per l'integrazione della tecnologia satellitare nell'ERTMS, entro il 2020, stesso anno in cui saranno operativi i servizi Galileo, e di accelerare il processo di standardizzazione a livello europeo per l'inclusione dei requisiti satellitari nel nuovo ERTMS STI (Standard for Technical Interoperability).

Come risultato di progetti precedenti, EGNSS ed ERTMS, entrambi pilastri della politica industriale europea, stanno diventando strettamente correlati e sostenuti da un modello di business di mutuo sostegno, prerequisito per dare vita ad applicazioni EGNSS in rapida crescita e per l'implementazione di soluzioni ERTMS economiche e sostenibili sul mercato locale e regionale che oggi è dominato da "sistemi legacy", la maggior parte dei quali vecchi e ancora azionati manualmente. ERSAT GGC fa affidamento sui risultati dei più importanti progetti finanziati dalla CE e GSA come NGTC, ERSAT EAV, STARS, RHINOS i cui coordinatori individuali sono partner del consorzio ERSAT GGC.

Il consorzio ERSAT GGC comprende RFI, SNCF e ADIF quali principali stakeholder ferroviari europei e due Organismi di Notifica Indipendenti, Italcertifer e Bureau Veritas che stanno già supportando RFI per il processo di certificazione.

ERSAT GGC ha sfruttato un banco di prova completamente operativo situato in Sardegna sulla linea a doppio binario di 50 km tra Cagliari e San Gavino. Questo banco di prova include i componenti principali dell'ERTMS, un treno completamente attrezzato e le risorse EGNSS / Wireless integrate. Altre strutture, come quelle del laboratorio CEDEX, DLR e RFI sono e saranno utilizzate per il processo di certificazione. ERSAT GGC impatta principalmente sull'evoluzione dell'ERTMS che, grazie all'utilizzo di asset satellitari, diventerà più efficiente ed economicamente vantaggioso per il suo dispiegamento sulle linee locali e regionali, contribuendo alla



Fig. 7  
Targets del progetto

politica CE sull'adozione dell'ERTMS sulle ferrovie europee.

Allo stesso tempo, il progetto impatta anche sull'utilizzo di EGNOS e GALILEO, progettati principalmente per applicazioni aeronautiche, che si trovano ora ad affrontare nuove problematiche specifiche del sistema ferroviario.

Le fasi del progetto si possono raggruppare in:

- 1. Sfruttamento di segnali EGNSS**  
la Geo-localizzazione dovrebbe diventare il mezzo principale per determinare in sicurezza la posizione del treno con ERTMS.
- 2. Implementazione di progetti pilota basati su EGNSS e soluzioni end-to-end**  
Una linea Pilota sarà implementata da RFI (Game Changer for the Satellite integration on ERTMS) sulla linea ferroviaria Pinerolo-Sangone oltre al Test Bed già realizzato in Sardegna.
- 3. Sviluppo di standard, certificazione, accettazione legale e sociale**  
Il team ERSAT GGC include tutte le competenze e i ruoli necessarie per promuovere l'adozione dell'EGNSS.
- 4. Sinergia con altri sistemi di posizionamento e navigazione**  
Sfruttamento di sinergie con altri sistemi e tecniche di posizionamento e navigazione, con focus nella valorizzazione di EGNOS e Galileo nel quadro di ambienti multi-costellazione e multifrequenza. ERSAT GGC anticipa l'uso di GALILEO, disponibile entro il 2020.

#### Applicazioni di trasporto EGNSS

EGNSS è destinata a diventare parte integrante nei seguenti quattro domini di trasporto:

- **Aviazione:** è previsto lo sviluppo di soluzioni EGNSS per la navigazione, sorveglianza e comunicazione in tutte le fasi del volo, compresa la possibilità di determinare la posizione degli aeromobili in pericolo. In particolare, PBN (Performance Based Operations) basato su GNSS, operazioni avanzate di avvicinamento e atterraggio che beneficiano di una solida guida verticale. Sono incluse le applicazioni di sorveglianza, come ADS-B (Automatic Dependent Surveillance Broadcast) e l'uso di PVT affidabili per l'integrità del segnale, il posizionamento preciso e l'orientamento di sistemi aerei a pilotaggio remoto (RPAS).

- **Strada:** è previsto lo sviluppo di soluzioni EGNSS in domini innovativi emergenti, come i veicoli autonomi, che sono critici per la sicurezza e richiedono un posizionamento, tempi e navigazione specifici, accurati e resilienti.
- **Marittimo:** è previsto lo sviluppo di soluzioni basate su EGNSS per la navigazione delle navi, la gestione e la sorveglianza del traffico, la ricerca e il salvataggio, le operazioni portuali, il controllo personalizzato delle frodi, il monitoraggio della pesca.
- **Ferrovia:** come già illustrato, EGNSS viene integrato al segnalamento e al controllo dei treni, contribuendo all'evoluzione e alla competitività dei costi del sistema europeo di gestione del traffico ferroviario e in applicazioni non critiche per la sicurezza, come il sistema di informazione dei passeggeri, la gestione delle risorse, ecc.

#### 4. ERSAT- Sito Prova in Sardegna

- Lunghezza Totale: ~ 50 km (Cagliari- San Gavino). Linea a Doppio Binario.
- Velocità massima 150 km/h.
- Rete di Augmentation con due Stazioni di Riferimento (RS a Decimomannu e Samassi) con rete RFI SDH.
- Posto Centrale a Cagliari con RBC&TALS.
- 3 Tetra Antenna a Cagliari, Decimomannu e Samassi.

Per l'attività di test è stato usato il veicolo diesel ALn668-3136.



Uno schema dell'architettura del sistema ERTMS usata in figura 10.

Primo caso in Europa, il sistema è stato testato nel cuore della Sardegna, dove Ansaldo STS (attuale Hitachi Rail STS) con il contributo di RFI e Trenitalia ha realizzato il Centro sperimentale sulla linea ferroviaria Cagliari-San Gavino.

Questa nuova tecnologia sperimentale localizza i convogli ferroviari con l'utilizzo dei satelliti, in modo da integrare il sistema europeo di gestione del traffico (ERTMS), con Galileo, il nuovo sistema di posizionamento e navigazione satellitare sviluppato in Europa come alternativa al GPS.

Hitachi Rail STS (ex Ansaldo STS) ha già sperimentato l'utilizzo delle tecnologie satellitari in Australia, dove un sistema GPS consente di guidare un treno che collega la miniera di Roy Hill con il porto più vicino, per oltre 350 km di linea. Il sistema testato in Sardegna, finanziato dall'Agenzia Europea "European Global Navigation Satellite Systems Agency" (GSA), è stato sviluppato in collaborazione con importanti aziende europee operanti nei settori ferroviario e aerospaziale tra cui RFI, Trenitalia, Ferrovie Tedesche (DB Netz), Centro di Ricerca Aerospaziale Tedesco (DLR), ASSTRA in rappresentanza del Trasporto Pubblico Locale italiano e l'Università Bocconi.

**Uno sguardo all'indietro: Rio Tinto e il primo sistema ferroviario autonomo**

Il successo della prima corsa treno della prima linea al mondo interamente automatica per il trasporto merci su rotaia da parte di Rio Tinto, il 10 luglio 2018 da Tom Price Mine al porto di Cape Lambert per una distanza di 280 chilometri e con un treno a pieno carico, grazie al fornitore di tecnologie ferroviarie Ansaldo STS (attuale

Hitachi Rail). Rio Tinto e Ansaldo STS hanno sviluppato e implementato la soluzione di controllo marcia treno che consentirà l'automazione della rete ferroviaria merci di Rio Tinto nella remota regione della Pilbara, nell'Australia Occidentale, che include 1.700 km di binari.

La soluzione rivoluzionaria è basata sul sistema standard internazionale di radiosegnalamento e protezione marcia treno ATO su ETCS Livello 2 che consente la marcia del treno in maniera completamente automatica. Nel caso di AutoHaul™ di Rio Tinto, ogni locomotiva è stata attrezzata con un modulo di guida integrato che invia automaticamente rapporti sull'esatta posizione, velocità e direzione di marcia dell'intera flotta tramite comunicazione IP verso un centro di controllo centrale a Perth, ad oltre 1.500 chilometri di distanza.

L'Office of National Rail Safety Regulator (ONRSR) ha approvato l'avvio delle operazioni in marcia autonoma senza conducente per AutoHaul™ il 16 maggio 2018, segnando l'inizio dell'implementazione graduale da parte di Rio Tinto delle operazioni in marcia autonoma.

**5. Stato dell'infrastruttura ferroviaria in Italia**

Il piano di accelerazione ERTMS consiste in:

- Distribuire l'ERTMS sull'intera infrastruttura ferroviaria.
- Prima implementazione dell'ERTMS su linee regionali.
- Disattivazione dei "sistemi legacy" come richiesto dalla CE.
- Sostenibilità economica e sociale del tra-

Fig. 11  
Rio Tinto  
ATO su ETCS Livello 2



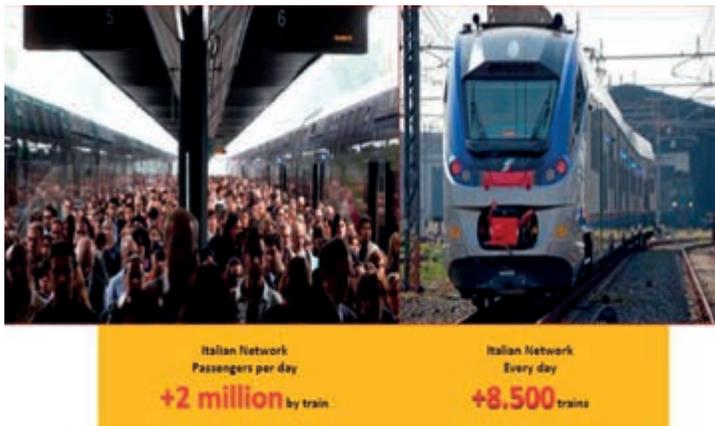
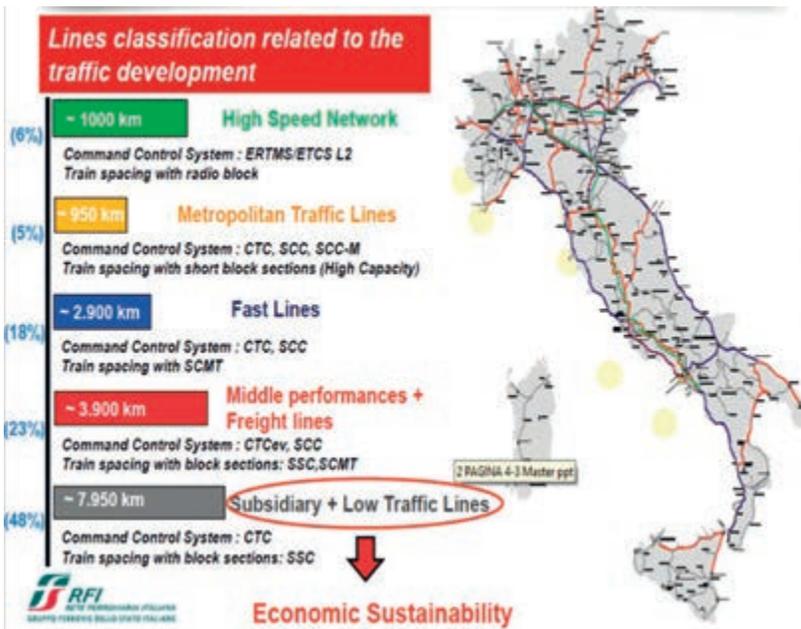


Fig. 12 Stato dell'infrastruttura ferroviaria in Italia

sporto ferroviario con un uso più efficiente di risorse e benefici per l'ambiente con minori emissioni di CO2.

## 6. EGNSS: traguardi e principali ostacoli

E-GNSS consentirà di raggiungere i seguenti importanti obiettivi e traguardi della nella tabella di marcia per il segnalamento ferroviaria:

- Ridurre i requisiti in termini di apparecchiature fisiche per ottenere le stesse funzioni ERTMS.
- Raggiungere i più alti standard di sicurezza nelle linee attualmente non protette a un costo inferiore rispetto alle alternative equivalenti.
- Aumentare la capacità delle linee senza investire in binari, grazie alla riduzione media degli "intervalli di confidenza dei treni".

I parametri fondamentali da soddisfare sono ancora centrati sull'Affidabilità, Disponibilità, Manutenibilità e Sicurezza. Discorso a parte per

la velocità che ovviamente rimane strettamente correlata anche alle caratteristiche fisiche del veicolo e dell'infrastruttura.

I principali ostacoli da superare sono di diversa natura, come di seguito sintetizzato:

- Legale
  - o Fornitura di servizi con responsabilità.
  - o Includere EGNSS nella STI (Specifiche tecnica per l'interoperabilità). Target 2022/23.
- Tecnico
  - o Conformità allo standard ERTMS.
  - o Prestazioni in qualsiasi condizione operative.
  - o Uso di reti pubbliche di potenziamento.
- Altre barriere
  - o Mancanza di incentivi per accelerare piani di implementazione nazionale.

La localizzazione GNSS con attributi di integrità e precisione elevata è un'applicazione chiave per l'implementazione di sistemi di treni automatizzati più efficienti e più sicuri.

In parallelo, anche le applicazioni delle "auto connesse" si basano su un posizionamento preciso e sicuro e hanno in comune con i treni l'ambiente operativo e un sistema di comando e controllo centralizzato. Da qui il paradigma "give and take" per collegare i sistemi di controllo dei treni e le parti interessate delle "automobili autonome" e sviluppare una piattaforma GNSS comune. L'ambizione è di esportare verso le "auto autonome" le capacità di sicurezza dei sistemi di controllo dei treni dimostrate durante decine di anni di attività e di sfruttare il potenziale mercato delle grandi auto per ridurre i costi della piattaforma GNSS. La sinergia con le "auto connesse" viene analizzata introducendo prima il concetto di binario virtuale per guidare un'auto su strada come un treno sulle rotaie e poi sviluppando l'orizzonte virtuale per monitorare in sicurezza la strada da percorrere rilevando ostacoli. La roadmap è guidata dal progetto ERSAT GGC (Galileo Game Changer) H2020, che, come illustrato nel presente articolo, coinvolge la comunità ferroviaria, e dall'iniziativa EMERGE (Veicoli Commerciali Leggeri & Tecnologie Emergenti per operatività di "tutti i giorni" e di "ausilio nelle emergenze") che punta a realizzare un avanzamento scientifico e tecnologico nel campo ITS (Intelligent Transport Systems) attraverso una partnership tra l'Università dell'Aquila, FCA, RadioLabs e IAM (Polo Innovazione Automotive).

## 7. Satelliti e telecomunicazioni per sistemi di controllo del treno

I principali aspetti da valutare sono:

- Caratteristiche del sistema di localizzazione satellitare:

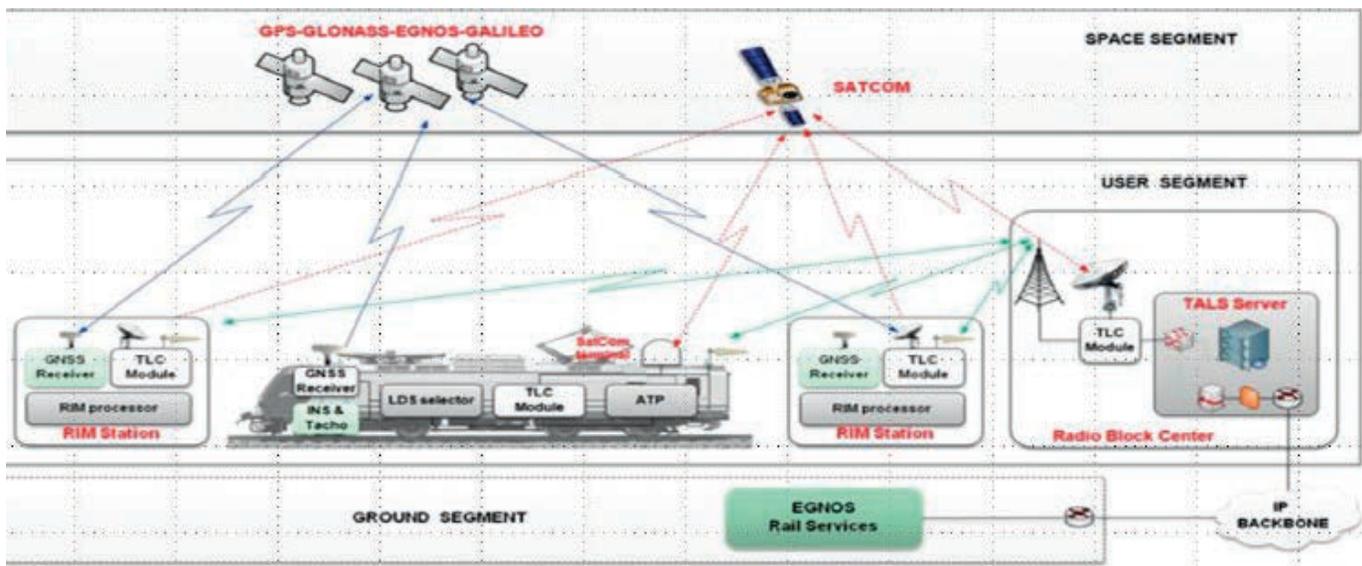


Fig. 13  
TLC e controllo Treni

- o Compatibilità ERTMS/ETCS
- o Sistemi satellitari di posizionamento locale: GPS, Glonass, Galileo
- o Conformità SIL-4
- o Rete di potenziamento per una maggiore precisione
- Funzionalità "Multi-Bearer Telecom", tra cui:
  - o TETRA
  - o Cellular, 2G/3G/4G/5G
  - o Satellite
  - o Routing intelligent
- Automazione del veicolo/treno.
- Consentire lo sviluppo di un sistema ferroviario a lunga percorrenza completamente autonomo attraverso tre livelli di automazione:
  - o Modalità di assistenza alla guida (con conducente)
  - o Modalità assistita (corsa autonoma, con conducente a bordo)

o Modalità ATO senza conducente  
**Trend delle telecomunicazioni: scenario europeo**

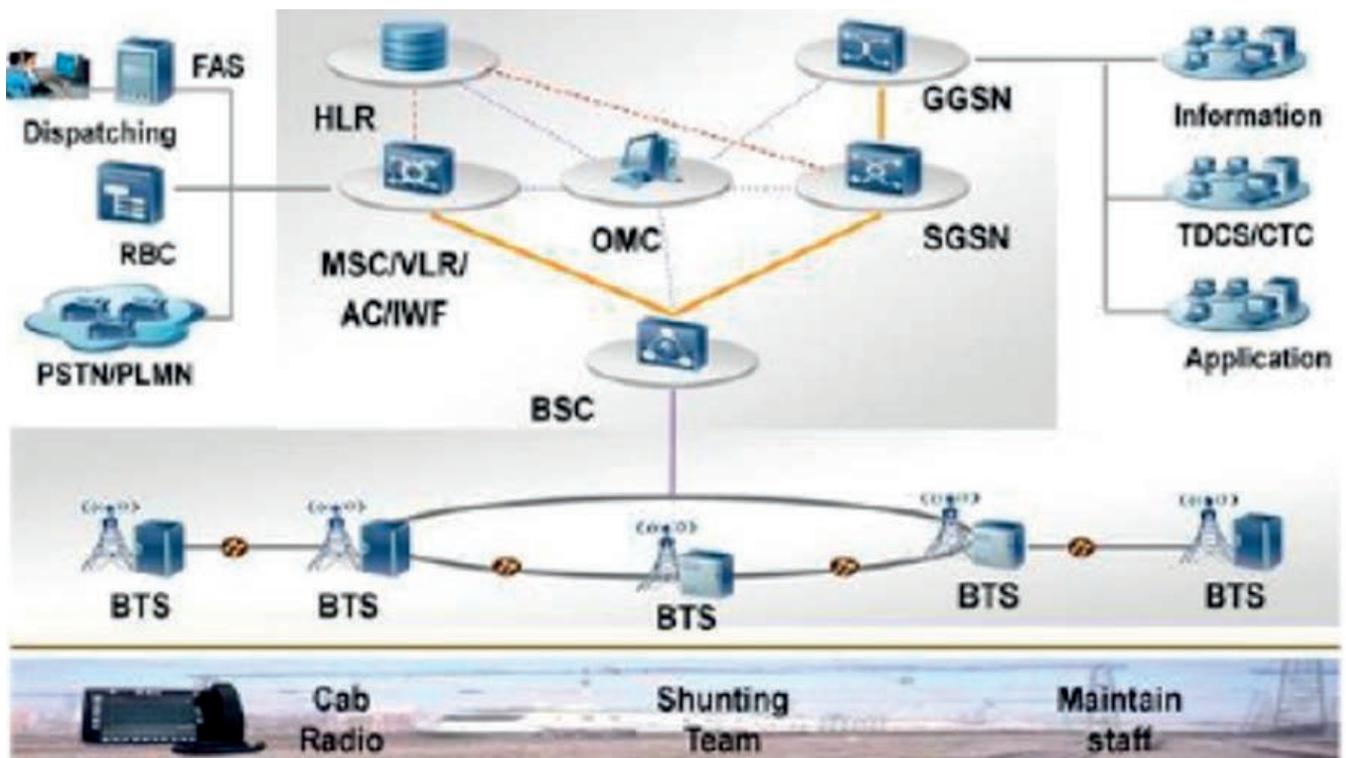
In Europa è presente il GSM-R, lo standard TLC per la comunicazione wireless Train-to-Wayside per ferrovia. Viene considerato come un sottosistema del sistema europeo di gestione del traffico ferroviario (ERTMS).

Le principali problematiche sotto analisi sono:

- Soluzione dedicata molto costosa (CAPEX)
- Nessuna disponibilità di spettro per aumentare la capacità
- Vicino all'obsolescenza
- Fortemente supportato dalla lobby delle industrie TLC

Le reti dedicate non sono più una strategia sostenibile per gli operatori ferroviari. Perciò tutti gli stakeholder europei sono alla ricerca di nuove soluzioni.

Fig. 14  
TLC-scenario europeo



**Trend delle telecomunicazioni: scenario del resto del mondo**

Gli standard non sono così ampi come in Europa. Nel resto del mondo le TLC sono soluzioni tecniche "Ad hoc", a seconda delle aree geografiche (frequenze, fornitori disponibili, ...) e di altri vincoli legati ad offerte specifiche.

Le principali problematiche sotto analisi sono:

- Nessuna Standard
- Disponibilità di frequenze e licenze a seconda delle normative nazionali
- Spesso la rete è condivisa con altre funzionalità non vitali
- Costi TLC non ottimizzati (CAPEX) nelle soluzioni ferroviarie
- Possono trarne vantaggio le realtà con un'approfondita conoscenza TLC interna

Un sistema di comunicazione adattabile potrebbe essere la strategia chiave.

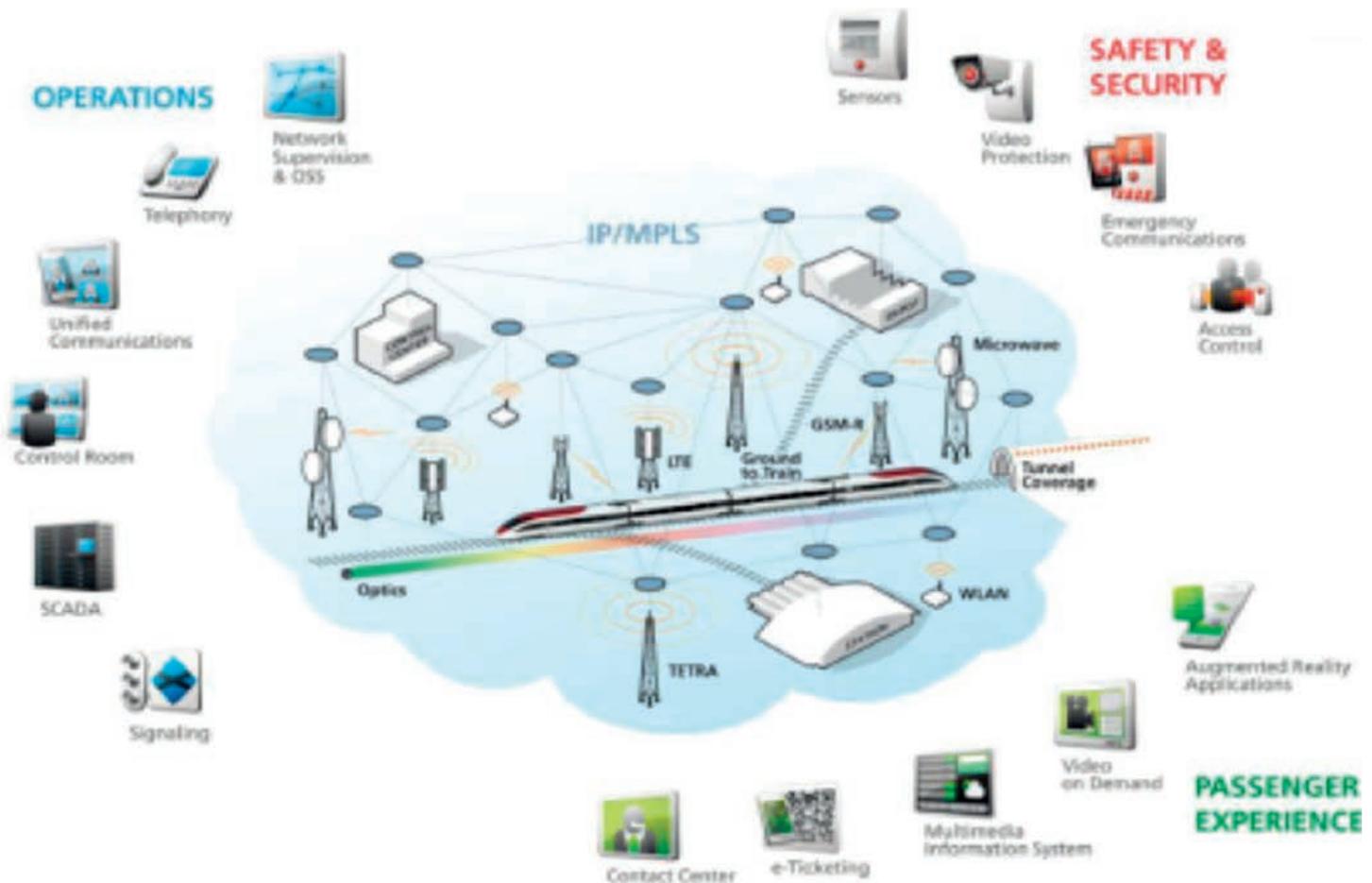
**8. Gli effetti socio-economici e spaziali dell'evoluzione ferroviaria**

Il servizio ferroviario ha assunto nel corso degli anni un ruolo rilevante nel settore delle politiche e strategie dei trasporti, generando un grande interesse da parte degli operatori economici e delle amministrazioni che riconoscono in esso

un'opportunità di sviluppo per il futuro grazie all'elevata velocità di spostamento (350 km/h nei servizi più moderni) e la conseguenziale riduzione dei tempi di accesso ai principali centri urbani, senza penalizzare la sicurezza e la qualità del viaggio, la capacità di spostare un elevato numero di passeggeri, l'elevata frequenza dei treni. Se si pensa alla rivoluzione tecnologica delle nuove infrastrutture ferroviarie in Europa e nel mondo, sia in termini di estensione della rete globale sia per l'entità degli investimenti da parte dei governi, ed al relativo servizio di trasporto offerto, appare evidente come l'ERTMS e le tecnologie annesse (vedi EGNSS) stiano rivestendo un ruolo rilevante, compreso un miglioramento delle opportunità di sviluppo della struttura fisica e funzionale del territorio. La possibilità di muoversi in tempi brevi tra centri urbani, collocati anche a centinaia di chilometri gli uni dagli altri, genera il superamento delle distanze fisiche tra le città con conseguenze positive sul sistema economico, sulla distribuzione della popolazione e sull'organizzazione territoriale.

Grazie al progetto di innovazione ERSAT-GGC, la contrazione dello spazio interesserà tutti i nuclei urbani collocati lungo la rete ferroviaria, annullando il concetto di "modalità di trasporto spazialmente selettiva" che caratterizza le

Fig. 15 TLC-scenario nel resto del mondo



linee ferroviarie dedicate/attrezzate per sistema ERTMS-L2, comunemente indicata come "Alta Velocità- AV".

L'introduzione di ERSAT-GGC può determinare cambiamenti significativi nella struttura economica-sociale nazionale e regionale grazie al miglioramento dell'accessibilità del territorio, determinando la localizzazione delle aziende, e quindi dei nuclei familiari, non più in predefiniti centri urbani strategici, ma in aree più vaste. Uno studio condotto dall'Università di Amsterdam mostra come la localizzazione delle imprese sul territorio regionale sia funzione di due fattori: il collegamento alla linea ferroviaria ad "Alta Velocità/Capacità", ed il sistema della domanda e dell'offerta di manodopera. Quindi, su scala regionale, l'introduzione di ERSAT-GGC contribuisce a determinare una diminuzione delle inefficienze del mercato del lavoro.

Un altro effetto della presenza di un servizio di trasporto ferroviario "Veloce Efficiente ed Efficace" è la generazione di nuovi tipi di flussi di pendolari che portano ad:

- Un miglioramento qualitativo del mercato del lavoro su scala nazionale, poiché i lavoratori riescono a trovare impiego nel loro settore di specializzazione.
- Un miglioramento quantitativo del mercato del lavoro per un effetto domino.
- Un utilizzo più armonico delle risorse del territorio nazionale.

Da quanto argomentato, l'introduzione del pro-

getto ERSAT-GGC può contribuire a:

- Favorire l'introduzione di nuove tipologie di utenti e la ridefinizione delle relazioni tra le diverse città servite dall'infrastruttura;
- Contribuire a modificare la struttura socio-economica del territorio.
- Elaborare una nuova idea di tempo, spazio e uso del territorio.
- Contribuire alla trasformazione qualitativa delle centralità urbane e delle relazioni tra forze economiche, politiche e sociali.
- Definire un nuovo concetto di città.

Di seguito, i potenziali impatti socio-economico e urbanistico:

- Sotto l'aspetto sociale, si avrà una trasformazione delle condizioni di accessibilità e disponibilità, che si traduce in un aumento considerevole dei flussi dei viaggiatori ed in una riduzione del tempo di viaggio con conseguente aumento del tempo libero disponibile.
- Dal punto di vista economico, si genera una riduzione dei costi di trasporto ed un migliore accesso ad un'elevata varietà di beni di mercato che favoriscono un miglioramento dell'efficienza economica dei territori.
- Sotto l'aspetto urbanistico, favorisce la modernizzazione della struttura delle città, agevolando la comparsa di nuovi poli di sviluppo, ed influenzando la posizione gerarchica che ogni città riveste rispetto al territorio.

## Bibliografia

- [1] "ERTMS STI (Standard for Technical Interoperability)", <https://www.era.europa.eu/>.
- [2] "ERTMS on SATELLITE Galileo Game Changer", <https://cordis.europa.eu/project/>
- [3] ERSAT-GGC, "Assessment report of the enhanced functional ERTMS architecture", 16 giugno 2019
- [4] ERSAT-GGC, "Dissemination and Exploitation Report", 29 novembre 2019
- [5] ERSAT-GGC, "Enhanced Functional ERTMS Architecture Capable of using GNSS and Public Radio TLC Technologies", 22 novembre 2019
- [6] ERSAT-GGC, "Field Data Analysis Report", 28 novembre 2019
- [7] Francesco Rispoli, "Case study: ERSAT, Ansaldo", gennaio 2018
- [8] Francesco Rispoli, "Breakthrough Satellite Technologies for Automated Rail Transport and Driver-less cars applications", luglio 2017
- [9] Francesco Rispoli, Alessandro Neri, Elena Razzano, Per Enge, Fabio Senesi, Massimiliano Ciaffi, "GNSS for Rail Automation & Driverless Cars: A Give and Take Paradigm", settembre 2018
- [10] Hitachi Rail, "A model for integrated satellite and rail applications", 4 luglio 2019
- [11] Radiolabs, "Tecnologie abilitanti per l'auto a guida connessa", 13 dicembre 2019





FRECCIAROSSA 1000





*a cura di:*  
Ing. D. Iacomini

# **AUTOMOBILI ELETTRICHE E SISTEMI DI RICARICA**



Seppur un secolo di evoluzione abbia permesso di aumentare la potenza, le prestazioni e il comfort delle automobili con motore a scoppio, quando parliamo di tempi di percorrenza in ambito urbano la loro velocità media resta la stessa

di un secolo fa. Questo perché i primi veicoli avevano poca potenza, mentre ora la velocità ridotta è dovuta alla congestione del traffico: ciò vuol dire che, nelle grandi città, una macchina che potenzialmente può raggiungere oltre 200 km/h,



la velocità media si attesta tra i 20 e 30 km/h, scendendo fino a 10 km/h negli orari di maggiore affluenza. Una soluzione concreta all'inquinamento ambientale e al contenimento dei costi di carburante è senza dubbio l'automobile elettrica, il cui acronimo internazionale è BEV – Battery Electric Vehicle, che diventano giorno dopo giorno una importante realtà destinata a radicarsi. Le spese molto ridotte per il rifornimento, un minor impatto ambientale e molti altri vantaggi che cercheremo di analizzare in questo articolo, ci spingono a pensare che le automobili elettriche possano farsi largo nel mercato conquistando anche i clienti più giovani.

Attualmente il mercato italiano dell'automobile elettrica appare ancora in ritardo dal punto di vista numerico, ma il suo potenziale di sviluppo è di grande interesse se facciamo un ragionamento sui numeri. L'Italia infatti è prima, tra i grandi Paesi europei, per numero di veicoli pro capite: vi sono infatti più di 7 veicoli ogni 10 abitanti, più di uno in più rispetto a Francia, Germania e UK, dove questo rapporto è compreso tra 5,8 e i 5,9. Inoltre, vi è un'età media del parco auto circolante non trascurabile di 10,7 anni contro i 9 di Francia e Germania e gli 8,5 del Regno Unito<sup>1</sup>.

Questo porta a pensare che il vasto parco auto italiano andrà rinnovato a breve e tutto ciò potrebbe coincidere con un'adozione significativa di veicoli elettrici, specie se prendiamo in considerazione l'impatto ambientale, le spese di manutenzione e soprattutto di carburante considerando che la proprietà di 2 automobili sta diventando uno standard delle famiglie italiane, se non addirittura 3 nelle famiglie in cui ci sono figli grandi, per tanto è prevedibile un aumento della diffusione di automobili ibride ed elettriche e di conseguenza dei sistemi di ricarica di queste ultime e delle auto ibride plug-in. Un altro aspetto da considerare è l'acquisto indotto dai costruttori di automobili, basti pensare che la Mercedes a partire da quest'anno non com-

mercializza più versioni della Smart spinte da propulsori alimentati a benzina ma solo elettrici, questa scelta strategica, osservando l'attuale diffusione di questo modello soprattutto nelle grandi città, lascia pensare che il mercato delle automobili elettriche diventerà una realtà consolidata. Quindi seppur in ritardo anche in Italia questo mercato è destinato a crescere.

I vantaggi più accattivanti che possono indurre all'acquisto di una automobile elettrica sono:

- Spese di rifornimento ridotte rispetto ai carburanti tradizionali, considerando anche alcuni accorgimenti tecnici tipici delle BEV come il recupero dell'energia cinetica in frenata, la cosiddetta "frenata rigenerativa" dove anziché disperdere l'energia nell'ambiente va a ricaricare le batterie risparmiando anche sulle pastiglie e quant'altro, inoltre vi è un recupero parziale di energia anche in discesa: ciò significa elevata efficienza del mezzo e minor energia primaria consumata;
- Le emissioni di CO<sub>2</sub> ed altri inquinanti prodotti dai motori endotermici sono azzerati durante la guida di un veicolo elettrico così come l'inquinamento acustico è molto ridotto;
- In caso di impiego di energia elettrica proveniente da fonti rinnovabili solare o eolica per la ricarica delle batterie, il veicolo elettrico diventa un vero ZEV (Zero-Emissions Vehicle);
- Alcune compagnie assicurative riducono i costi del premio assicurativo annuale rispetto ai veicoli tradizionali, e il motivo per cui l'RCA costa meno per le macchine elettriche sta nel fatto che oltre allo stile di guida del conducente e alla sua esperienza, vengono valutate anche le caratteristiche tecniche del veicolo ed il potenziale rischio a cui è soggetto un veicolo elettrico che è considerato minore rispetto a quello di un'auto tradizionale;



- Parcheggi su strisce blu ed accesso senza limiti in zone a traffico limitato (ZTL) in molte città italiane;
- 5 anni di bollo gratuito e dal sesto anno in poi vi è una riduzione percentuale, inoltre alcune regioni prevedono esenzioni permanenti;
- La manutenzione ordinaria di un'auto elettrica costa meno rispetto all'auto tradizionale inoltre la componentistica di un motore elettrico è inferiore ad un motore a combustione interna, quindi meno possibilità di guasti o rotture;
- Da non trascurare il piacere di guida vista la risposta immediata al momento dell'accelerazione (coppia elevata a bassi giri).

Quindi in fase di scelta del tipo di veicolo da acquistare, se sommiamo ai motivi sopra esposti che il prezzo di benzina o del gasolio difficilmente scendono e possono salire da un momento all'altro seguendo le dinamiche finanziarie e quelle geopolitiche del Medio Oriente, un pieno di elettricità resta marcatamente più economico rispetto al pieno fatto al distributore di carburanti tradizionali. L'auto elettrica quindi, se confrontata con una a motore termico, anche se più cara all'acquisto, risulta un ottimo investimento nel medio – lungo periodo con una attenzione particolare all'ambiente.

## Sistemi di ricarica dei veicoli elettrici

Figura 1

### Ricarica per via CONDUTTIVA:

Avviene per mezzo di un collegamento fisico, attraverso un cavo di alimentazione, tra il carica batterie a bordo del veicolo e l'infrastruttura di ricarica.

La norma di riferimento è la CEI EN 61851-1 (sistemi di ricarica conduttiva dei veicoli elettrici). La velocità di ricarica dipende da due fattori principali: la potenza (kW) con cui si ricarica e la potenza massima accettata dal caricabatteria interno al veicolo. Se i due valori sono diversi, comanda sempre il più basso dei due. Ad esempio:

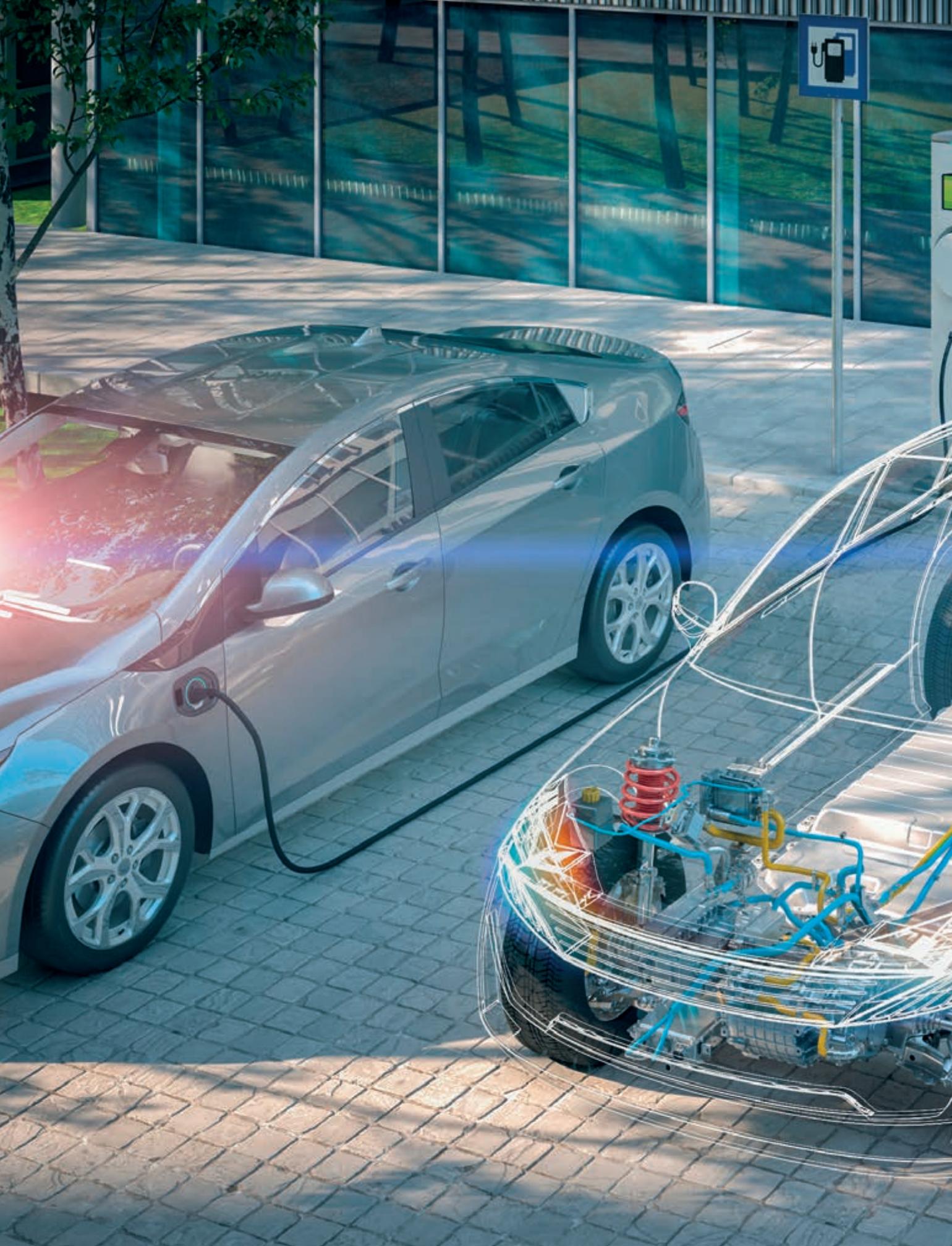
– stazione di ricarica da 7 kW e veicolo elettrico con caricabatteria interno da massimo 3,5 kW, la ricarica avverrà a 3,5 kW;

– stazione di ricarica da 3,5 kW e veicolo elettrico con caricabatteria interno da massimo 7 kW, la ricarica avverrà a 3,5 kW.

Per quanto riguarda i tempi di ricarica, oltre che i parametri appena detti molto dipende dallo stato e dalla capacità della batteria espressa in kWh. Nella quotidianità non sempre si effettua una ricarica completa partendo da zero, di solito si fanno rabbocchi che nel gergo della mobilità elettrica sono chiamati "biberonaggi".

Per garantire la sicurezza durante la ricarica le stazioni devono poter scambiare apposite "in-





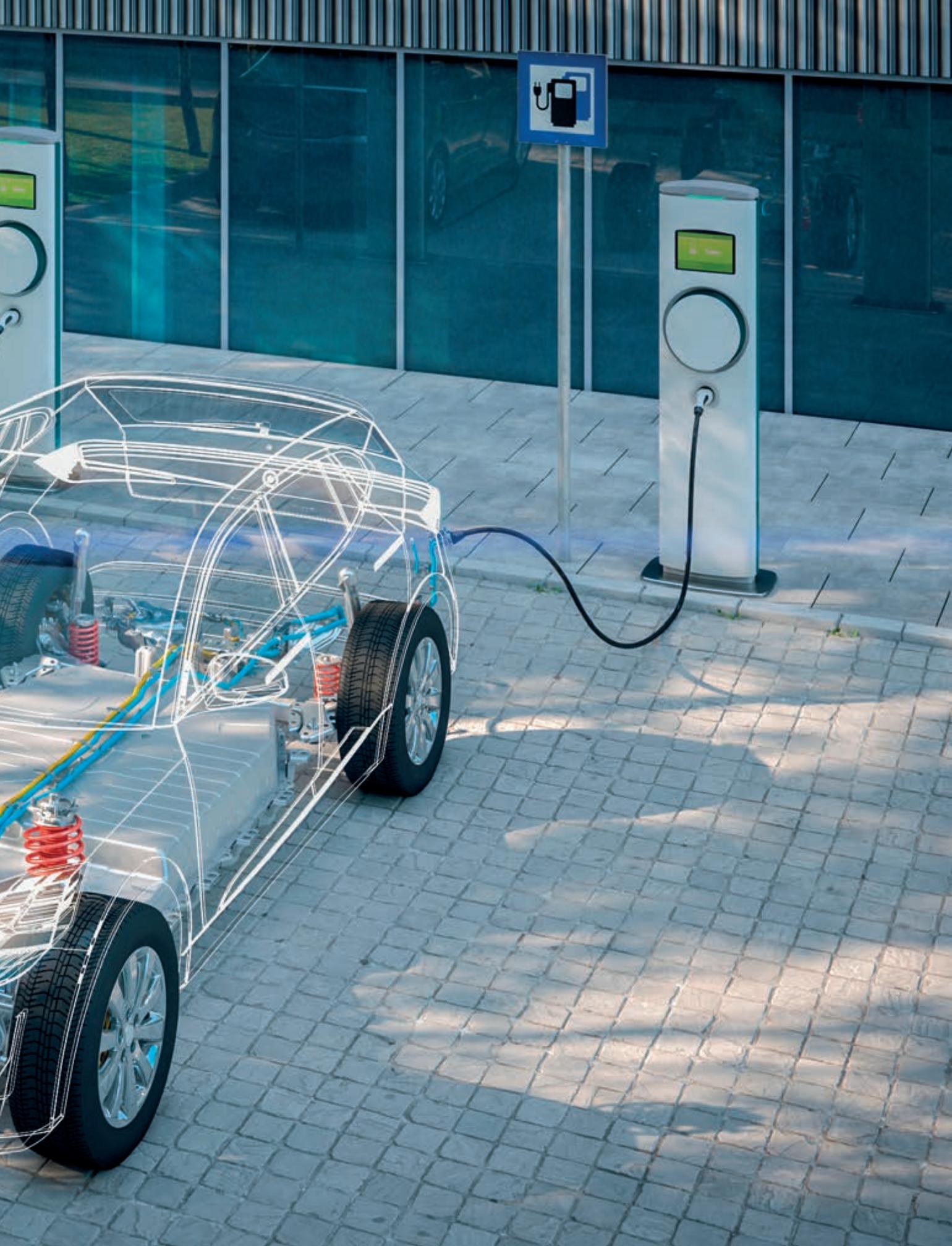




Figura 2 formazioni” con il veicolo, per tanto vi è un’e-  
 lettronica di controllo che utilizza un sistema di  
 comunicazione universale tra la stazione ed il  
 veicolo attraverso un circuito PWM (Pulse Width  
 Modulation), necessario per garantire la sicu-  
 rezza del processo di ricarica, sia per le per-  
 sone sia per evitare danneggiamenti del pacco  
 batterie del veicolo.

Attualmente esistono 4 modi di ricarica denomi-  
 nati 1, 2, 3, 4 (fig. 2).

**Modo 1: Ricarica domestica senza PWM**

Consiste nel collegamento diretto del veicolo  
 elettrico alle normali prese di corrente alternata  
 utilizzando gruppi presa-spina normalizzati fino  
 a 16 Ampere e 230 Volt.

Non è quindi previsto il Control Box con siste-  
 ma di sicurezza PWM, questa modalità è adatta  
 solo a biciclette elettriche e alcuni scooter, non  
 è applicata per le auto elettriche.

Un interruttore di tipo differenziale magnetoter-  
 mico specifico a monte del cavo può essere uti-  
 lizzato come una protezione supplementare per  
 la connessione del veicolo alle reti di alimenta-  
 zione esistenti (fig. 3).

**Modo 2: Ricarica sicura domestica/aziendale,  
 lenta o veloce**

Sul cavo di alimentazione del veicolo è presen-  
 te un dispositivo denominato Control Box con  
 sistema di sicurezza PWM, che garantisce la  
 sicurezza durante la ricarica, le prese utilizzabili  
 sono quelle domestiche o industriali fino a 32  
 Ampere sia monofase che trifase e il neutro.

Con questa modalità è possibile effettuare una ca-  
 rica lenta della durata media di 6-8 ore oppure più  
 rapida pari a circa 1-2 ore, la durata ovviamente  
 varia in base ai parametri detti sopra e dalla per-  
 centuale di carica esistente nella batteria.

La connessione dell’auto elettrica alla rete AC

avviene con connettori domestici fino a 16 A o  
 industriali fino a 32 A (fig. 4).

**Modo 3: Ricarica per ambienti pubblici, lenta o  
 veloce**

È la modalità obbligatoria per gli ambienti pub-  
 blici, la ricarica deve avvenire tramite un appo-  
 sito sistema di alimentazione dotato di connet-  
 tori specifici, è presente il sistema di sicurezza  
 PWM, la ricarica può essere di tipo lento di du-  
 rata 6-8 ore (16A - 230V) oppure rapido di du-  
 rata di 30 min-1 ora. (32A - 400V).

Il dispositivo di controllo si trova nella stazione  
 ed è importante che il sistema individui la se-  
 zione del cavo collegato per poter erogare la  
 corrente sopportabile dal cavo, questa funzio-  
 ne è denominata “Resistor Coding”. La corrente  
 impostata dal PWM non può prescindere quella  
 determinata dal Resistor Coding e nel caso di  
 assorbimenti superiori, la stazione deve inter-  
 rompere o limitare la carica (fig.5).

**Modo 4: Ricarica diretta in corrente continua  
 denominata FAST**

È la ricarica in corrente continua fino a 200A a  
 400V. Con questo sistema è possibile ricaricare  
 i veicoli in pochi minuti (10-20), il caricabatterie  
 si trova nella colonnina e quindi permette di su-  
 perare i vincoli imposti dal caricabatteria interno  
 AC e rende possibile la ricarica ad alta potenza  
 (quindi ultra veloce). Ovviamente il veicolo deve  
 essere predisposto per effettuare una ricarica  
 FAST.

Per questo tipo di ricarica esistono due connet-  
 tori: CHAdeMO (Giapponese) e CCS Combo (Eu-  
 ropeo). L’acronimo CHAdeMO merita un appro-  
 fondimento piuttosto simpatico, poichè richiama  
 foneticamente l’espressione giapponese «O cha  
 demo ikaga desuka», che significa «Che ne dici

di una tazza di tè?» che in pratica corrisponde al tempo di una ricarica veloce (fig.6).

In Italia i modi 1 e 2 sono consentiti solo in ambienti privati come ad esempio nel box dove accede solo il proprietario, mentre per gli ambienti pubblici, cioè aperti a terzi, è obbligatorio usare il modo 3 (premessa italiana alla norma 61851-1:2012-05).

### Tipi di connessione

Esistono 3 tipi di *connessione* detti A,B,C secondo che il cavo sia solidale al veicolo, scollegato dal veicolo e dalla stazione di ricarica oppure collegato in modo permanente alla stazione di ricarica.

*Connessione di tipo "A"*: utilizzando un cavo di

alimentazione dotato di spina mobile fissati in modo permanente al veicolo (figg 7 e 8).

Questo tipo di connessione può essere di 2 tipologie:

A1: cavo di carica collegato a una presa domestica o industriale;

A2: cavo di carica collegato a una stazione di ricarica specifica.

*Connessione di tipo "B"*: il cavo dotato di spina e presa mobili ed è scollegato sia dal veicolo che dalla stazione di ricarica.

Il tipo B1 corrisponde al collegamento del cavo a una presa a muro.

Il tipo B2 corrisponde al collegamento ad una stazione di ricarica specifica (figg. 9 e 10).

*Connessione di tipo "C"*: un cavo di alimentazione dotato di presa mobile collegato in modo

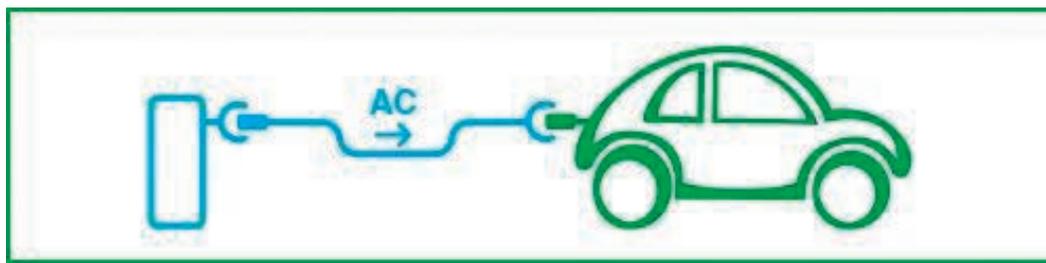


Figura 3

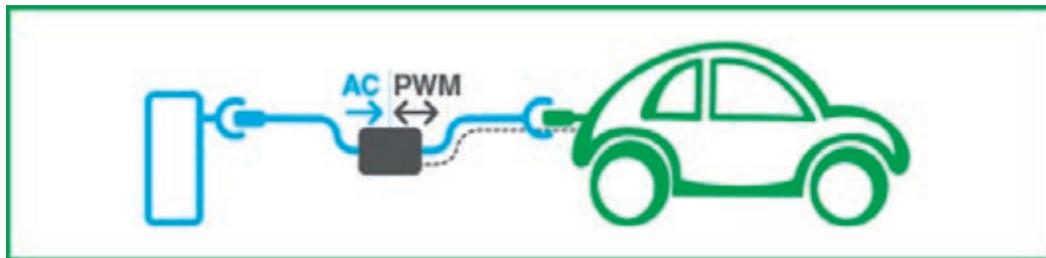


Figura 4

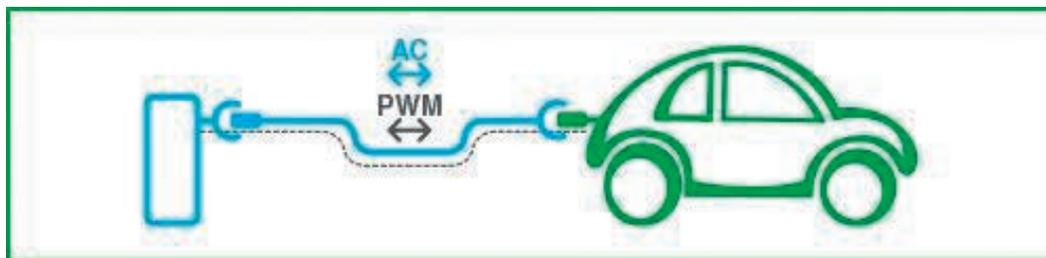


Figura 5

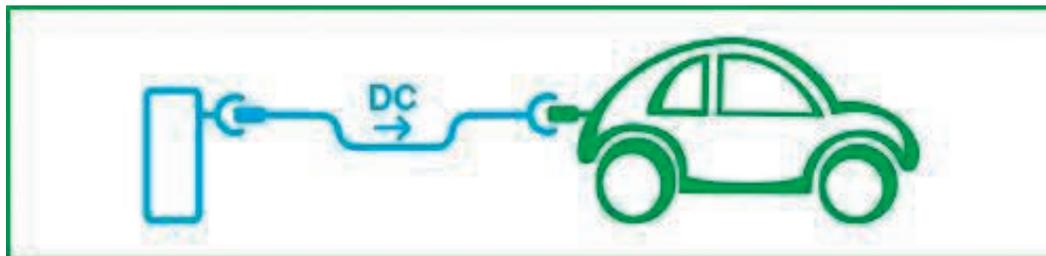


Figura 6

permanente alla stazione di ricarica che può essere un colonnina o una Wall Box (figg. 11 e 12).

Esistono diversi tipi di connettori: Tipo 1, Tipo 2, Tipo 3A, CHAdeMO (Giapponese) e CCS Combo (Europeo) per la ricarica veloce.

A bordo di un veicolo secondo la scelta del costruttore possiamo trovare il tipo 2 per la ricarica normale ed una per quella veloce (figura 13), oppure solo il tipo 2 (fig. 13).

**Ricarica per via INDUTTIVA:**

In questo caso parliamo di sistemi sperimentali che nascono cercando di tamponare uno degli elementi che limita la diffusione dei veicoli elettrici ovvero la “range anxiety” ovvero la paura di rimanere “a secco” di batterie.

Questo tipo di ricarica può essere stazionaria quindi attivata nel momento della sosta oppure dinamica in quanto la ricarica avviene con il veicolo in marcia.

C'è un lavoro di ricerca importante portato avanti da un consorzio di 25 partner di 9 Paesi europei tra cui il Dipartimento Energia del Politecnico di Torino sono stati eseguiti diversi test e studi di fattibilità .

Il sistema consentirebbe anche di ridurre il volume e la capacità delle batterie a bordo e il prototipo si basa su una tecnologia detta Inductive Power Transfer (IPT) (figg. 14 e 15).

La tecnologia wireless si basa essenzialmente sull'abbinamento di un induttore inserito in un cuscinetto posato a terra, oppure sotto l'asfalto e un ricevitore a bordo dell'auto: il sistema sfrutta la risonanza creata dalle variazioni d'intensità del campo magnetico, trasferendo l'energia in modo simile agli smartphone di ultima generazione.

Il principio è finalizzato anche a ridurre le dimensioni delle batterie che essendo più piccole diminuiscono i costi. Le case costruttrici potranno realizzare vetture con batterie più piccole e leggere, quindi più economiche, e al tempo stesso lo smaltimento delle celle, di minori dimensioni, comporterà un minore impatto ambientale.

Prossimamente assisteremo alla diffusione pubblica di questa soluzione, mentre nel 2025 si potrebbe assistere ai primi tratti stradali a ricarica induttiva.

*Ricarica Battery Swap:* consiste nella sostituzione del pacco batterie scarico con un altro composto da batterie cariche (poco utilizzata in Europa mentre sta prendendo piede in Cina).

Non è un'operazione semplice che può fare il titolare dell'automobile, nel senso che presuppone una struttura specifica per la sostituzione, la ricarica e lo stoccaggio delle batterie. Il cambio deve essere eseguito da personale esperto e ovviamente l'automobile deve essere predisposta.

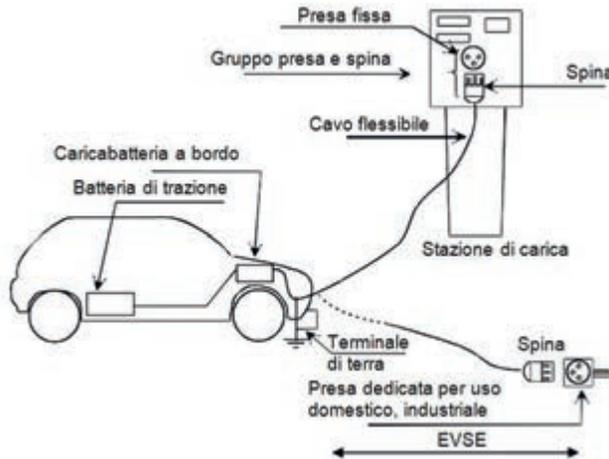


Figura 7



Figura 8

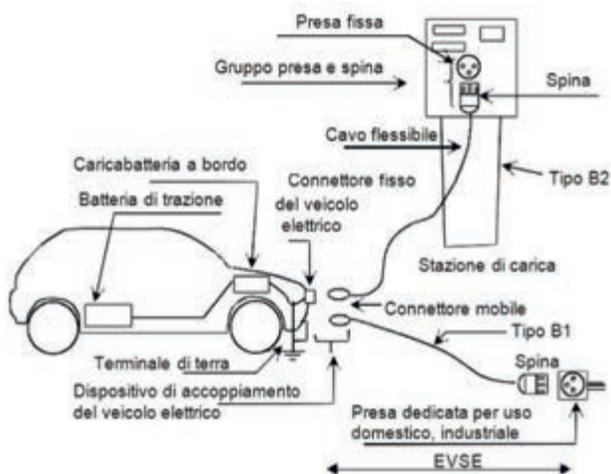


Figura 9  
esempio di  
connessione  
tipo B2



Figura 10

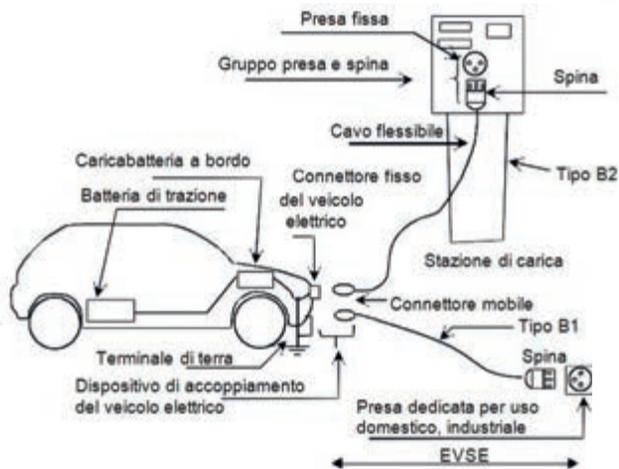


Figura 11  
schema di connessione  
di tipo C



Figura 12



Figura 13

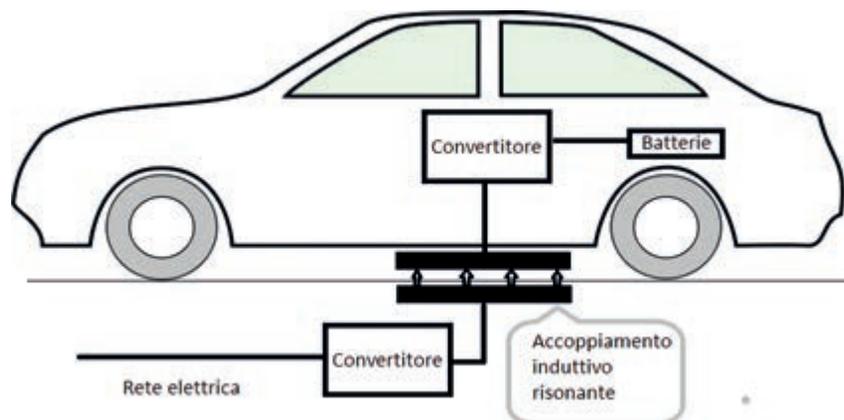


Figura 14



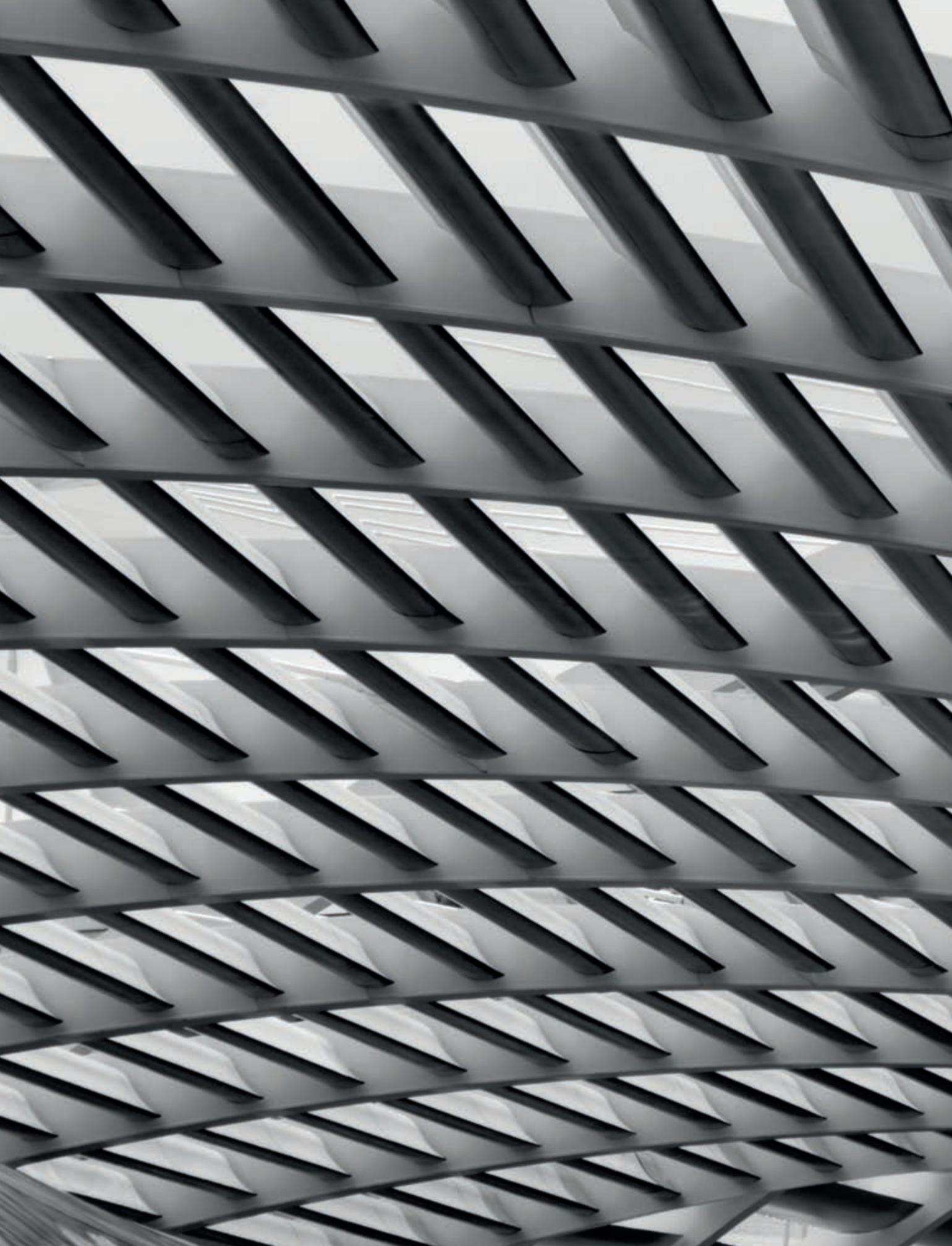
Figura 15

**Note**

1 Rielaborazione dati da fonte ACEA ed Eurostat - Fonte: Energy & Strategy Group 2018.













# **ESPLORAZIONE DELLO SPAZIO: STORIA, SCIENZA E TECNOLOGIE**

**dal Workshop del 19 - 26 Giugno 2020  
organizzato dalla Commissione Aerospazio  
Ordine Ingegneri della Provincia di Roma**



*a cura di:*

Ing. N. Mirota  
Ing. G. De Felice Proia

*Collaborazione di:*

Dott.ssa Barbara Negri,  
Ing. Carlo Di Leo,  
Dr. Marco Restano,  
Ing. Enrico Ferrone,  
Ing. Stefano Coltellacci,  
Ing. Giorgia Pontetti,  
Prof. Ing. Fabio Curti,  
Ing. Giovanni Nicolai



### Generalità

Il Convegno, organizzato dalla Commissione Aerospazio dell'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma con la collaborazione della Scuola di Ingegneria Aerospaziale SIA dell'Università La Sapienza di Roma, si è svolto nei giorni 19 e 26 giugno 2020 in modalità webinar in considerazione dell'emergenza Covid-19 e ha fornito un ricco excursus storico, scientifico e tecnologico legato sull'esplorazione dello Spazio, affrontando i seguenti argomenti:

1. dalle vicende di Tsiolkowsky, Goddard, Oberth e von Braun, pionieri della moderna era spaziale, alle conquiste che si sono succedute fino al primo sbarco umano sulla Luna;
2. le missioni spaziali con l'obiettivo di puntare all'esplorazione spaziale per un progresso umano e tecnologico ancora tutto da scoprire; missioni con sonde automatiche che stanno riaprendo l'esplorazione dello spazio (Sole, Marte etc...);
3. le «ricadute tecnologiche» che i viaggi spaziali hanno apportato all'intera umanità, dal punto di vista scientifico-culturale ma anche più squisitamente «pratico».

#### 1. L'ESPLORAZIONE DELLO SPAZIO: PROGRAMMI DI RICERCA

Nell'ambito della ricerca orientata all'esplorazione dello Spazio gli sforzi maggiori si concentrano sull'osservazione dell'Universo con i suoi costituenti quali le stelle, le galassie e i buchi neri e sull'esplorazione del Sistema Solare disseminato di pianeti, satelliti, asteroidi e comete. Vengono così perfezionati i dati necessari a raffinare sia

il modello cosmologico standard, che quelli di evoluzione stellare, planetaria e galattica. In questo scenario numerose missioni sono state caratterizzate dal coinvolgimento del nostro Paese, grazie soprattutto al ruolo dell'Agenzia Spaziale Italiana (ASI) che ha conquistato un importante posizionamento in Europa e nello scenario internazionale. Recente è l'impegno nella missione ESA *Solar Orbiter* (febbraio 2020) con la realizzazione del coronografo multi-banda *Metis* in grado di produrre, per la prima volta, immagini simultanee dell'intera corona della nostra stella, il Sole, in luce visibile polarizzata (580-640 nm) e ultravioletto a banda stretta H $\alpha$  Ly-alpha (121,6 nm). *Metis* permetterà la misura di nuovi parametri fisici dell'atmosfera solare e dell'eliosfera, quali il campo magnetico e il vento solare, e le proprietà del plasma e delle particelle emesse dal Sole, in funzione del ciclo solare (Figura 1). Una particolare attenzione è rivolta poi al pianeta Marte, per il quale è previsto il primo sbarco umano entro il 2040 attraverso il *deep space gateway* rappresentato dalla Luna (Figura 2). La scelta dell'esplorazione del Pianeta Rosso è dettata da ragioni legate alla sua sorprendente somiglianza con la Terra grazie alla natura stessa della sua superficie e dalla presenza di carbonio, idrogeno, ossigeno e fosforo nelle rocce, elementi base per lo sviluppo della vita, di metano, di ghiaccio sia nel sottosuolo a piccole profondità che nell'atmosfera, di vulcani ormai spenti tra i più grandi di tutto il Sistema Solare, di radioattività intensa a causa di una sottile atmosfera che ne impedisce lo schermaggio. A causa della pandemia di Covid-19, che ha im-



Figura 1  
Missione ESA Solar  
Orbiter

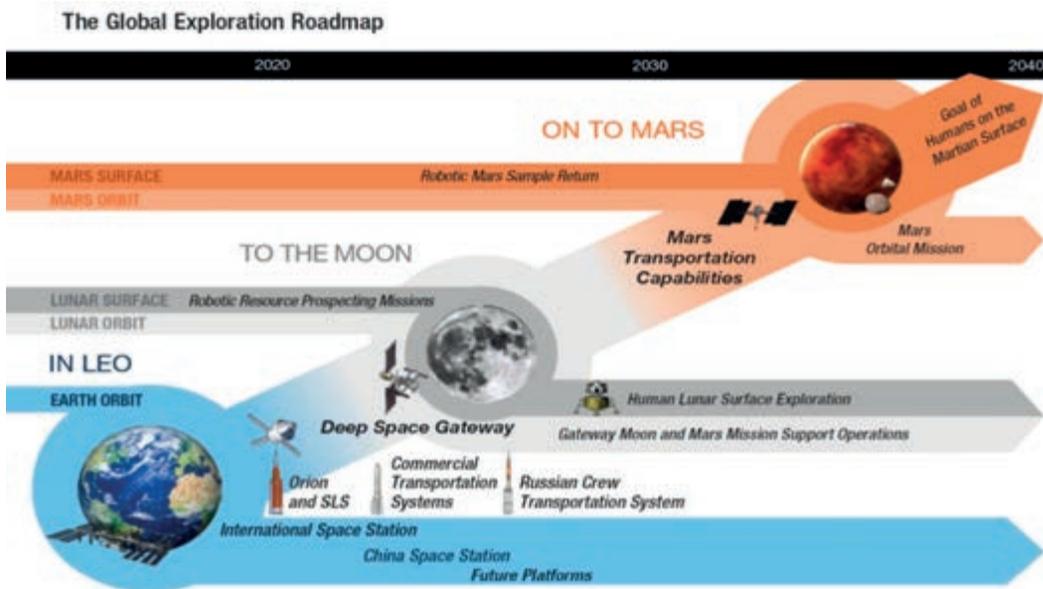


Figura 2  
La Roadmap  
dell'esplorazione  
di Marte

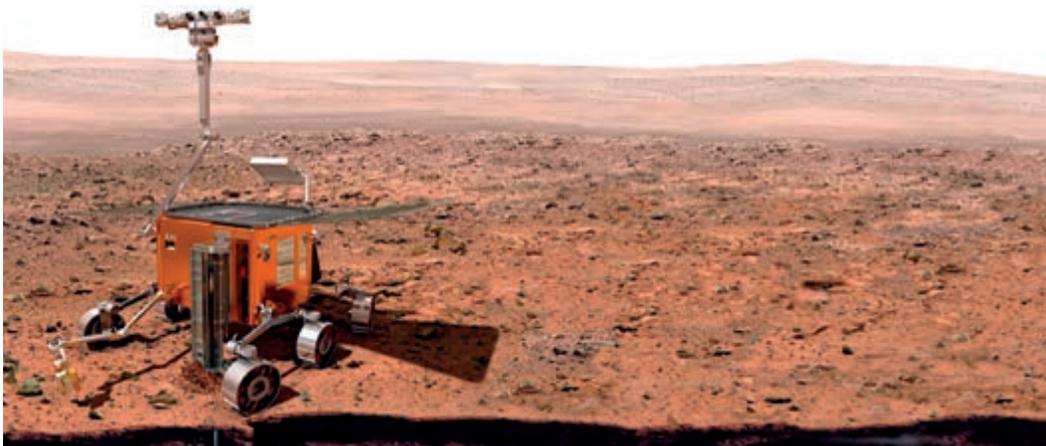


Figura 3  
Missione ExoMars:  
drill system

redito di completare i test previsti, è stato rinviato a settembre 2022 il lancio della seconda missione ExoMars, realizzata dall'Agenzia spaziale europea (ESA) e da quella russa Roscosmos, la cui partenza era prevista per luglio 2020. L'obiettivo di questa seconda missione consiste nella ricerca di tracce di vita sul pianeta, nel presente attraverso il rilevamento della presenza di marcatori biologici quali amminoacidi, nucleobasi, zuccheri, fosfolipidi e pigmenti, e nel passato mediante il rilievo di residui organici di origine biologica in grado di fornire informazioni chimiche, chirali, spettroscopiche e isotopiche, e di immagini di strutture di organismi fossili quali evidenza morfologica. Allo stesso tempo la missione indaga sulla consegna di materiale organico da parte di meteoriti e comete. Un *drill system* (Figura 3) è progettato per raccogliere campioni fino a 2 metri sotto la superficie di Marte, in quanto a tale profondità non agisce più la sterilizzazione dovuta alle radiazioni. Ma\_Miss (Mars Multispectral Imager for Sub-Surface Science), uno spettrometro integrato all'interno dello strumento drill, consentirà l'analisi durante la raccolta del campione.

Oltre a Marte, esistono altri pianeti simili alla Terra? Sono pianeti rocciosi o gassosi? Come sono le loro atmosfere? E, soprattutto, sono abitabili? Il nostro Sistema Solare è di tipo comune o è particolare tra i sistemi extrasolari? Soltanto al 1995, circa 2300 anni dopo le idee di Epicuro e oltre 400 anni dopo la morte di Giordano Bruno, risale la scoperta, ad opera degli astronomi svizzeri Michel Mayor e Dider Queloz, di un pianeta di massa simile a quella di Giove, in orbita

attorno a 51 Peg b, la 51esima stella più brillante della costellazione di Pegaso.

Numerosi sono i programmi delle Agenzie Spaziali che si orientano a cercare nell'Universo pianeti rocciosi che orbitino attorno alla propria stella ad una distanza nota come "fascia di abitabilità": essa corrisponde alla fascia delle possibili orbite per cui, se ci fosse acqua sulla superficie del pianeta, questa si troverebbe allo stato liquido, condizione base per trovare esopianeti simili alla Terra. *CHEOPS*, *small mission* ESA lanciata nel dicembre 2019, osserverà stelle note per ospitare pianeti (Figura 4). Utilizzerà tecniche fotometriche di altissima precisione per migliorare la misura del diametro dei pianeti di cui già si conosce la massa, identificherà obiettivi per missioni future in grado di analizzare la composizione della loro atmosfera. L'Italia è responsabile della parte ottica del telescopio e della sua integrazione nella struttura in fibra di carbonio fornita dalla Svizzera.

*PLATO*, *medium mission* ESA il cui lancio è previsto nel 2026, effettuerà misure fotometriche ad altissima precisione per lunghi periodi alla ricerca di pianeti in orbita attorno a stelle brillanti, condizione quest'ultima fondamentale per determinare la massa dei pianeti attraverso la misurazione delle variazioni di velocità radiale mediante spettrografi ad alta risoluzione al fuoco dei grandi telescopi terrestri, e per poter affrontare poi gli studi sulle loro atmosfere (Figura 5). L'Italia è impegnata nella realizzazione dei 26 telescopi e dell'Instrument Control Unit (ICU). *ARIEL*, *medium mission* ESA con lancio previsto nel 2028, studierà le atmosfere di almeno mille

Figura 4 - Missione CHEOPS



Figura 5 - Missione PLATO



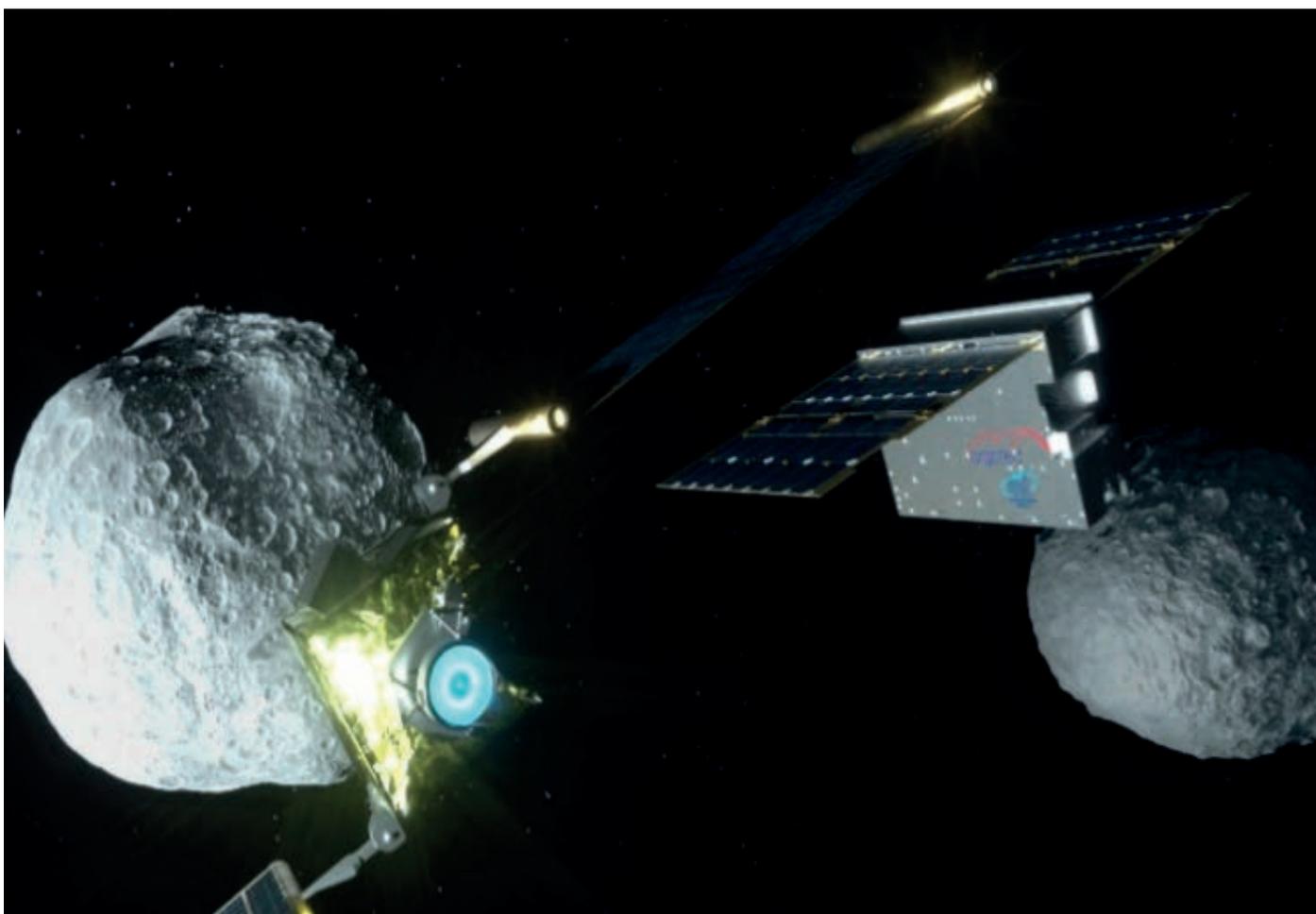
pianeti orbitanti intorno a stelle vicine, con l'obiettivo di determinare la loro composizione chimica e le loro condizioni fisiche (Figura 6). Per derivare composizione e temperatura delle atmosfere in modo non ambiguo ARIEL osserverà i pianeti in una larga banda elettromagnetica che include sia il visibile sia il vicino infrarosso. L'Italia è responsabile dell'elettronica di bordo e delle ottiche del telescopio di cui realizzerà la struttura meccanica.

Accanto all'esplorazione dei pianeti, l'interesse europeo e internazionale è rivolto all'indagine di comete al fine di studiare le origini del nostro Sistema Solare. *Comet Interceptor* rappresenta la prima missione di classe F (Fast e Small) di ESA prevista per un lancio nel 2028 e dedicata all'esplorazione di una cometa che entra nel Sistema solare interno per la prima volta (Figura 7). La missione consiste in un *mother spacecraft*, *SC A*, realizzata da ESA e 2 sonde, *B1* fornita da JAXA e *B2* da ESA. Il suo payload è costituito da 10 strumenti tra i quali ricordiamo *DISC* (*Dust Impact and Counter Sensor*) ed *EnVisS* (*Entire Visible Sky*) che prevedono la partecipazione italiana.



Figura 6  
Missione  
ARIEL

Figura 7 - Missione Comet Interceptor



## 2. GLI ALBORI DELLA CONQUISTA DELLO SPAZIO E LO SBARCO SULLA LUNA

Oggi, accendendo la televisione ci capita spesso di osservare degli astronauti a bordo della ISS mentre compiono delle riparazioni. Si tratta di immagini ormai familiari e l'impressione è che si tratti di missioni importanti ma ormai ben collaudate, al punto che qualche facoltoso miliardario si è anche permesso il lusso di trascorrere una breve vacanza nello spazio. Ciò ci porta tuttavia a dimenticare come sia stata invece travagliata la corsa verso la conquista di questo quarto ambiente, conquista che ha richiesto un impegno massiccio di uomini e mezzi ed è costata addirittura delle vite umane.

La corsa allo spazio tra Stati Uniti ed Unione Sovietica ebbe inizio nei primi anni Settanta. All'inizio tuttavia le cose non erano andate molto bene per gli Stati Uniti. Dopo la sorpresa dovuta allo Sputnik, primo satellite artificiale lanciato da Mosca nello spazio, gli americani avevano creato in tutta fretta la NASA, utilizzando la tecnologia ed i razzi messi a punto in quegli anni dai progetti militari. Ma il ritardo era notevole e l'Unione Sovietica aveva collezionato altri due record prestigiosi: quello di Yuri Gagarin, primo uomo nello spazio e quello conquistato da Alexei Leonov, che era stato, in assoluto, il primo cosmonauta a compiere un'attività extra-veicolare, il primo cioè a potersi muovere nel vuoto cosmico protetto solo dalla sua tuta. Il volo spaziale suborbitale dell'americano Alan Shepard e poi quello orbitale di John Glenn avevano rincuorato gli americani e i conseguenti successi dei programmi Mercury e Gemini avevano accorciato le distanze nei confronti dell'Unione Sovietica. A quel punto il progetto del presidente Kennedy di giungere per primi sulla Luna aveva



Figura 8

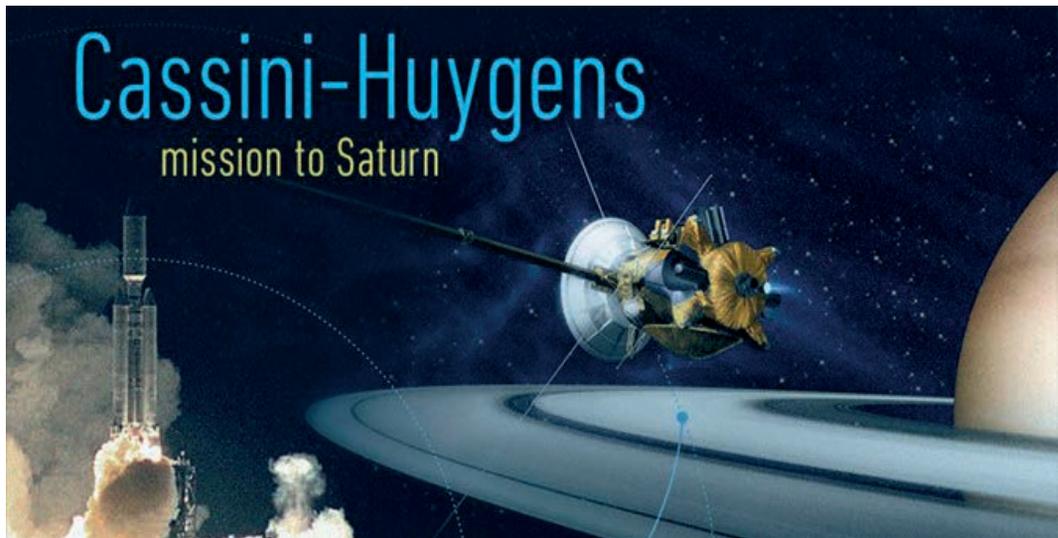
Figura 9  
Mission to  
Saturn



Figura 10  
La Luna  
del futuro

entusiasmato l'opinione pubblica e si diffuse la percezione che tutto fosse ormai possibile. In realtà l'annuncio di Kennedy aveva lasciato molto perplessi coloro che credevano di dover realizzare questo sogno. Ma alla fine tutto si concluse con il famoso annuncio di Neil Armstrong: "Qui Mare della Tranquillità, Aquila è allunata".

Naturalmente, prima che ciò avvenisse, gli americani avevano pareggiato i conti con l'Unione Sovietica dapprima facendo volare, come già detto, John Glenn a bordo di una capsula Mercury e, successivamente, facendo compiere la prima passeggiata cosmica ad Ed White nell'ambito del programma Gemini.

Sfortunatamente, la missione Apollo 1 con a bordo Gus Grissom, Ed White e Roger Chaffee, si concluse con una tragedia, ma gli americani non si persero d'animo e riuscirono finalmente a conquistare la Luna per la prima volta nel luglio 1969 con Armstrong, Aldrin e Collins

A questo primo successo ne seguirono altri, fino alla conclusione del programma avvenuta nel 1972 con la missione Apollo 17.

### 3. LA LUNA DIETRO LE QUINTE

Avveniva la conquista della luna con la famosa esclamazione declamata da Neil Armstrong alle 20:17 del 20 luglio 1969 (di Houston) appena sceso dalla scaletta del LEM Aquila nella distesa basaltica del Mare della Tranquillità, nel nord est dell'emisfero visibile della Luna che ha comportato innegabilmente molte innovazioni, sembra che dalla missione Apollo siano derivati circa 2.000 brevetti significativi dei cui prodotti ancora oggi tutti ne usufruiamo. Henry Ford amava ripetere: "C'è vero progresso solo quando i vantaggi di una tecnologia diventano per tutti".

Ma proviamo ad astrarci da tutto questo e domandiamoci: "Perché si è voluto mandare un uomo sulla Luna?"

Facciamo un passo indietro, il 4 ottobre 1957 l'Unione Sovietica ha lanciato il suo Sputnik; il 12 aprile 1961 un cittadino nato sulle sponde del fiume Dnepr, delle repubbliche socialiste uscirà dallo spazio per 90 minuti - Gagarin.

Kennedy capisce subito che deve inventarsi qualcosa per riprendere il suo paese dall'inferiorità in cui lo aveva trovato. Ma gli studi nella più prestigiosa università americana gli fanno fare un ragionamento molto sottile: non si sapeva che motivo avessero concretamente i russi di accaparrarsi lo spazio sovrastante la Terra. Ma sicuramente se ne era subodorato l'interesse militare. Per spingersi in un ambiente così diverso da quello terrestre era sicuro che il nemico sovietico si stava dotando della più micidiale delle tecnologie presenti sulla terra: il capitale umano. La Russia aveva tanti ingegneri. Più degli americani. Per questo la Russia andava nello spazio e gli americani no. Che quegli ingegneri fossero utilizzati per scopi pacifici oppure bellici importava poco. E poi diciamocelo chiaramente: un ingegnere è una risorsa per un paese. Chi ha a che fare con gli ingegneri sa che si tratta di un materiale duttile che si trasforma a seconda delle necessità. E Kennedy lo capì bene, che un paese non può avere l'ambizione di essere la guida tecnologica del mondo se non dispone di un capitale umano pari a quello del suo competitor.

Produrre ingegneri ma per fargli fare poi lavori inadeguati ai loro studi? Oppure per formarli e poi mandarli a lavorare all'estero?

In aprile 1961 - dunque tre mesi dopo il suo insediamento- Kennedy si incontrò con l'amministratore della Nasa James Webb e il suo vice

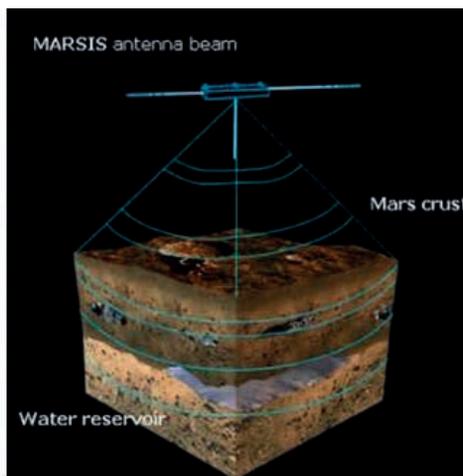
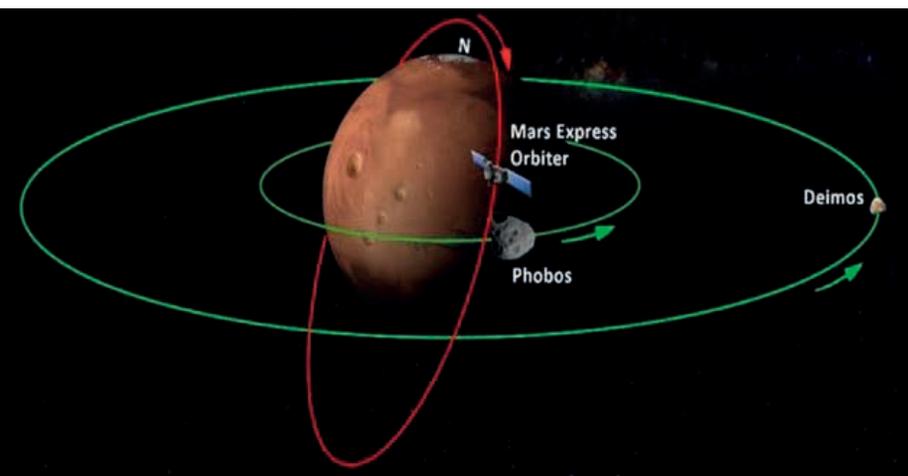


Figura 11 (sinistra) Marte con i suoi satelliti e l'orbita della missione Mars Express. (destra) illustrazione teorica di un possibile scenario operativo per il radar MARSIS. Fonte: ESA.

Hugh Dryden. Webb era un sociologo, Dryden uno scienziato.

I vice devono parlare sempre per secondi: ma fu Dryden a dare a Kennedy l'idea giusta: "Presidente, mandiamo un astronauta sulla Luna e facciamo tornare vivo. Entro questo decennio. È così che facciamo il mazzo ai russi".

Kennedy era giovane, era simpatico e gli piacevano le cose belle della vita. Gli piacevano le sfide. Gli piaceva vincere. Accettò il suggerimento del vice della Nasa il 25 maggio 1961 andò a proporsi al Congresso.

"Mandiamo un americano sulla Luna".

Ma nel suo discorso non disse perché. A cose servisse la missione. E in effetti non serviva a niente. Se non a dimostrare la forza della sua nazione.

E nell'immaginario tutti gli americani presero a credere di essere così bravi da poter andare sulla Luna, su Marte, in tutti i pianeti del sistema solare e chi sa dove ancora.

E tutti gli americani sentirono di dar ragione a quel presidente così bello, così convincente. Chi invece aveva le idee più chiare del motivo per il quale sarebbe stato opportuno andare sulla Luna era Wernher von Braun. Lo scienziato trafugato nel 1945 dalla Germania nell'operazione Paperclip. Lui voleva la Luna perché sarebbe stata la più semplice piattaforma per una trasferta su Marte: un pianeta per estendere un nuovo dominio. Come non fare un parallelismo con un passato appena passato?

Il barone von Braun, l'uomo che aveva portato gli uomini americani sulla Luna perde la sua battaglia. Il 4 agosto del 1969 von Braun illustrò alla Commissione spaziale del governo statunitense un progetto per portare un gruppo di astronauti su Marte entro il 1982. Di Marte il Congresso non vuole sentirne parlare e lui nel 1970 - a programma non ancora concluso- viene spedito in

un ufficietto di Washington a riempire tabelle.

Il 26 maggio 1972 lo scienziato tedesco rassegna le dimissioni dalla Nasa: Apollo 16 sarà lanciato il 16 aprile e Apollo 17 il 7 dicembre seguente. Von Braun diventa vicepresidente delle industrie Fairchild, un'industria di un paese che non gli apparteneva e il 16 giugno 1977 muore all'età di 65 anni per un tumore al pancreas.

Così la Nasa chiude il programma lunare e utilizzerà i suoi moduli per programmi di piccolo cabotaggio.

La Nasa aveva impiegato 500.000 ingegneri per portare una dozzina di persone sulla Luna. Erano tutti professionisti seri abituati a risolvere problemi senza soluzioni da poter testare. Quando il modulo Eagle toccò il suolo lunare c'era il 50% delle probabilità che la missione fallisse.

Falliti il Programma Apollo l'America si è dovuta impegnare in altri programmi scientifici che hanno sicuramente rafforzato le conoscenze e hanno allargato anche la ricerca di nuove alleanze. Una per tutti è la missione Cassini Huygens che ha visto coinvolta l'Italia in partnership con ESA in un programma che ha avuto sicuramente minor visibilità della Luna ma con valenze scientifiche e professionali molto più alte.

La missione umana sulla Luna è stato questo: gli americani avevano bisogno di mostrare la loro capacità tecnologica, il coraggio umano, il sacrificio, lo sprezzo per il rischio. Bisogna ragionare con una maggior razionalità nell'affrontare i grandi temi della conoscenza. L'impiego di macchine automatiche per l'esplorazione dell'universo dovrebbe essere predominante e più fattivo di una serie di platealità che impongono un severo addestramento, un costo molto alto per i lanciatori che devono adeguarsi a rendere compatibili le sollecitazioni del lancio con la sopportabilità umana e la necessità di dover recuperare il prezioso carico, una volta comple-

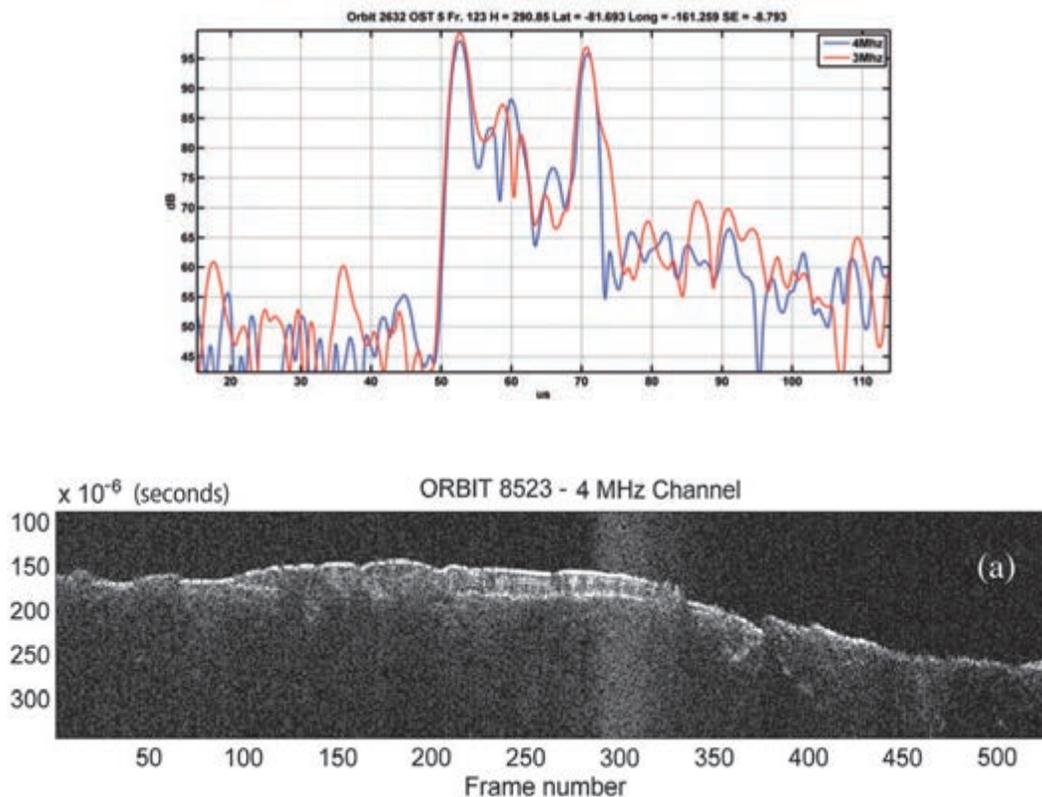


Figura 12  
(in alto)  
Tipico frame MARSIS alle bande 3 & 4 MHz alla fine dell'elaborazione del dato: l'asse x temporale mostra rumore, risposta superficiale, scattering volumetrico, risposta sotto superficiale e rumore in chiusura.  
(in basso)  
Tipico radargramma mostrante dall'alto aria, risposta superficiale, scattering volumetrico e risposte di strati sotto superficiali ove presenti (es. frames 240-300).  
Fonte: Restano M. et al., 2016 (doi: 10.1109/LGRS.2016.2546315.).

tata la missione, con tutti i rischi e le complicazioni dovute alla lunghezza del viaggio e alle quarantene che ne devono derivare dopo averli inviati in ambienti sconosciuti nei quali può accadere di tutto ed incontrare ogni genere di elemento ostile alla vita.

#### 4. L'ESPLORAZIONE DI MARTE: SHARAD, MARSIS, EXOMARS

Marte è il quarto pianeta del Sistema Solare in ordine di distanza dal Sole e ha due lune, Fobos e Deimos. La sua atmosfera è principalmente costituita da anidride carbonica. Non disponendo più di un forte campo magnetico, l'atmosfera e superficie di Marte sono esposte direttamente al vento solare. L'illuminazione solare comporta un processo di ionizzazione dell'atmosfera che definisce una regione ionosferica costituita su Marte da un singolo strato di gas ionizzato. Le due missioni attualmente in orbita per lo studio della sotto-superficie marziana sono state motivate da studi geologici indicanti la necessità di verificare la presenza di eventuali riserve sotterranee di acqua allo stato solido o liquido. L'Agenzia Spaziale Italiana (ASI) ha preso parte nel 2003 alla missione ESA *Mars Express* con la realizzazione del radar MARSIS (Mars Ad-

vanced Radar for Subsurface and Ionosphere sounding) (Figura 11). Questo sorvola il pianeta inviando onde radio ad alta frequenza in 4 bande da 1 MHz (centrate a rispettivamente a 1.8, 3, 4 & 5 MHz) attraverso un'antenna di 40 m. Lo strumento è stato in grado di rivelare la presenza di segnale utile fino a 2 km al di sotto del polo sud marziano. Il segnale riflesso dalla superficie ed, eventualmente, dalla sotto-superficie, necessita di un'elaborazione in due fasi: 1) a bordo: un processore ad apertura sintetica permette di produrre *frames* per rappresentare la risposta della crosta marziana nella direzione di volo con un passo di campionamento di 2-5 km; 2) a terra: la compensazione degli effetti ionosferici e la rivelazione degli impulsi completa la produzione del prodotto. Radargrammi di uscita sono costituiti da *frames* acquisiti lungo l'orbita disposti come colonne di una matrice e rappresentano la sezione della crosta marziana osservata (Figura 12). Per comprendere come il segnale trasmesso da MARSIS si propaghi nella ionosfera di Marte è necessario considerare che gli strati ionosferici rappresentano entità riflettenti se colpite da segnali aventi frequenza minore della frequenza di plasma dello strato. La frequenza di plasma dipende dalla densità di elettroni ed è tipicamen-

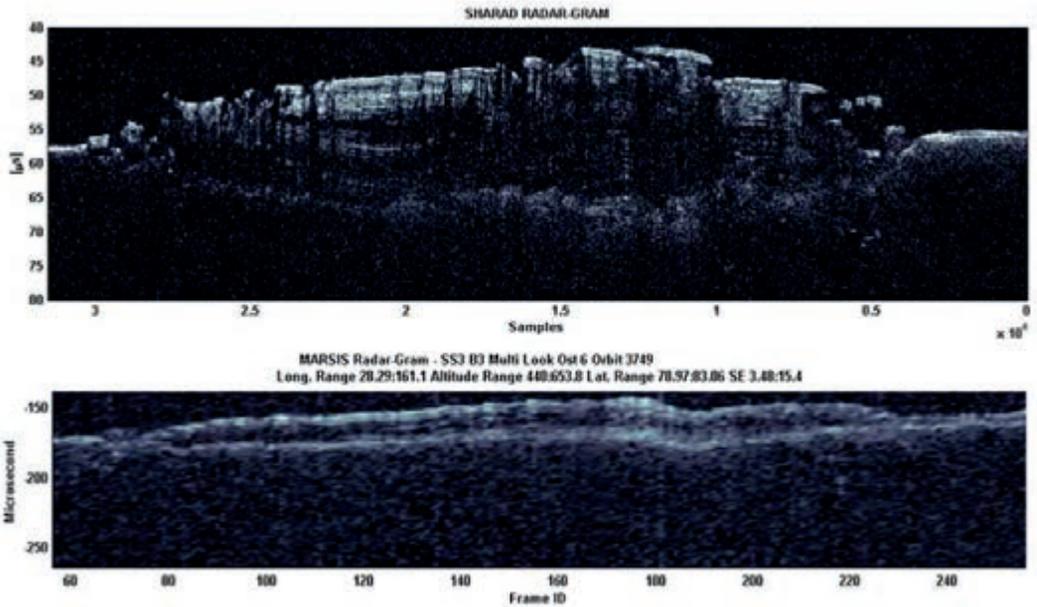


Figura 13  
Radargrammi di  
SHARAD  
(in alto) e MARSIS  
(in basso) nella regione  
del polo nord.  
La risoluzione è di  
15 m per SHARAD  
contro i 150 m, in aria,  
di MARSIS.  
Fonte:  
Fois F. et al., 2007  
(doi: 10.1109/  
IGARSS.2007.4423256).

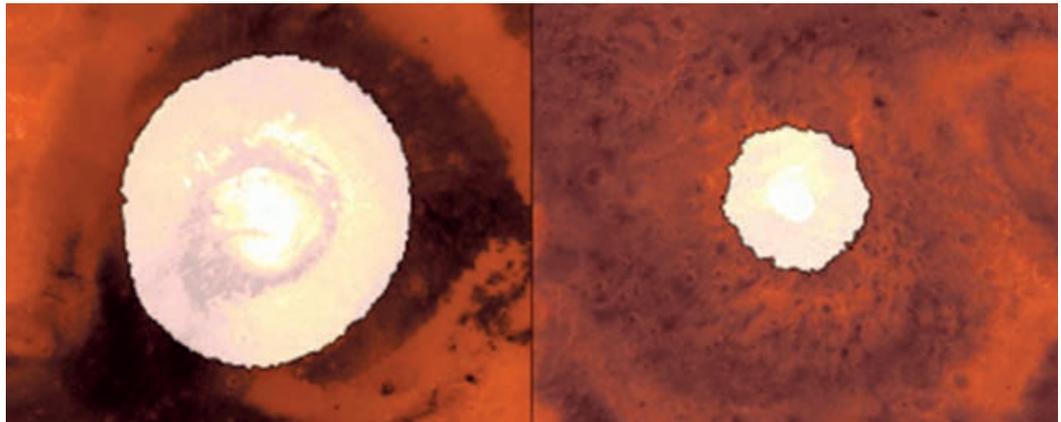


Figura 14  
Poli di Marte con diverso  
accumulo di ghiaccio di CO<sub>2</sub>  
in relazione alle stagioni  
(opposte ai due poli).  
Fonte: MCE/TES (NASA).

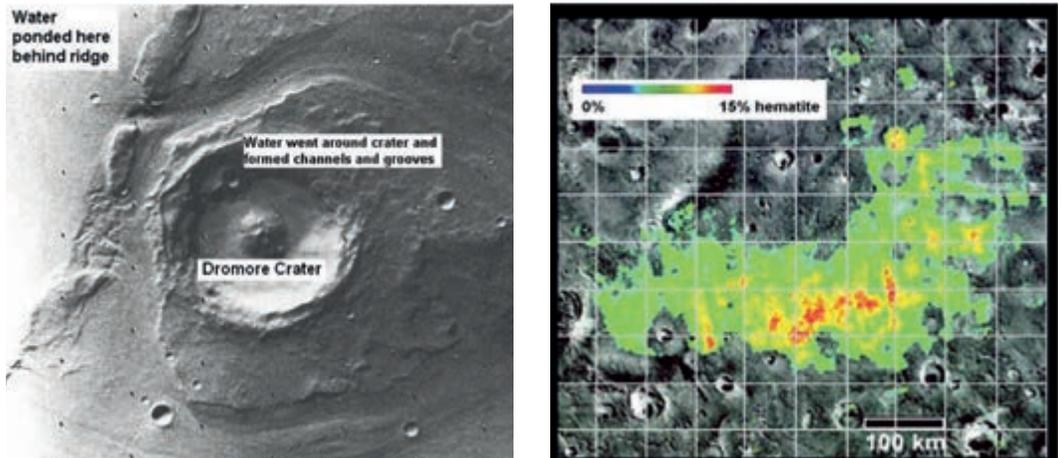


Figura 15  
(sinistra)  
Tracce della presenza  
di canali.  
(destra)  
Tracce della presenza di  
ematite.  
Fonte: Viking & TES (NASA).

te variabile per Marte fra 0.8 MHz (notte) a 1.5 MHz (giorno). Tale variazione è dettata dall'illuminazione solare che regola la densità elettronica dello strato ionosferico e, di conseguenza, la frequenza di plasma. Questo determina la necessità di: 1) usare frequenze inferiori alla frequenza di plasma per studiare la posizione degli strati ionosferici; 2) usare frequenze superiori alla frequenza di plasma per permettere al segnale di raggiungere la superficie di Marte al prezzo di una attenuazione, distorsione di fase e di un ritardo temporale, dipendenti dalle caratteristiche dello strato ionosferico attraversato, che sono opportunamente compensate durante

il processing a terra del dato radar. Queste sono le due modalità operative del radar MARSIS. Nato per consentire uno studio della crosta marziana a minori profondità (< 1 Km) ma a maggiore risoluzione (Figura 13), il radar SHARAD (SHAlow RADAr), fornito nel 2005 dall'Agenzia Spaziale Italiana per la missione NASA *Mars Reconnaissance Orbiter* opera a frequenze superiori (20MHz con banda da 10MHz) che risultano meno distorte dalla ionosfera in quanto più elevate della frequenza di plasma rispetto a quelle trasmesse da MARSIS. Il passaggio ravvicinato della cometa C/2013 (*Siding Spring*) ha inoltre fornito un'opportunità unica per osserva-

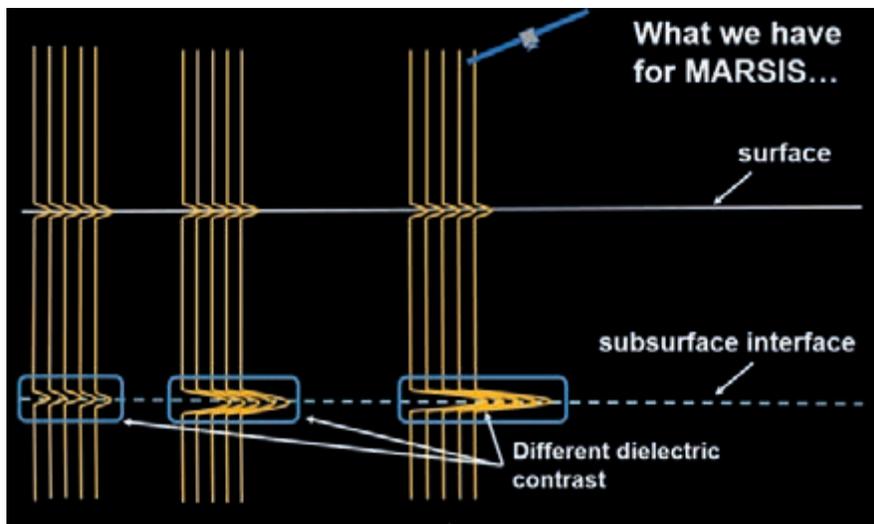


Figura 16 Schematizzazione teorica del processo di riflessione introdotto in Figura 12 in funzione di una superficie dielectricamente costante e di materiali sottosuperficiali a crescente costante dielettrica. Fonte: E. Pettinelli (Univ. Roma Tre).

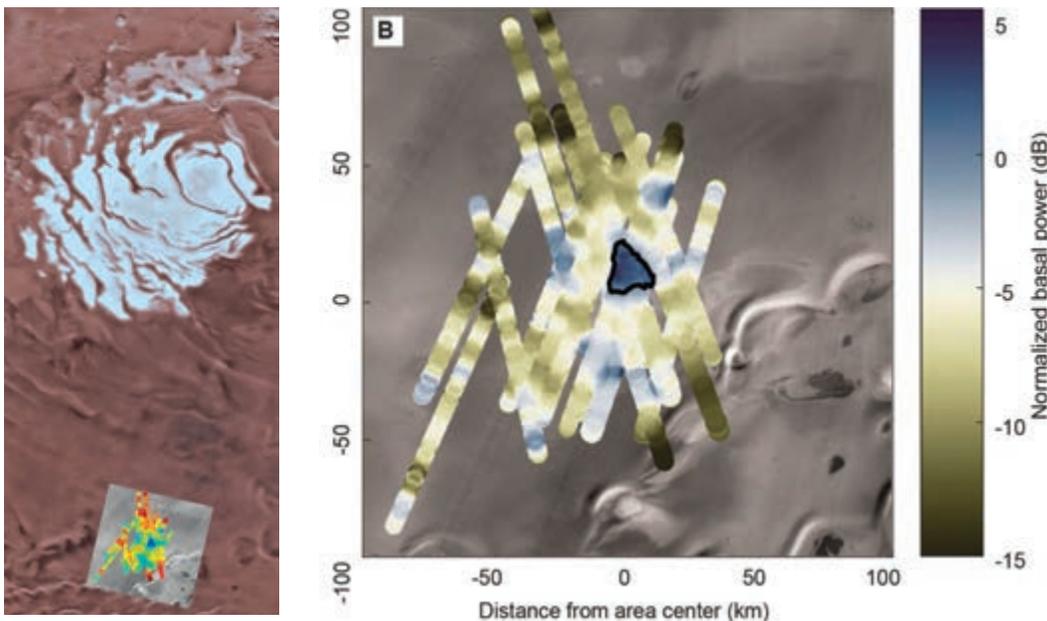


Figura 17 (sinistra) Posizione dell'area di analisi nella regione del polo sud di Marte. (destra) Ingrandimento dell'area di analisi. L'area legata alla maggiore risposta in potenza (5 dB, in blu) è stata associata alla presenza del lago sotto superficiale. Fonte: Orosei R. et al., 2018 (DOI: 10.1126/science.aar7268)

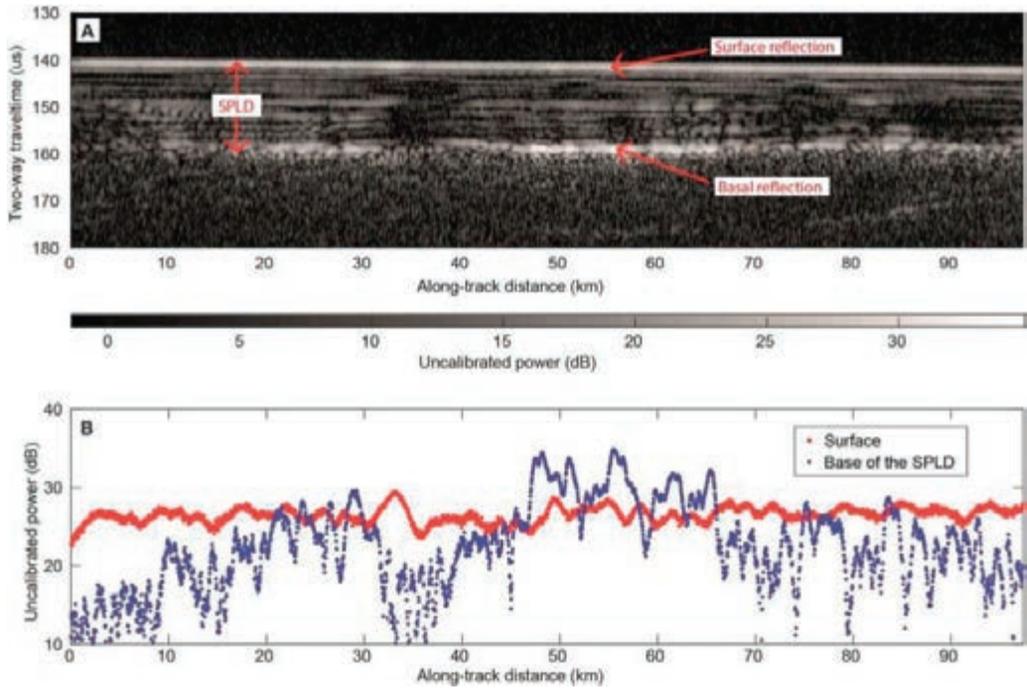


Figura 18 (sopra) Radargramma dell'area di analisi (SPLD: South Polar Layered Deposits), la risposta sotto-superficiale (basal reflection) associata al lago è visibilmente più potente della risposta superficiale come mostrato nel pannello inferiore nella zona compresa nell'intervallo along-track di 20 km fra 45-65 km. Fonte: Orosei R. et al., 2018 (DOI: 10.1126/science.aar7268)



Figura 19 Missione ESA ExoMars.

re l'interazione dei materiali cometari con la ionosfera e atmosfera marziana usando SHARAD & MARSIS: è stato misurato un aumento significativo del contenuto totale di elettroni (TEC) rispetto al valore tipico durante le osservazioni successive al passaggio della cometa (<https://doi.org/10.1002/2015GL064150>).

Passando dalla ionosfera alla superficie, questa presenta una colorazione rossastra dovuta alla presenza di ossido di ferro e risulta composta principalmente da basalto magmatico con circa 43000 crateri da impatto che ne caratterizzano la fisionomia. Il lander NASA Phoenix, operativo nel periodo 2007-2008, ha confermato la presenza di elementi nel suolo marziano necessari alla crescita di piante sulla Terra. La temperatura superficiale media è di  $-63^{\circ}\text{C}$  ( $-143^{\circ}\text{C}$  ai poli in inverno e  $35^{\circ}\text{C}$  all'equatore in estate). Le calotte polari sono ben definite e costituite per il 70% da ghiaccio d'acqua in quantità sufficiente, se disciolte, a ricoprire l'intera superficie planetaria fino a una profondità di 11 m (Figura 14). Il ciclo delle stagioni ai poli consente inoltre l'accumularsi ciclico di ghiaccio secco di  $\text{CO}_2$  alla temperatura di  $-125^{\circ}\text{C}$  durante fenomeni nevosi. Allo stato liquido l'acqua non può esistere permanentemente sulla superficie marziana a causa

della bassa pressione atmosferica, che è circa l'1% della pressione terrestre al livello di mare. La presenza di acqua in passato (Figura 15) è stata confermata dalle immagini di canali fornite dal programma NASA *Viking* (1975-1982) e dalla scoperta più recente di zone con presenza di ematite grigia, un minerale indicatore di passata presenza di acqua allo stato liquido.

Il radar MARSIS è in grado di condurre indagini della sotto superficie marziana. Ogni interfaccia (es. aria-superficie, superficie-strato sotto-superficiale) in cui si verifica un contrasto dielettrico produce un picco di ritorno nel frame MARSIS (Figura 12). Accanto al primo picco originato dalla superficie, tipicamente sempre presente, possono originarsi uno o più picchi dovuti a clutter (segnale di disturbo dovuto ad una superficie non liscia) o a riflessioni sotto-superficiali dove è presente un'interfaccia caratterizzata da un diverso contrasto dielettrico. Più alto il contrasto, più forte la riflessione ricevuta dal radar (Figura 16). Nelle regioni polari, il ghiaccio introduce una bassissima attenuazione e la costante dielettrica (circa 3.15 per il ghiaccio in superficie, 4-8 per le rocce nella sotto-superficie) gioca un ruolo fondamentale nel determinare l'intensità del ritorno.

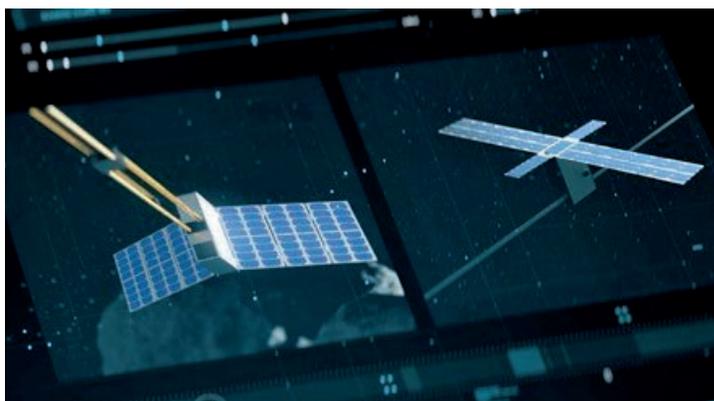
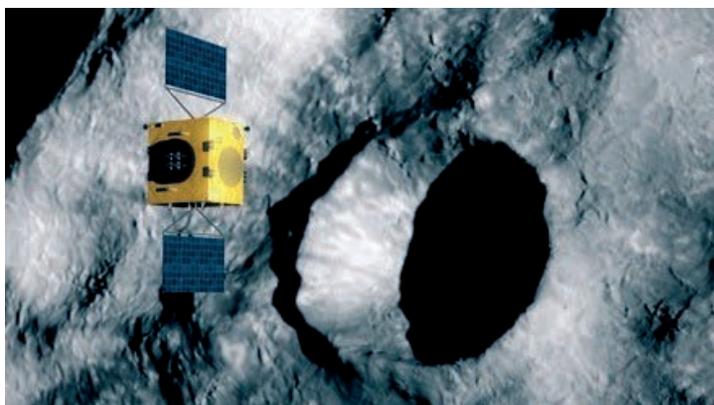


Figura 20  
rendering della missione  
HERA

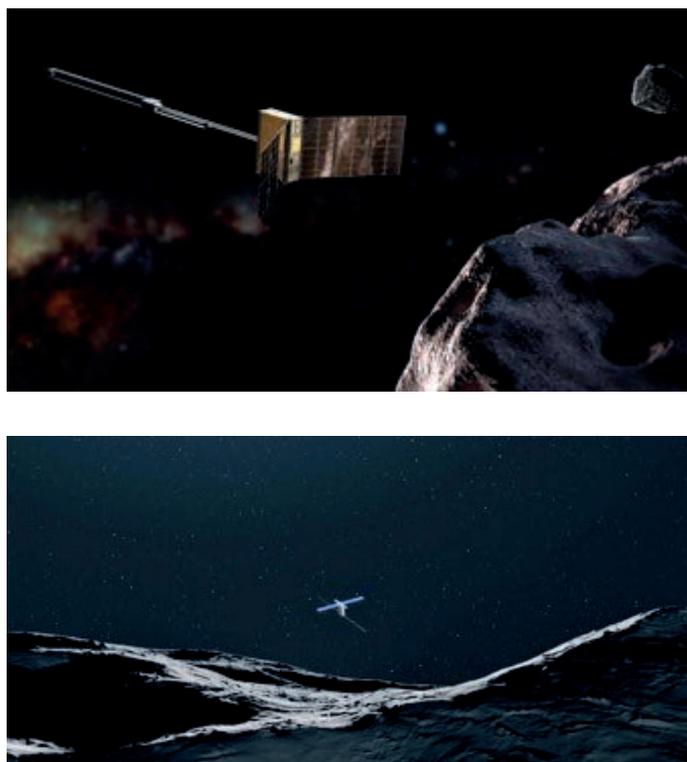


Figura 21  
rendering della  
missione APEX

La scoperta di un lago sotto-superficiale di circa 20 km d'estensione nella regione del polo sud di Marte (Figura 17) è stata annunciata nel 2018: il radar MARSIS lo ha individuato a 1.5 km sotto la superficie rilevando forti riflessioni (Figura 18) associate, dall'analisi del dato radar, alla sua elevata permittività dielettrica relativa ( $>15$ ) indicante la presenza di materiali che includono acqua liquida.

Recentemente è stato concepito il programma ESA *ExoMars* per indagare se la vita sia mai esistita su Marte (Figura 19). *ExoMars* prevede: 1) la mappatura delle sorgenti di metano e di altri gas, indicatori di una possibile attività biologica o geologica sul Pianeta Rosso, tramite il *Trace Gas Orbiter*, lanciato nel 2016, e 2) l'esplorazione e il carotaggio del suolo mediante un *rover* che include un laboratorio di ricerca.

Il *rover* è dotato di una vasta gamma di sensori: PanCam, una telecamera panoramica per eseguire la mappatura digitale del terreno; ISEM, uno spettrometro a infrarossi per valutare la composizione mineralogica di *target* di superficie; CLUPI, un sistema di telecamere per acquisire immagini ravvicinate di rocce, affioramenti e campioni prelevati mediante l'operazione di carotaggio con colori ad alta risoluzione; WISDOM, un radar 3D per lo studio della sotto-superficie fino a 3 metri di profondità nel range di frequenze 0.5-3 GHz; Adron-RM, un rilevatore autonomo di radiazioni di neutro-

ni per cercare acqua nel sottosuolo e minerali idratati; Ma\_MiSS, un *imager* multispettrale posizionato all'interno della sonda per gli studi di mineralogia e formazione delle rocce al di sotto della superficie; MicrOmega, uno spettrometro di *imaging* a infrarossi per studi di mineralogia su campioni marziani; RLS, uno spettrometro *Raman* per stabilire la composizione mineralogica e identificare i pigmenti organici; MOMA, un analizzatore di molecole organiche orientato all'individuazione di biomarcatori per rispondere a domande relative alla potenziale origine e distribuzione della vita su Marte.

##### 5. I NANO SATELLITI NEI PROGRAMMI SCIENTIFICI

Una tecnologia che sta prendendo piede nell'ultimo ventennio è il cube-sat creato da California Polytechnic State University, San Luis Obispo e da Space Systems Development Lab della Stanford University nel 1999 per facilitare l'accesso allo spazio per gli studenti universitari. I suoi inventori sono Robert J. "Bob" Twiggs, professore della Stanford University Laboratory, Jordi Puig-Suari, professore del California Polytechnic State University.

I cubesat hanno avuto quasi sempre come destinazione l'orbita bassa terrestre (LEO) per due motivi:

1. La costruzione semplice ed economica e la taglia ridotta difficilmente possono ospitare sottosistemi di controllo termico, comunicazione e protezione dalle radiazioni che soddisfino i requisiti dello spazio profondo.
2. La possibilità relativamente semplice ed economica di essere payload secondari su un lanciatore che porta in LEO satelliti di taglia più grande come payload primari.

Diverse le missioni che negli ultimi anni hanno visto l'utilizzo dei cube-sat: MarCO (Mars Cube One) – EVE e Wall-e, Artemis-1, EM-1, HERA; quest'ultima degno di nota poiché è il contributo europeo a una collaborazione internazionale per missioni spaziali accoppiate. La NASA eseguirà dapprima un impatto cinetico sul più piccolo dei due corpi (Didymoon la luna di Didymos), quindi Hera seguirà un dettagliato scan della zona di impatto che trasformerà questo esperimento su larga scala in una tecnica di difesa planetaria ben compresa e ripetibile. La missione di Hera esplorerà i gemelli asteroidi Didymos, ma non ci andrà da sola: servirà anche da nave madre per i primi due cubeSat europei a viaggiare nello spazio profondo oltre la Luna. Juventas sarà un CubeSat a 6U e APEX Asteroid Prospection Explorer di dimensioni simili.

Mentre Asteroid Prospection Explorer (APEX) eseguirà misurazioni multispettrali delle superfici degli asteroidi, del sistema Didymos per sco-

prire le loro interazioni con l'ambiente spaziale, effettuerà letture magnetiche che forniranno informazioni sulla struttura interna. Inoltre, guidato da una telecamera di navigazione e da un lidar, APEX effettuerà anche un atterraggio su uno degli asteroidi.

Juventas, sviluppato da GomSpace e GMV in Romania, misurerà il campo gravitazionale e la struttura interna del più piccolo dei due, Didymoon, la Juventas eseguirà con Hera per esperimenti di radio-scienza ISL e radar a bassa frequenza dell'interno dell'asteroide. L'avventura si concluderà con un atterraggio, seguito da diversi giorni di operazioni di superficie.

## 6. LE SERRE SPAZIALI

Quando gli astronauti si siedono al tavolo sono limitati ad aggiungere acqua calda o fredda per riportare il cibo allo stato «normale». Gli alimenti sono precotti e disidratati con perdita di vitamine e proteine. L'assenza di peso priva i cosmonauti del senso dell'olfatto e gran parte del gusto.

Un bisogno di avere cibi più "normali" per gli astronauti ha portato la creazione di una serra simile ad una sala operatoria – "più pulita di una sala operatoria" – dove si coltiva non solo pomodori ma anche basilico a ciclo continuo da cui poi si ricavano conserve, liquori e composte



Figura 22  
alimenti liofilizzati

con caratteristiche davvero ottime. La coltivazione idroponica comporta l'utilizzo di un involucro, una serra appunto, all'interno della quale, estate e inverno, la temperatura è costante. In essa, le radici delle piante si sviluppano in una soluzione acquosa invece che nella terra, metodo che permette l'incremento della resa e il controllo della crescita delle piante, spiega il giornale romano.

L'ambiente sterile quindi favorisce la protezione delle piante dai parassiti e dalle malattie: i pomodori sono garantiti tutto l'anno e il principio dell'economia circolare induce a produrre anche energizzanti dalle bucce e i semi dei pomodori idroponici, ricche di antiossidanti. Questo tipo di produzione in ambiente artificiale si presta perfettamente alla coltivazione in luoghi dove l'agricoltura con una buona resa non è possibile. Questo nuovo approccio porta alla produzione di cibo FRESCO che ha un ruolo positivo non solo sulla dieta, ma anche sul benessere psicologico degli astronauti, migliorando il morale e diminuendo lo stress.

Coltivare piante senza sole, senza suolo, con condizioni di gravità diverse da quelle sulla Terra è estremamente complesso.

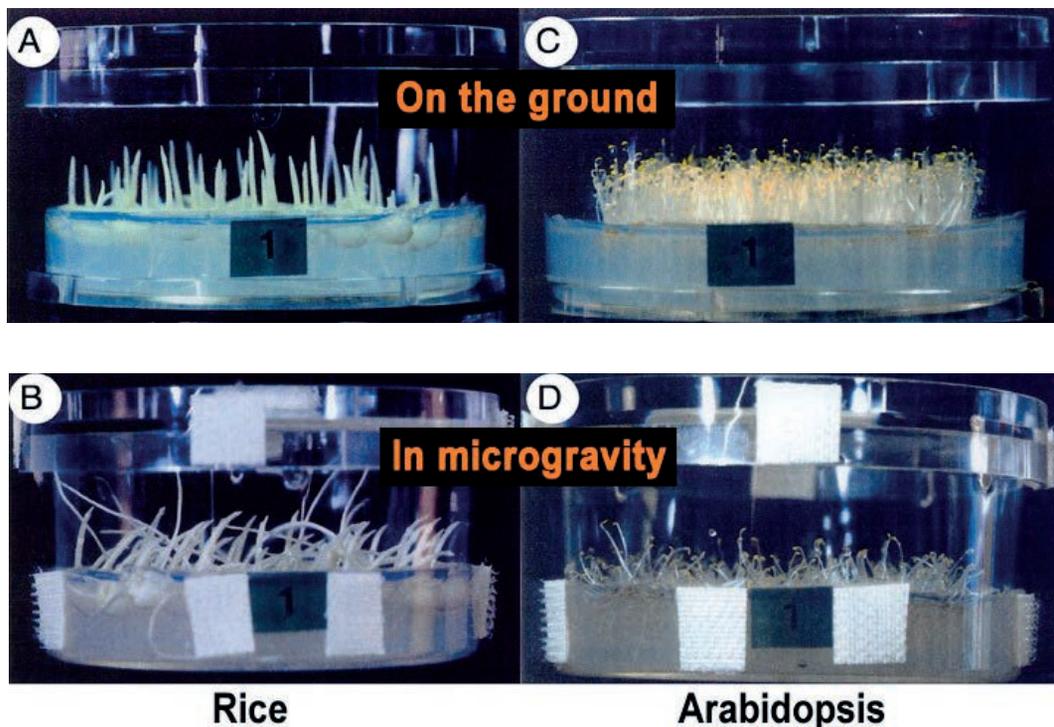
Attualmente gli studi si concentrano sulla scelta delle specie vegetali più adatte per essere coltivate in condizioni estreme.

La scelta deve coniugare molteplici esigenze e vincoli, quali: alta produzione di parte edibile, cicli di coltivazione veloci, facilità riproduttiva, assenza di competizione fra specie per sistemi multi-coltivazione, fotosintesi efficiente, agilità nell'acclimatarsi ai cambiamenti di luce, temperatura ed umidità.

- Caratteristiche Principali:
- Germinazione Affidabile
- Basso Livello Microbico Nativo
- Ricco di Antiossidanti

Le specie al momento in studio sono: Grano Duro, Grano Tenero, Patate e Soia.

La parola chiave è innovazione: si tratta di un sistema completamente automatizzato, unico in Europa, gestito con un computer all'interno di una sala controllo interconnesso con il cellulare, attraverso il quale il pc segnala le criticità. Il ritorno all'agricoltura, fenomeno di questi tempi, è chiaro che non può avvenire secondo i metodi dei nonni, l'automazione e l'hi-tech nel settore garantiscono meno fatica sui campi e una resa più costante.



(courtesy of Professor Takayuki Hoson of Osaka City University)

Figura 23  
esempio di crescita di  
germogli in microgravità

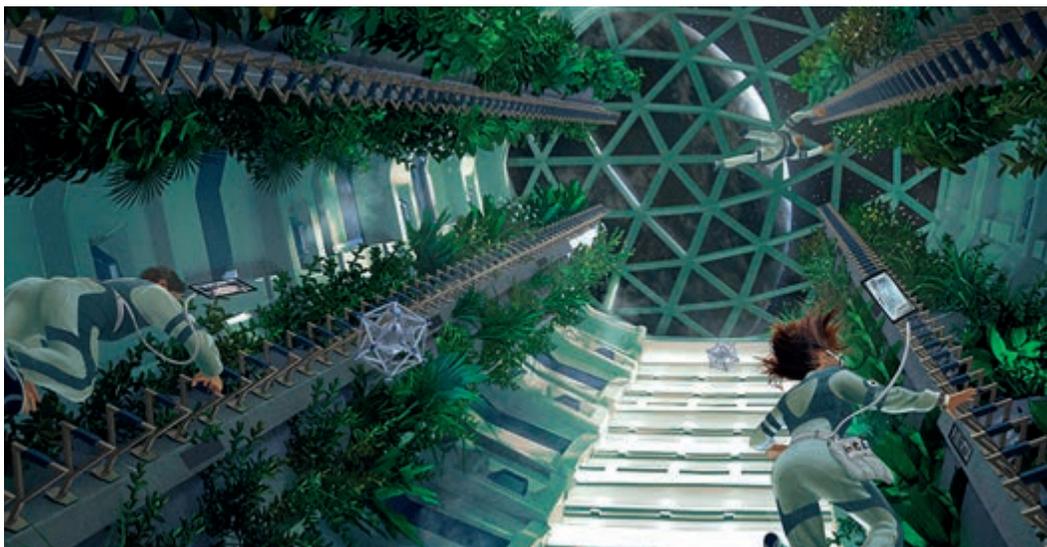


Figura 24  
rendering di serra  
spaziale

## 7. PROGRAMMI DI COLONIZZAZIONE E INNOVAZIONI TECNOLOGICHE

Gli sviluppi tecnologici delle missioni spaziali come già accennato sono notevoli, diversi centri di ricerca spaziali e aziende private del settore space stanno portando l'avanzamento tecnologico della civiltà ad un livello mai visto anche grazie al programma CONSTELLATION che comporterà:

1. completamento della Stazione Spaziale lunare
2. ritorno sulla Luna non oltre il 2020 con lo scopo ultimo di un volo con equipaggio verso il pianeta Marte.
3. nuova generazione di veicoli spaziali con equipaggio, prevista dal programma Constellation, costituita dai vettori Ares I e Ares V, dalla capsula Orion, l'Earth Departure Stage e dal modulo lunare Altair.

Thales Alenia ed ESA hanno firmato per gli studi di fase di A/B1 di due elementi della LOP-G (lunar orbitplatform – gateway) e stanno lavorando allo studio di fattibilità per I-HAB e ESPRIT.

Per far ciò adesso ci vogliono nuove tecnologie e nuovi materiali che possano cambiare il paradigma e rendere l'obiettivo più alla portata dell'uomo, per esempio le nanotecnologie si candidano a stravolgere la concezione di tecnologie esistenti e prenderanno sempre più piede nel mondo aerospaziale, così come la Stampa 3D e l'additive manufacturing; ma anche i materiali innovativi che infondono proprietà multifunzionali quali:

- Grafene
- Nitruro di boro
- Carburo di tungsteno
- Solfuro di molibdeno

Proprio con la stampa 3D si pensa ad una nuo-

va concezione di palloni aerostatici che possono battere i precedenti limiti, alcuni benefici sono elencati di seguito:

1. La produzione annuale di additive manufacturing cresce di circa il 24% ogni anno, con un mercato che dovrebbe raggiungere circa 21 B\$.
2. L'industria aerospaziale beneficia della stampa 3D già nel 1989
3. È un processo con il quale vengono creati oggetti fisici mediante la deposizione di materiale a strati, partendo da un modello digitale. Tutti i processi di stampa 3D richiedono l'utilizzo congiunto di software, hardware e materiali.
4. Secondo EOS, la stampa 3D può essere utilizzata per ridurre il peso di alcuni aeromobili fino al 40-60%.
5. Un singolo componente progettato e realizzato con la stampa 3D potrebbe ridurre la resistenza dell'aria del 2,1%.
6. Può ridurre i costi del carburante del 5,41%.
7. Airbus ha notato, equipaggiando il proprio aereo A350 XWB con oltre 1.000+ parti stampate in 3D.

Concentrando anche l'attenzione sullo sviluppo di materiali innovativi non si può non fare accenno alla classe di materiali nanostrutturati bi-dimensionali dei quali il più noto e importante è il grafene.

Il grafene è un monostrato di atomi di carbonio disposti in un reticolo esagonale. Grazie alla sua combinazione unica di proprietà intrinseche il grafene è un punto di partenza solido per nuove tecnologie. Si definiscono grafeni una larga tipologia di materiali diversi in funzioni di tre proprietà fisico-chimiche fondamentali:

- Numero di strati (spessore)

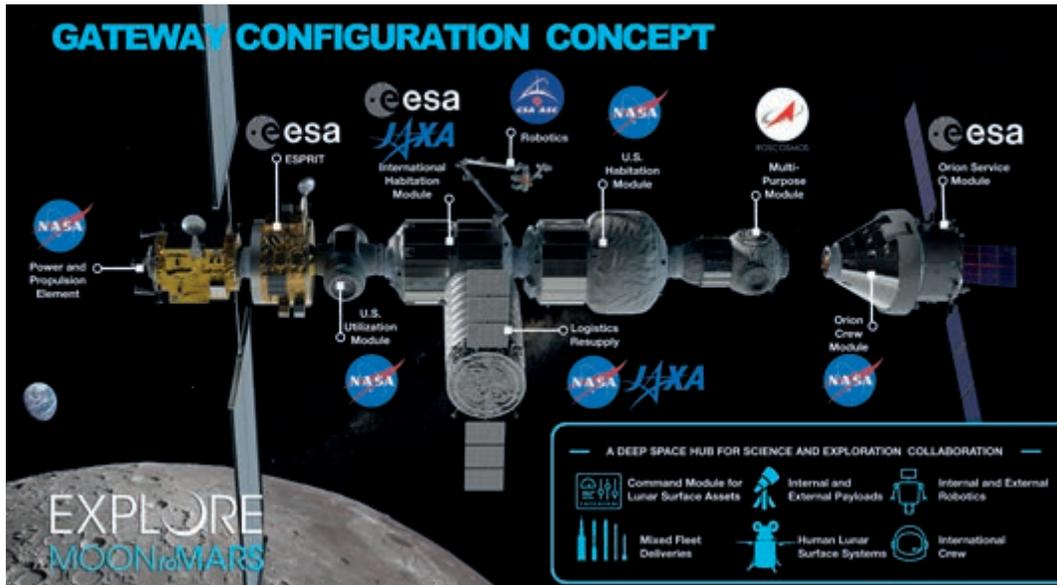


Figura 25  
configurazione del  
sistema per il  
programma constellation

- Dimensioni laterali
- Rapporto carbonio-ossigeno (C / O)

In base a quanto detto i materiali compositi formati da rinforzi nano-strutturati e matrici di diversa natura (polimerici, ceramici) possono andare ad agire con un comportamento multifunzionale su diverse proprietà finale dei materiali:

- Tenacità;
- Assorbimento UV e IR;
- Stabilità termica;
- Proprietà meccaniche;
- Indice di rifrazione;
- Luminescenza/Riflettanza.

Proprio con queste caratteristiche alcune start-up sparse in giro per il mondo stanno creando i materiali di prossima generazione, una su tutte:

Graphene-XT ([www.graphene-xt.com](http://www.graphene-xt.com)) che sta sviluppando diversi prodotti:

1. vernici conduttive e antiatritto
2. additivi per oli lubrificanti
3. packaging sostenibile per strumenti con elettronica avanzata
4. rivestimenti smart che riescono a condurre il calore e l'elettricità
5. membrane selettive per la separazione dei gas (quali CO<sub>2</sub> e N<sub>2</sub>)

Tutto ciò per far capire che i margini di miglioramento sono enormi e che per esempio in campo spaziale le diverse tecnologie con materiali nano-strutturati mostrano miglioramenti significativi e promettenti delle proprietà intrinseche dei materiali stessi.



Figura 26  
Stratodyne LLC

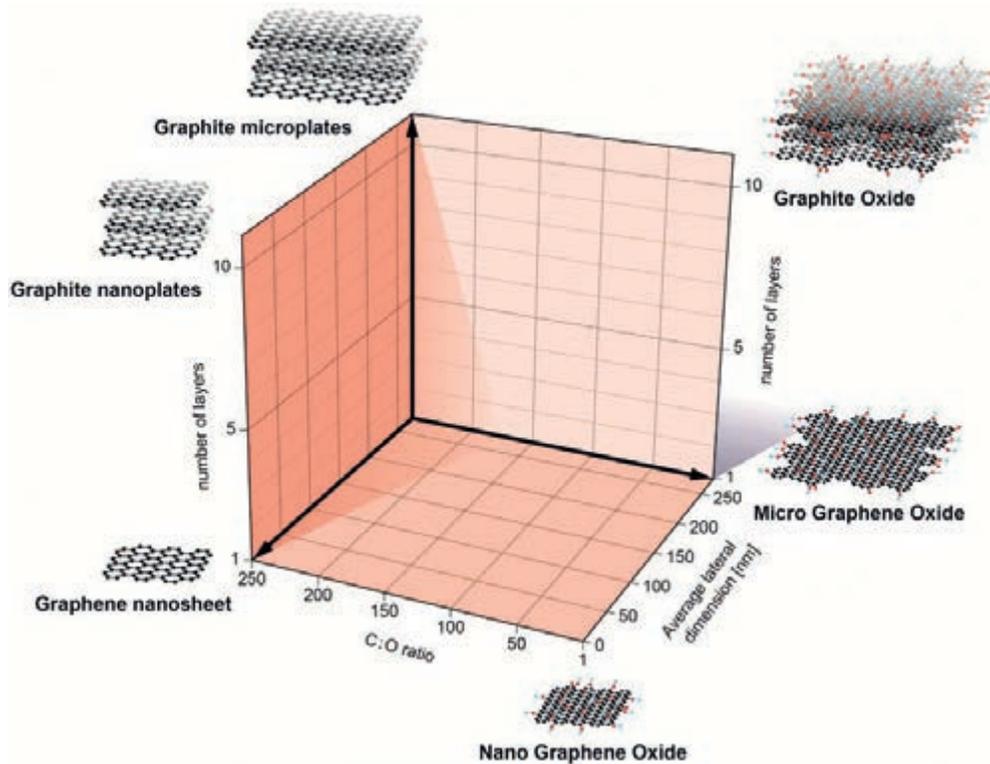


Figura 27  
nomenclatura  
materiali grafenici

## 8. L'INTELLIGENZA ARTIFICIALE PER LE APPLICAZIONI SPAZIALI

Il mondo dell'Intelligenza Artificiale (AI), uno dei campi più recenti della scienza e dell'ingegneria, ha fatto il suo ingresso anche nelle applicazioni spaziali. Il problema del *landing* su un corpo celeste, quale la Luna, ne è un esempio (Figura 28).

La nascita dell'AI risale al secondo dopoguerra e il suo nome fu coniato nel 1956. Famoso è il test ideato dal matematico e crittografo inglese Alan M. Turing nel 1950 per fornire una definizione operativa soddisfacente di intelligenza artificiale: un computer supera il test se un interrogatore umano, dopo aver posto alcune domande scritte, non è in grado di affermare se le risposte provengono da una persona o da un computer. Attualmente l'AI comprende un'enorme varietà di sottocampi, che spaziano dal generale (l'apprendimento) allo specifico, come il gioco degli scacchi, la dimostrazione di teoremi matematici, la composizione di poesie, la guida di un'auto in strade affollate, la diagnosi di malattie e i sistemi spaziali.

I principali approcci dell'AI consistono nel *machine learning* e nella metaeuristica. Il primo consiste nella capacità di adattamento a circostanze nuove e nella rilevazione e nella estrapolazione di modelli attraverso un processo di "apprendimento" basato su una elevata quantità di dati rappresentativi del fenomeno (Big Data), come nel caso delle reti neurali per il riconoscimento di elementi caratteristici da immagini (ad esempio forme di oggetti); il secondo si basa su un processo di generazione iterativa che guida un'euristica subordinata, combinando in modo intelligente concetti diversi per esplorare e sfruttare gli spazi di ricerca, in modo da utilizzare strategie di apprendimento per strutturare le informazioni al fine di trovare soluzioni efficientemente quasi ottimali, come l'ottimizzazione con sciami di particelle (*particle swarm*) e algoritmi genetici. In ambito spaziale l'AI è largamente impiegato in applicazioni di guida, navigazione e controllo, in particolare nel *Lunar Landing*, permettendo di trovare una traiettoria ottima per la discesa e, specie nella navigazione ottica, consentendo di individuare ed evitare crateri sulla superficie del corpo celeste (*hazard avoi-*

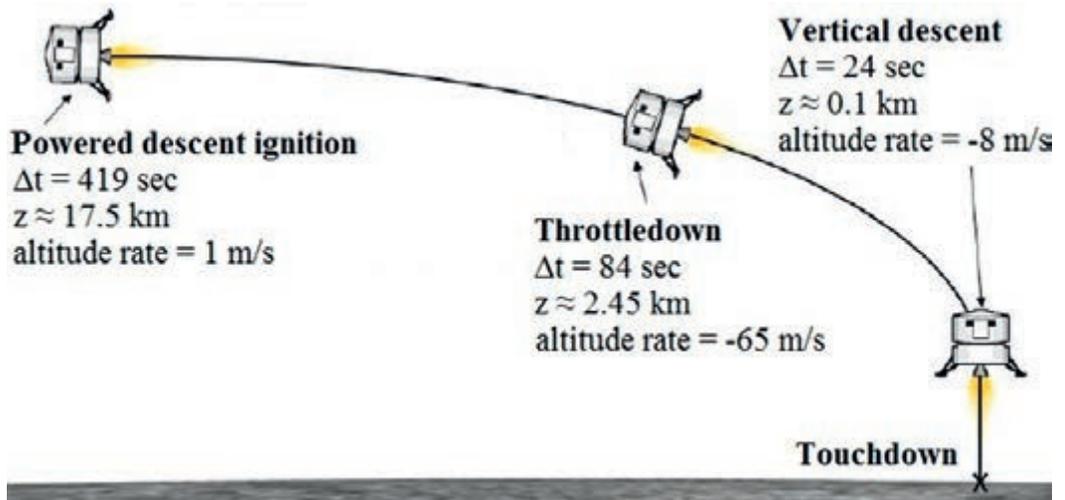


Figura 28  
Lunar landing

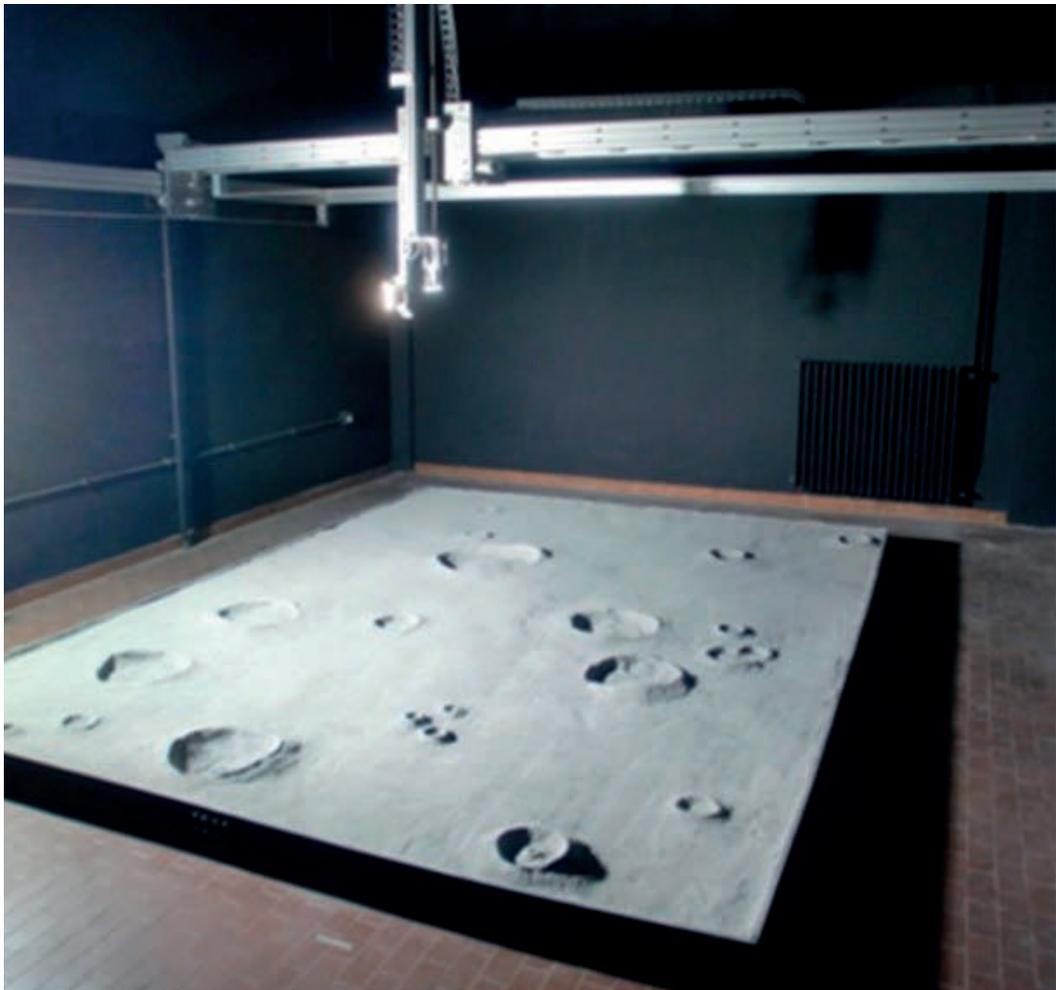


Figura 29  
Lunar Landing Simulator  
dell'ARCAlab presso la  
Scuola di Ingegneria  
Aerospaziale dell'Università  
di Roma "Sapienza"

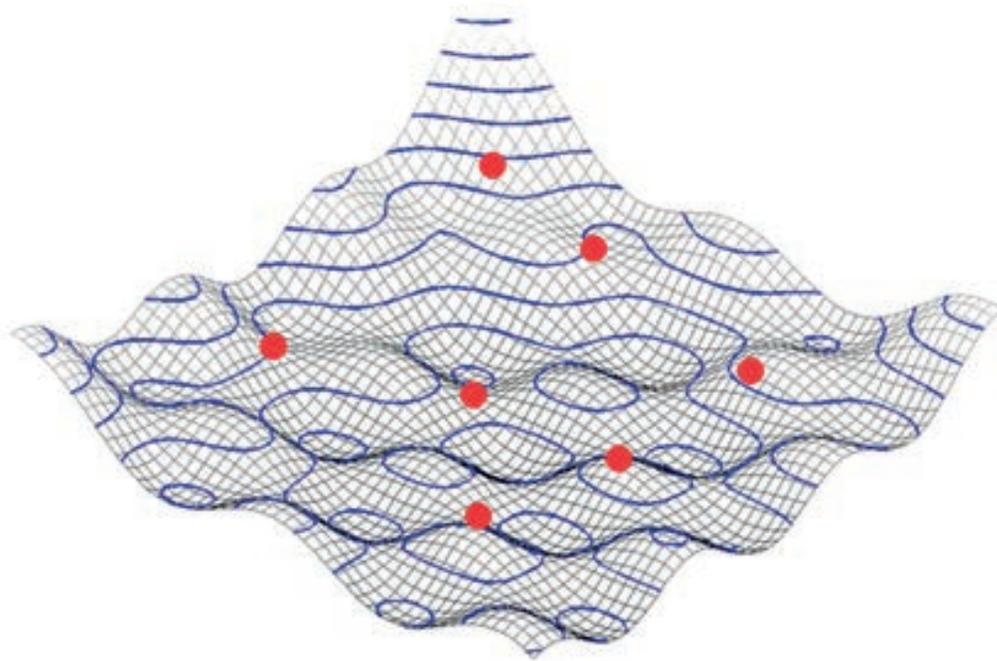


Figura 30  
Campo di ammissibilità  
nel Particle Swarm  
Optimization"

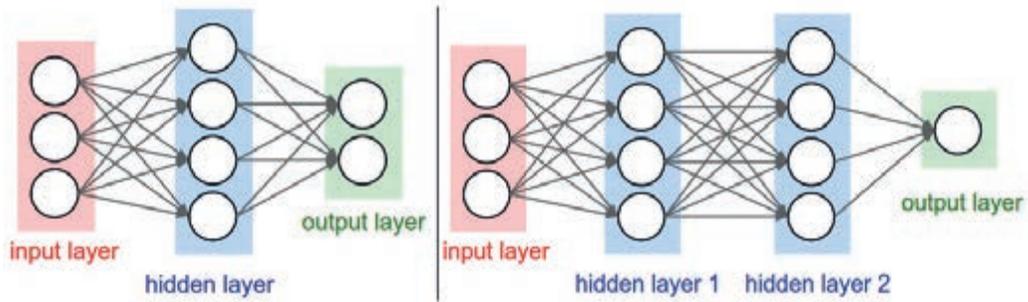


Figura 31  
Schema di una rete  
neurale



Figura 32  
Riconoscimento delle  
immagini dei crateri:  
rilevazione dei bordi  
(sinistra) e delle ombre  
(destra).

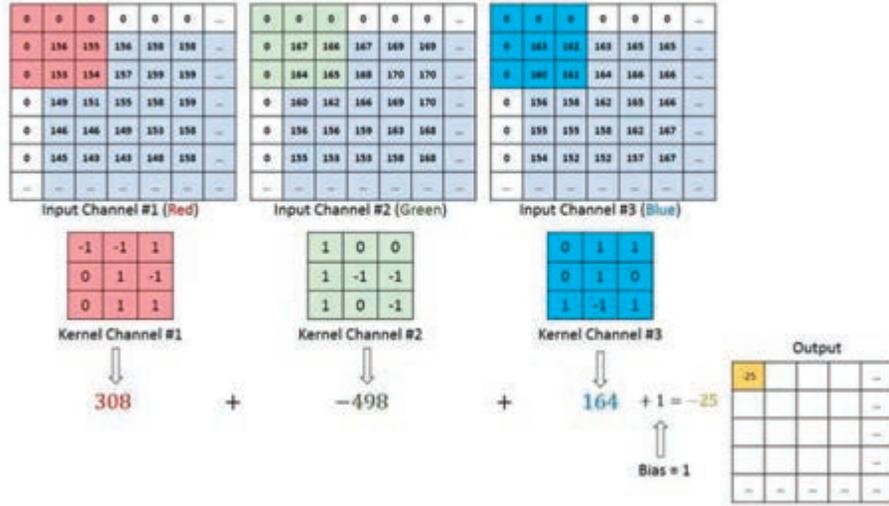


Figura 33  
Reti neurali convoluzionali:  
operazione di convolu-  
zione mediante kernel.

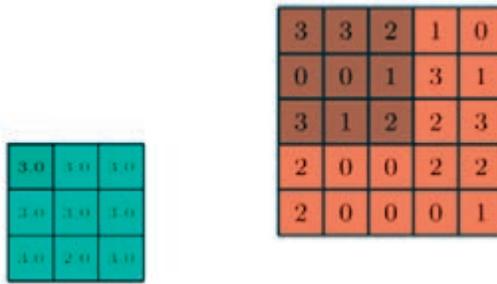


Figura 34  
Reti neurali convoluzionali:  
operazione di pooling.

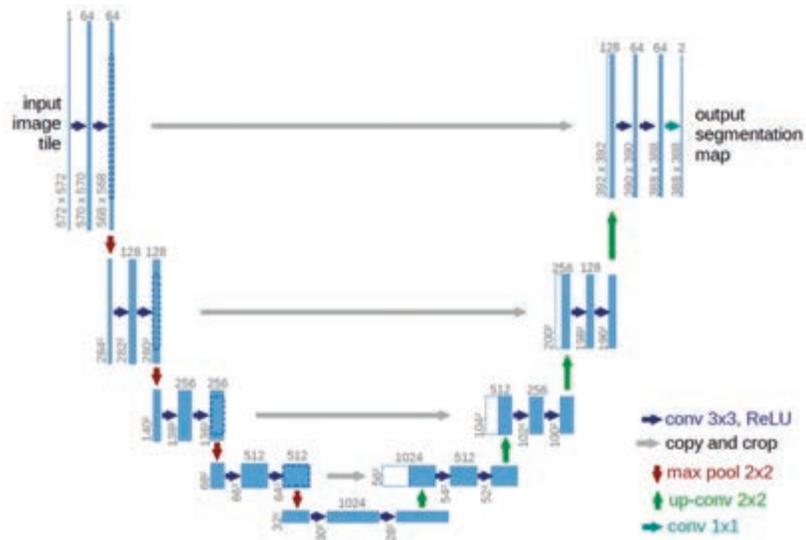


Figura 35  
Schema della rete neurale  
convoluzionale U-net.

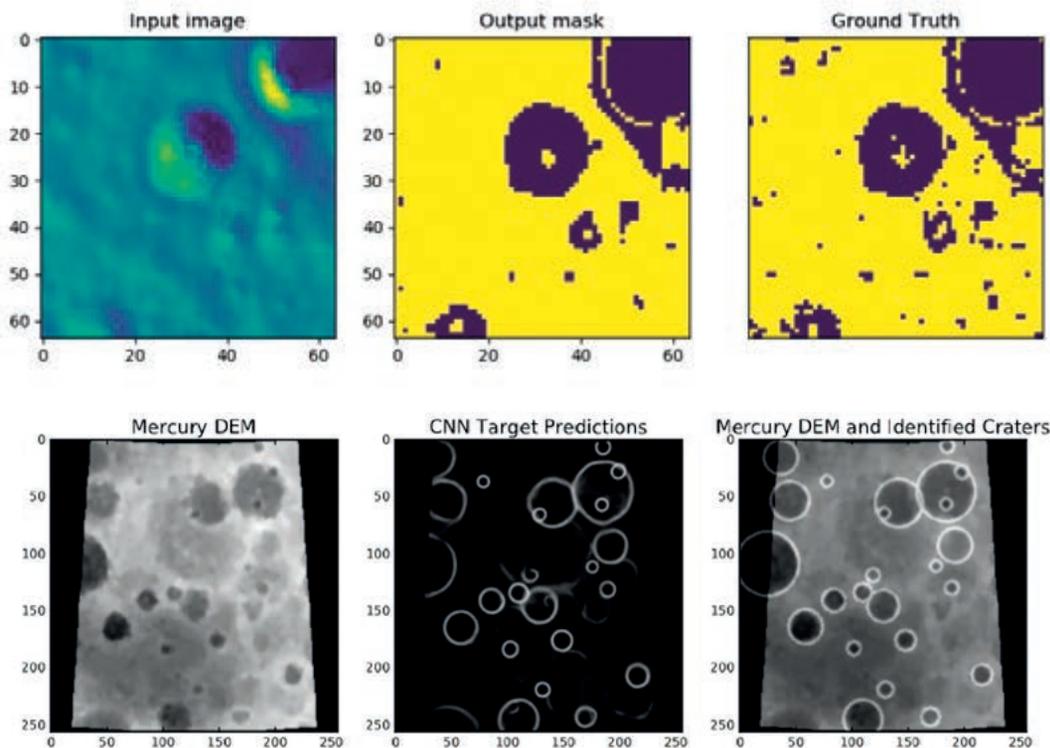


Figura 36  
Addestramento di U-net: Digital Terrain Model (DTM) (sinistra); maschera di output (centro); ground truth (destra)

Figura 37  
Addestramento di U-net: esempio di Transfer Learning per Mercurio.

dance). Il *Lunar Landing Simulator* dell'ARCA-lab presso la Scuola di Ingegneria Aerospaziale dell'Università di Roma "Sapienza" dispone di una struttura di 3 m x 4 m x 2 m che riproduce il suolo lunare simulando la regolite con polvere di basalto delle cave laziali, costituita da particelle di 0.2 mm (Figura 30). I crateri da impatto, in scala 1:2000, sono stati realizzati in gesso e poi ricoperti con polvere di basalto. Un telaio mobile, la cui velocità può variare tra 2 mm/min e 12 m/min, è utilizzato per testare algoritmi per l'atterraggio autonomo di sonde interplanetarie, manovre di rendez-vous e di attracco. Il simulatore è impiegato in attività che riguardano principalmente l'*image acquisition*, la ricostruzione 3D e il *landing* (figura 29).

In relazione alla guida e al controllo, il problema della pianificazione di manovre ottimali in presenza di vincoli, quali la dinamica, viene risolto da ARCA-lab utilizzando le tecniche di ottimizzazione offerte dalla metaeuristica. Un esempio è costituito dall'ottimizzazione mediante sciami di particelle, o Particle Swarm Optimization (PSO): le particelle sono rappresentate dalle soluzioni che si muovono cooperativamente, come in uno sciame, all'interno di un campo di ammissibilità, chiamato spazio di ricerca fattibile, ognuna con un proprio costo (Figura 30). La soluzione ottima è quella in cui si raggruppano tutte le particelle:

essa consiste nel computo della tripla, funzione di stato, funzione di controllo e tempo finale, che minimizza la funzione di costo (es. il propellente). Nella navigazione, invece, ARCA-lab, in collaborazione con il Massachusetts Institute of Technology (MIT) e l'Università dell'Arizona, ricorre all'uso delle reti neurali convoluzionali (Figura 31). Tale metodologia viene applicata nel problema del riconoscimento delle immagini dei crateri mediante features, ovvero i bordi e le ombre originate dalla luce solare (riprodotta con una lampada) (Figura 32).

Nelle reti neurali convoluzionali (CNN) un'operazione di convoluzione è realizzata tramite una sottomatrice, *kernel* o filtro, che esegue una moltiplicazione matriciale tra la matrice K e la porzione P dell'immagine sulla quale si trova il *kernel*, generando in uscita una matrice di dimensioni ridotte (Figura 33).

La convoluzione è seguita dal *Pooling*: tramite una finestra si riduce la dimensione spaziale della matrice convoluta in modo da estrarre le caratteristiche dominanti che sono invarianti per posizione e rotazione, mantenendo il processo di addestramento del modello efficace (Figura 34). In particolare, l'operazione di *Max Pooling* restituisce il valore massimo della porzione dell'immagine coperta dal *kernel*, fungendo inoltre da soppressore del rumore.

La struttura più utilizzata è rappresentata dall'U-

Net. Si tratta di una rete neurale convoluzionale sviluppata dall'Università di Friburgo, in Germania, e utilizzata in applicazioni spaziali. Essa conduce a una segmentazione rapida e precisa delle immagini. La rete è costituita da un percorso di contrazione e uno di espansione che le conferiscono la forma ad "U" (Figura 35).

Il percorso di contrazione consiste in una tipica rete convoluzionale che applica ripetutamente convoluzioni e svolge un'operazione di *Max Pooling*. Durante la contrazione le informazioni spaziali vengono ridotte, di contro le informazioni sulle *features* vengono aumentate. Il percorso di espansione combina le *features* e le informazioni spaziali attraverso una sequenza di convoluzioni verso l'alto e concatenazioni con *features* ad alta risoluzione provenienti dal percorso di contrazione. Per le applicazioni sperimentali presso ARCAlab sull'allunaggio, U-Net viene addestrata utilizzando il *Digital Terrain Model* (DTM) ottenuto dal *Lunar Reconnaissance Orbiter* della NASA, relativo al sito di atterraggio dell'*Apollo 16* (Figura 36).

Un particolare tipo di addestramento è rappresentato dal *Transfer Learning*. Si tratta di una tecnica basata sull'utilizzo di una rete precedentemente addestrata su un determinato set di dati per fare previsioni su uno nuovo che può essere simile in termini di dimensioni oppure diverso. In questo caso U-Net è stata addestrata con 30000 immagini DEM (*Digital Elevation Model*) della Luna e poi applicata alle immagini DEM di Mercurio ottenute dalla missione NASA MESSENGER, lanciata nel 2004 (Figura 37).

CNN e U-Net costituiscono, dunque, degli strumenti essenziali per gestire l'analisi delle immagini e fornire risultati molto accurati, riducendo inoltre il tempo di calcolo del processo di guida, navigazione e controllo. Una possibile futura applicazione di U-Net potrebbe riguardare gli asteroidi: i modelli di elevazione digitale a tutte le latitudini sono disponibili online per asteroidi come *Ceres* e *Vesta*. Ovviamente molteplici risultano le questioni riguardo il *transfer learning* per questi corpi celesti: gli asteroidi sono geologicamente e dimensionalmente molto dissimili da Marte e dalla Luna, per cui l'addestramento di una rete su di essi potrebbe comportare una bassa *accuracy*. Il problema è risolvibile addestrando la rete dapprima sulle immagini DEM della Luna, poi su quelle di Marte e infine su quelle di Marte e Luna insieme, facendo seguire questi tre passaggi da una valutazione sugli asteroidi *Ceres* e/o *Vesta*.

## 9. I PIANETI EXTRASOLARI

Allontanandoci dal Sistema solare, ci spingiamo ora verso le aree più remote dello Spazio alla volta degli esopianeti per provare a fornire una

risposta all'interrogativo che fin dall'inizio dei tempi l'umanità si è posta: siamo davvero soli nell'Universo? Un esopianeta, o pianeta extrasolare, è un corpo celeste che orbita intorno a una stella in sistemi simili a quello solare. Se molto grande, il pianeta è direttamente visibile mediante tecniche coronografiche, in grado di ridurre la luminosità della stella. Con tale tecnica, nota come *direct imaging*, sono stati osservati 4 oggetti in orbita attorno alla vicina e brillante stella HR8799 della costellazione di Pegaso (Figura 38). Misurando lo spettro di questi oggetti, tramite dei modelli è possibile riconoscerne somiglianze con gli spettri delle nane brune.

A questi scopi costituiscono fondamentali strumenti i grandi telescopi delle dimensioni di stanze o palazzi, delicati e molto precisi, dotati di coronografi molto performanti. Nei telescopi spaziali gli schermi coronografici possono essere posti a una distanza di diverse migliaia di km dal telescopio stesso, così da disporre di una più ampia area osservabile intorno alla stella (Figura 39).

Pochi, molto grandi e molto distanti dalla propria stella sono gli esopianeti individuabili mediante il *direct imaging*. Numerose sono le tecniche impiegate per riconoscere tutti gli altri pianeti extrasolari, ma quelle maggiormente diffuse sono rappresentate dalla tecnica delle velocità radiale e da quella dei transiti planetari (Figura 40). Gli oltre 4000 esopianeti oggi conosciuti sono molto diversi tra loro: accanto ai pianeti "gioviani" è possibile incontrare i "super gioviani", gassosi e estremamente massicci, o le "super Terre" e i "sub nettuniani". Questi pianeti si trovano fino a un migliaio di anni luce dal nostro Sole ed orbitano attorno a stelle di classe M, K, G, F ed A, secondo la classificazione di Harvard basata sulla temperatura dell'astro.

Il primo esopianeta, 51 Pegasi b, è stato scoperto dai due Nobel svizzeri Mayor e Queloz (Figura 41): si è utilizzato il metodo doppler, o tecnica delle velocità radiali, che permette di conoscere la massa del pianeta misurando la periodicità della velocità radiale di oscillazione della stella attorno al proprio baricentro quando un oggetto le orbita attorno. In prossimità di Proxima Centauri, la stella più vicina al Sole, è stato individuato un pianeta di taglia terrestre.

L'altra tecnica dai risultati molto floridi è rappresentata dal metodo dei transiti planetari che studia la curva di luce delle stelle. Essa permette, dal rilevamento della periodicità nella diminuzione di luminosità di una stella (fino all'1%), di derivare la presenza di un corpo orbitante, il suo raggio e quindi la sua densità. L'approccio è del tutto simile a quello usato per determinare i transiti di Mercurio e di Venere, ma attuabile soltanto quando il piano orbitale del pianeta è pari a 90°. La determinazione del periodo di rivoluzione è possibile soltanto se tale tecnica fotometrica rie-

sce a individuare almeno tre transiti (Figura 42). Molto impiegati, in tale contesto, sono i telescopi robotici che collezionano una grande mole di dati, elaborata poi mediante computer (Figura 43). Tra questi ricordiamo il telescopio spaziale Kepler, che ha monitorato per quattro anni la luminosità di oltre 145000 stelle scovando 2662 pianeti, tra cui uno orbitante attorno a un sistema binario di stelle, Kepler-16b (Figura 44). Queste rilevazioni hanno permesso di stabilire,

mediante un approccio statistico, quanti pianeti può ospitare ciascuna stella. Ne consegue che pianeti piccoli orbitano attorno a stelle di piccole dimensioni e che pianeti grandi caratterizzano stelle di grossa taglia e dal contenuto metallico molto alto. Inoltre, in riferimento al raggio, è stato possibile dichiarare come molto comuni nella nostra galassia le Super Terre e i Sub Nettuniani, del tutto assenti invece nel nostro sistema solare.

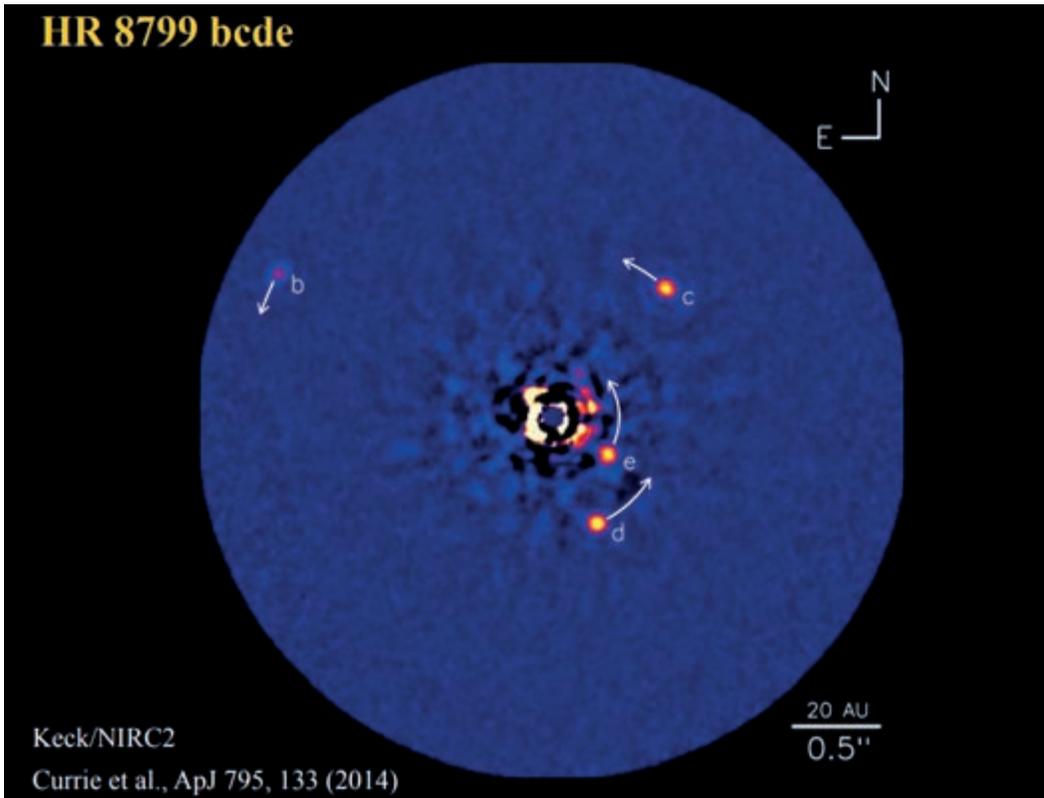


Figura 38  
Direct Imaging

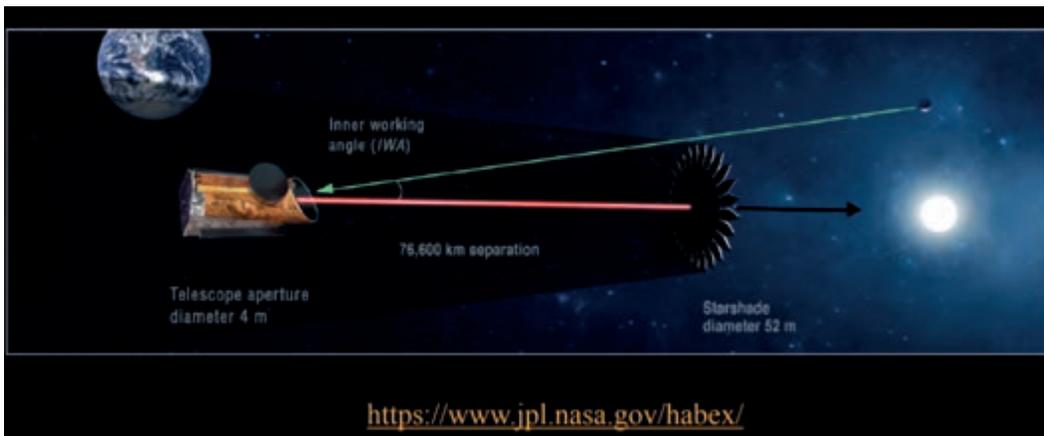


Figura 39  
Telescopio spaziale:  
missione HabEx

A partire dalla seconda metà del secolo scorso gli scienziati hanno definito una regione dello Spazio nota come zona di abitabilità, ovvero la regione circumstellare all'interno della quale un pianeta potrebbe ospitare forme di vita, che, dal punto di vista termodinamico, sono possibili se

esiste acqua in fase liquida sulla superficie. La presenza di acqua liquida è infatti uno dei requisiti essenziali per la vita. La zona di abitabilità costituisce uno strumento prezioso per selezionare i migliori candidati ad ospitare vita tra la moltitudine di pianeti extrasolari.

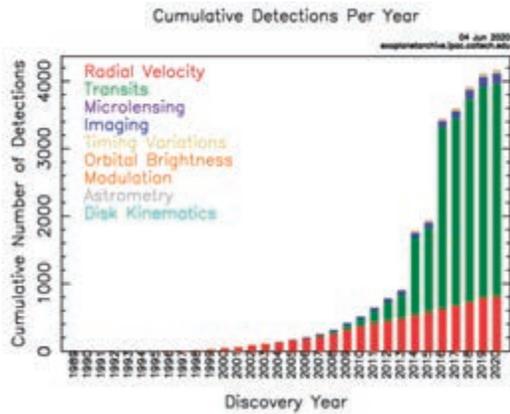


Figura 40  
Tecniche impiegate per individuare gli esopianeti

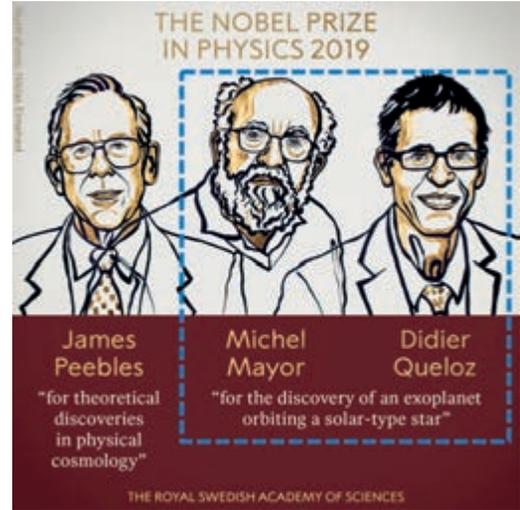


Figura 41  
M. Mayor e D. Queloz: Premio Nobel per la fisica 2020

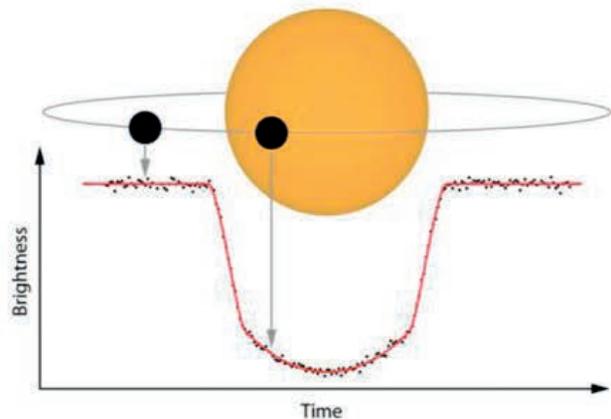
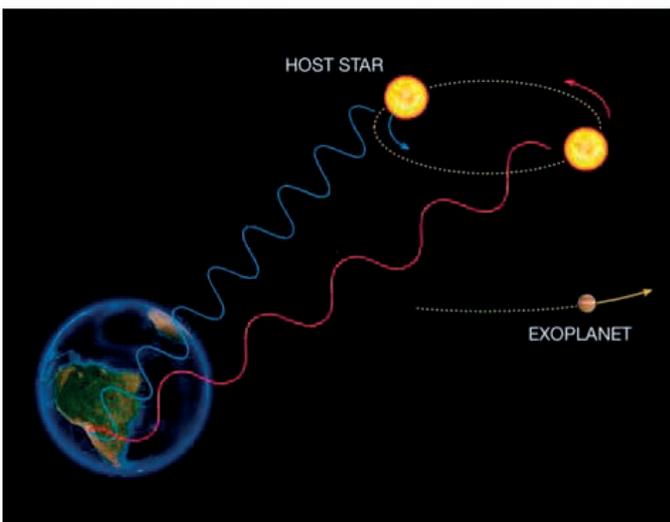


Figura 42 - Metodo delle velocità radiali (sinistra). Metodo dei transiti planetari (destra).

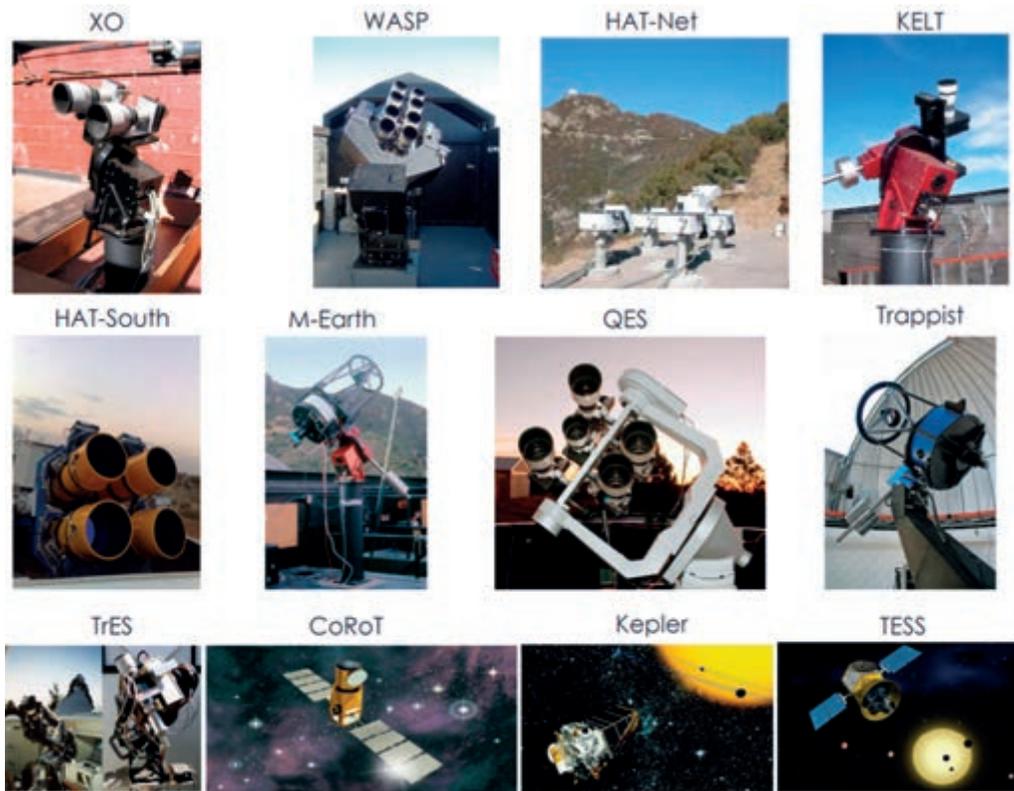


Figura 43  
Telescopi robotici.

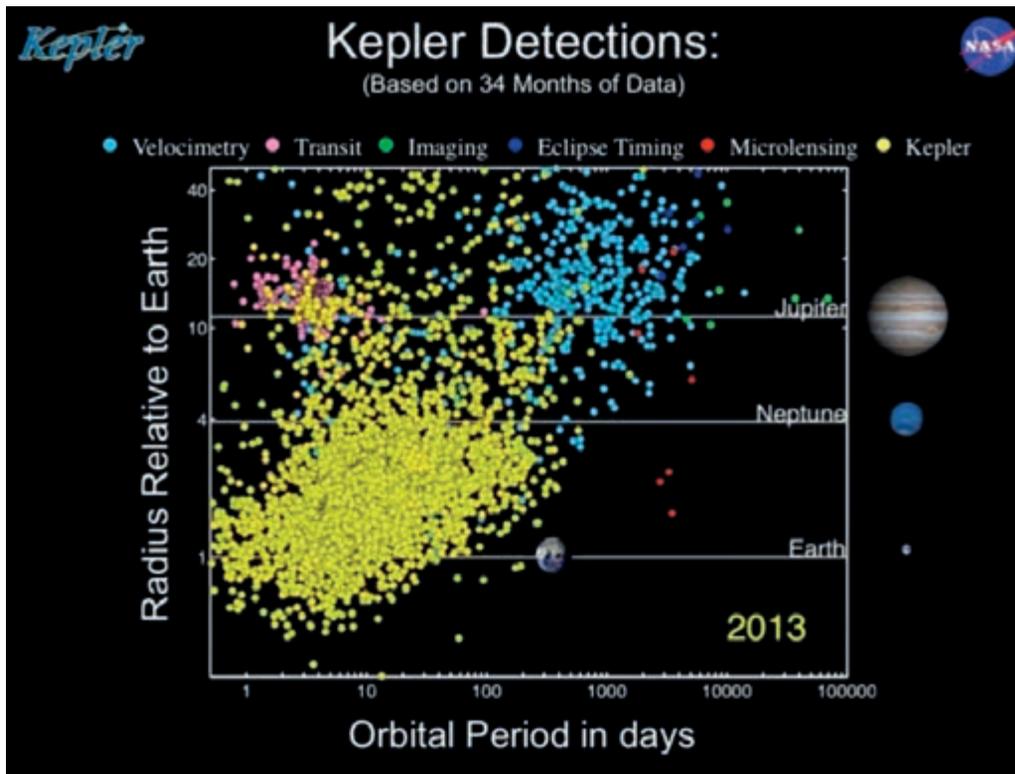


Figura 44  
Esopianeti scoperti da Kepler.







## ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI ROMA

Piazza della Repubblica, 59 - 00185 - Roma

Tel. 06.487.93.11 - Fax: 06.487.931.223

Cod.Fisc. 80201950583

Orari di apertura al pubblico degli uffici

Lunedì 09:30-12:30 14:30-17:30

Martedì 09:30-12:30 14:30-17:30

Mercoledì 09:30-12:30 14:30-17:30

Giovedì 09:30-12:30 14:30-17:30

Venerdì 09:30-12:30 chiuso

Sabato chiuso

La Segreteria dell'Ordine chiude alle 16.00

### AREE DEL SITO WEB DEL QUADERNO



AREA CIVILE AMBIENTALE

<https://rivista.ording.roma.it/civile/>



AREA INDUSTRIALE

<https://rivista.ording.roma.it/industriale/>



AREA DELL'INFORMAZIONE

<https://rivista.ording.roma.it/informazione/>



AREA INTERSETTORIALE

<https://rivista.ording.roma.it/intersectoriale/>



È possibile consultare tutti i numeri  
all'indirizzo Internet  
***ioroma.info***





*Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma*  
*Piazza della Repubblica, 59 - 00185 Roma*  
*[www.ording.roma.it](http://www.ording.roma.it)*