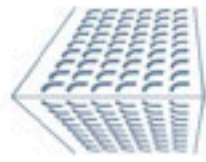


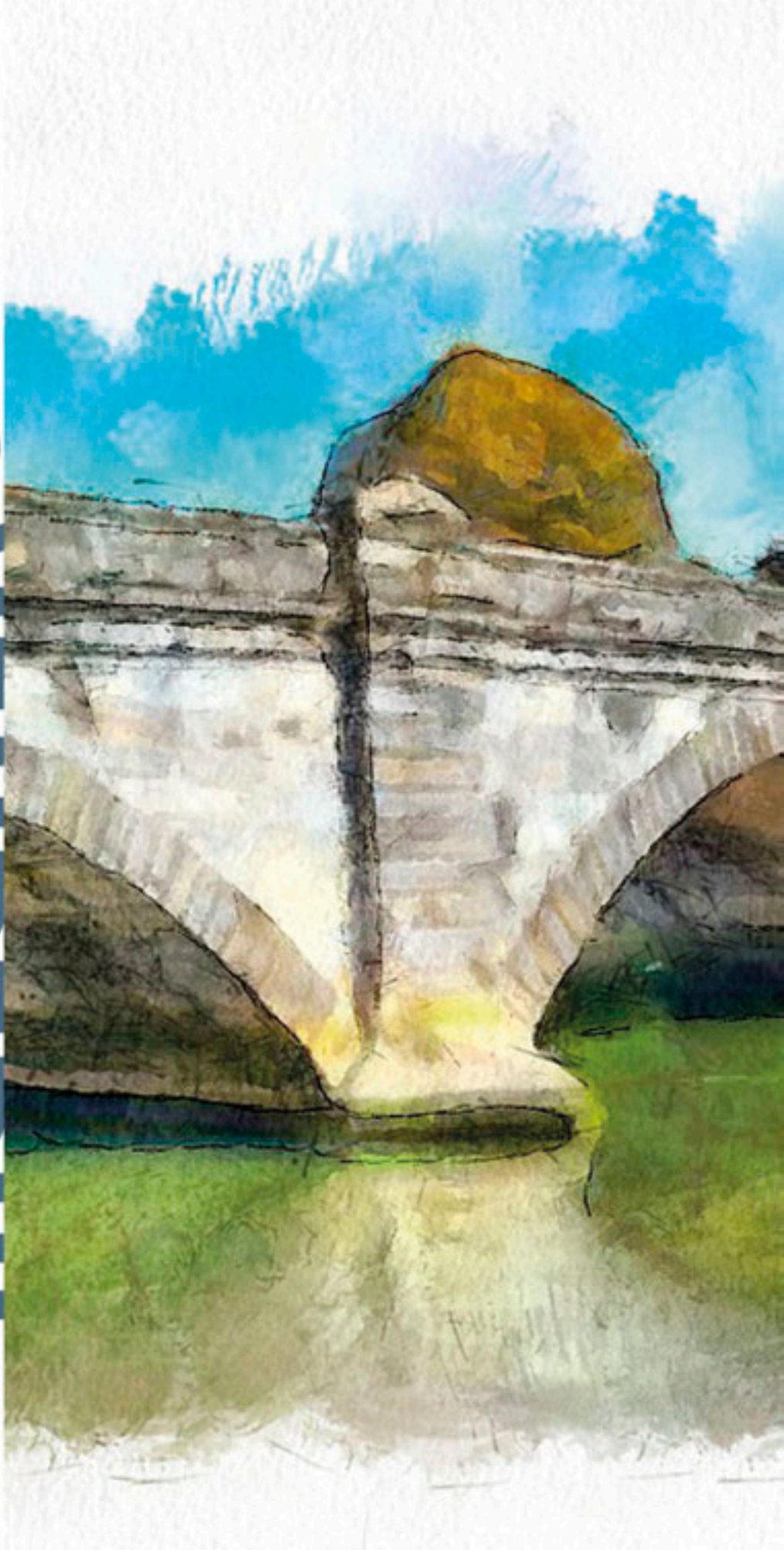
- 
- ▶ TRENI STORICI
COME OPERE D'ARTE
DA RIVIVERE
 - ▶ GLI EPISODI DI DEOSSIGENAZIONE
ACUTA NEL TRATTO URBANO
DEL FIUME TEVERE E L'ORDINARIA
RIDUZIONE DEL PARAMETRO
OSSIGENO DISCIOLTO
COLLEGABILE CON LA PRESSIONE
ANTROPICA DOVUTA ALL'AREA
METROPOLITANA
 - ▶ LA PRIMA GUIDA PM²-AGILE
DELLA COMMISSIONE EUROPEA
 - ▶ TECNOLOGIE E COSTELLAZIONI
SATELLITARI EMERGENTI

Poste Italiane S.p.A. - Spedizione in abbonamento postale D.L. 353/03 art. 70% Roma Aut C/RM/10/2014 - ISSN 2284-4333

io
roma



INGEGNER





IN COPERTINA
LOCOMOTIVA A VAPORE
CHESAPEAKE & OHIO 614
DEL TIPO 4-8-4 GREENBRIER

FOTO DI REPERTORIO

RIVISTA
DELL'ORDINE
DEGLI INGEGNERI
DELLA PROVINCIA
DI ROMA



TRIMESTRALE
ANNO IX - N. 3/2022



colloquio con l'ingegner <https://www.ingegneriroma.it/it/la-nostre/201>



Ing. Maria Elena D'Effremo

Care Colleghe e Colleghi,
questa terza uscita della Rivista è composta da contributi molto differenti per contenuto ma tutti di grande spessore.

Faremo un viaggio con i treni storici, per cui vi consiglio, se non l'avete già fatto di concedervi una giornata dedicata alla visita del bellissimo Museo Nazionale Ferroviario di Pietrarsa, tra Napoli e Portici, allestito nei locali delle ex Officine di Pietrarsa sulla spiaggia davanti alla stazione ferroviaria di Pietrarsa-San Giorgio a Cremano, luogo dove è nata la storia delle ferrovie italiane. Qui infatti nel 1839 è stata inaugurata la prima ferrovia d'Italia che collegava Napoli a Portici, qui potrete fare un viaggio virtuale sulla storica Bayard con cui fu effettuato quel primo viaggio e osservare la replica della locomotiva nel padiglione delle vaporeiere.

Affronteremo un tema molto caldo e attuale, che descrive come sia in atto un fenomeno di deossigenazione del tratto urbano del Fiume Tevere e di come esso sia connesso con l'inquinamento da reflui urbani.

Altrettanto attuale è l'utilizzo dell'approccio Agile, che vede la sua conferma con la pubblicazione nel 2021 da parte del Centro di eccellenza della Commissione Europea della guida

PM²-Agile. Agile è un approccio che negli ultimi anni ha visto un crescente sviluppo e utilizzo nelle realtà aziendali, che mira a creare un'organizzazione efficacemente adattiva in grado di rispondere in modo più rapido ai cambiamenti e a snellire tutti i processi, oltre che a investire su dei team più fluidi, altamente collaborativi e maggiormente indirizzati agli obiettivi di progetto. Le aziende che mirano a tale approccio sono senz'altro aziende innovative, in cui il tema organizzativo e il lavoro di team sono visti come cruciali nello sviluppo aziendale, nonché per lo sviluppo e l'apprendimento continuo del singolo.

In ultimo un focus approfondito sul tema dell'evoluzione delle tecnologie satellitari emergenti. Sui temi dedicati all'Aerospazio IO Roma continua raccogliere contributi di rilievo che, per i non addetti ai lavori, rendono meno "distante" un tema che invece influisce costantemente con la nostra quotidianità.

Nell'ottica di un approccio più agile e mirato alla condivisione, anche IO Roma si è dotata di una pagina LinkedIn, pertanto vi invito a seguire la nostra pagina e a frequentare il portale della rivista dell'Ordine <https://ioroma.info/> per rimanere sempre informati sulle nostre pubblicazioni.

Non mi resta che augurarvi Buona Lettura



Ing. Maria Elena D'Effremo
Direttrice Editoriale



Ing. Massimo Cerri

Lo scenario spazio temporale in cui viviamo richiede quotidianamente flessibilità e adattamento a causa dei ritmi di lavoro molto serrati. Per tal motivo sempre di più si parla di "gestione agile dei progetti". Ma cosa significa?

Secondo il Project Management Institute (PMI) nella guida Project Management Body of Knowledge (PMBOK) la gestione tradizionale ha una struttura definita e le azioni da compiere sono prestabilite. Questo approccio presenta un certo grado di complessità davanti ai cambiamenti improvvisi. Al contrario la struttura flessibile offre maggiore elasticità, in quanto un progetto non viene considerato come un unico pezzo, ma viene scomposto in diversi mini progetti, che hanno un tempo di realizzazione rapido.

Se ci domandassimo qual è la migliore metodologia da applicare, la risposta sarebbe semplice: "dipende dal contesto". I due metodi in realtà andrebbero utilizzati in modo complementare.

Il modello di lavoro agile ha la peculiarità di rendere più fluide sia la gestione del flusso di informazioni interne sia l'esecuzione dei compiti. Per tal motivo si deve stabilire primariamente un controllo preciso e flessibile dei processi quali: tempo, costi, ambito, funzionalità e qualità. "Essere agili" significa adattarsi repentinamente alla realtà e consegnare cicli veloci. Infatti, è

più opportuno offrire un risultato parziale, ma allo stesso tempo funzionale, che lavorare per molto tempo senza un feedback. In tal modo si genera in continuazione valore per la committenza. Altro vantaggio della gestione agile è il coinvolgimento dei membri dei gruppi di lavoro nel trovare, innanzi a inaspettate problematiche, soluzioni dinamiche, che vanno a sostituire i processi più rigidi, garantendo, però, sempre la conformità progettuale ai requisiti richiesti.

Se si desidera ottimizzare i processi, si devono aver presenti i seguenti punti: la collaborazione. I processi sono fondamentali, ma l'interazione del team fa andare avanti il progetto; l'essere funzionali. Prodotti e servizi funzionali sono più importanti della documentazione dettagliata; la flessibilità. I contratti sono fondamentali, ma non dovrebbero limitare né i cambi di rotta né la collaborazione con la committenza; aprirsi al "non previsto": pianificare è basilare ed essenziale, ma accettare "l'inaspettato" giova all'organizzazione e alla committenza.

Poiché le esigenze dei team e delle organizzazioni sono diverse, sono emersi anche diversi metodi agili, che sta a noi ingegneri adattare ai progetti su cui lavoriamo.



Ing. Massimo Cerri
Presidente
Ordine degli Ingegneri
della Provincia di Roma

IO ROMA

RIVISTA - ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI ROMA

N. 3/2022 Trimestrale N. 33 Anno IX

Direttrice Responsabile

Marialisa Nigro

Direttrice Editoriale

Maria Elena D'Effremo

Comitato di Redazione**Sezione A**

Massimo Cerri
Silvia Torrani
Micaela Nozzi
Stefania Arangio
Fabrizio Averardi Ripari
Michele Colletta
Alessandro Fuschiotto
Marco Ghimenti
Giorgio Martino
Giovanni Nicolai
Paolo Reale
Mauro Villarini

Sezione B

Alfredo Simonetti

Amministrazione e redazione

Piazza della Repubblica, 59 - 00185 Roma
Tel. 06 4879311 - Fax 06 487931223

Direttore Artistico e Project Manager

Tiziana Primavera

Assistenza Editoriale

Leonardo Lavalle
Flavio Cordari
Antonio Di Sabatino

Referente FOIR

Francesco Marinuzzi

Stampa

PressUp

Iscritto al Registro della Stampa del Tribunale
di Roma
Il 22/11/2013, n. 262/2013

Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma

Piazza della Repubblica, 59 - 00185 Roma
www.ording.roma.it
segreteria@ording.roma.it
editoriale@ording.roma.it

Finito di stampare: Dicembre 2022



MISTO
Carta da fonti gestite
in maniera responsabile
FSC® C109382



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

CONTENUTI



10

Treni Storici
come opere d'arte da rivivere

Ing. Mennato Catillo



42

Gli episodi di deossigenazione acuta nel
tratto urbano del fiume Tevere e l'ordinaria
riduzione del parametro ossigeno disciolto
collegabile con la pressione antropica do-
vuta all'area metropolitana

Ing. Ten. Col. Francesco Riccardi



58

La prima guida PM²-Agile
della commissione Europea

Ing. Elisabetta De Santis

FOCUS



68

Tecnologie e
Costellazioni Satellitari emergenti

*Ing. Stefano Coltellacci,
Ing. Giampaolo Panariello,
Ing. Giovanni Nicolai,
Gen. Ing. Angelo Gervasio,
Col. Ing. Giovanni Arseni*





TRENI STORICI COME OPERE D'ARTE DA RIVIVERE



a cura di
ING. MENNATO CATILLO

12



Abstract

La definizione del dizionario di una locomotiva è: *“un motore semovente, veicolare, alimentato a vapore, diesel o elettricità, per tirare o, a volte, spingere un treno o singoli vagoni ferroviari”*. Sebbene questo descriva il dispositivo, la sua storia completa è piuttosto complessa e affascinante.

Probabilmente le primissime “locomotive” erano semplicemente cavalli o muli in grado di trainare solo pochi vagoni di persone o merci. Nonostante i loro inconvenienti, la semplicità degli animali li ha visti rimanere in servizio (in particolare nelle operazioni di tram) molto tempo dopo l’invenzione del motore a vapore. Il vapore, ovviamente, è stato il primo carburante ad alimentare un dispositivo meccanico artificiale utilizzato nelle applicazioni di trasporto. I progetti iniziali vennero realizzati nel XVIII secolo anche se la sua realizzazione su una ferrovia non avvenne fino all’inizio del 1800. Rimarrebbe il tipo di forza motrice provato, collaudato e unico per quasi un secolo fino all’introduzione dell’elettricità appena prima del 1900. Ovviamente, prima dell’attuale processo di elettrificazione su larga scala, il diesel, sviluppato durante la Prima guerra mondiale, ha sostituito il “cavallo di ferro” (locomotiva a vapore).

Tutti i tipi, le loro storie e come ciascuno di essi è stato utilizzato hanno dato origine al fenomeno dei treni storici, ormai diffuso a livello mondiale, con forme e declinazioni anche molto diverse, ma tutte accomunate dal fatto che l’interesse turistico non è focalizzato solo sui luoghi da raggiungere e visitare ma riguarda anche la parte relativa al viaggio e al mezzo di trasporto impiegato che, nel nostro caso, è ovviamente il treno.

Negli anni sono stati avviati numerosi progetti di recupero che abbracciano la cultura ferroviaria a tutto tondo: le numerose Fondazioni non si occupano solo di organizzare viaggi in treni storici, ma anche di raccogliere il materiale documentario negli archivi e di farsi conoscere sempre meglio dal pubblico con visite guidate ai musei e ai siti manutentivi.

Lo sviluppo del Turismo ferroviario su Treni storici, con la loro circolazione su linee aperte al traffico di tutti i giorni dei moderni convogli di tutte le categorie, sia passeggeri che merci, era stato finora fortemente condizionato dalle regole sulla sicurezza per l’autorizzazione all’esercizio disposte dalle autorità dei singoli Paesi e della stessa Unione

europea. Regole via via sempre più severe con l'adozione di apparecchiature e strumenti elettronici sofisticati. A riguardo, La Fondazione FS italiana è pioniera nell'attrezzaggio di moderne tecnologie di sicurezza su mezzi storici: l'investimento complessivo ammonta a 5 milioni di euro e riguarderà 31 locomotive elettriche. Nel dettaglio, La Fondazione delle Ferrovie dello Stato, in collaborazione con Hitachi Rail STS, è la prima in Europa ad installare su rotabili storici a trazione elettrica il moderno sistema SCMT (Sistema Controllo Marcia Treno), uno dei più avanzati supporti alla condotta che consentirà ai viaggi ferroviari, oramai in voga presso ogni tipo di clientela, di essere sempre più performanti e veloci. La grande limitazione delle locomotive antiche era dettata dal fatto che non potevano viaggiare sulle linee ordinarie perché mancavano di questo sistema computerizzato, atto a rendere sicuro il transito dei convogli d'epoca tra i convogli Regionali, le Frecce e treni merci. In sintesi, possiamo parlare di treni storici come patrimonio artistico "Opere d'Arte" in movimento in sicurezza. La loro management e sharing spinge continuamente le Fondazioni, Musei e le varie organizzazioni interessate a nuove iniziative per soddisfare le richieste dei numerosi appassionati. In questo scenario nasce una nuova idea innovativa, in progress, condivisa per la prima volta nel presente articolo. Grazie a una piattaforma basata sulla tecnologia blockchain, il mercato dei Treni potrà essere sottoposto a un vero e proprio make-up che renderà accessibile "l'acquisto" di Treni Storici "opere d'arte" come fossero azioni quotate in borsa. La piattaforma sarà uno dei pionieri tra le borse internazionale dei Treni (opere d'arte da collezione). Si tratta di un'assoluta innovazione culturale e tecnologica che renderà l'arte (i Treni Storici possono essere considerati come opere d'arte) un asset trasformabile in liquidità mediante il frazionamento del bene e investimenti alla portata di ogni disponibilità economica. Il presente articolo è una panoramica dei treni storici e della loro gestione, focalizzando il loro potenziale:

1. Panoramica dei treni storici in Italia e nel mondo. Storia e loro caratteristiche.
2. Attrezzaggio SCMT per i treni storici. Arlecchino come esempio.
3. Business dei Treni storici oggi.
4. Un'idea innovativa: Borsa internazionale dei Treni, dove i Treni Storici diventano azioni.

Background

L'obiettivo è la tutela e la valorizzazione del patrimonio culturale, storico e tecnico del materiale ferroviario, tramite una stretta collaborazione tra le Ferrovie dello Stato, Enti ed Associazioni, con lo scopo di mantenere sempre viva l'attenzione sull'importanza della realtà ferroviaria.

Diversi sono i progetti che affrontano la sfida di trovare strumenti, soluzioni ed iniziative per migliorare le capacità di sinergia tra settore pubblico e privato nell'utilizzare in modo sostenibile il patrimonio ferroviario, fissando modelli aventi come caratteri distintivi l'innovazione, la replicabilità e la sostenibilità.

Tuttavia, in ambito culturale, la mission culturale spesso si trova in contrasto con interessi economici, sociali o politici che potrebbero sia trasformare materialmente il bene, sia compromettere il suo scopo di testimone della cultura del passato e di mezzo di divulgazione della cultura contemporanea, imponendo restrizioni al suo utilizzo, destinandolo ad altro uso o, ancor peggio, arrivando alla negazione stessa del suo utilizzo. Tale contrapposizione non solo potrebbe impedire il raggiungimento dell'obiettivo della sostenibilità ma soprattutto incrementare il pericolo di un degrado e di una perdita, parziale o totale, del valore del bene stesso.

In un contesto di questo tipo, diventa ancor più importante trovare strategie e strumenti che siano in grado di promuovere il coinvolgimento dei cittadini e di tutti gli attori interessati nei processi di riuso, riqualificazione, rigenerazione del patrimonio culturale. Infatti, solo attraverso un reale confronto fra le parti coinvolte si possono elaborare e implementare strategie d'uso, di promozione e di salvaguardia del patrimonio per raggiungere quella sostenibilità realmente integrata auspicata. Nella gestione del patrimonio culturale, quello della sostenibilità economica e della capacità di produrre profitti non è l'unico obiettivo da raggiungere. Infatti, è indispensabile che si identifichino e si mettano in giusta prospettiva tutti gli altri aspetti della sostenibilità, che generano effetti positivi a vantaggio del territorio, dei cittadini, delle imprese culturali e delle istituzioni. Impedire il degrado, l'incuria e la perdita di identità di un bene culturale significa riattivare una comunità, offrire possibilità di lavoro, generare proposte culturali e creare occasioni virtuose di uso del tempo.

Prendendo ad esempio la visione di Rodney Harrison del momento storico, caratterizzato da città sempre più ricche di edifici e spazi pubblici del patrimonio culturale, come momento di “crisi di accumulo del passato”, diventa fondamentale per la conservazione del patrimonio ferroviario un approccio mirato a esplorare soluzioni che prevedano la gestione di tali beni, onde evitare che il disuso ne comprometta la loro stessa esistenza. Risulta quindi necessaria una gestione del patrimonio attraverso modelli:

- di collaborazione pubblico-privato che prevedano una sostenibilità economica;
- di apertura verso iniziative creative;
- di incoraggiamento all’inclusione dei cittadini, non solo nell’uso dei beni ma anche nella loro gestione.

A tal fine, si prefigura un incremento della conoscenza tra tutti gli attori coinvolti, la messa in atto di una serie di azioni concretamente realizzabili, la predisposizione di strumenti adeguati al coinvolgimento. Occorre, in definitiva, agire su tre piani differenti:

- La **conoscenza**: è intesa come la produzione e la messa a disposizione di informazioni operative che riguardano il patrimonio storico e culturale. Effettuare una ricognizione dei beni del patrimonio culturale e storico in disuso o sottoutilizzati da mettere a sistema con una ricognizione delle offerte di attività culturali e artistiche presenti sul territorio.
- Le **azioni**: adottare strategie di coinvolgimento degli Stakeholders nelle priorità di scelta, nelle linee di azione definite, nelle strategie e negli orientamenti individuati da un Piano d’utilizzo dei beni del patrimonio storico e culturale.

L’obiettivo della valorizzazione non deve tralasciare la necessità di coniugare sostenibilità economica e utilità sociale delle azioni previste per il riuso.

- Gli **strumenti**: individuare gli strumenti per il coinvolgimento degli Stakeholders (associazioni, aziende e cittadini) nella definizione di nuove funzioni del patrimonio storico inutilizzato o sottoutilizzato da riqualificare, come per esempio attività di progettazione e/o pianificazione partecipata, co-pianificazione, co-progettazione, ecc.

Infine, la domanda da porsi è, oggi i treni classificati come “storici”, sono gestiti come patrimonio “ferroviario” o come “patrimonio artistico/culturale, cioè opere d’arte” ?

Piccola panoramica dei treni storici in Italia e nel mondo. Storia e loro caratteristiche

Paolo Rumiz, parlando dei treni, cita così: “il treno è femmina. Più ti fa aspettare e più ti strega”.

Negli anni sono stati avviati numerosi progetti di recupero del materiale ferroviario. Le diverse associazioni in Italia, Europa e resto del mondo, non si occupano solo di organizzare viaggi in treno storico, ma anche di raccogliere il materiale documentario negli archivi e di farsi conoscere sempre meglio dal pubblico con visite guidate ai musei e ai siti manutentivi.

Gli investimenti, operati nell’ultimo decennio, sono stati ripagati dal grande successo di pubblico, che testimonia l’esistenza di un reale interesse per il mondo ferroviario e di questa nuova modalità di turismo. Di seguito una panoramica dei principali treni storici in Italia e nel mondo, riportando immagini seguite da una sintetica presentazione dei rotabili.

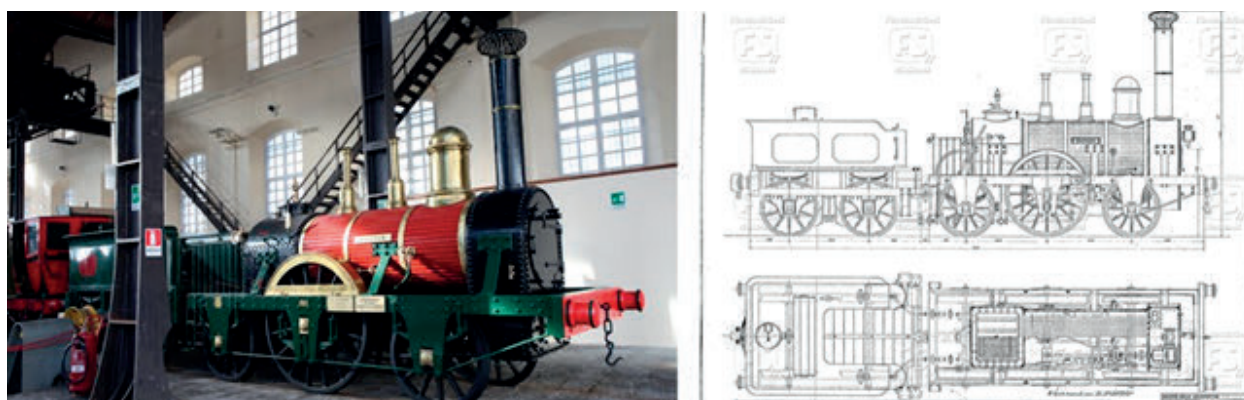


Figura 1: Locomotiva BAYARD

La BAYARD è una locomotiva a vapore a scartamento normale con TENDER separato. È una delle prime locomotive circolanti in Italia, fu utilizzata per percorrere la prima ferrovia italiana realizzata lungo la tratta da Napoli a Portici, inaugurata il 3 ottobre 1839. La locomotiva Bayard, una classica macchina di tipo anglosassone Longridge usata per i treni viaggiatori, divenne il simbolo dell'inizio della storia delle ferrovie italiane. Costruita nei cantieri di Newcastle, la locomotiva aveva tre assi di cui quello centrale motore e poteva raggiungere una velocità massima di 50 km/h. L'esatta replica della Bayard fu costruita nelle officine ferroviarie di Firenze in occasione del centenario del 1939 e si conserva nel padiglione delle vaporeiere del Museo Nazionale ferroviario di Pietrarsa (Napoli).



Figura 2: Locomotive Gruppo 625 FS

Dati tecnici: Anni di costruzione: 1910 - 1923, Velocità: 80 km/h, Rodiggio: 1-3-0, Potenza: 800 CV, Scorte acqua e carbone: 12 m³ 6 ton, Lunghezza: 16.695 mm. Costruite per un totale di 341 unità, sono soprannominate "Signorine" per la loro linea leggera ed elegante, ed apprezzate dai ferrovieri per la loro versatilità, affidabilità e facilità di condotta. Queste locomotive sono rimaste in servizio fino alla fine della trazione a vapore negli anni '80.



Figura 3: Locomotive Gruppo 640 FS

Dati tecnici: Anni di costruzione: 1910 - 1923, Velocità: 80 km/h, Rodiggio: 1-3-0, Potenza: 800 CV, Scorte acqua e carbone: 12 m³ 6 ton, Lunghezza: 16.695 mm. Costruite per un totale di 341 unità, sono soprannominate "Signorine" per la loro linea leggera ed elegante, ed apprezzate dai ferrovieri per la loro versatilità, affidabilità e facilità di condotta. Queste locomotive sono rimaste in servizio fino alla fine della trazione a vapore negli anni '80.



Figura 4: Locomotive Gruppo 685 FS

Dati tecnici: Anni di costruzione: 1912 - 1928, Velocità: 120 km/h, Rodiggio: 1-3-1, Potenza: 1250 CV, Scorte acqua e carbone: 12 m³ 6 ton, Lunghezza: 11.730 mm. Le locomotive del gruppo 685 sono locomotive a vapore surriscaldato e a semplice espansione e dotate di un motore a quattro cilindri, con tender, delle FS per treni viaggiatori diretti e direttissimi, costruite in 391 unità in cinque serie. Furono tra le più rappresentative e diffuse locomotive a vapore delle FS.



Figura 5: Locomotive Gruppo 728 FS

Dati tecnici: Anni di costruzione: 1916 - 1921, Velocità: 60 km/h, Rodiggio: 1-4-0, Potenza: 900 CV, Scorte acqua e carbone: 16 m³ 6 ton, Lunghezza: 17.443 mm. Le locomotive del gruppo 728 sono locomotive a vapore di costruzione austro-ungarica originariamente destinate ai servizi merci ed incorporate nelle Ferrovie dello Stato Italiane come risarcimento dei danni bellici nel 1926. Prestarono servizio quasi esclusivamente nel nord-est del Paese. Le unità di questo gruppo erano particolarmente efficienti, grazie alla notevole capacità della caldaia di produrre vapore, e potevano impegnare curve molto strette anche a velocità sostenute. L'unità Gr. 728.022 al termine del secondo conflitto mondiale è stata passata alle Ferrovie Jugoslave, ma restaurata, è ritornata in Italia nel 2006.





Figura 6: Locomotive Gruppo 740 FS

Dati tecnici: Anni di costruzione: 1911 - 1922, Velocità: 65 km/h, Rodiggio: 1-4-0, Potenza: 980 CV, Scorte acqua e carbone: 12 m³ 6 ton, Lunghezza: 18.885 mm. Le locomotive del gruppo 740 sono locomotive a vapore versatili e maneggevoli. Non furono le locomotive più potenti né le più pesanti, ma con 470 unità costruite detengono il primato del gruppo più numeroso del parco FS. Furono tra l'altro tra le più longeve, tenute in attività in alcuni casi fino agli anni '90 come macchine di riserva per servizi speciali o come macchine adibite al carro soccorso in diversi depositi. Nella loro storia furono sottoposte a numerose migliorie e modifiche, tra cui l'applicazione di uno o due preriscaldatori Franco-Crosti, dando così origine ai gruppi 741/743.



Figura 7: Locomotive Gruppo 741 FS

Dati tecnici: Anni di costruzione: 1953 - 1960, Velocità: 60 km/h, Rodiggio: 1-4-0, Potenza: 1080 CV, Scorte acqua e carbone: 12 m³ 6 ton, Lunghezza: 19.885 mm. Le locomotive gruppo 741 erano locomotive a vapore con preriscaldatore Franco-Crosti delle Ferrovie dello Stato italiane. Sono state l'ultima trasformazione delle locomotive gruppo 740, mantenendo di quest'ultimo gruppo la versatilità e la maneggevolezza.



Figura 8: Locomotive Gruppo 880 FS

Dati tecnici: Anni di costruzione: 1916 - 1922, Velocità: 75 km/h, Rodiggio: 1-3-0, Potenza: 500 CV, Scorte acqua e carbone: 5.5 m³ 1700 kg, Lunghezza: 9.172 mm. La locomotiva a vapore del gruppo 880 è una locotender a 3 assi. Grazie alla ripartizione eccellente del carico assiale, potevano circolare su linee con curve di raggio particolarmente stretto e dotate di armamento leggero. Impiegate su linee secondarie, queste locomotive tuttofare trainavano sia treni merci che treni passeggeri, e furono radiate solo a partire dagli anni '80.



Figura 9: ETR 250 - Arlecchino

Gli ETR 250 erano una famiglia di treni lussuosi, paragonabili alle Frecce di oggi. Questo modello di treno venne prodotto nel 1960 dalla Ernesto Breda a partire dal più conosciuto Settebello ETR 300, il rapido che collegava Roma e Milano. Gli ETR 250 sono degli elettrotreni composti da 4 carrozze in composizione bloccata articolate su sei carrelli. La struttura delle casse riprende esattamente quella degli ETR 300 "Settebello", con gli elementi di testa caratterizzati dagli ampi belvedere e dalle cabine di guida rialzate. In particolare, il belvedere della vettura 1 era caratterizzato in origine dalla presenza di un bar e di un divano dal disegno futuristico con 6 posti a sedere.



Figura 10: DeWitt Clinton

Una delle prime locomotive a vapore mai utilizzate negli Stati Uniti fu la DeWitt Clinton, un modello 0-4-0 di fabbricazione americana. È storicamente riconosciuto non solo come uno dei primi ad operare nel paese, ma anche il primo ad offrire un servizio passeggeri di linea regolare a New York lungo la Mohawk & Hudson Railroad.



Figura 11: John Bull

La John Bull era una delle prime locomotive (2-4-0) a vapore originariamente costruita in Inghilterra e poi spedita negli Stati Uniti. Essendo un progetto di costruzione britannica, presentava le ultime tecnologie disponibili durante i primi anni del 1830 e, sorprendentemente, anche a quella prima data dell'industria ferroviaria somigliava molto a come sarebbero state tutte le future locomotive a vapore.



Figura 12: Chesapeake & Ohio 4-8-4 #614

La C&O 614 è una 4-8-4 Greenbrier e una delle locomotive a vapore più conosciute grazie ai suoi servizi di escursione un tempo di grande successo, avvenuti negli anni Ottanta e Novanta (America). La locomotiva è di proprietà e mantenuta da Ross Rowland/Iron Horse Enterprises.

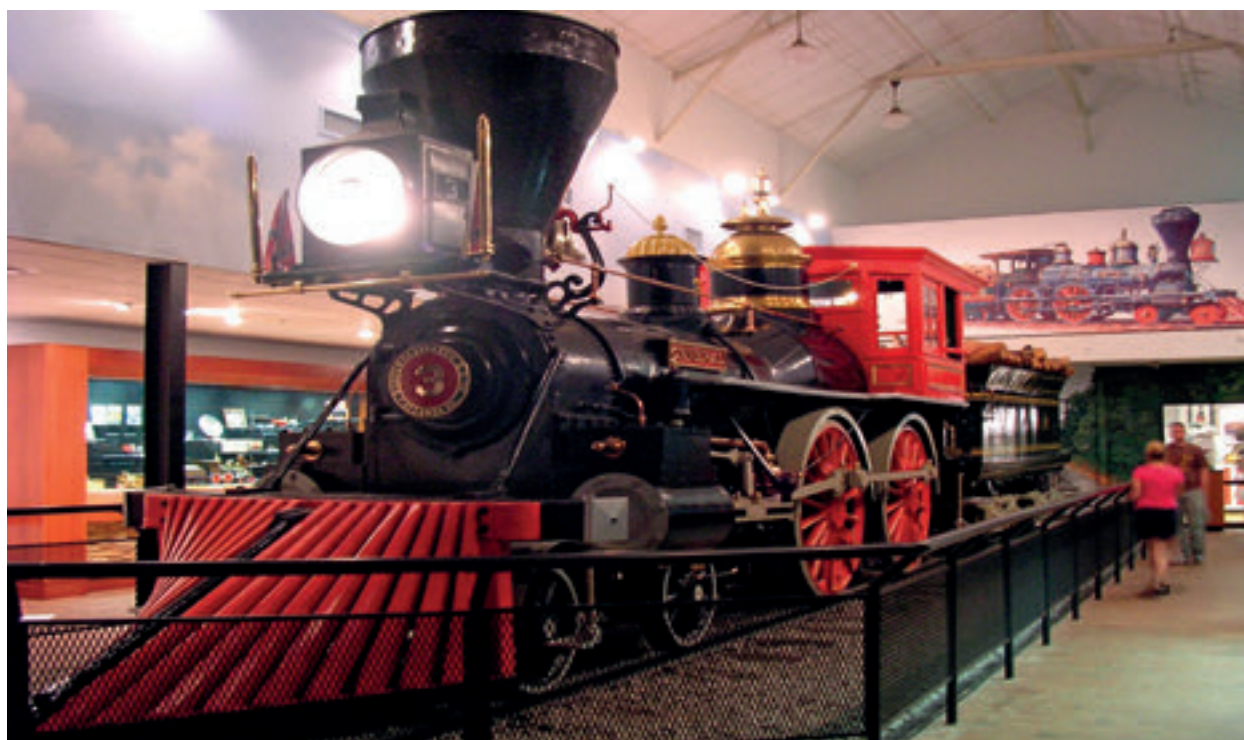


Figura 13: 4-4-0 "General"

La General era una locomotiva a vapore 4-4-0 resa famosa dall'audace incursione dei lealisti dell'Unione all'inizio della guerra civile americana che divenne nota come Great Locomotive Chase o Andrews' Raid. La locomotiva è stata costruita durante il 1850 per la Western & Atlantic Railroad ed era ancora in funzione per quella linea attraverso la Georgia settentrionale quando James Andrews eseguì il suo piano.



Figura 14: Jawn Henry

La Jawn Henry sperimentale della Norfolk & Western è stata l'ultima di una breve serie di locomotive a turbina a vapore testate da tre diverse ferrovie tra gli anni '30 e '50, tra cui la Pennsylvania e la Chesapeake & Ohio. La speranza era quella di trovare un modo per continuare a utilizzare il vapore come linea di alimentazione principale.



Figura 15: Nickel Plate Road #765

La Nickel Plate Road 765 è una delle grandi locomotive a vapore più conosciute del paese grazie alle sue lunghe escursioni di trasporto operative dalla fine dell'estate del 1979.



Figura 16: Locomotive Giapponesi

Da in alto a sinistra: "Class Hoji 6005 Steam Passenger Car", "Class Ke 90 Steam Locomotive", "Class C62 Steam Locomotive", "Class C57 Steam Locomotive", "Class ED11 Electric Locomotive", "Class Moha 1 Electric Railcar", "Class Kiha 48000 Diesel Railcar", "Class Kiha 181 Diesel Railcar".

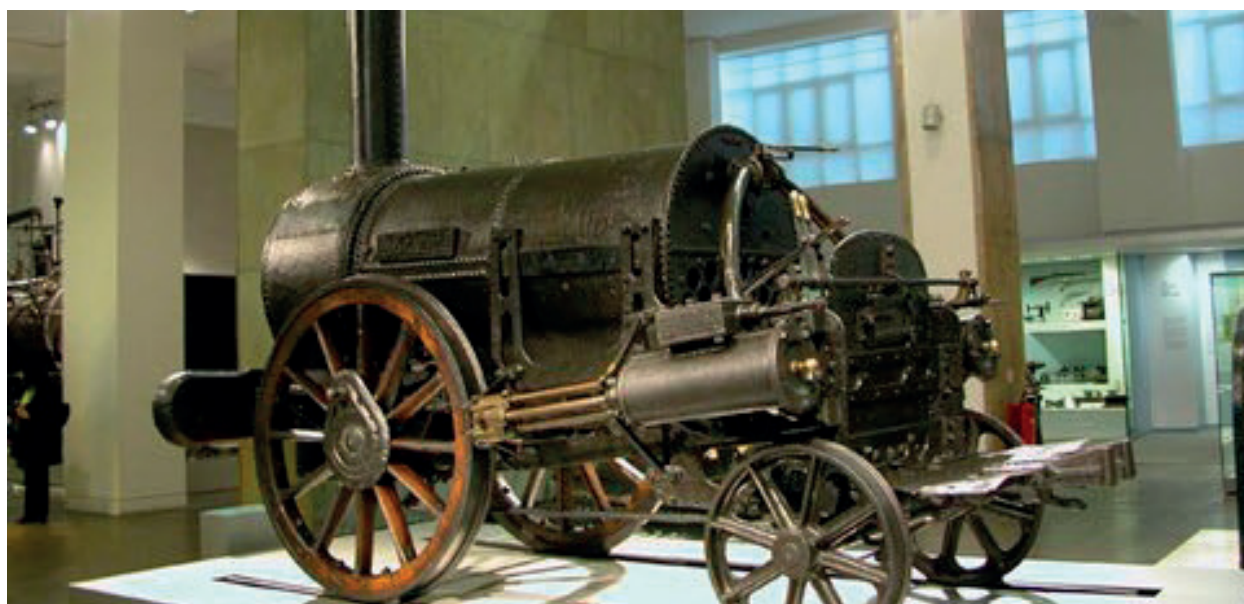


Figura 17: Stephenson's Rocket

Stephenson's Rocket, costruito nel 1829 per circolare sulla Liverpool and Manchester Railway, la prima linea ferroviaria passeggeri interurbana al mondo. Questa locomotiva pionieristica ha vinto il Rainhill Trials, una competizione per decidere il miglior modo di trasporto per la ferrovia, e il suo successo ha contribuito a inaugurare un'era ferroviaria che ha plasmato il mondo moderno come lo conosciamo. Rocket è stata l'unica locomotiva a completare con successo le Prove, raggiungendo un'incredibile (per l'epoca) velocità massima di 30 miglia all'ora. Questa vittoria dimostrò che le locomotive a vapore erano adatte per un uso diffuso in quanto erano migliori nel trainare i treni rispetto ai cavalli o ai motori a carica fissa.



Figura 18 (a sinistra):

Shutt End Colliery 0-4-0 "Agenoria"

Locomotiva a vapore "Agenoria" 0-4-0, costruita da Foster Rastrick & Co, Stourbridge per la Shutt End Colliery Railway del Conte di Dudley a Kingswinford, Staffordshire nel 1829; ritirato c1864, lunghezza sui respingenti, 13' 3"; larghezza 6' 1"; altezza 24"; peso 11 ton con tender; area 7,19 mq. Diametro ruota motrice 4 piedi, 0 3/4 pollici; peso 11 ton con tender. Agenoria è una delle locomotive più antiche del mondo. Costruita nel 1829 da Foster, Raistrick and Company, la locomotiva è stata fornita per trainare i carri del carbone alla Shutt End Colliery di Staffordshire.

Figura 19 (sotto):

NER 0-6-0 No 1275

(Stephenson Long Boiler)"

Locomotiva a vapore e tender, n. 1275, caldaia lunga Classe 1001, 0-6-0, costruita per la North Eastern Railway, progettata da William Booch che sviluppò il progetto originale della "caldaia lunga" di Stephenson, costruita presso Dubs & Co. Glasgow nel 1874, ritirata nel 1923. Lunghezza ai respingenti: 48' 6"; peso: 35 tonnellate; ruote motrici 5 piedi, 6 pollici.





Figura 20: L&YR locomotive, number 1008

Locomotiva a vapore, Lancashire & Yorkshire Railway, 2-4-2T n. 1008, progettata da John Aspinall, costruita a Horwich nel 1889, ritirata nel 1954. Lancashire & Yorkshire Railway 1008, soprannominata Lanky Tank, è l'unico esempio rimasto dei motori cisterna L&YR Classe 5 di Sir John Aspinall.



Figura 21: Furness Railway 0-4-0 No 3 Coppernob

Locomotiva a vapore e tender, n. 3, "Coppernob", 0-4-0, per Furness Railway, progettata da E Bury, costruita da Bury, Curtis e Kennedy nel 1846, ritirata nel 1900. Lunghezza sopra i respingenti: 37' 3"; larghezza: 7' 4"; peso: 19 1/2 ton; ruote motrici 4' 9". Coppernob - un raro esempio di locomotiva Bury - era una delle quattro locomotive A2 costruite da Bury, Curtis e Kennedy Ltd. quando fu costituita la Furness Railway. I n. 1 e 2 furono costruiti nel 1844 e i n. 3 e 4 nel 1846. A causa della forma a cupola del focolare in rame (caratteristica dei motori Bury) la classe divenne nota come "Coppernobs" con il n. 3, il sopravvissuto dei quattro originali, in seguito denominato "Old Coppernob".



Figura 22: British Rail electric locomotive Bo-Bo No. 26020

Locomotiva elettrica, British Railways, classe 76 (EM1) Bo-Bo (overhead) n. 26020, costruita a Gorton Works nel 1951, ritirata nel 1977. La locomotiva elettrica n. 26020 della British Railways, classe 76 (EM1) Bo-Bo è l'unico esemplare conservato della sua classe. Progettato per l'uso sulla linea Woodhead che collegava Sheffield, Penistone e Manchester nel nord dell'Inghilterra.



Figura 23: NSR No 1 (Battery electric)

Locomotiva a batteria, North Staffordshire Railway, Bo, costruita nel 1917 per T. Bolton & Sons, ritirata dal servizio nel 1963. La North Staffordshire Railway (NSR) No. 1 è una delle uniche due locomotive elettriche a batteria impiegate da una compagnia di linea. L'altro è stato costruito dalla Midland Railway a Derby nel 1913 per lo smistamento ai moli di Poplar.



Figura 24: BR 2-10-0 9F Class No. 92220 'Evening Star'

Locomotiva a vapore e tender, British Railways, classe 9F 2-10-0 n. 92220 "Evening Star", progettata da R.A.Riddles, costruita a Swindon nel 1960, ritirata nel 1965. L'Evening Star è storicamente significativo come 999th British Rail (BR) Standard e in effetti l'ultima locomotiva a vapore costruita da BR.



Figura 25: LNER 4-6-2 A4 Class No. 4468 'Mallard'

Locomotiva a vapore e tender, n. 4468 "Mallard", Classe A4 Pacific, 4-6-2, progettata da Nigel Gresley per LNER, costruita a Doncaster nel 1938; lunghezza sui respingenti: 71' 3/8"; larghezza: 9'; peso: 102 tonnellate; 19 cwt; (peso totale 165 tonnellate 7 cwt); area 50,3 m quadrati. Diametro della ruota motrice 6 piedi, 8 pollici. Costruita a Doncaster nel 1938, la Mallard era una delle trentacinque locomotive della classe A4 Pacific progettate da Sir Nigel Gresley per la London and North Eastern Railway (LNER).



Figura 26: BR Diesel-Electric Type 4 Class 40 No D200

Locomotiva diesel-elettrica, British Railways, tipo 4 classe 40 n. D200 (successivamente 40122), costruita da English Electric nel 1958. Le locomotive Class 40, costruite dalla English Electric Company, erano una delle classi diesel di maggior successo delle British Railways (BR). D200 (come D8000 e D5500) è stata la locomotiva principale del suo lotto iniziale per gli ordini pilota di BR per i motori diesel della linea principale come parte del suo piano di modernizzazione.



Figura 27: Chinese Govt Rlys 4-8-4 KF7 class No 607

Locomotiva a vapore KF classe numero 7, 4-8-4, Ferrovie del governo cinese, progettata dal colonnello Kenneth Cantlie, costruita dalla Vulcan Foundry nel 1935 (come numero 607), ritirata nel 1981. Lunghezza oltre i respingenti: 93' 2,5" (o 73 '2,5"); larghezza 10' 2"; altezza 15' 6"; peso 194.870 kg. Nel 1979, KF n. 7 è stato presentato al National Railway Museum dal governo cinese come dono del popolo cinese al popolo britannico.



Figura 28: XM 5005 (ex ZZABsCEty54005) Michelinie 1936

La Michelinie rappresentò una famiglia di automotrici che avevano la caratteristica di ruote tipo pneumatici. La sua data di nascita corrisponde all'anno in cui, davvero una rivoluzione, furono riconosciute ai lavoratori, due settimane di ferie.



Figura 29: Locomotiva 141 matr. 5452 della Compagnia Paris-Orleans classe Mikado 1921

Unica superstite di una bella famiglia, questa macchina con i quattro assi motore, si annovera per il suo rodiggio tra le Mikado. Apparteneva alla compagnia PO ossia Paris-Orleans che con quasi 8000 chilometri di rete, era tra le più importanti di Francia. Fu nazionalizzata nel 1938.



Figura 30: Locomotiva Stephenson Aigle 1846

Il suo presuntuoso nome è Aigle che vuol dire Aquila. Poteva viaggiare alla velocità di 50 km/h. Il progetto fu di Stephenson ma la realizzazione di un lotto di 50 esemplari ebbe luogo nelle officine siderurgiche a La Ciotat. Il suo rodiggio era uno 0-1-0.



Figura 31: Crampton Compagnie dell'Est 1852

La locomotiva Crampton (dal nome del progettista) fu una macchina concepita in Inghilterra e costruita per diverse compagnie europee a partire dal 1846. Tra le sue caratteristiche principali, è da notare il centro di gravità piuttosto basso della caldaia. La disposizione degli assi prevista era di un asse motore grande e 2 assi portanti. Quindi il rodiggio risultava 2-1-0. Per l'epoca era considerata un vero fulmine potendo raggiungere i 120 km/h. Come si legge contro il pancone, fu impiegata sulla Parigi-Strasburgo che apparteneva appunto alla Compagnia dell'Est. Lavorò fino al 1870 ed anche la PLM ne adottò una.

Figura 32: Boite à sel 1900 – Compagnia Paris Orleans (SNCF)

La BB 1283 fu una macchina elettrica parte di una serie di 13 costruita nel 1900 su licenza della compagnia Baltimore&Ohio. Era un mezzo della PO (Parigi-Orleans) ma in realtà per il collegamento tra le stazioni parigine di Austerlitz e Orsay. Proprio a causa dello sviluppo in sotterraneo, si preferì una loco elettrica. Funzionava a 300 volt con captazione per terza rotaia. La fabbrica fu la General Electric.





Figura 33: Automotrice Bugatti 1933

Queste innovative automotrici si devono all'ingegno di Ettore Bugatti che vi trapiantò quattro motori a benzina uguali a quelli della vettura di élite Royale. Accanto però a ritrovati geniali, come la guida da posizione elevata, molte soluzioni ereditate dalle auto (come il sistema frenante) si dimostrarono non proprio un portento di efficienza.

Figura 34: 141 R del 1945

Nata negli USA, è una delle locomotive più famose in Francia con i suoi 1323 esemplari prodotti. La 141 R ha salvato la ferrovia francese dopo la guerra e ha assicurato con la sua duttilità, la trazione di ogni tipo di convoglio. Del grosso ordine, ne mancarono 17 all'appello in quanto naufragate insieme alla nave che le trasportava. Il rodiggio si può desumere dalla sigla essendo costituito da un asse portante anteriore, 4 assi motore ed un asse portante posteriore. La sua velocità di 105 km/h di certo non da record, le consentiva però un esercizio giornaliero anche di 190 km alternando varie squadre di condotta. Una parte fu adattata a trazione a nafta.





Figura 35: *Glaskasten*

(ex bavarese P11 2/2), soprannominata *Glaskasten* (scatola di vetro). Anno della prima costruzione: 1908; Costruttore: Krauss & Maffei; Rodiggio: B h2; Max velocità oraria: 50Km/h; Lunghezza fuori respingenti: 7004 mm; Diametro ruote: 1006 mm.



Figura 36: *Prussiana T 16.1*

(ex bavarese P11 2/2), soprannominata *Glaskasten* (scatola di vetro). Anno della prima costruzione: 1908; Costruttore: Krauss & Maffei; Rodiggio: B h2; Max velocità oraria: 50Km/h; Lunghezza fuori respingenti: 7004 mm; Diametro ruote: 1006 mm.

Attrezzaggio SCMT per i treni storici. Arlecchino come esempio

La grande limitazione per l'uso delle locomotive antiche è dettata dal fatto che non possono viaggiare sulle linee ordinarie perché mancano di un sistema computerizzato, atto a rendere sicuro il transito dei convogli d'epoca tra i convogli Regionali, le Frece e treni merci. Oggi tutto questo può essere considerato passato grazie alla collaborazione di Fondazione delle Ferrovie dello Stato con l'azienda costruttrice Hitachi Rail STS, primi in Europa ad installare su rotabili storici a trazione elettrica il moderno sistema SCMT (Sistema Controllo Marcia Treno), uno dei più avanzati supporti alla condotta che consentirà ai viaggi ferroviari su treni storici, oramai in voga, di essere sempre più performanti e veloci.

Con le prime locomotive, la E.626 e E.636, si è riuscito a lanciare queste masse di ferro chiodato del 1930 in piena sicurezza sulla rete ferroviaria elettrificata, ad eccezione dell'Alta Velocità. Quindi il vincolo normativo che vedeva non a norma questa particolare famiglia di mezzi, è stato completamente rimosso.

La difficoltà tecnica è stata di montare apparecchiature elettroniche su questi "bisonti di ferro chiodato" che funzionano a tremila Volt. Hitachi Rail STS ha studiato una vera e propria modalità "tailor made" per calare centraline e sistemi di cablaggio su locomotive che sono nate con nessuna elettronica a bordo.

È doveroso riportare una breve descrizione del sistema SCMT per poi presentare la sua applicazione all'elettrotreno l'ETR250 Arlecchino, nato negli anni sessanta da una "costola" del Settebello (il mitico rapido della Roma-Milano antesignano del Pendolino), che sta tornando a viaggiare su itinerari d'importanza storica e paesaggistica individuati dalla Fondazione FS Italiane per il piacere degli appassionati di turismo ferroviario.

L'SCMT rappresenta il collegamento fra le infrastrutture di terra ed i treni per assicurarne la protezione della marcia durante l'esercizio ferroviario; trova applicazione su tutte le linee italiane ed è costituito essenzialmente da due sottosistemi denominati Sottosistema di Terra (SST) e Sottosistema di Bordo (SSB).

Il sottosistema di terra (SST) ha la funzione di

trasmettere i dati relativi allo stato della linea che intervengono tra le condizioni necessarie per la garanzia della sicurezza della marcia del treno. Tali dati, a seconda delle loro caratteristiche, vengono classificati in:

- **dati variabili:** sono quelli soggetti a continue variazioni in funzione sia dello stato della circolazione che degli itinerari. Tra questa tipologia di dati rientrano gli aspetti dei segnali;
- **dati semifissi:** sono quei dati a carattere temporaneo che non subiscono variazioni nell'arco della loro validità. Tra questa tipologia di dati rientrano i rallentamenti;
- **dati fissi:** sono rappresentati da quei dati che hanno caratteristica permanente e che, di norma, non subiscono variazioni. Tra questa tipologia di dati rientrano la velocità della linea, la pendenza, ecc.

Il Sottosistema di terra, per rendere disponibili i predetti dati si avvale delle seguenti apparecchiature:

- **Punti Informativi (PI)** - Sono costituiti da transponder (denominati anche boe); per ogni PI sono previste due o più boe; il numero di boe utilizzato dipende dalla quantità delle informazioni che il PI deve trasmettere.
- **Encoder** - Rappresentano le apparecchiature ove, tramite apposite interfacce con gli impianti di segnalamento, vengono concentrate le informazioni relative allo stato degli stessi; le medesime apparecchiature traducono le informazioni predette in dati che vengono successivamente trasmessi dai transponder.
- **Chiavi per l'attivazione dei rallentamenti** - Sono ubicate in corrispondenza di particolari PI e vengono utilizzate, quando estratte, per notificare ai treni la presenza di rallentamenti o di riduzioni di velocità nel tratto a valle del PI medesimo.

L'insieme delle apparecchiature sopra descritte realizza un canale di trasmissione dei dati che viene definito Ripetizione Segnali Discontinua Digitale (RSDD). Il canale viene definito discontinuo in quanto realizza la trasmissione dei dati esclusivamente nei punti della linea in cui sono situati i PI. Il Sottosistema di bordo (SSB) ha la funzione di captare ed opportunamente elaborare le informazioni che giungono dall'SST per calcolare la velocità massima di linea consentita punto per punto in base anche ai dati caratteristici del treno

quali ad esempio: percentuale di massa frenata esistente, velocità dei veicoli in composizione, il rango di velocità ammesso dal materiale rotabile, ecc. Tali ultimi dati devono essere comunicati al sistema dal macchinista prima di partire dalla stazione origine corsa del treno. L'SSB calcola anche, in base alla variazione dei dati inviati dall'SST, le curve di velocità che il treno deve seguire al fine di regolare la sua marcia in relazione agli impedimenti incorsi in linea (presenza di altri treni, passaggi a livello aperti, incroci, precedenza, ecc.).

L'SSB si interfaccia all'SST attraverso tre periferiche:

- Antenna RSDD e modulo BTM (Balise Transmission Module). Il modulo BTM contiene i circuiti di gestione dell'antenna RSDD ed è costituito da un dispositivo montato all'interno del locomotore a differenza di quest'ultima, situata invece nel sotto cassa. Le antenne, così come i moduli, possono essere anche due.

- Captatori RSC, dispositivi di captazione e rilevazione.
- Generatori tachimetrici. Il generatore tachimetrico ha lo scopo di generare una coppia di segnali alternati con frequenza proporzionale alla velocità angolare degli assi del rotabile. L'SSB si interfaccia con due generatori, omogenei fra di loro, montati su assi interni distinti e fra di loro meccanicamente svincolati (almeno un asse non motore per eliminare problemi di slittamento).

L'SSB, prelevando i dati di misura della velocità, fornirà:

- Indicazioni, al macchinista, della velocità reale del treno tramite il tachimetro.
- Un controllo sull'operato del macchinista stesso.
- Dati, al sistema di registrazione di bordo DIS (Driver Information System), per le successive elaborazioni.

In Figura 37 e Figura 38 sono riportate l'Architettura SCMT e sue Interfacce.



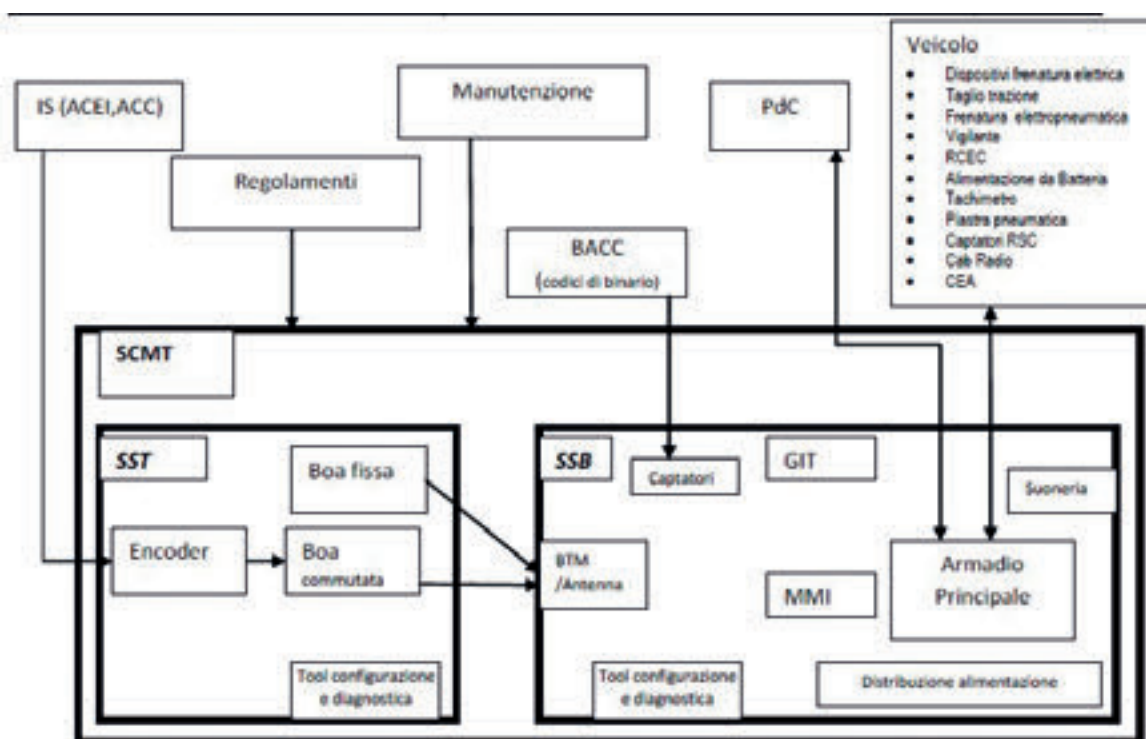


Figura 37 - Architettura SCMT e sue Interfacce

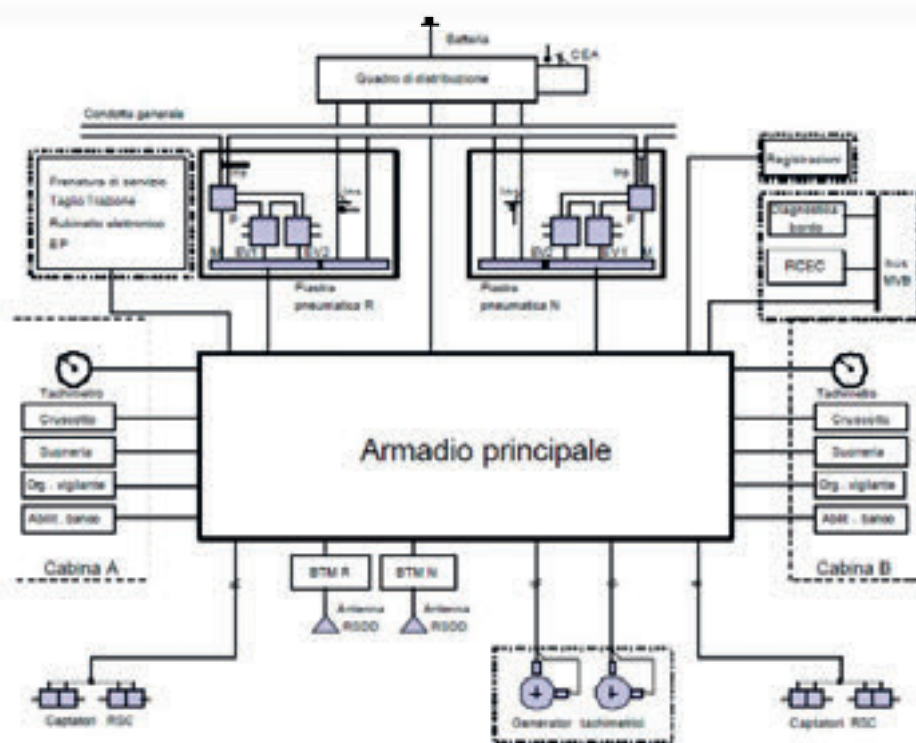


Figura 38 - Esempio di architettura SCMT per il SSB completamente ridondato con interfacce col Veicolo

Elettrotreno ETR250: Arlecchino

Gli ETR 250 erano una famiglia di treni lussuosi - paragonabili alle Frecce di oggi. Questo modello di treno venne prodotto nel 1960 dalla Ernesto Breda a partire dal più conosciuto Settebello ETR 300, il rapido che collegava Roma e Milano: l'Arlecchino ne prende in prestito la foggia che richiamava quella degli aeroplani, la struttura e la livrea, ma conta solo 4 carrozze anziché 7, rendendolo più versatile e facile da mantenere. L'inaugurazione avvenne a Roma il 23 luglio 1960 per le Olimpiadi, ma il primo viaggio fu da Bologna a Venezia.

Dei quattro esemplari prodotti oggi rimane solo l'ETR 252, mentre gli altri furono smantellati alla fine degli anni '90. Nel 2013 la Fondazione FS recuperò questo "superstite" e lo trasferì al Deposito Rotabili Storici di Pistoia dove venne stazionato,

in attesa di reperire i fondi. Nel 2016 iniziarono i lavori di restauro per l'Arlecchino. Inizialmente questi hanno riguardato il ripristino meccanico del mezzo: smontando tutti gli arredi e lasciando solo le nude pareti delle carrozze, si è potuta risanare la struttura portante. L'intervento non è stato però un semplice ripristino, ma anche un ammodernamento: chi viaggerà sull'Arlecchino troverà aria condizionata, un nuovo impianto di illuminazione, un bar di bordo aggiornato ma coerente con lo stile dell'epoca; anche in materia di sicurezza l'Arlecchino è aggiornato, perché monta il Sistema Controllo Marcia Treno (SCMT) che consente di viaggiare su tutte le tratte ferroviarie mantenendo velocità elevate e alti standard di sicurezza.

In Figura 39 si possono vedere alcune foto del restauro estetico-funzionale dell'ETR252, il mito Arlecchino.



Figura 39 - ETR252 - Arlecchino

Business dei Treni storici oggi

Locomotive a vapore, carrozze storiche e capotreni con fischietti che danno il segnale affinché il convoglio possa partire. Nonostante gli sviluppi della tecnologia, che permettono di raggiungere città molto lontane in pochissime ore grazie all'alta velocità, sempre più persone scelgono di provare l'emozione unica di un viaggio in treno d'epoca panoramico attraverso antiche tratte dismesse o abbandonate e attraversa paesaggi pittoreschi, borghi, siti archeologici e bellezze artistiche. Si tratta di un modo diverso di viaggiare, per vivere non solo la destinazione finale, ma al contrario soprattutto il fascino del viaggio, specialmente a bordo dei suggestivi treni d'epoca.

In sintesi, ad oggi, grazie alla fondazione di svariate associazioni nel mondo, il patrimonio ferroviario

viene conservato, condiviso con gli appassionati e sponsorizzato tramite le attività di seguito riportate.

Viaggi turistici a bordo dei treni storici

Viaggi turistici a bordo dei treni storici ristrutturati che percorrono linee ferroviarie dismesse riqualificate a scopo turistico. Diverse sono le iniziative a riguardo, basta consultare i siti delle varie associazioni per rendersi conto delle fantastiche iniziative che coinvolgono da un lato i treni storici e vecchi itinerari ferroviari (itinerari spesso collegati alla rete ferroviaria in esercizio che, come già detto, oggi percorribile anche dai treni "old style" grazie all'installazione SCMT) e contemporaneamente spettacolari paesaggi e borghi da visitare. Ad esempio, in Italia, Fondazione FS propone viaggi a bordo del treno storico (Locomotiva diesel con

carrozze anni '30 "CENTOPORTE", carrozze anni '50 CORBELLINI) che parte da Sulmona per intraprendere un suggestivo percorso panoramico di montagna verso le pendici della Maiella e gli Altipiani Maggiori d'Abruzzo per giungere a Roccaraso.

Di seguito alcuni dei viaggi in treno panoramici in Europa e nel mondo:

- Ferrovia Oslo Bergen, in viaggio tra le meraviglie naturali norvegesi.
- Gli stupendi panorami della Svizzera a bordo del Glacier Express.
- West Highland Line: collega Glasgow a Mallaig (da dove partono i traghetti per l'isola di Skye) attraversando i meravigliosi scenari delle highland scozzesi.
- Linea Derry-Coleraine, in treno nell'Irlanda del Nord.
- Tra le nuvole con il treno che attraversa le Ande.
- Blue Train in Sri Lanka.
- Patagonia Express, rinominato "La Trochita", trenino a vapore che compie un percorso ad anello dalla città di Esquel.
- Tibet Express o Treno del Cielo che attraversa gli sconfinati paesaggi della Cina fino a raggiungere Lhasa, il cuore del Tibet.
- Il Caliphornia Zephyr è uno dei treni panoramici più famosi degli Stati Uniti. Il treno impiega ben cinquantadue ore per percorrere la tratta da Chicago a San Francisco, attraversando gli incantevoli paesaggi della Sierra Nevada e delle Montagne Rocciose.
- Il Ghan, treno panoramici in Australia, da Adelaide a Darwin.

Noleggio di treni storici

È possibile noleggiare i treni storici per le più svariate attività: dal festeggiamento di una ricorrenza ad una mostra itinerante, da riprese cinematografiche a viaggi turistici in grado di riportare indietro nel tempo grazie alle potenti locomotive a vapore.

Musei

Musei e stazioni, dove è possibile sia ammirare i treni d'epoca che consultare la documentazione storica (assiemi, schede tecniche, progetti, e altro) di tutto il materiale ferroviario. Di seguito alcuni

dei musei ferroviari in Europa e nel mondo:

- Museo Nazionale Ferroviario di Pietrarsa – Italia.
- DB Museum – Germania.
- Cité du train – Francia.
- National Railway Museum – Gran Bretagna.
- Museo ferroviario di Madrid - Spagna.
- Railroad Museum of Pennsylvania – USA.
- Western America Railroad Museum – USA.
- Museo Ferroviario di Kyoto – Giappone.
- China Railway Museum – Cina.

Riviste, Siti Web e Modellismo

Numerose sono le riviste ed i siti web con lo scopo di valorizzare e preservare il patrimonio storico, tecnico, ingegneristico e industriale del mondo ferroviario. In particolare:

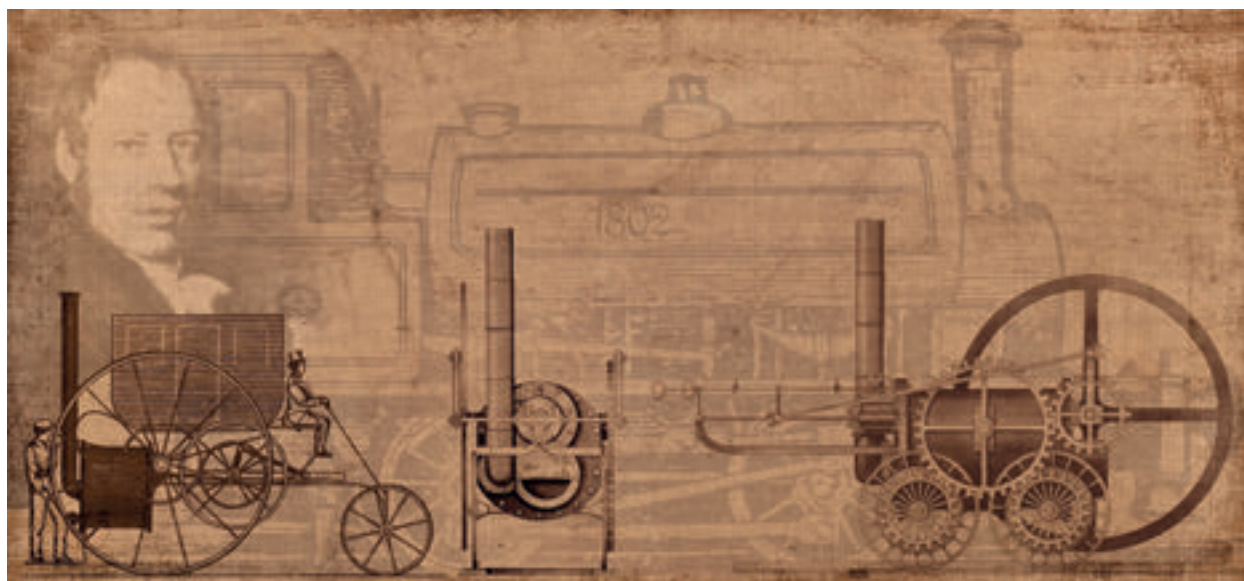
- Produzione editoriale sui temi del trasporto ferroviario: l'attualità e la storia delle ferrovie, e del modellismo ferroviario.
- On line la possibilità di consultare archivi fotografici, filmati e disegni.
- Forum dove è possibile confrontarsi con una comunità di appassionati del settore, condividendo foto, documenti, idee e tutto ciò che può direttamente o indirettamente interessare il mondo ferroviario.

Di seguito viene presentata l'idea di una nuova forma di gestione del patrimonio ferroviario basata su una visione innovativa dei treni storici come "opera d'arte" su cui poter anche investire.

Un'idea innovativa: Borsa internazionale dei Treni, dove i Treni Storici diventano azioni

L'idea, in fase di analisi di fattibilità e sviluppo dei requisiti base su cui implementare il progetto, prende spunto da un'iniziativa che sta interessando il mondo dell'arte.

Grazie a una piattaforma basata sulla tecnologia blockchain, il mercato dei Treni verrà sottoposto a un vero e proprio make-up che renderà accessibile l'acquisto di Treni Storici "opere d'arte" come fossero azioni quotate in borsa. La piattaforma, per comodità di seguito chiamata ArTrainFM "Art Train Financial Market", sarà uno dei pionieri tra le borse internazionali dei Treni (opere d'arte da collezione). Si tratta di un'assoluta innovazione culturale e tecnologica grazie all'App che renderà l'arte (i



Treni Storici possono essere considerati come opere d'arte) un asset trasformabile in liquidità mediante il frazionamento del bene e investimenti alla portata di ogni disponibilità economica.

La Blockchain permette di frazionare la proprietà attraverso l'utilizzo di *smart contract* e il processo di *tokenizzazione*. Attraverso questo processo è possibile creare una comproprietà e/o una cartolarizzazione. Essendo uno strumento utile per tracciare e cristallizzare informazioni, la Blockchain aiuta a svolgere anche una funzione notarile.

Oggi, se ovviamente possibile, non tutti, o meglio pochissimi potrebbero permettersi di acquistare un Lario Express, un Sannio Express o un Laveno Express... ma, tramite ArTrainFM, tutti potranno comprare una parte di un Lario Express con soli cento euro e rivendere il loro investimento in un mercato liquido ed efficiente.

In sintesi, ArTrainFM sfrutterà la tecnologia Blockchain per frazionare un Treno Storico (patrimonio artistico) in diverse unità (prodotti finanziari), accuratamente individuate su parametri tecnici/funzionali e operativi/manutentivi, per poi venderle singolarmente od in blocco. Una documentazione dettagliata garantirà l'autenticità del treno che sarà assicurato per il furto e il deterioramento e per la conservazione in sicurezza. Ogni treno messo in vendita sarà identificato da un NFC (Near Field Communication) tag. Il proprietario potrà conservare il 51 per cento della

proprietà dell'opera e il controllo della stessa mettendo in vendita quote fino al 49. Nel caso di "Buy Back option", se il proprietario vorrà poi vendere l'opera in toto, dovrà prima riacquistare dai soci di minoranza le quote che detengono, a un prezzo fissato. I proprietari di frazioni di opere potranno venderle ad altri utenti registrati alla piattaforma ArTrainFM. Il gestore della piattaforma si incaricherà di stabilire prezzi equi di collocazione e garantire la correttezza delle transazioni. Per ogni treno saranno previste quote minime di accesso alla proprietà.

ArTrainFM sarà una comunità di detentori d'arte e appassionati d'arte dei Treni. La sua piattaforma allargherà a tutti la partecipazione all'arte come asset class. Porta al sistema dell'arte un'eredità significativa dalla sua storia passata e un impatto dirompente sia sulla cultura che sulla società. Le soluzioni ArTrainFM offriranno, tra gli altri vantaggi, l'opportunità unica e innovativa di acquistare e vendere proprietà frazionate di opere d'arte (Treni Storici) su una piattaforma dedicata, basata sulla tecnologia blockchain.

Come già anticipato, il potenziale progetto è ancora in fase di concezione. L'articolo si chiude con l'indicazione dei principali punti da affrontare prima di passare alla fase successiva del progetto ArTrainFM:

- La proprietà dei Treni Storici oggi e da chi sono gestiti attualmente. Questo è il primo

- punto per capire come immettere questo patrimonio in un mercato finanziario.
- Come gestire i treni storici “in movimento”. Comproprietà di un patrimonio che può: essere esposto in musei, usato per viaggi turistici, ecc.
- I parametri per quotare un treno storico e, conseguentemente la necessità di associazioni professionali di “art dealer” che servono a fissare standard elevati per quanto riguarda il riconoscimento e l’affermazione delle opere d’arte.

Bibliografia

- Fondazione FS. Locomotive a vapore Italia.
- <https://www.fondazionefs.it/content/fondazionefs/it.html>
- <https://www.american-rails.com/lcmtv.html>
- <https://museum.jr-central.co.jp/en/rolling-stock/>
- <https://www.railwaymuseum.org.uk/>
- <https://en.citedutrain.com/>
- <https://bundesbahnzeit.de/seite.php?id=292>
- <https://finanza.lastampa.it/News/2019/03/28/fondazione-fs-cantamessa-su-sicurezza-treni-storici/NDIfMjAxOS0wMy0yO-F9UTEI>
- Legge 9 agosto 2017, n. 128: Disposizioni per l’istituzione di ferrovie turistiche mediante il reimpiego di linee in disuso o in corso di dismissione situate in aree di particolare pregio naturalistico o archeologico. (17G00141) (GU n.196 del 23-8-2017), modificata dalla Legge 11 luglio 2019, n. 71, in materia di affidamento dei servizi di trasporto nelle ferrovie turistiche. (19G00078) (GU n.177 del 30-7-2019).
- Decreto del Ministro delle Infrastrutture e dei Trasporti n. 235 del 10 giugno 2019 sui requisiti di idoneità alla circolazione dei rotabili storici e turistici iscritti nel registro di immatricolazione dei veicoli ferroviari.
- Decreto del Ministro delle infrastrutture e dei trasporti del 12 aprile 2018, n.191, relativo all’iscrizione dei rotabili storici e turistici al registro di immatricolazione nazionale.
- Nota ANSF prot. 009991/2019: Estensione nota ANSF prot. 005501/2015 alle reti ferroviarie interconnesse di cui al DM 5 agosto 2016.
- Nota ANSF prot. 002326/2018: Precisazioni alla nota ANSF 0014104 del 22-12-2017 .
- Nota ANSF prot. 014104/2017: Livelli di sicurezza delle ferrovie turistiche e relative misure compensative o mitigative del rischio (articolo 6, comma 2, della legge 9 agosto 2017, n° 128).
- Nota ANSF prot. 005501/2015: Circolazione dei veicoli storici.
- <https://wikirail.it/glossario/captatore-rsc/>
- Volume 1 SRS – SCMT – VOL 1 - RFI TC. PATC SR IS 13 D21 B .
- Università degli Studi Federico II DiARC, “Ferrovie dimenticate: tutela e conservazione di un patrimonio complesso tra archeologia industriale, territorio e paesaggio”.
- Fondazione FS Italiane, “L’Italia del treno”.
- Il museo del treno di Mulhouse.
- Interreg Central Europe, “Linee guida per il coinvolgimento dei cittadini nei percorsi di valorizzazione dei beni appartenenti al patrimonio storico culturale”.



a cura di:
ING. TEN. COL. FRANCESCO RICCARDI



GLI EPISODI DI DEOSSIGENAZIONE ACUTA NEL TRATTO URBANO DEL FIUME TEVERE E L'ORDINARIA RIDUZIONE DEL PARAMETRO OSSIGENO DISCIOLTO COLLEGABILE CON LA PRESSIONE ANTROPICA DOVUTA ALL'AREA METROPOLITANA

Negli ultimi anni è balzato all'attenzione il problema degli episodi di crisi acuta per deossigenazione del tratto urbano del Fiume Tevere, episodi che hanno comportato accertamenti di natura tecnico-scientifica da parte dei vari organi preposti alla tutela del territorio anche al fine dell'individuazione di eventuali responsabilità.

Questo contributo si propone, dopo un inquadramento generale del fenomeno, di stimare in che misura l'ordinario inquinamento da reflui urbani possa condurre ad una cronica erosione del parametro DO su cui possono innestarsi temporanei fenomeni acuti.

INQUADRAMENTO GENERALE DEL FENOMENO

Tra i fattori connessi all'alterazione degli equilibri nei corpi idrici recettori, sia naturali che artificiali, l'eutrofizzazione è notoriamente uno dei più gravi. Le conseguenze del fenomeno possono arrivare alla totale incapacità di sostenere forme di vita, la vera e propria "morte del corpo idrico". Si tratta di un fenomeno le cui conseguenze sono temibili quanto le dinamiche attuali e non del tutto note connesse con la presenza dei cosiddetti "contaminanti emergenti".

L'eutrofizzazione consiste, in buona sostanza, in un progressivo arricchimento di nutrienti che fertilizzano le acque determinando uno sviluppo eccessivo di organismi produttori (fitoplancton e/o macrofite e/o vegetazione perifitica) e quindi di biomassa totale.

*"L'aumento di biomassa negli strati superficiali, dove prevalgono i processi fotosintetici, si risolve quando gli organismi muoiono e sedimentano, in un consistente flusso discendente di materia organica che richiede, per la sua decomposizione, un consumo di ossigeno notevolmente superiore a quello che si realizzerebbe in condizioni naturali"*¹

L'aspetto fluidodinamico risulta rilevante, appunto, in questa fase in quanto le condizioni di maggiore o minore cinematismo del corpo idrico determinano il tasso di ricambio e la stratificazione.

Quando il tasso di ricambio è debole e la stratificazione significativa le varie parti del corpo idrico si comportano, in buona sostanza, come volumi tra di loro quasi stagni all'interno dei quali, in conseguenza del consumo di ossigeno, possono instaurarsi condizioni di anossia e di acidificazione. Il fenomeno però non resta, come alle volte si pensa, confinato in punti poco accessibili del corpo idrico ma può interessarne vaste porzioni, generalmente a partire dai sedimenti procedendo verso l'alto.

L'alterazione del livello trofico, beninteso, è un processo che avviene in natura ma può essere notevolmente esaltato ed accelerato dalle attività antropiche, essendo in questo caso indicata come eutrofizzazione "culturale" o "antropogenica".

Il fenomeno di alterazione dello stato trofico, come accennato sopra, risulta responsabile di significative condizioni di anossia ed acidificazione in dipendenza dalle condizioni fluidodinamiche del corpo idrico.

In particolare, nei corpi idrici in cui le condizioni fluidodinamiche si avvicinano all'idrostatica con modesti movimenti di volume, quali ad esempio le acque lentiche, caratterizzate da assenza di correnti dominanti ed unidirezionali (laghi, stagni, paludi, lagune poco collegate con il mare) si possono determinare le condizioni esiziali, la vera e propria morte biologica del corpo idrico.

Pur se in misura minore rispetto al caso precedente, il fenomeno può interessare anche le acque lotiche caratterizzate da presenza di correnti dominanti e unidirezionali (rivi, ruscelli, torrenti e fiumi) come è il caso del corpo idrico oggetto del presente contributo cioè il Fiume Tevere nel tratto dell'area metropolitana di Roma.

IL CONTENUTO DI OSSIGENO DISCIOLTO

La dinamica essenziale del fenomeno, precedentemente inquadrata, ha consentito di implementare modelli quantitativi predittivi del parametro ossigeno disciolto (DO) quale indicatore altamente significativo della maggiore o minore vicinanza di un corpo idrico alle condizioni di ottimalità del livello trofico.

"Il contenuto di ossigeno disciolto nelle acque è dato dalla risultante del bilancio tra il consumo biologico (respirazione) e biochimico (demolizione aerobica, nitrificazione) e la riossigenazione, dovuta alla produzione fotosintetica e/o agli scambi con l'atmosfera."

L'immissione di acque reflue in un corpo idrico, con il conseguente apporto di materia organica, sottrae ossigeno alla massa d'acqua."

*La solubilità dell'ossigeno dipende da più fattori, tra i quali la legge di Henry, la quantità di Sali presenti in soluzione e la temperatura. Alla temperatura di 20°C e a pressione atmosferica, una concentrazione di ossigeno nell'acqua dolce pari a 9,1 mg/l corrisponde al 100% di saturazione; valori inferiori al 75% sono di fatto limitanti per il mantenimento delle forme di vita acquatiche. La misura della concentrazione di ossigeno disciolto fornisce, pertanto, importanti indicazioni sull'interpretazione dei cicli biochimici."*²

Tra gli strumenti matematici predittivi dell'indicatore tasso di ossigeno disciolto il più conosciuto, quello che ha dato origine ad una famiglia di modelli, è l'equazione di Streeter e Phelps.



Si tratta di un'equazione differenziale del primo ordine sviluppata inizialmente nel 1925 dal *US Public Health Service* ad opera di *Harold Warner Streeter* (1884-1961) ed *Earl Bernard Phelps* (1876-1953) con base totalmente sperimentale vale a dire i dati rilevati in campo a partire dai fenomeni di deossigenazione e riossigenazione analizzati nel Fiume Ohio.

A partire da questa equazione, apparentemente semplice ma in realtà risolvibile in modo soddisfacente con metodi numerici implementati su computer, è possibile ottenere risultati di interesse operativo per la descrizione dell'andamento del tasso di ossigeno disciolto in un corpo idrico interessato dall'immissione di sostanze caratterizzate da domanda biochimica di ossigeno³.

Sulla base di tale equazione viene elaborata la "curva a sacco", nota a tutti gli studiosi ed ai tecnici del settore che consente sostanzialmente di descrivere in forma grafica, dato un corso d'acqua in regime

stazionario soggetto ad una o più immissioni di inquinanti di concentrazione nota, l'andamento dei parametri di interesse operativo di cui sopra.

Occorre precisare, per aggiornamento di informazione, che all'attualità sono in uso e perfezionamento dei veri e propri modelli di qualità fluviale, un caso per tutti è il noto modello QUAL2K (S. Chapra & G. Pelletier, 2003), evoluzione del più noto modello QUAL2E (Brown and Barnwell, 1987) sviluppato dall'USEPA.

In questi due ultimi casi è bene precisare che si tratta di modelli, vale a dire set di equazioni dinamiche che non solo descrivono l'andamento nello spazio e nel tempo della qualità fluviale attraverso un insieme di parametri fisici, chimici e biologici ma consentono l'effettuazione di vere e proprie simulazioni di comportamento del corpo idrico riceettore in conseguenza di eventi forzanti.

Nonostante ciò, il parametro concentrazione di ossigeno disciolto⁴, nella sua semplicità ed







immediatezza consente ad un primo esame speditivo di poter intuire le condizioni generali di un corpo idrico così da calibrare ed indirizzare le successive e più raffinate analisi.

In linea del tutto generale si può dire che in condizioni di temperatura quali quelle dell'estate romana e per concentrazioni saline che si aggirano attorno ai 120 mg/l di cloruri come si osservano nel Tevere l'ossigeno disciolto a saturazione non dovrebbe uscire dal range 7- 9 mg/l, il che significa circa 2 mg/l sopra la soglia di pericolosità per le specie ittiche dati i seguenti valori di soglia desunti dall'ampia letteratura disponibile:

- 5 [mg/l] per le specie ittiche più pregiate quali ad es. i salmonidi;
- 4 [mg/l] per gran parte delle specie ittiche;
- 2 [mg/l] per la sopravvivenza delle specie ittiche meno pregiate e maggiormente resistenti alla carenza di ossigeno.

Nel seguito del presente contributo mi propongo, prendendo in considerazione alcuni dati disponibili circa gli episodi di anossia del tratto urbano del Tevere, sia quelli parossistici sia quelli di lungo periodo, di tentare un'effettiva valutazione,

pur approssimata, dell'incidenza della forzante di inquinamento dovuta all'area metropolitana di Roma su questi episodi.

IL TRATTO URBANO DEL FIUME TEVERE: PROBLEMATICHE GENERALI DI INQUINAMENTO E DATI ANALITICI RILEVATI

I fenomeni di deossigenazione momentanea del Tevere nell'area metropolitana di Roma, verificatisi oramai più di una volta, colpiscono sicuramente l'opinione pubblica per via della presenza in punti visibili di numerosi pesci morti o morenti emananti un forte fetore.

Si tratta senz'altro di fenomeni che, pur rientrando nella vita dei corsi d'acqua, non possono non lasciare un'impressione notevole.

Ovviamente oltre a suscitare l'attenzione mediatica questi fenomeni sono al vaglio degli studiosi e delle autorità competenti alla tutela del territorio anche per la verifica di eventuali responsabilità.

Volendo introdurre la riflessione sul tratto urbano del Tevere si possono recensire, a titolo di esempio, alcuni documenti tecnici che riportano elementi abbastanza significativi.



- Un primo studio, rinvenibile nel complesso dei documenti dell'Autorità di Bacino⁵, recensisce i risultati di campagne di misura condotte nel corso del tempo che hanno evidenziato valori della concentrazione di ossigeno disciolto oscillanti tra il 95-97% della concentrazione di saturazione prima dell'area metropolitana ed il 40-50% alla foce, con un significativo abbattimento in corrispondenza della confluenza con l'Aniene. In questo caso, in realtà, si tratta di uno studio sull'andamento del fenomeno in tempi lunghi che, pertanto,

non prende in considerazione esplicitamente gli effetti del *first flush*. Peraltro, pur essendo i fenomeni collegati con il *first-flush*, molto probabilmente i maggiori responsabili degli episodi eclatanti segnalati anche dalla cittadinanza e dagli organi di stampa, non sfuggirà come una riduzione del tasso del parametro DO per così dire "cronicizzata" non possa non condurre ad una minore resilienza del sistema corpo idrico in occasione di sollecitazioni puntuali importanti.

- Un secondo studio, condotto da Roma



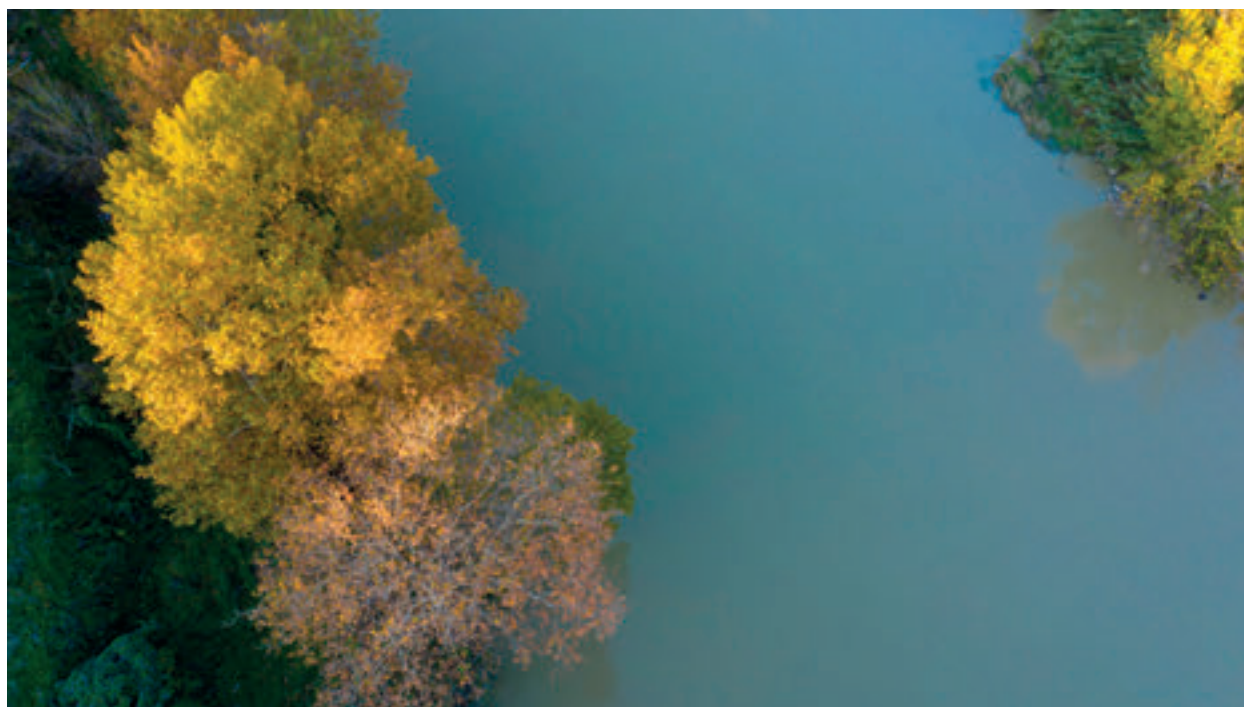
Capitale nel 2012 ed utilizzato nel seguito del presente contributo⁶, conclude con una decisa non idoneità alla vita delle specie ittiche nel Tevere urbano senza, peraltro, indugiare nell'esame di serie storiche di dati disponibili.

- Un terzo studio condotto dall'Istituto Superiore di Sanità nel 2006 in realtà focalizzato sul reticolo idrografico minore dell'area romana⁷, riporta su una popolazione di rilevamenti di una certa significatività, valori del parametro DO spesso inferiori ai 5 mg/l ed alle volte anche di soli 1 o 2 mg/l.

In realtà il corpus degli studi dell'Autorità di Bacino del Fiume Tevere, ricomprende proprio nella Relazione Introduttiva al Piano Stralcio per il tratto metropolitano del Tevere P.S.5, uno specifico paragrafo relativo al fenomeno moria di specie ittiche nel tratto urbano del Fiume Tevere nonché un paragrafo dedicato ad una sommaria indicazione delle strategie di risoluzione del problema, strategie scandite in vari step ma sostanzialmente riducibili al completamento delle opere di collettamento e depurazione.

Anche in questo caso, peraltro non sembrano





ricomprese valutazioni puntuali inerenti i fenomeni di deossigenazione occasionali conseguenti a piogge intense successive a periodi di tempo asciutto.

Uno studio in tal senso, corredato di grafici, risulta essere, invece, prodotto dal Sistema di Monitoraggio Idrologico dell'Ufficio Idrografico e Mareografico e dall'ARPA della Regione Lazio⁸ e fornisce i seguenti risultati, aggregati a cura dell'estensore del presente contributo, con riferimento a quattro eventi pluviometrici nell'area romana successivi a periodi asciutti:

- intensità di pioggia tra i 15.87 ed i 19.36 mm/h
- valori max BOD rilasciato tra i 4.32 ed i 7.12 mg/l
- min DO rilevato tra i 3.03 ed i 4.19 mg/l

L'andamento dei dati negli elaborati grafici prodotti dal sistema di monitoraggio consente effettivamente di riscontrare un non irrilevante valore del tasso di BOD nel reflujo ed una significativa dipendenza in senso inversamente proporzionale del tasso di DO *post eventum* nei confronti del lasso di tempo asciutto precedente l'evento pluviometrico stesso.

È interessante, a parere dello scrivente, anche il Progetto Flumen (peraltro recente a differenza delle altre fonti reperite), che, oltre ad enti dello spessore del CNR e di ARPA, ha coinvolto cittadini

ed associazioni in un'attività di monitoraggio che ha sostanzialmente confermato la compromissione dello stato qualitativo delle acque del Tevere e dell'Aniene.

Essendo quindi il fenomeno oramai conclamato e ricorrente può essere il caso di tentare una verifica ed una riflessione circa l'effettiva possibilità che il quantitativo di sostanze qualificabili come caratterizzate da domanda biochimica di ossigeno rilasciate giornalmente nel corpo idrico (BOD/COD) dai consueti scarichi urbani possa già di per sé influire in modo significativo sul parametro DO anche prescindendo dal rilascio di molecole complesse di provenienza industriale in occasione di eventi puntuali acuti.

Ovviamente non è intenzione dello scrivente sminuire in alcun modo le resultanze di ARPA secondo cui nel caso dei fenomeni in questione si è avuta la presenza di inquinanti più complessi (fitofarmaci, pesticidi etc.⁹), però dall'osservazione del risalto anche mediatico che questi composti destano può esistere il concreto rischio (ovviamente non tra gli specialisti del settore) che l'attenzione per le conseguenze importanti degli abituali scarichi urbani possa in qualche misura sopirsi con esiti facilmente prevedibili.

Per la redazione del presente intervento, al fine di organizzare le argomentazioni trovandosi di fronte ad un notevole quantitativo di studi tecnico-scientifici portati avanti da istituzioni universitarie ed amministrative, si è scelto di prendere in considerazione sostanzialmente le risultanze delle indagini condotte dalle seguenti istituzioni:

1. Autorità di Bacino del Fiume Tevere.
2. Amministrazione comunale di Roma-Roma Capitale.
3. Regione Lazio/ARPA Lazio.
4. Università degli Studi di Roma "La Sapienza".
5. Università degli Studi di Roma Tre.

Un quadro in realtà un poco risalente (anno 2012) circa l'entità degli scarichi di pubbliche fognature aventi come corpo ricettore il Tevere ci viene fornito da Roma Capitale¹⁰:

"Nel territorio di Roma risultano i seguenti scarichi derivanti da pubblica fognatura:

- *n. 4 scarichi provenienti dai grandi impianti di depurazione (Roma Nord, Roma Est, I° e II° sez., Roma Sud, Roma Ostia) che attualmente trattano una popolazione complessiva di circa 2.450.000 Ab. Eq. (abitanti equivalenti);*
- *n. 19 scarichi provenienti da piccoli impianti di depurazione locali con capacità depurative totali di circa 150.000 Ab. Eq.;*
- *n. 71 scarichi effettuati senza alcun trattamento depurativo per un numero di abitanti allacciati pari a circa 380.000;*
- *n. 45 scaricatori di piena che entrano in funzione solo nel caso in cui la quantità di pioggia caduta è tale da far superare il valore del rapporto di diluizione in base al quale è stato realizzato il manufatto di sfioro (la legge regionale in vigore stabilisce che esso sia compreso fra 1/3 e 1/6);*
- *n. 22 bracci di scarico che fungono da scarichi di emergenza e che pertanto entrano in funzione solo nei casi di riparazioni o manutenzioni straordinarie dei relativi tratti di collettori."*

Il quadro precedente, che si ricorda è datato 2012, presenta due elementi particolarmente significativi:

- Un primo elemento è costituito dalla presenza di 71 scarichi recapitanti in alveo senza alcun trattamento per un totale di circa 380.000 abitanti;
- Un secondo elemento è costituito dalla presenza di 45 manufatti di scarico di piena.

Il primo elemento, vale a dire la presenza di 71 scarichi recapitati in alveo senza alcun trattamento, si

presta ad una valutazione speditiva del quantitativo di sequestro di ossigeno conseguente a carico del corpo idrico recettore.

Considerando infatti per la città di Roma i seguenti dati, desumibili dalla letteratura tecnica di settore e confermati nel complesso degli studi dell'Autorità di Bacino del Fiume Tevere¹¹:

- dotazione idropotabile giornaliera attorno ai 300/350 l/(ab*di) (si considera il valore superiore).
- contributo in BOD leggermente inferiore al quantitativo definito abitualmente come A.E. vale a dire all'incirca 40.000 mg BOD / (ab*di).
- coefficiente di afflusso in alveo all'incirca uguale a 0,8 (adimensionale) si ottiene una forza del liquame pari a:

$$\begin{aligned} & [40.000 \text{ mg BOD} / (\text{ab} \cdot \text{di})] / [350 \text{ l} / (\text{ab} \cdot \text{di})] \cdot 0,8 \\ & = 142,85 \text{ mg BOD/l} \end{aligned}$$

Non molto dissimile da quella reperibile nel corpus degli studi prodotti dall'Autorità di bacino del Fiume Tevere che propone un valore del parametro che si attesta attorno ai 120 mgBOD/l¹².

Dalla forza del liquame così valutata consegue, con il seguente semplice calcolo in cui non compare il coefficiente di afflusso in quanto già considerato nella quantificazione della forza del liquame, il quantitativo in kg di materiali a potenziale sequestro di ossigeno sversati quotidianamente nell'alveo metropolitano del Tevere:

$$\begin{aligned} & 0,000143 \text{ kg BOD/l} \cdot 380.000 \text{ ab} \cdot 350 \text{ l} / (\text{ab} \cdot \text{di}) \\ & = 19019 \text{ kg BOD/di} \end{aligned}$$

Si tratta come si può osservare di un quantitativo di una certa importanza che può condurre effettivamente, come si vedrà in seguito, ad un abbattimento anche significativo del parametro DO.

Naturalmente occorre essere avvertiti del limite e della notevole approssimazione della seguente descrizione del fenomeno il cui studio approfondito richiederebbe la considerazione dei fenomeni di riossigenazione attraverso, ad esempio:

- un'applicazione specifica del modello di *Lewis&Whitman* finalizzato a quantificare l'ossigeno fornito direttamente dall'atmosfera al corpo idrico;
- una considerazione attenta dell'apporto dovuto a fenomeni fotosintetici;
- uno studio per via analitica dei transitori del sistema BOD-DO.





In linea del tutto approssimata è comunque possibile dare una valutazione speditiva dell'ossigeno molecolare necessario all'ossidazione totale del quantitativo di BOD suddetto.

In condizioni controllate in laboratorio (o in impianto in condizioni sperimentali) se tutto l'ossigeno molecolare viene utilizzato per l'ossidazione della sostanza organica risulta ovviamente una coincidenza con il valore numerico del parametro. Stante la complessità della cinetica delle reazioni, che ricomprendono anche le aliquote destinate all'aumento di biomassa cellulare dei microrganismi tale teorica coincidenza può non darsi ma risulta di fatto plausibile se ricorrono le seguenti ipotesi (peraltro abbastanza frequenti)¹³:

- rapporto tra il COD¹⁴ e l'ossigeno molecolare di fatto richiesto che si aggira attorno al valore 0,4-0,6 (adimensionale).
- classico rapporto BOD/COD pari a 0,5-0,7 (adimensionale).

Se le precedenti considerazioni sono attendibili, considerando valori delle portate di magra estive (il periodo elettivo per i fenomeni di deossigenazione dalle osservazioni sul Tevere) che si aggirano nell'area urbana attorno ai 100 mc/sec, si giunge ad un volume transitante nella giornata pari a circa 8.640.000 mc e quindi, ammettendo come fondato l'apporto giornaliero precedentemente valutato di BOD pari a 19019 kg, ad una concentrazione di sostanze ossigeno-depauperanti che si attesta poco sopra i 2 milligrammi per litro (2,201 mg/l), quantitativo in grado di alterare significativamente il parametro dato il valore di saturazione che, come detto in precedenza, non dovrebbe superare i 9 mg/l.

Come già osservato queste banali osservazioni non tengono conto del fenomeno della riossigenazione dovuto a fotosintesi ed a scambi gassosi con l'atmosfera ma considerano unicamente il sequestro di ossigeno dovuto all'immissione di materia organica biodegradabile suscettibile di innescare domanda biochimica di ossigeno nel corpo idrico recettore per cui consentono unicamente una valutazione speditiva e di larga massima della plausibilità in termini di ordine di grandezza dell'ipotesi di diminuzione del parametro DO nel Tevere metropolitano in collegamento con l'immissione di scarichi grezzi.

Il secondo elemento vale a dire la presenza degli

scaricatori di piena richiede alcune considerazioni. Infatti, non sembra del tutto e sempre vero l'assunto a cui alle volte siamo stati abituati secondo cui l'influenza dello scaricatore è senz'altro benefica per via della diluizione operata; probabilmente la situazione presenta una maggiore complessità.

I motivi che corroborano l'ipotesi di un'effettiva diminuzione nel rilascio di sostanze a sequestro di ossigeno operata dai dispositivi di scarico di piena della rete fognaria di Roma sono essenzialmente due:

- anzitutto, ovviamente, la diluizione operata risulta perlopiù conforme alle previsioni progettuali;
- soprattutto, però, occorre tener presente che nella rete fognaria di Roma è sensibile il fenomeno drenaggio di acque di falda come risulta dall'esame della mole di dati elaborati dall'Autorità di Bacino del fiume Tevere (circa 6 mc/sec nel complesso della rete¹⁴), se tale fenomeno incide negativamente sul funzionamento degli impianti di depurazione, d'altra parte esalta la diluizione operata dagli scaricatori.

Pertanto, sussistono motivi non irrilevanti che confutano la reale efficacia dei dispositivi stessi.

Un primo motivo è una certa evidenza sperimentale degli ultimi anni che conduce ad un ridimensionamento dell'efficacia della diluizione presentando invece un consistente rilascio di BOD/COD attraverso il flusso surnatante dello scaricatore durante il *first flush*¹⁶.

Inoltre, in un bacino sostanzialmente unicursale come quello del Tevere nell'area metropolitana di Roma non si sa, in generale, la sincronicità tra gli eventi di piena del corso d'acqua principale e gli eventi di piena del reticolo secondario.

Infatti gli eventi pluviometrici che causano le piene

del Tevere e quelli che causano le piene del reticolo secondario appartengono a due popolazioni idrologiche diverse; i primi sono costituiti dalle piogge preparatorie/determinanti/progredienti, le piogge di tipo B/C dell'ormai classico studio del Frosini del 1977 integrato da Mauro Bencivenga, mentre i secondi sono i cosiddetti *Mesoscale Convective Systems*, noti al pubblico come "*bombe d'acqua*". Questa non sincronicità rileva ai sensi della precedente riflessione in quanto è assolutamente possibile e plausibile un rilascio di importanti flussi inquinanti dai dispositivi di scarico di piena in un periodo di magra del corso d'acqua principale con conseguente notevole impatto sul parametro ossigeno disciolto.

A tale ultima considerazione occorre aggiungere che non sembra più possibile fare affidamento sul noto fenomeno del ritardato rilascio del BOD dovuto al fatto che nelle acque di prima pioggia esso è principalmente contenuto nella frazione sedimentabile in quanto le condizioni idrodinamicamente intense collegate con i MCS non possono non condurre ad una significativa mobilitazione dei sedimenti stessi.

In conclusione, a parere dello scrivente, gli episodi segnalati da ARPA Lazio sembrano inquadrabili nel complesso degli studi specialistici condotti sull'area metropolitana del Fiume Tevere nel senso che l'apporto di inquinanti di maggiore delicatezza come i pesticidi ed i fitofarmaci sembra innestarsi su una situazione che già presenta elementi di compromissione di una certa importanza che, a meno di una decisa prosecuzione degli interventi di risanamento in atto, non possono non riverberarsi in un vero e proprio declino della resilienza del corpo idrico.

Note

- [1] S. Calvo, L'eutrofizzazione dei corpi idrici recettori: valutazione, controllo e recupero, Dipartimento di Scienze Botaniche dell'Università di Palermo, Palermo, Ed. GNDCI, Centro Studi Deflussi Urbani, 2000
- [2] M. Campolo, Francesca Spessot, Silvia Ronchese, Chiara Corrigan, GUIDA TECNICA PER LO STUDIO DELLA QUALITÀ DELLE ACQUE DEI FIUMI, Università di Udine, AA 2013-2014.
- [3] Le informazioni abitualmente utilizzate sono l'intervallo di tempo, a partire dal momento dell'immissione degli inquinanti, dopo il quale si ha il minimo di ossigeno disciolto oppure la distanza dal punto di immissione a cui si verifica questo minimo oppure ancora, ovviamente, il valore che questo minimo assumerà in termini di percentuale rispetto alla concentrazione di saturazione.
- [4] Abitualmente espresso in valore assoluto come mg/l o in percentuale rispetto alla concentrazione in condizioni di saturazione per una data temperatura ambiente e per una data concentrazione salina a sua volta espressa in mg/l di cloruri.

- [5] Prima elaborazione del Progetto di Piano di Bacino – Allegato A – vol. 3, Stato delle Conoscenze, pag. 1036-1038 .
- [6] Roma Capitale “Rapporto sullo Stato dell'Ambiente”, 2012, p. 18 .
- [7] ISTITUTO SUPERIORE DI SANITÀ, Stato Ecologico del Reticolo Idrografico Minore di Roma, A cura di Simone, Ciadamidaro e Laura Mancini, Dipartimento di Ambiente e Connessa Prevenzione Primaria, ISSN 1123-3117 - Rapporti ISTISAN 06/42.
- [8] <http://www.idrografico.regione.lazio.it/Documenti/MonitorIQ.pdf>
- [9] Vi è stata già occasione di interrogarsi circa i contaminanti, per così dire, di ultima generazione nelle pagine di questa stessa rivista; cfr F. Riccardi “I contaminanti emergenti: una realtà in crescita” (<https://rivista.ording.roma.it>contaminanti-emergenti...>)
- [10] Roma Capitale “Rapporto sullo Stato dell'Ambiente”, 2012, p. 26
- [11] Prima elaborazione del Progetto di Piano di Bacino – Allegato A – vol. 3, Stato delle Conoscenze, pag 1018
- [12] Prima elaborazione del Progetto di Piano di Bacino – Allegato A – vol. 1, Stato delle Conoscenze, pag. 952.
- [13] Eddy&Metcalfe, Wastewater Engineering, Mc Graw –Hill, 2006, pp95, 543-544,569-571.
- [14] Parametro meno sensibile e preciso del BOD ma probabilmente più idoneo in caso, come a Roma, non sia possibile escludere a priori la presenza di allacci non esclusivamente urbani alla fognatura.
- [15] Prima elaborazione del Progetto di Piano di Bacino – Allegato A – vol. 3, Stato delle Conoscenze, pag 981
- [16] Antimo Carrieri, Stima dei volumi di acque di prima pioggia e modalità di accumulo, POLITECNICO DI BARI, I FACOLTÀ DI INGEGNERIA, AA 2010-2011.

Bibliografia

- Thomann R.V. e Mueller J.A. - Principles of surface water quality modeling and control - Harper Collins, New York, 1987.
- USEPA - Rates, constants and kinetics formulation in surface water quality modeling - U.S. EPA, Office of Research and Development, Environmental Research Laboratory, Athens, GA, 1985.
- Churchill M.A., Elmore H.L. e Buckingham - Prediction of streams reaeration rates - J.Sanitary Eng.Div. ASCE, vol.88, , D 1962, pp.
- Ambrose R.B., Wool T.A., Martin J.L., Connolly J.P. e Schanz R.W. - WASP5x a hydrodynamic and water quality model: model theory, user's manual and programmer's guide - Environmental Research Laboratory, U.S. Environmental Protection Agency, Athens, Georgia, 1992.
- Parkhurst J.D e Pomeroy R.D - Oxygen absorption in streams - J.Sanitary Eng.Div. ASCE, vol.98, 1, February 1972, pp.101-124.
- Wilson G.T. e MacLeod N.A. - A critical appraisal of empirical equations and models for the prediction of the coefficient of reaeration of deoxygenated water - Water Research, vol.8, 6, 1974, pp.341-366.
- O'Connor, D.J. e Dobbins, W.E. - Mechanism of reaeration in natural streams - Transac., ASCE, 123, 1958, pp.641-666.
- Gulliver J.S. e Stefan H.G. - Prediction of non-reactive water surface gas exchange in streams and lakes – Gas transfer at water surfaces, a cura di W.Brutsaert e G.Jirka, D.Reidel Publishing Co., Boston, Mass, 1984.
- Atkinson J.F., Blair S., Taylor S. e Ghosh U. - Surface aeration - J.Env.Eng.Div. ASCE, vol.121, 1, January/February 1995, pp.113-118, View publication.
- L. Patrolecco, S. Capri, N. Ademollo. 2015. Occurrence of selected pharmaceuticals in the principal sewage treatment plants in Rome (Italy and in the receiving surface waters. Environ Sci Pollut Res. Vol 22(8), 5864-5876.
- C.Gualtieri-P.Gualtieri, Un nuovo modello idrodinamico per la stima del coefficiente di reaerazione di un corso d'acqua, Dipartimento di Ingegneria Idraulica ed Ambientale “Girolamo Ippolito”, Ed. Università degli Studi di Napoli “Federico II” - 2016.
- Gurnell A, Lee M, Souch C. Urban Rivers: Hydrology, Geomorphology, Ecology and Opportunities for Change. Geogr. Compass 2007; 1:1118–1137.
- Butturini A, Guarch A, Romanò AM, Freixa A, Amalfitano S, Fazi S, Ejarque E. Hydrological conditions control in situ DOM retention and release along a Mediterranean river. Water Res. 2016; 99: 33–45.
- Casadei S, Bellezza M, Casagrande L, Pierleoni A. An analytic-geospatial approach for sustainable water resource management: a case study in the province of Perugia. J. Agric. Eng. 2013; 814-818.
- Amalfitano S, Del Bon A, Zoppini A, Ghergo S, Fazi S, Parrone D, Casella P, Stano F, Preziosi E. Groundwater geochemistry and microbial community structure in the aquifer transition from volcanic to alluvial areas.
- Bui Ta Long Inverse algorithm for Streeter–Phelps equation in water pollution control problem, www.sciencedirect.com 23 dicembre 2019.



a cura di:
ING. ELISABETTA DE SANTIS

Commissione:
PROJECT MANAGEMENT IN AMBITO DELL'INFORMAZIONE

revisione testi:
**ING. CARLO MANCINI - ING. MIRKO SIMONE
ING. GIANLUCA BOSCHI - ING. PIETRO MANCINO**

LA PRIMA GUIDA PM²- AGILE DELLA COMMISSIONE EUROPEA

Un'estensione chiave dell'offerta PM²: la guida PM²-Agile incorpora valori, principi e pratiche Agile, rendendo PM² applicabile alle iniziative Agile.



TRADITIONAL
METHODOLOGY

AGILE
METHODOLOGY

INTRODUZIONE

Come riportato nell'articolo "PM² (PM square)" IORoma n°1/2020, PM² è la prima metodologia di Project management sviluppata dalla Commissione Europea (CE). A seguito della strategia della Commissione Europea di avvicinare la metodologia, l'offerta complessiva del PM² ed i benefici ai suoi stakeholder¹ e ad una comunità più ampia possibile di utenti, il Centro di eccellenza della CE in PM² (Center of Excellence in PM², CoEPM²) ha pubblicato nel luglio 2021 la prima guida PM²-Agile. Il CoEPM² supporta la metodologia PM²-Agile con lo scopo di fornire alla Commissione Europea ed alle istituzioni dell'Unione Europea strumenti di gestione dei progetti di alta qualità, supporto e servizi di consulenza. L'approccio di questa nuova guida è rilevante non solo per le istituzioni europee ma anche per tutto il resto della comunità internazionale.

Data la crescente adozione di metodi Agili in tutte le organizzazioni, questa guida mira a supportare i team di progetto nel diventare sempre più efficaci nel fornire soluzioni di alta qualità, gestire le mutevoli priorità e, in ultima analisi, aumentare la produttività e la trasparenza del progetto. Sviluppata come estensione della consolidata metodologia di gestione dei progetti PM², questa guida è stata creata per fornire criteri che supportino l'integrazione delle pratiche Agile nelle strutture organizzative.

LA STRUTTURA DELLA GUIDA

PM²-Agile dovrebbe essere percepito come un'estensione del PM² per migliorare la sua offerta complessiva.

PM²-Agile è stato sviluppato personalizzando e incorporando comprovate best practice² Agile e Lean3 ricavate da una vasta gamma di standard e metodologie accettati a livello globale, nonché da un'esperienza operativa specifica delle istituzioni europee.

La guida PM²-Agile è attualmente disponibile solo in lingua inglese ed è composta da 106 pagine suddivise in 8 capitoli più 3 appendici. La guida PM²-Agile supporta le istituzioni e le organizzazioni ad introdurre efficacemente le pratiche Agile nei progetti.

PM²-Agile fornisce:

- un modello Agile per la gestione di progetti;
- ruoli e responsabilità definiti;





- valori e principi Agile;
- le basi delle pratiche Agile;
- documenti consigliati per riportare i progressi su progetti gestiti secondo i principi Agile consigliati;
- un glossario Agile;
- strumenti e tecniche Agile;
- riferimenti e suggerimenti per ulteriori letture su argomenti relativi ad Agile.

La diffusione della metodologia PM²-Agile e all'interno della Commissione Europea mira ad evitare il ripetersi di errori, come replicare gli sforzi

per promuovere approcci divergenti di Project Management basati sulle differenze, piuttosto che investire nella convergenza di metodi basati su similitudini ed interessi comuni. L'apertura alle metodologie di Project Management da parte della Commissione Europea si pone l'obiettivo di contribuire all'aumento delle competenze di gestione dei progetti all'interno delle comunità di utenti; lo scopo è una maggiore efficacia nel raggiungimento degli obiettivi progettuali ed una maggiore efficienza nell'utilizzo delle risorse al fine di determinare il successo del progetto.



Figura 1:
Gli elementi del PM² – Agile,
pagina 13 The PM²-Agile
Guide v3.0.1

RIGUARDO L'AGILE

Come riportato nella guida PM²-Agile, Agile è un approccio basato da un insieme di principi e valori, si concentra sulla fornitura di soluzioni di valore e promuove il miglioramento continuo oltre ad incoraggiare una risposta rapida e flessibile al cambiamento. Il metodo Agile gestisce l'incertezza intrinseca dell'ambiente di progetto e crea un'organizzazione che è altamente adattiva, utilizzando brevi cicli di lavoro per rispondere rapidamente ai cambiamenti dei requisiti del prodotto. Agile propone di migliorare e snellire tutti i processi facendo leva sullo sviluppo delle capacità delle risorse umane.

Nel 2001 diciassette esperti di software si sono riuniti per trovare un modo migliore di lavorare e

hanno scritto il "Manifesto per lo sviluppo agile del software", che viene considerato la base per lo sviluppo delle metodologie agili. I quattro valori del Manifesto Agile sono:

1. Individui e interazioni più di processi e strumenti.
2. Soluzioni funzionanti più di documentazione completa.
3. Collaborazione con gli stakeholder più che negoziazione del contratto.
4. Rispondere al cambiamento più che seguire un piano.

I team agili sono auto-organizzati, fluidi ed altamente collaborativi. Auto-organizzazione significa che tutti i membri del team lavorano insieme per determinare il modo migliore per ottenere risultati.

Il team ha membri con competenze necessarie per raggiungere gli obiettivi di progetto. La fluidità si riferisce all'idea che la composizione del team può variare nel tempo.

Una filosofia fondamentale di Agile è quella del miglioramento e dell'apprendimento continuo. Questo viene fatto attraverso frequenti revisioni e retrospettive, che sono descritte come rituali in cui i team imparano dall'esperienza e pianificano il cambiamento per il ciclo successivo di lavoro. Le revisioni sono un ottimo strumento per raccogliere commenti dagli stakeholder e studiare la soluzione. Mentre le retrospettive consentono di raccogliere feedback ed introdurre miglioramenti sul processo e sulla maturità del team stesso.

PM²-Agile abbraccia il concetto dell'apprendimento convalidato (validated learning) e lo considera un caposaldo. Mentre le lezioni apprese (lesson learned) individuate alla fine di un progetto rimangono preziose, lo spirito e l'abitudine di frequenti

revisioni e retrospettive devono essere alimentate attraverso il continuum del progetto, poiché è così che il miglioramento e l'apprendimento convalidato hanno luogo.

I team Agile seguono un ciclo di attività imparando continuamente dalle loro ipotesi. Il ciclo "costruisci-misura-impara", enfatizza la velocità come elemento fondamentale per l'apprendimento convalidato e continuo per un corretto sviluppo del team stesso. L'efficacia di un team è determinata dalla sua capacità di ideare, costruire rapidamente un prodotto da quell'idea, misurarne l'efficacia nel mercato ed imparare da quell'esperienza analizzando i dati generati. In altre parole, è un ciclo di apprendimento che trasforma le idee in prodotti, misura le reazioni ed i comportamenti degli utenti rispetto a quanto rilasciato, e quindi supporta la decisione di continuare o rivedere l'idea. Questo processo (Figura 2) viene ripetuto tutte le volte che è necessario.

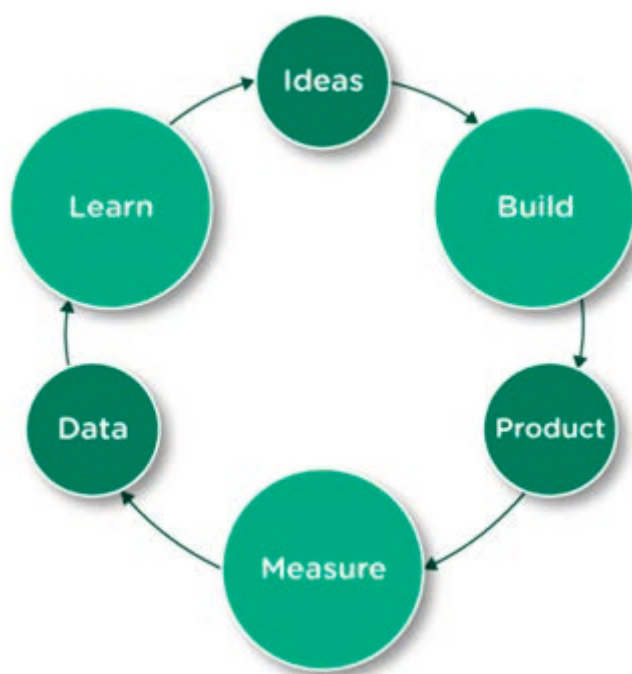


Figura 2:
Minimizzare il tempo totale
attraverso il ciclo, pagina 9
The PM²-Agile Guide v3.0.1

PM²-AGILE – PANORAMICA

PM²-Agile mira ad abilitare e supportare l'utilizzo di pratiche Agile in qualsiasi tipo di progetto o attività lavorativa. Sebbene tali pratiche possano già esistere, garantire il successo del progetto può

essere difficile nel complesso ecosistema dell'organizzazione.

A differenza delle pratiche Agile implementate nelle piccole organizzazioni, nelle grandi organizzazioni è necessaria la collaborazione tra vari approcci di gestione del progetto con la governance





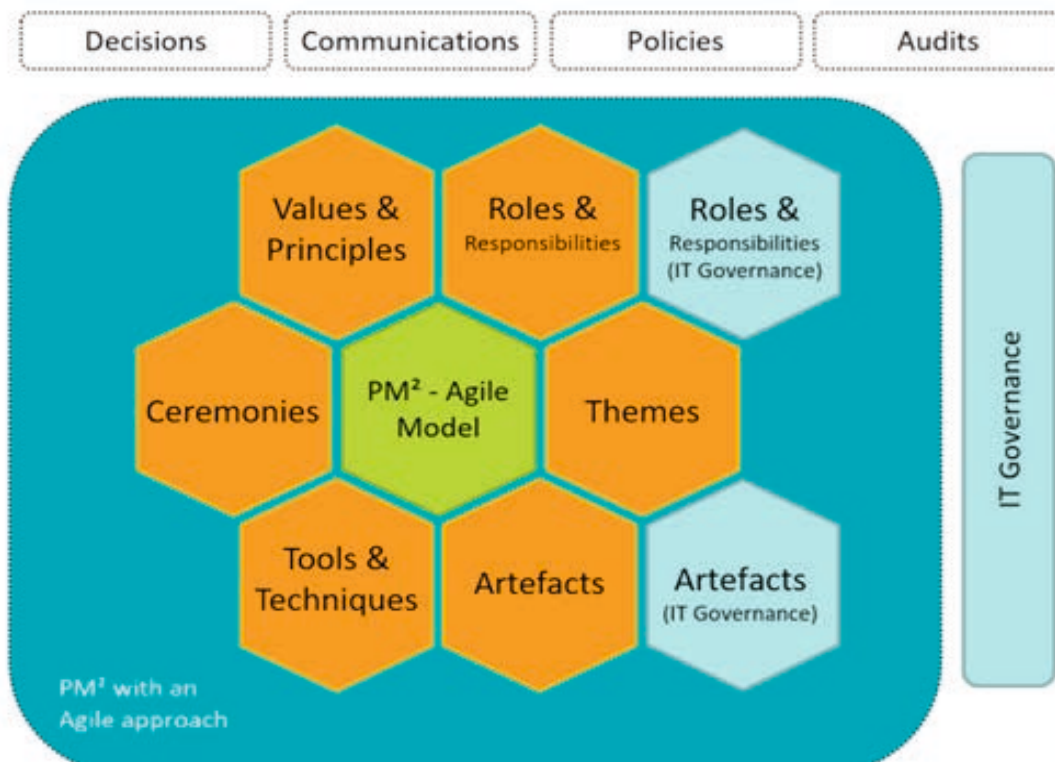


Figura 3:
Gli elementi del PM² – Agile nel contesto del PM², pagina 15 The PM²-Agile Guide v3.0.1

IT (vedi Figura 3) e con la struttura organizzativa. PM²-Agile è progettato per fornire supporto sia a professionisti che già utilizzano pratiche Agile sia a coloro che sono disposti a provare per la prima volta approcci Agile per la gestione dei progetti. Agile PM² promuove il minimo prodotto attuabile (Minimum Viable Product - MVP), ovvero il risultato di un apprendimento validato e continuo (Figura 4) che dà il

via libera allo sviluppo incrementale con lo scopo di:

- essere in grado di testare un'ipotesi di prodotto con risorse minime;
- accelerare l'apprendimento;
- ridurre lo spreco di ore di progettazione;
- portare il prodotto ai primi clienti il prima possibile per imparare dal suo utilizzo;
- essere una base per altri prodotti.



Figura 4:
Cos'è un MVP (Minimum Viable Product) e cosa non è – pagina 9, The PM²-Agile Guide v3.0.1

CONCLUSIONI

La guida PM²-Agile estende e migliora la metodologia PM² con principi e pratiche Agile e garantisce l'armonizzazione tra queste pratiche, la gestione dei programmi, le operazioni, l'architettura aziendale e l'interoperabilità. È rivolta ad organizzazioni che già utilizzano PM² e che stanno cercando di applicare valori e principi Agile nei loro metodi

di lavoro, ma anche a chiunque sia interessato ad adottare pratiche Agile nel proprio lavoro. Anche se PM²-Agile risponde principalmente alle esigenze dei progetti di sviluppo software, la maggior parte delle pratiche, degli strumenti e delle tecniche inclusi nella guida sono applicabili anche a progetti non IT e questo si riflette nella visione PM²-Agile.

Note

- [1] Lo stakeholder può essere un individuo, gruppo od organizzazione che può impattare o essere impattato (positivamente o negativamente) dal progetto o percepire di esserlo. Uno stakeholder può anche esercitare una forma di influenza (potere) sul progetto e i suoi prodotti (La Guida al PM² - v3.0.1, marzo 2021).
- [2] Per best practice, buona prassi, si intende un metodo, un repertorio di approcci o una serie di tecniche acquisita attraverso l'esperienza e la ricerca che ha dimostrato risultati efficacia, superiori rispetto a quelli ottenuti con altri strumenti (La Guida al PM² - v3.0.1, marzo 2021).
- [3] L'approccio Lean nasce in Giappone alla fine degli anni '40 negli stabilimenti Toyota; Lean punta a minimizzare gli sprechi della produzione fino ad annullarli.

Bibliografia

- AA.VV., The PM²-Agile guide 3.0.1 - European Commission, Centre of Excellence in Project Management (CoEPM²), luglio 2021.
- AA.VV., The PM² Project Management Methodology Guide 3.0.1 – European Commission, Centre of Excellence in Project Management (CoEPM²), March 2021.
- PM² (PM square): la metodologia di Project management sviluppata dalla Commissione Europea, Ing. Elisabetta De Santis, Io Roma rivista dell'ordine della provincia di Roma, n°1/2020.
- "Agile", un approccio leggero alla gestione dei progetti, Ing. Elisabetta De Santis, Ing. Domenico Lipari, Ing. Pietro Mancino, Io Roma rivista dell'ordine della provincia di Roma, n°2/2018.
- The Lean Startup, Eric Ries, Currency International Edition 2017.

Sitografia

- PM² Publications: <http://europa.eu/PM2/Publications>
- The European Commission Publishes First-Ever Publicly Available PM²-Agile Guide | PM² Project Management Methodology (europa.eu) https://europa.eu/pm2/news/european-commission-publishes-first-ever-publicly-available-pm2-agile-guide_en
- The Open PM² Community: <https://joinup.ec.europa.eu/collection/open-pm2-project-management-methodology>
- Home | PM² Project Management Methodology (europa.eu) https://europa.eu/pm2/home_en
- ISA² - Interoperability solutions for public administrations, businesses and citizens
- <https://ec.europa.eu/isa2/solutions/open-pm2>
- <http://www.agilemanifesto.org/>

Tecnologie e Costellazioni Satellitari emergenti

a cura di:

Ing. Stefano Coltellacci, Ing. Giampaolo Panariello,
Ing. Giovanni Nicolai,
Gen. Ing. Angelo Gervasio, Col. Ing. Giovanni Arseni

con i contributi di:

Ten. Col. Sandro Toderico, CF Ing. Emanuele Rossetti,
Prof. Alessandro Francesconi, Prof. Ing. Stefano Carletta,
Ing. Paolo Vita, Ing. Paolo Cerabolini, Ing. Fabrizio Novali,
Ing. Silvia Natalucci, Ing. Marco Brancati,
Magg. Ing. Salvatore Alasso, Ing. Paolo Conforto

Introduzione

Questo articolo illustra i contenuti del seminario, organizzato dalla **Commissione Aerospazio** dell'Ordine Ingegneri della Provincia di Roma e **Teledife**, che si è tenuto presso la *Sala Caccia Dominioni dello Stato Maggiore Difesa il 3 Dicembre 2021* presso l'Aeroporto "Francesco Baracca" in Via di Centocelle a Roma. In esso si è affrontato il tema della evoluzione delle tecnologie satellitari emergenti che stanno trasformando rapidamente il settore spaziale con il continuo miglioramento delle performance dei payload dedicati alle specifiche missioni spaziali e, al contempo, con la capacità di disseminare le informazioni agli utenti. In questo





contesto è stata fondamentale la presenza di tutti gli stakeholder dei diversi settori (*governativo, industriale, ricerca*), simbolo di collaborazione sinergica per la definizione di un'architettura che permetta la condivisione di assetti e servizi satellitari e la creazione di un network per lo scambio di dati rapido, sicuro ed altamente resiliente alle nuove minacce. Sono stati affrontati temi della Ricerca, dello Sviluppo Industriale e del posizionamento della filiera produttiva nazionale e, in tale ambito, sono stati presentati una panoramica degli studi e delle iniziative in corso in ambito Nazionale ed Internazionale, tese al sempre maggior utilizzo di orbite basse e delle tecnologie emergenti del settore finalizzate al raggiungimento degli obiettivi menzionati.

L'introduzione è stata curata dal Gen. Ing. Angelo Gervasio Direttore di Teledife, dall' Ing. Massimo Cerri Presidente dell'Ordine Ingegneri Roma e dall' Ing. Giovanni Nicolai Presidente della Commissione Aerospazio dell'Ordine Ingegneri Roma.

1. Scenario di Ricerca e Sviluppo

Il Gen. Ing. Angelo Gervasio Direttore di Teledife è stato il moderatore di tale Sessione del seminario.

1.1 Tecnologie R&D nel settore satellitare di interesse per la Difesa-Teledife

Apri il Seminario il **Ten. Col. Sandro Toderico** di Teledife. La ricerca tecnologica in ambito difesa coniuga lo sviluppo di tecnologie per i sistemi della Difesa con la superiorità tecnologica e lo sviluppo economico dando

come risultato un impulso alle capacità futuribili, allo sviluppo dell'industria nazionale e della cooperazione in ambito internazionale. Sono presenti varie linee per la ricerca tecnologica in campo militare, come illustrato in Figura 1. Sono presenti linee in

ambito nazionale, sia come bandi PNRM che come cooperazione col mondo della Ricerca italiano o centri di R&S delle FFAA, sia in ambito internazionale con collaborazioni in ambito di istituzioni europee, in ambito NATO o cooperazioni con altri stati in



Figura 1:
Linee di attività di R&S per le FFAA

formula bi o multilaterale.

Sono presenti delle linee guida che illustrano dei cluster preferenziali per la ricerca tecnologica, uno di questi (il cluster 3) è espressamente dedicato alle Tecnologie satellitari, l'interesse di questa area di interesse è cresciuta a tal punto da meritare un incremento, nella ripartizione globale del budget allocato, dal 8% del 2018 al 14% del 2020, (e con un numero di proposte accettate crescente) confermando la sempre più rilevante influenza delle tecnologie legate all'ambito spaziale per il mondo della Difesa in Italia. In ambito Europa è particolarmente attivo e fecondo il European Defence Action Plan che si suddivide in due "finestre" distinte:

- Research Window, volta a sostenere la ricerca euro-

pea per la Difesa e rivolta a Investimenti su un numero limitato di progetti che riflettano le capacità prioritarie definite con i Paesi Membri con supporto di EDA (finanziato con 500 M€).

- Capability Window volta a assicurare il finanziamento congiunto per sviluppo e acquisizione di capacità strategiche della Difesa (post-Research & Technology) (finanziato con 5 B€).

Le tecnologie di interesse delinea, illustrate in Figura 2 sono Satellite Communication (SATCOM), Position, Navigation & Timing (PNT), Space Situation Awareness (SSA), Earth Observation (EO), Small Satellites (SS), Space Access (SA). Si può notare che accanto a SATCOM ed EO, che fanno la parte del

Figura 2:
ripartizione percentuale
dei progetti "spaziali"
in ambito Difesa in Italia

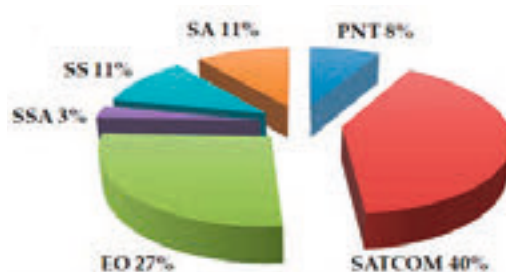


Figura 3:
esempio di analisi
con decodifica
di un segnale di
telecomunicazione
satellitare

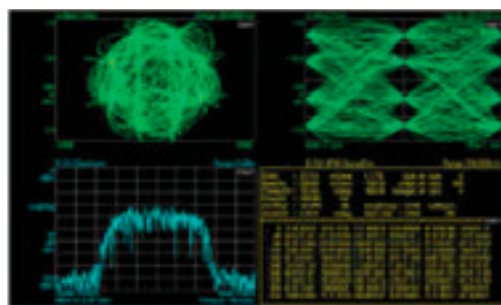


Figura 4:
Ripartizione geografica
di qualità del segnale
prodotto da un satellite
per telecomunicazioni

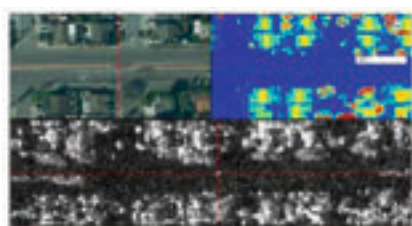
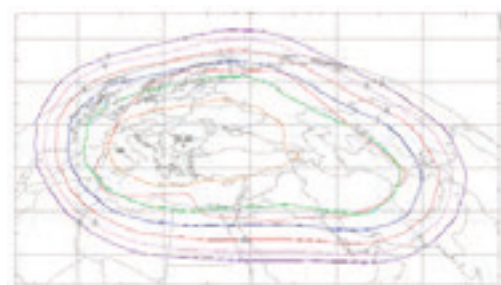


Figura 5:
Algoritmi per Change Detection

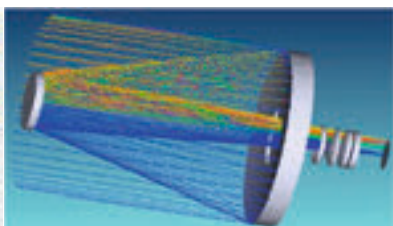


Figura 6:
gruppo ottico di un telescopio satellitare

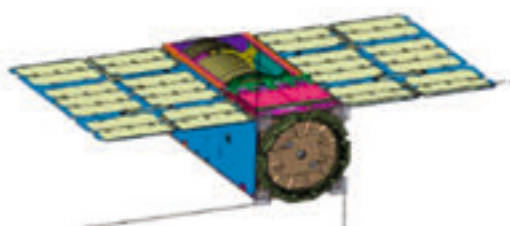


Figura 7:
piccolo satellite per missioni EO

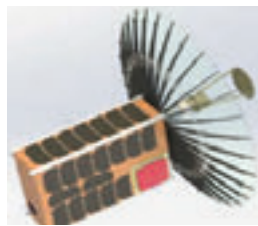


Figura 8:
piccolo satellite per missioni ELINT

leone, ci siano, sia tecnologie consolidate come PNT e SA sia new entry di sempre crescente interesse come SS e SSA.

In ambito SATCOM si possono notare inoltre 3 sottocategorie evidenziate nelle Figure 3 e 4:

- Sistemi di geo-localizzazione dei segnali;
- Sistemi di protezione delle comunicazioni;
- Potenziamento delle prestazioni in banda UHF.

In ambito EO si possono evidenziare le seguenti sottocategorie evidenziate nelle Figure 5 e 6:

- Sviluppo di sistemi ottici;
- Strumenti di post processing per:
 - Change detection;
 - Target detection & classification.

In ambito SS si possono evidenziare le seguenti sottocategorie evidenziate anche nelle Figure 7 e 8:

- Costellazioni di mini e microsatelliti;
- Osservazione ottica;
- Monitoraggio dello spettro elettromagnetico;
- Scambio chiavi quantistica.

In ambito SA si possono evidenziare le seguenti sottocategorie:

- Sistemi per eliminazione del debris;
- Sviluppo nuovi materiali per propulsione;
- Sistemi di lancio non convenzionali.

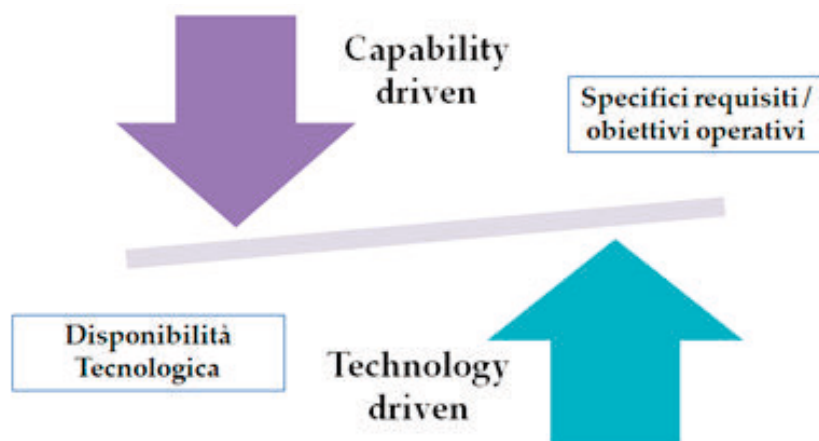
In ambito PNT particolare interesse per il Progetto "Galileo for EU Defence" (GEODE) per lo sviluppo del segmento utente militare del Galileo Public Regulated Service. Infine, per il settore di SSA si evidenziano progetti per:

- Sistemi di vigilanza dell'ambiente spaziale tramite:

- sensori ottici e radar posizionati a Terra;
- da satellite.

A complemento del panorama dei progetti in opera un esempio di scelta di un progetto con evidenza dei criteri di scelta evidenziati in Figura 9.

Figura 9:
Filosofia di scelta di un progetto spaziale in ambito Difesa



1.2 Costellazioni LEO per Maritime Surveillance - MMI

Il Capitano di Fregata Ing. Emanuele Rossetti (componente anche della Comm Aerospazio) ha esposto l'interesse per le Costellazioni LEO partendo dai principali asset di interesse della Marina Militare Italiana. Questi asset sono:

- Comunicazioni satellitari (SATCOM);
- Posizionamento, Navigazione e Timing (PNT);
- Osservazione della Terra – OT (sorveglianza marittima e servizio cartografico).

Le esigenze principali, che possono essere soddisfatte dagli asset dei tre punti appena elencati sono:

- Maritime Situational Awareness (MSA), intesa come capacità abilitante che cerca di fornire le Superiorità informativa richiesta nell'ambiente marittimo per raggiungere una comprensione comune della situazione marittima al fine di aumentare l'efficacia nella pianificazione e nella conduzione delle operazioni (NATO MSA concept 2008).

- Maritime Surveillance (MS), intesa come comprensione effettiva di tutte le attività svolte in mare che potrebbero avere un impatto sulla sicurezza, l'incolumità, l'economia o l'ambiente dell'Unione europea e dei suoi Stati membri (European Parliament Commission COM 2010).

Lo studio parte dall'analisi dei gap presenti nella rete di sensori radar/EO costieri auspicando una moltitudine di terminali ISR,

basati anche su piattaforme orbitanti o stratosferiche, al fine di ampliare la rete di sorveglianza costiera facendola diventare un elemento "attivo" di conoscenza dei comportamenti dei vascelli presente nell'area di interesse per il nostro paese (area economica esclusiva, EEZ). Un discorso a parte merita il contrasto allo sfruttamento dell'immigrazione clandestina per cui è lecito aspettarsi una area di ricognizione ancora più estesa e allargata.

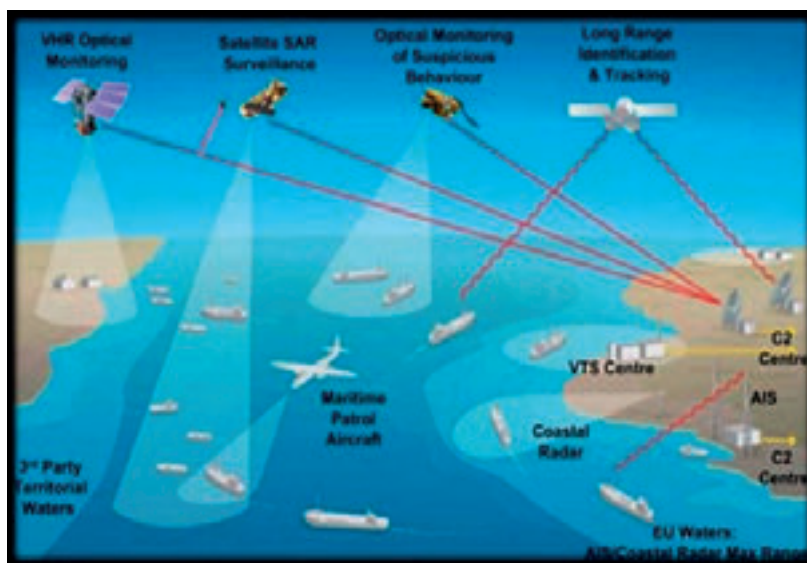


Figura 10: Advanced Maritime Situational Awareness

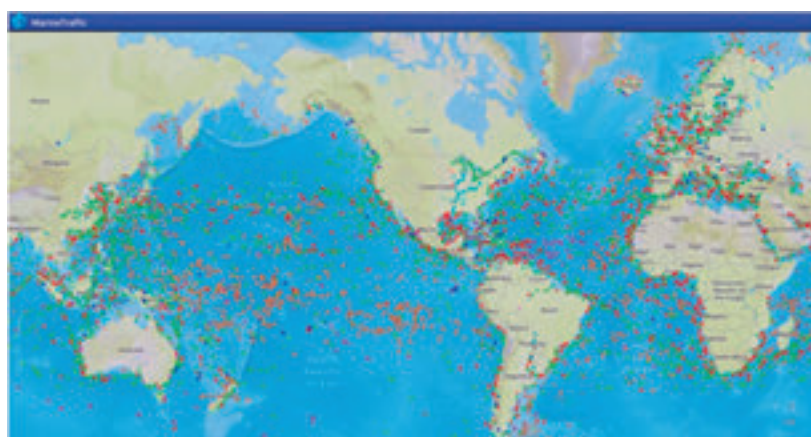


Figura 11:
Esempio di segnali AIS raccolti sia da stazioni costiere che da satelliti

Questo concetto è denominato **“Advanced Maritime Situational Awareness”**, ed è illustrato in Figura 10.

I componenti fondamentali di questa dottrina sono:

- capacità di sorveglianza (segmento navale) informazioni derivanti dai sensori imbarcati;
- capacità di sorveglianza (segmento terrestre) informazioni derivanti dai sensori co-locati negli 11 siti che

compongono la c.d. Rete Radar Costiera (RRC), gestite in remoto da CINCNNAV;

- capacità di sorveglianza (segmento spaziale) set di capacità esprimibili da un segmento spaziale equipaggiato con i sensori di Osservazione della Terra (OT);

- capacità di interoperabilità e integrazione (segmento DIISM) capacità di fusione delle informazioni raccolte

dai suddetti segmenti con quelle derivanti da altri sistemi di sorveglianza marittima nazionali ed europei nonché dai flussi commerciali marittimi.

Da menzionare la capacità di raccogliere e gestire i segnali, raccolti dai satelliti e da stazioni costiere, del sistema AIS emessi da vascelli cooperanti e già disponibile a costo zero.

Si auspica quindi l'accesso ai dati di una costellazione di satelliti in orbita bassa dotata di sensori elettroottici e SAR ad alto tempo di rivisita, preferibilmente sull'area del Mediterraneo, al fine di diminuire il numero dei satelliti e dei piani orbitali.

1.3 Connettività Ottica Inter-Satellite – Stellar Project

Il Prof. Alessandro Francesconi ha presentato il progetto di connettività **Inter-Satellite** in banda ottica a supporto di costellazioni ibride per SatCom e OT. La trasmissione tramite datalink in banda ottica (sostanzialmente

Specifications	Intersatellite Link	Down Link
Size	2U Cubesat 100x100x200 mm	
Mass	2 kg	
Power	30 W (telecom) < 4 W (idle)	25 W (telecom) < 4 W (idle)
Coarse Pointing Range	±10 deg elevation and azimuth	
Pointing Accuracy	60 μrad (coarse); 10 μrad (fine)	
Wavelength	1550 nm (TX/RX); 808 nm (beacon)	
Data Rate	1-2 Gbps Down link from LEO	
Field of Regard	±10 deg (coarse pointing system)	
Data /Power Interface	Can Bus / 18-40 V unregulated	

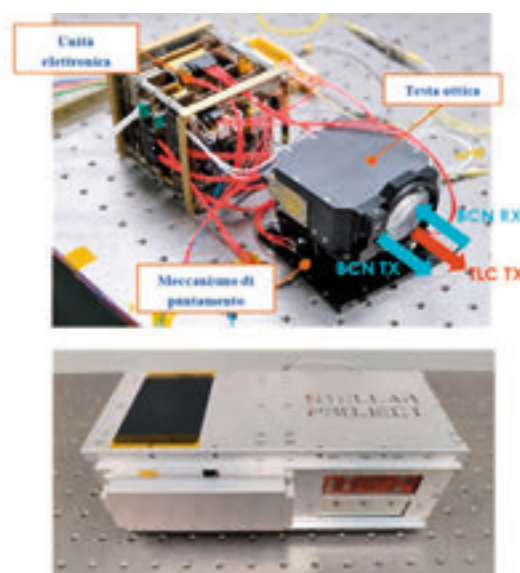


Figura 12: immagine e specifiche payload LaserCube - ISL/DL

un laser) è stata per lunghi anni vista come una soluzione alla trasmissione istantanea di grosse masse di dati dai satelliti per EO via data relay geostazionario, si pensi ai primi esperimenti di successo tra il satellite per EO Spot-4 e il satellite geostazionario Artemis di ESA. Ad oggi il link ottico viene utilizzato anche dalle costellazioni per telecomunicazioni in orbita LEO al fine di diminuire la latenza dei servizi di telecomunicazioni per renderli compatibili con i requisiti di applicazioni near real-time. L'importanza di dotarsi di questa tecnologia, anche in campo nazionale, ha portato la Stellar Project SRL a sviluppare un payload, il LaserCube - ISL/DL, vedi Figura 12, utile non solo ad applicazioni di inter-satellite link ma anche per down link al segmento di terra.

Attualmente la Stellar Project SRL ha sviluppato una intera famiglia di terminali ottici per piccoli satelliti e costellazioni dal design modulare e **scalabile** in termini di dimensioni, massa e potenza per downlink e inter-sa-

tellite link, inoltre ha registrato un brevetto internazionale per il sistema di puntamento. Come missione IOV/IOD il LaserCube-Downlink è stato lanciato in orbita il 30-06-2021 con la missione Transporter-2 di Space X, questo payload è di dimensione 2U e se ne prevedono due ulteriori lanci nel 2022 e nel 2023 per versioni con capacità ISL oltre a quella DL. Inoltre, è in sviluppo interno (TRL3) un sistema ad alto data rate per soddisfare i requisiti di trasmissioni dati EO in costellazioni ibride (SATCOM/EO).

L'analisi della bontà del concetto di costellazione ibrida parte dal riconoscimento di risoluzione delle immagini e «Age of Information» come principali indicatori di prestazione per applicazioni EO, costellazioni numerose implicano brevi tempi di rivisita, ma l'Aol si riduce solo se il dato può essere rapidamente trasmesso a Terra. Questo richiede un numero elevato di stazioni di Terra, con forte impatto sul costo dell'infrastruttura e sulla dipendenza da reti terrestri per

la trasmissione del dato verso l'utente finale. Inoltre, i requisiti di sicurezza di applicazioni in campo possono non prevedere stazioni di terra locate fuori dal territorio nazionale e reti di trasmissione che passano per paesi stranieri potenzialmente con interessi avversi.

Per ridurre l'**Age of Information** a pochi minuti, al posto della tradizionale architettura «**Store&Forward**», è conveniente utilizzare reti inter-satellitari che realizzino una rete di connessioni direttamente nello spazio (vedi Figura 13).

Il diffuso interesse per grandi costellazioni in orbita bassa per applicazioni SatCom, OT e ibride risponde a esigenze strategiche per varie utenze civili, governative e militari.

- L'uso di connessioni inter-satellitari ad alta efficienza permette il sostanziale abbattimento del tempo di risposta di satelliti per SatCom e OT, oltre che la quasi indipendenza da strutture terrestri per la trasmissione del dato.

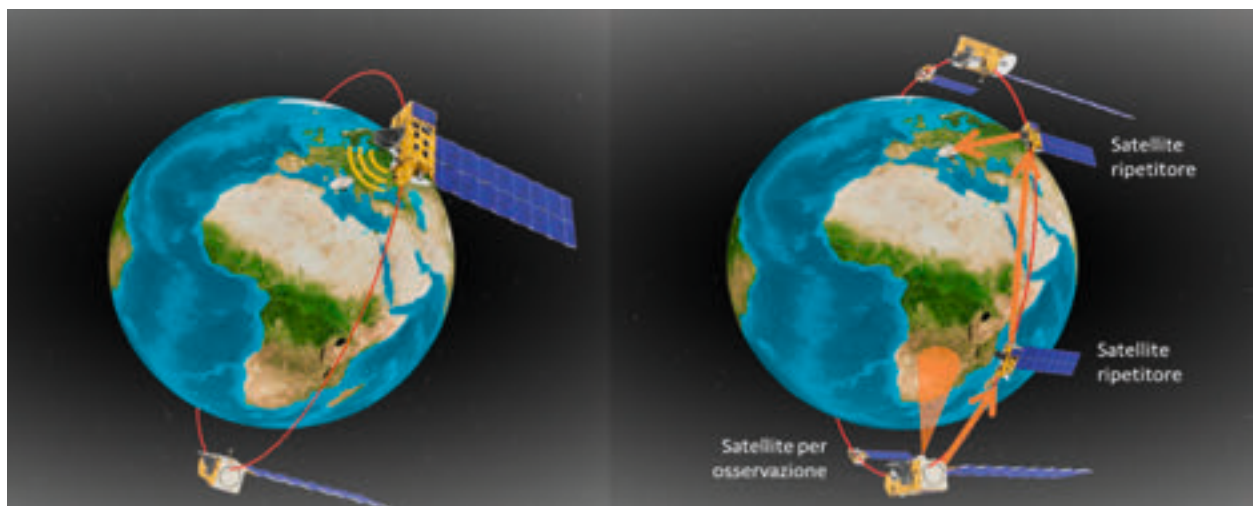


Figura 13: Store&Forward (SX) vs. Inter-Satellite link (DX)

- Per abilitare tali applicazioni, è essenziale lavorare allo sviluppo di un rice-trasmittitore in banda ottica italiana, compatibile con moderni satelliti LEO per SatCom e OT, con bitrate di ~1 Gbps e portata ~5000 km.

1.4 Costellazione di Micro-Satelliti integrati alla Rete 5G - Nokia

L'Ing. Giampaolo Panariello di Nokia (componente anche della Comm Aerospazio) ha presentato le nuove Costellazioni di Micro-Satelliti Integrati alla Rete 5G terrestre. Non-Terrestrial Network (NTN) è il nome dato dall'ente di standardizzazione del radiomobile, il 3GPP (3rd Generation Partnership Project), alla componente satellitare del 5G, che sarà poi ulteriormente sviluppata nel 6G. In particolare, la standardizzazione di NTN è prevista nel 5G Advanced, ad iniziare con le Release 17 (che dovrebbe essere congelata tra pochi mesi) per poi essere completata nella Release 18. I principali Use Cases per NTN sono i seguenti:

- Service Ubiquity, la capacità di fornire servizio radio-mobile dove non risulta implementabile attraverso reti terrestri.
- Service Continuity/Resiliency, La capacità insita in un sistema satellitare di fornire un servizio in caso di disastri naturali, fuori-servizio o danneggiamento delle reti terrestri.
- Service Scalability, la capacità di scaricare il traffico dalle reti terrestri durante busy hours.

L'architettura di una rete NTN è composta dai seguenti elementi:

- La Piattaforma NTN, si tratta della componente spaziale della rete, una costellazione di satelliti (generalmente LEO per mantenere bassa la latenza di trasmissione) oppure un Unmanned Aircraft System (UAS) generalmente una Piattaforma Stratosferica (HAP – HighAltitude Platform).
- Terminale NTN, possono essere 3GPP User Equipments, generalmente in S-Band, oppure VSAT in Ka band, ad esempio per Backhauling di stazioni radio o 5G bubbles.
- NTN Gateway, la connessione logica tra la piattaforma NTN e la rete mobile 5G.
- Service link, la connessione radio tra la piattaforma NTN ed i terminali (copertura multibeam).
- Feeder link, la connessione radio (oppure ottica laser) tra la piattaforma NTN e l'NTN Gateway.

Opzionalmente Inter-Satellite Links (ISLs) permetteranno la connessione tra diverse piattaforme NTN, riducendo il numero di NTN Gateway necessari (vedi Figura 14).

Calata nel contesto di una rete 5G, la componente satellitare dell'NTN (Figura 15) può essere:

- Transparent (Bent-Pipe), quando il satellite (o l'HAP) hanno un ruolo di ripetitore nello spazio, ed a terra, subito a valle dell'NTN Gateway si trova la banda base della stazione radio gNB.

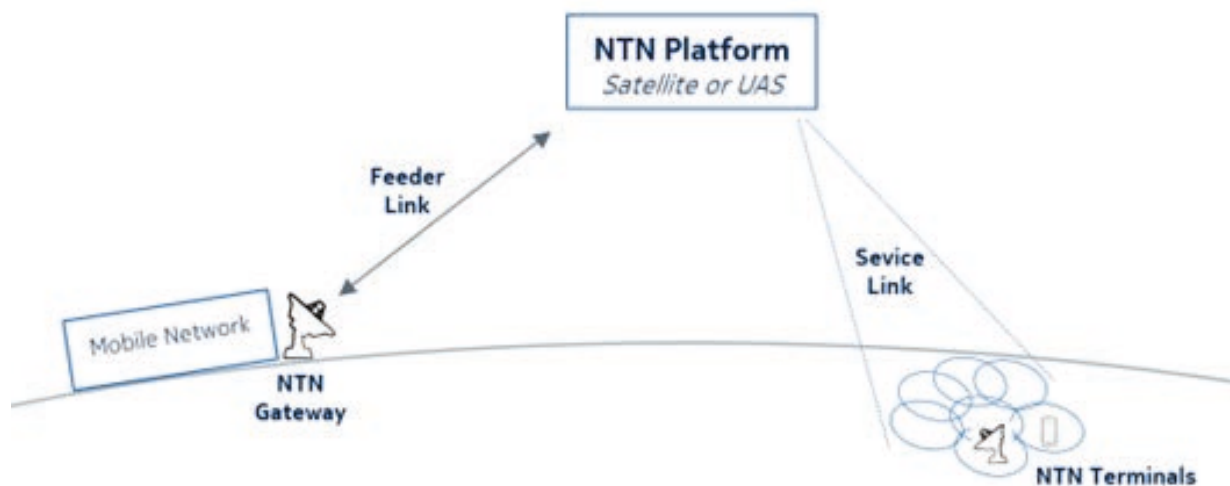


Figura 14: Architettura della Rete NTN

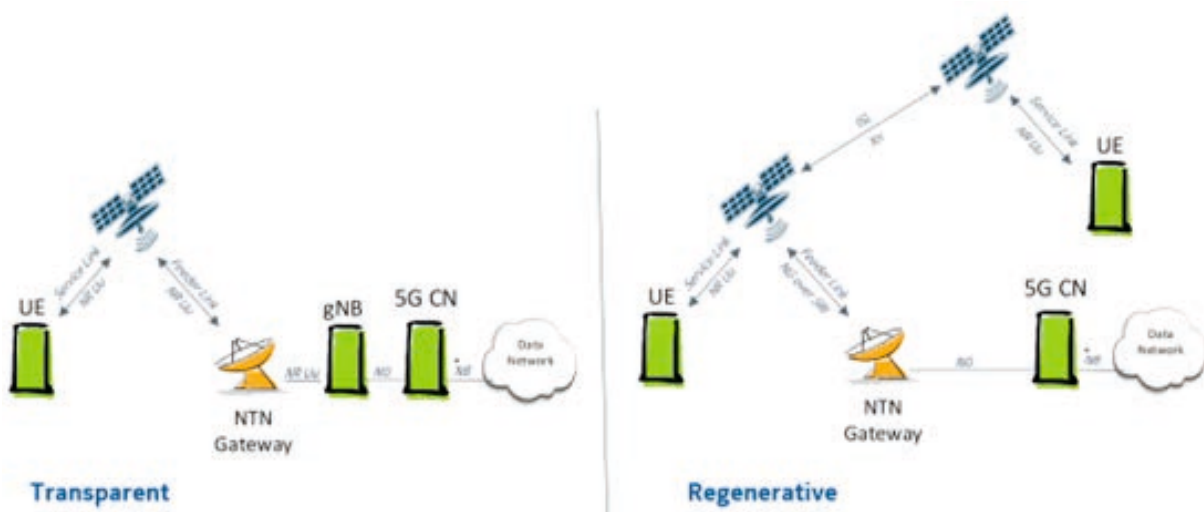


Figura 15: Bent-Pipe and Regenerative architectures

- Regenerative, quando sul satellite (o HAP) si trova l'intera stazione base della rete 5G e NTN Gateway svolge il ruolo di connessione con la rete di trasporto terrestre per raggiungere la core network.

Eventuali soluzioni di Edge computing sarebbero posizionate in prossimità dell'NTN Gateway. Costellazioni satellitari LEO in fase di completamento, o prossime ad essere lanciate, come Starlink, One-Web, Kuiper, Telesat, non sono standard 3GPP, bensì implementano soluzioni

proprietarie. Possono essere in ogni caso utilizzate come backhauling satellitare a bassa latenza di stazioni radiomobili o bolle 5G, contribuendo alla copertura 3GPP della superficie terrestre. Diversi operatori terrestri hanno già annunciato la collaborazione con questi operatori satellitari.

Nonostante lo standard 3GPP per NTN non sia stato ancora completato (Release 17), alcuni operatori satellitari stanno pensando di lanciare costellazioni LEO, andando ad apportare alcune modifiche allo standard

3GPP attualmente in campo (Release 16), consentendo la connessione diretta a terminali oggi in campo.

È il caso di AST Spacemobile e Lynk, che promettono di servire direttamente i terminali oggi in uso, con le frequenze terrestri, dando vita a soluzioni pre-Standard 3GPP. Visto lo stato della standardizzazione, il lancio di un servizio NTN 3GPP standard non è previsto prima del 2024-2025.

2. Scenario di Sviluppo Industriale

L'Ing. Giovanni Nicolai, Presi-

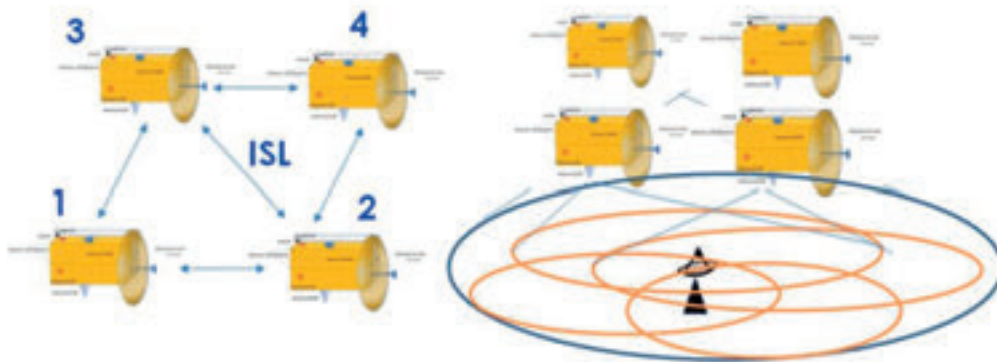


Figura 16: illustrazione del concetto di formazione di satelliti per Spectrum Surveillance

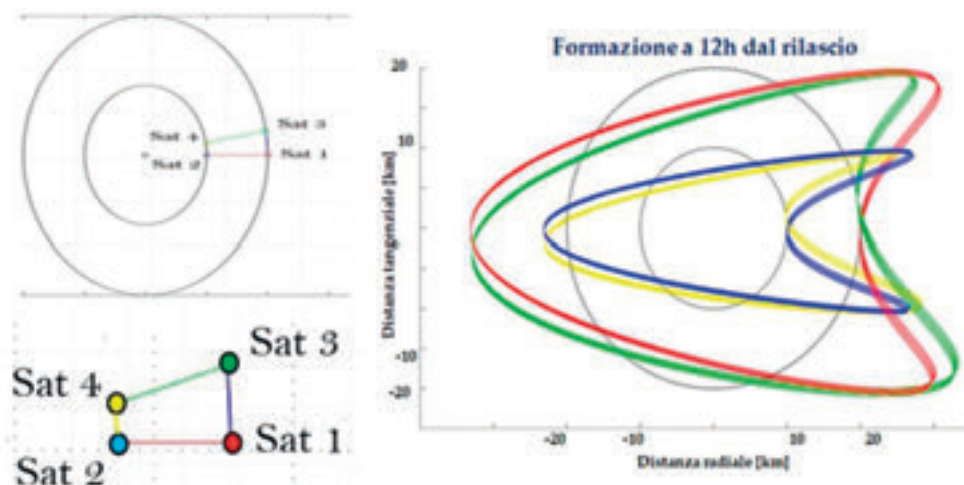


Figura 17: analisi perturbazioni orbitali sui satelliti della formazione

dente della Commissione Aerospazio, è stato il moderatore di questa sessione del Seminario.

2.1 Formazioni di Micro-Satelliti per Spectrum Surveillance – SIA e Italspazio

Il Prof. Ing. Stefano Carletta, della Scuola di Ingegneria Aerospaziale (SIA) dell'Università di Roma La Sapienza con l'Ing. Paolo Vita di Italspazio hanno descritto il progetto Aramis (PNRM) costituito da una Formazione di Micro-Satelliti per Spectrum Surveillance. Tale missione è definita come la ricezione/intercettazione dati relativi a sorgenti di trasmissione, queste operazioni usualmente sono svolte da stazioni di terra o da piattaforme mobili (mare, aria, terra), le piattaforme orbitali rappresentano una soluzione flessibile, duratura, eventualmente globale, competitiva in termini di costi e tempi di messa in servizio.

Affinché il rilevamento di sorgenti elettromagnetiche consenta una geolocalizzazione precisa deve essere condotto da una

formazione di n satelliti, le performance del servizio dipendono dal numero e dalla distanza relativa tra i satelliti della formazione (Figura 16).

Dal momento che le performance dipendono dalla distanza relativa dei satelliti del cluster, in accordo coi requisiti di necessario ISL, il problema dell'influenza delle perturbazioni orbitali che porta a variazioni di distanza, fino addirittura alla fisica interferenza, è stato profondamente analizzato e valutato al fine di scegliere una ottimale soluzione

nel numero dei satelliti componenti la formazione (Figura 17). Sono state analizzate (Figura 18) due possibili tipologie di costellazioni ad alta e bassa inclinazione (Globale e Locale) con differente numero piani orbitali e numero di satelliti per cluster per ognuna tipologia al fine di ottenere un tempo di rivisita in accordo coi requisiti dell'operatore.

Questa costellazione è composta da satelliti con una architettura di telecomunicazioni complessa e innovativa dovendo includere, accanto al classico

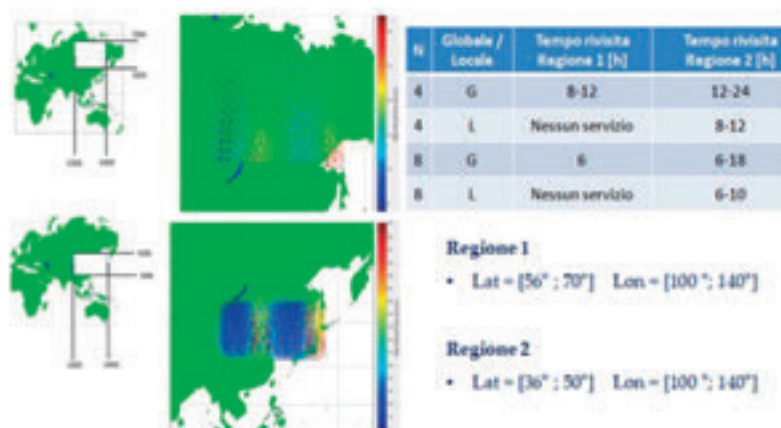


Figura 18: Analisi di copertura per ottimizzazione del tempo di rivisita

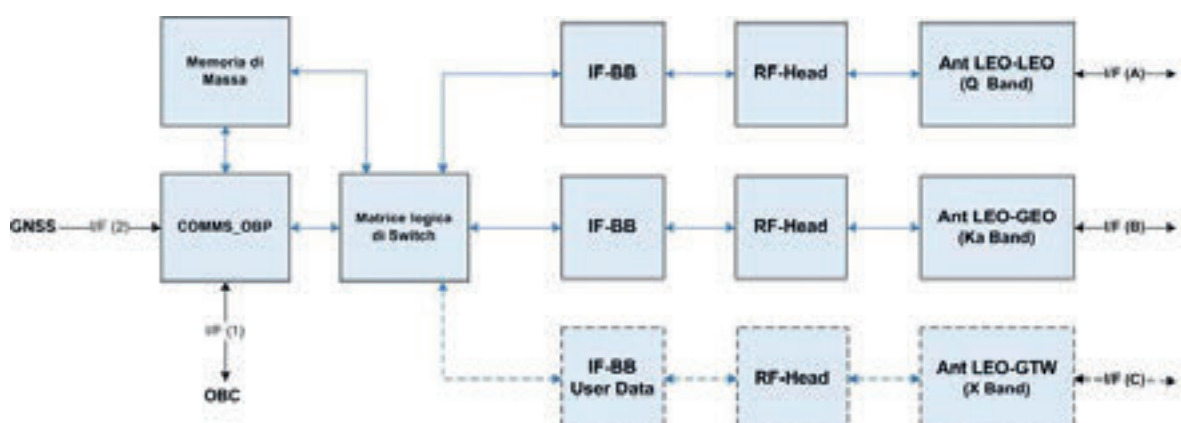


Figura 19: architettura del sistema di comunicazione

Sottosistema	Massa [kg]	Volume [U]
Payload	1.122	6.3
EPS	2.2	1
ADCS	1.3	1.7
OCS	6.8	2.65
Propulsore	0.38	(esterno)
Propellente	4.3	(serbatoio)
Serbatoio	2	2.4
GNSS	0.11	0.15
OBC	0.038	0.1
TTC	0.0128	0
Struttura	1.2	
TOTALE	13.3	11.75

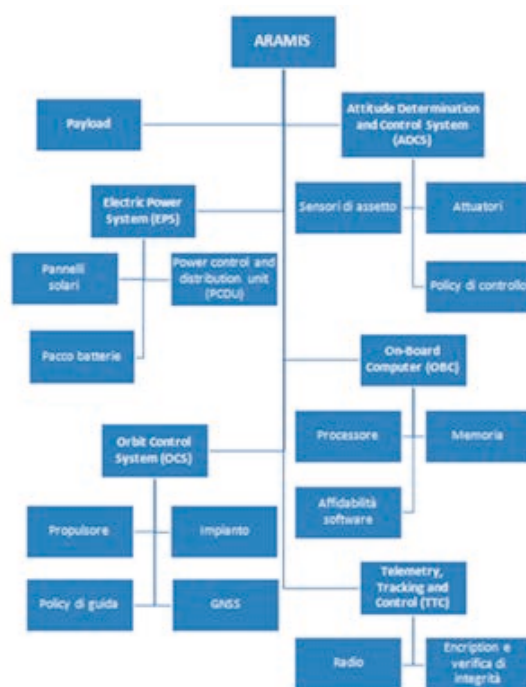


Figura 20: Architettura e specifiche della piattaforma orbitale selezionata

sistema di down link al segmento di terra, il sistema di inter-satellite link fra i satelliti della formazione/cluster e un sistema per comunicazione verso satelliti per data relay geostazionario al fine di diminuire l'età del dato rilevato e trasmesso all'operatore del sistema (Figura 19). Al fine di ridurre i costi e utilizzare sistemi COTS affidabili già

presenti sul mercato spaziale a TRL9 si è pensato ad una piattaforma basata su filosofia cube-sat di 12U (Figura 20).

2.2 Le nuove costellazioni per l'Osservazione della Terra – Ording Roma

L'Ing. Stefano Coltellacci, VP della Commissione Aerospazio di Ording Roma ha presentato l'evoluzione delle nuove costellazio-

ni per l'Osservazione della Terra e i possibili sviluppi futuri. Infatti, il cambio di paradigma non è semplicemente legato al singolo fattore di sviluppo tecnologico, economico o politico ma è stato il risultato di una combinazione di questi diversi elementi. Ovviamente il driver principale di sviluppo di sistemi spaziali, non solo per EO, è stato il con-

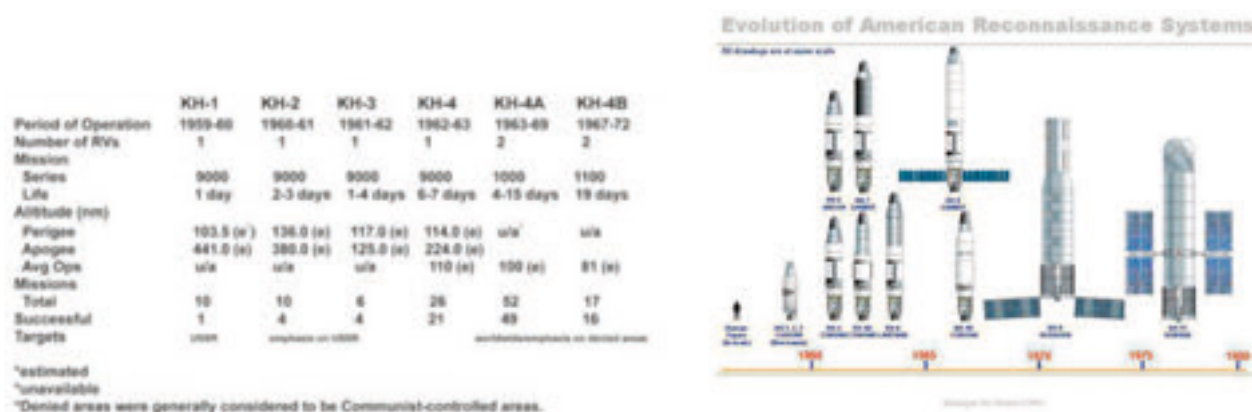


Figura 21: Sviluppo ed esempi di piattaforme per payload ISR durante la Guerra Fredda



Figura 22: Sviluppo ed esempi di piattaforme commerciali per payload ISR post-Guerra Fredda

fronto fra le due superpotenze che si sono fronteggiate durante la Guerra Fredda con capitali ingenti e spropositati investimenti al solo scopo di guadagnare il predominio nelle informazioni date dai payload ISR imbarcati sulle piattaforme orbitanti (Figura 21). Alla fine della Guerra Fredda i fattori economici, politici e tecnologici hanno reso possibile lo sviluppo di realtà commerciali che fornivano i medesimi servizi ai medesimi attori con costi concorrenziali e tempi di sviluppo e roll-off ridotti (Figura 22). Il cambio di marcia non era ancora avvenuto, il medesimo racconto veniva narrato da attori professionisti (non da militari o governativi) e con vestiti nuovi e più scintillanti (non più neces-

sariamente "fatti su misura" ma comprati in buon negozio "alla moda").

Con lo sviluppo dei cubesat si assiste all'inizio del vero cambio di sceneggiatura. Entrano in scena nuove realtà, sia private che dal mondo della ricerca universitaria, che possono approfittare appieno dello sviluppo tecnologico sviluppando soluzioni per payload e piattaforme, ma soprattutto servizi, rivoluzionari ed innovativi.

Con il cambio dello spettacolo si affacciano nuovi spettatori, desiderosi di approfittare di servizi in ambiente spaziale da sempre a loro negati poiché esclusivi, sia per motivi di sicurezza che per motivi di costi di accesso insostenibili. È mutata in pratica

la sostanza dei fattori *upstream* (infrastrutture fisiche abilitanti al raggiungimento dello Spazio e alle operazioni in orbita e.g.: sistemi di lancio, vettori, satelliti, apparecchiature); e *downstream* (operazioni, servizi e prodotti derivanti dalla raccolta dati e trasmissione segnali dei satelliti, dati poi analizzati da strumenti di software e resi disponibili a un uso commerciale, sia direttamente che indirettamente attraverso applicazioni: EO o posizionamento, navigazione, osservazione meteo. Tutte le attività space-enabled che per esistere e funzionare dipendono dalle infrastrutture spaziali. Le attività *downstream* consentono lo sviluppo delle cosiddette attività space-derived/space-rela-

ted in altri settori economici, che non devono la loro esistenza al settore spaziale ma che hanno beneficiato del trasferimento tecnologico come trasporti, tessile e agricoltura).

Il panorama è mutato ma anche i vecchi attori e spettatori si sono adeguati, la nascita del "New Space" o "Nuova era spaziale" (attori diversi, diversi obiettivi) negli anni Novanta e l'apertura dello spazio anche agli attori privati hanno generato un trend internazionale di collaborazione pubblico-privato. La "staffetta" tra ricerca pubblica (i cui investimenti e commesse risultano determinanti nel guidare i comparti spaziali nazionali) e iniziative private (dalle piccole start-up innovative a grandi attori come Space-X, Blue Origin, Virgin Galactic) sta evidenziando un trend evidente: la messa in orbita di satelliti commerciali nel 2020 è aumentato del 477% rispetto al 2019, e il valore complessivo del SNET Global 2500 è cresciuto nel 2020 del 14,7%, riuscendo a resistere all'impatto della pandemia soprattutto grazie a contratti a lungo ter-

mine con attori governativi. La realtà della Space economy è bifronte, e mostra una rapida ascesa del settore privato con una persistente presenza pubblica (Figura 23).

Come sviluppi futuri per il settore EO si possono elencare:

- La miniaturizzazione dell'elettronica permetterà lo sviluppo di piattaforme molto più piccole ed economiche di quelle attuali (1-500 Kg), esse potranno trovare posto su grandi lanciatori dedicati per folti dispiegamenti, ma anche su piccoli lanciatori per sostituzione di satelliti non operativi.
- La diminuzione della taglia dei satelliti sarà percentualmente minore nei sistemi ottici dove l'alta risoluzione è requisito primario, si prevede un forte sviluppo nella elaborazione a terra per ottenere prodotti immagine con risoluzioni elevate (sintetiche) anche a fronte di ottiche di ridotte dimensioni.
- Per i satelliti con payload SAR la minore potenza a bordo sarà bilanciata dall'al-

to numero di satelliti della medesima classe appartenenti alla costellazione che potranno colmare il requisito di time coverage/orbit.

- Il ground segment sarà composto da piccole stazioni automatizzate per minimizzare il costo di ore/uomo e con potenziale processamento automatico della immane quantità di dati (interconnessione forte fra i nodi del GS è auspicabile). Potenziali benefici anche nel settore immobiliare per allocazione di aree "pregiate".
- Nelle costellazioni di satelliti medio-piccoli e molto sofisticati, i costi elevati di sviluppo e di quantità di materiali e ore lavoro vengono ammortizzati dalla vendita di servizi di alto valore aggiunto.

2.3 Il Programma Urano– OHB Italia

L' Ing. Paolo Cerabolini di OHB Italia ha descritto il Programma Urano che è basato sulla piattaforma modulare EAGLET che può essere utilizzata per diverse tipologie di payload, quali

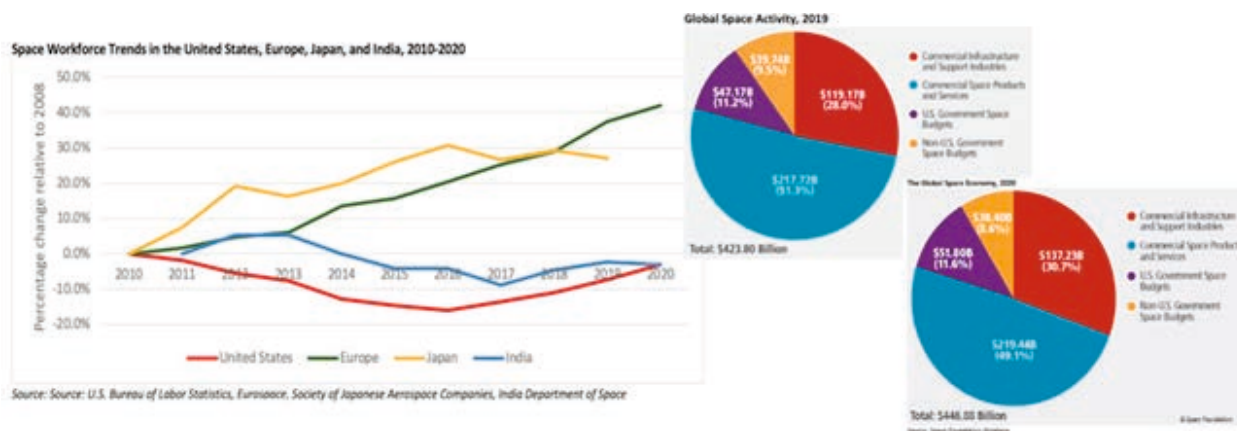


Figura 23: Trend e analisi del mercato spaziale 2019-2020

Ottico, Radar SAR CW e Sigint (in collaborazione con aziende nazionali del settore). La realizzazione della costellazione garantirà all'Italia una posizione di assoluta rilevanza nel settore dell'Osservazione della Terra grazie alle infrastrutture ottiche (alta risoluzione, iperspettrale, costellazione di microsattelliti con breve tempo di rivisita) e Radar (Figura 24).

La costellazione URANO (Figura 25) affianca al concetto di risoluzione spaziale quello di altissima risoluzione temporale ed è in grado di offrire servizi sia ad Enti Governativi ed Istituzioni che ad Aziende che operano in scenari commerciali in cui l'accesso a dati ed immagini diventa prioritario per lo sviluppo del business, quali:

- Enti preposti alla difesa del territorio che richiedono capacità di persistent intelligence e situational awareness nell'osservazione di target sensibili per garantire una adeguata superiorità informativa.
- Organizzazioni Governative che richiedono servizi di monitoraggio puntuale, assistenza nella gestione delle catastrofi, controllo dei confini/territorio e servizi di monitoraggio ambientale anche ad integrazione di quelli forniti dalla Costellazione Copernicus.
- Agenzie o Società Internazionali che si occupano di business intelligence, settore emergente con grandi prospettive di sviluppo.
- Grandi Aziende con interessi commerciali (agricoltura, estrazione di materie prime,

pesca, ecc.) che operano in scenari complessi ed in continua evoluzione.

Nell'ambito dei principali campi di interesse operativo della Forza Armata, le costellazioni di microsattelliti possono fornire un importante contributo satellitare alla creazione della Maritime Situational Awareness (MSA) integrando le informazioni provenienti dalle reti radar costiere esistenti. Partendo dalle caratteristiche della costellazione URANO, una costellazione a numerosità ridotta dedicata alla MSA e ipotizzando un'area di interesse nel Mediterraneo.

Aspetti spaziali dedicati, forniscono informazioni fondamentali che grazie all'implementazione di tecniche e algoritmi di intelligenza artificiale, machine learning e di gestione dei big data, possono permettere alla MM di raccogliere, gestire e analizzare una svariata serie di informazioni provenienti da tutti i sensori dedicati alla Intelligence Surveillance Targeting Acquisition e Reconnaissance (ISTAR) per rilevare, tracciare e identificare le eventuali minacce presenti sopra e sotto la superficie in vaste aree di operazioni. L'orbita in cui posizionare

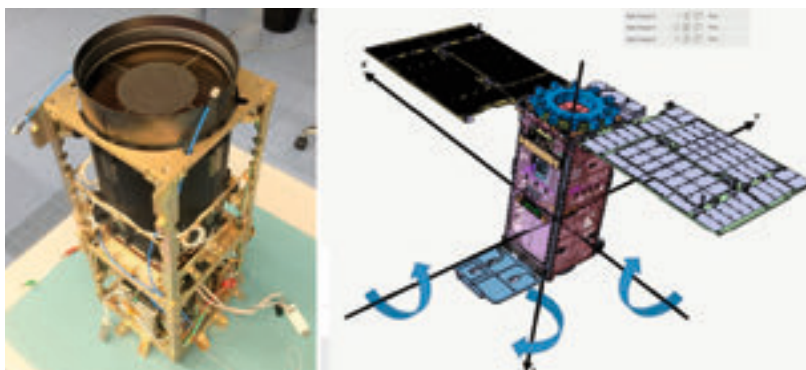


Figura 24: La Piattaforma EAGLET-2

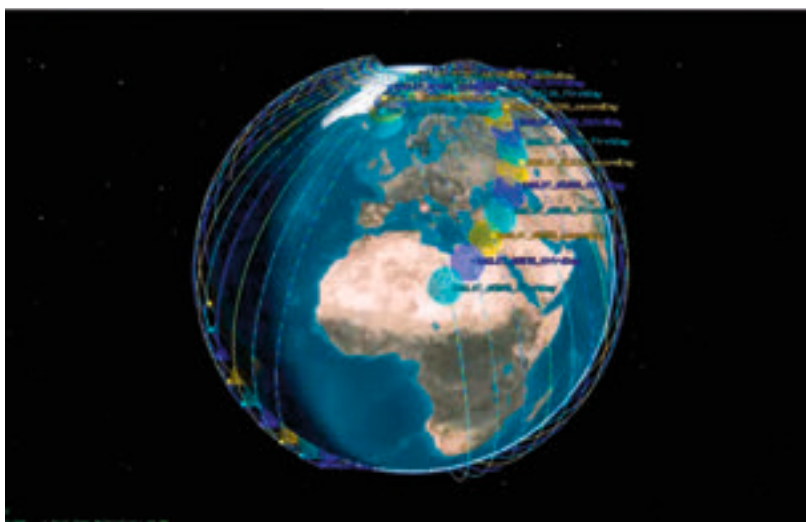


Figura 25: Simulazione orbitale della Costellazione URANO

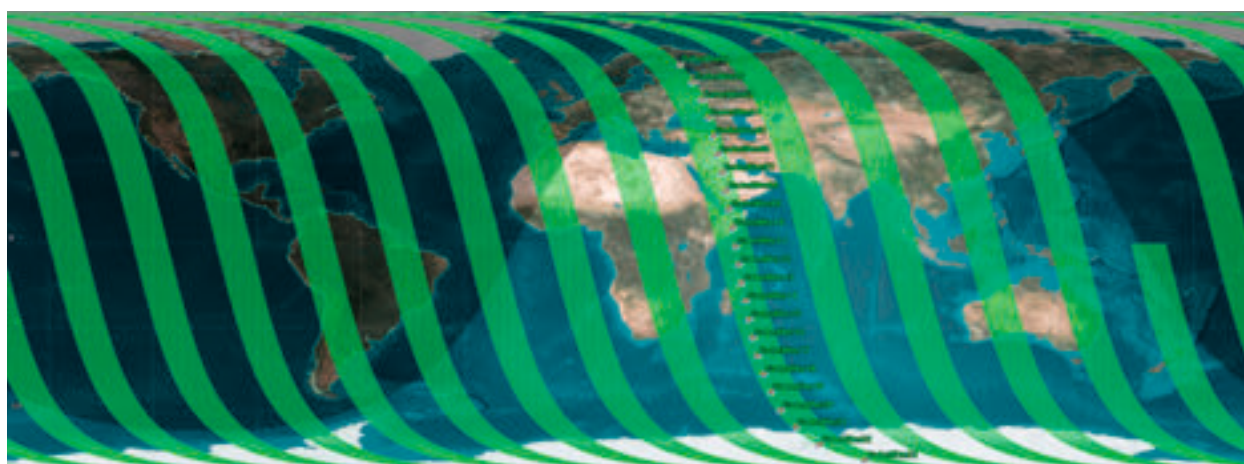


Figura 26: Costellazione URANO per MSA

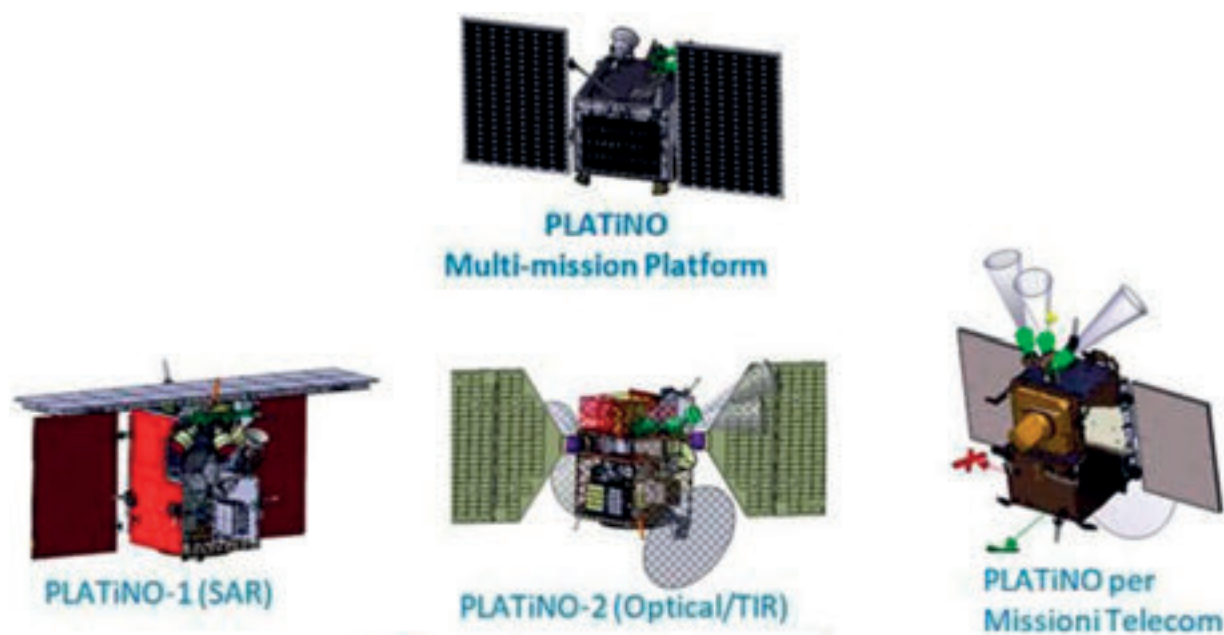


Figura 27: la piattaforma multi missione PLATINO

una costellazione dedicata alla MSA, e la sua numerosità, sono funzione della capacità che si ha intenzione di sviluppare. Il design dell'orbita della costellazione deve quindi essere realizzato tenendo conto dei requisiti principali richiesti, come, per esempio, la definizione dell'area di interesse, i tempi di rivisita, la ripetitività della traccia a terra. Nell'ambito della MSA,

le prestazioni di rivisita sono di fondamentale importanza allo scopo di aumentare la probabilità di prevedere la posizione futura dell'imbarcazione a ogni singolo passaggio del satellite, così come l'ampiezza dello scenario di riferimento (Figura 26). La soluzione proposta ha come conseguenza una capacità di coverage giornaliera non solo dell'area di interesse, ma della

quasi totalità della penisola italiana e dei suoi mari, con ottime potenzialità strategiche. Si otterrebbe inoltre una copertura del 45% del globo terrestre. Utilizzando orbite ascendenti lo scarico dei dati acquisiti sul Mediterraneo avverrebbe praticamente in tempo reale su una stazione in Italia o con qualche minuto di ritardo impiegando una stazione polare.



Figura 28: Genesi di un moderno sistema per EO

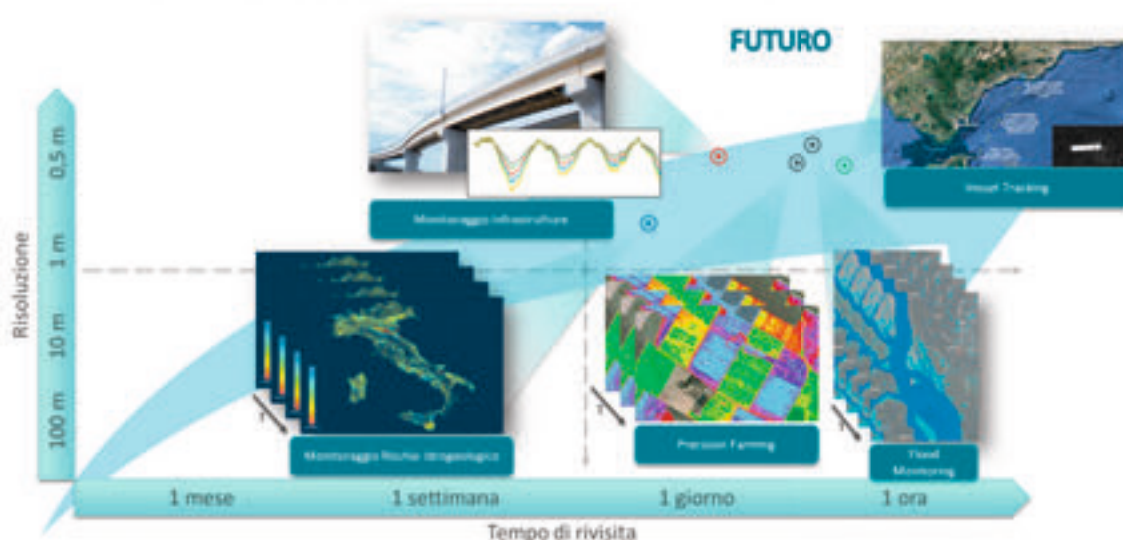


Figura 29: Sviluppo Temporale d Servizi e Immagine con costellazioni della Famiglia Platino

2.4 Sviluppo di Costellazioni di Piccoli Satelliti – Sitael

L' Ing. Fabrizio Novali ha presentato i piani di Sitael per lo Sviluppo di Costellazioni di Piccoli Satelliti basate sulla piattaforma **Platino** (Figura 27).

La genesi di una costellazione in linea con i dettami del New Space segue lo schema indicato in Figura 28.

Un'avanzata progettazione come quella sopra descritta permette una compressione dei tempi nella fornitura di prodotti immagine derivati e servizi ad alto valore aggiunto (Figura 29).

Inoltre, pensando ad una gestione innovativa i dati sono archiviati nativamente in ambiente cloud, la consultazione, ordine e tasking vengono aggiornate da lesson learnt nelle missioni prece-

denti, l'infrastruttura è orientata all'automazione e il volume dati generato consente data analytics basate su AI e Deep Learning.

3. Scenario Studi e Iniziative

Il Col. Ing. Giovanni Arseni dello SMD (componente anche della Commissione Aerospazio) è stato il moderatore di questa sessione del Seminario.

3.1 Programmi Nazionali sui Micro-Satelliti - ASI

L'Ing. Silvia Natalucci di ASI espone Programmi Nazionali sui Micro e Nano Satelliti. L'ASI è impegnata da tempo nello sviluppo di missioni, tecnologie abilitanti e infrastrutture dedicate al settore dei micro e nanosatelliti, per consentire attività applicative innovative e Scientifiche. Tali attività hanno coinvolto in maniera trasversale tutte le unità operative, ma fino allo scorso anno non esisteva all'interno dell'Agenzia un meccanismo formale di coordinamento o condivisione di conoscenze ed esperienze relativamente a tali classi di missioni. Nel novembre 2020 è stata istituita un'unità operativa dedicata alle attività del settore Micro e Nano-Satelliti per rispondere a una crescente esigenza di coordinamento, scambio di informazioni e mitigazione dei rischi associati a queste tipologie di missioni al fine di massimizzarne i benefici. Gli obiettivi principali dell'Unità Micro e Nanosatelliti sono:

- **Consolidare la leadership europea nel settore** attraverso missioni di dimostrazioni tecnologica, scientifico applicative e service-oriented in tutti i campi applicativi di maggior attualità ed interesse (remote sensing terrestre e planetario, telecomunicazioni radio, ottiche e quantistiche, radioscienza e astrofisica, esplorazione robotica planetaria, in orbit servicing, SSA/SST).
- **Sostenere lo sviluppo di una roadmap tecnologica nazionale** delle tecnologie abilitanti e dei payload dedicati

a questa tipologia di piattaforme satellitari stimolando la filiera degli operatori nazionali, in particolare PMI, a presidiare l'intero panorama degli equipaggiamenti e delle tecnologie del settore.

- **Contribuire ad una riduzione del time-to market e dei costi di sviluppo** di nuove tecnologie, nuove architetture e tipologie di missione del settore, anche in sinergia con i sistemi esistenti, con particolare attenzione allo sviluppo di capacità low cost per l'esplorazione in Deep Space.
- **Favorire collaborazioni internazionali a sostegno della "Space Diplomacy"** azionale tramite le missioni con piattaforme nanosatellitari sempre più caratterizzate da una dimensione ed un interesse globale.

Vi sono molti progetti di costellazioni di micro e nano satelliti finanzate da ASI con Fondi Nazionali, Fondi ASI, ESA GSTP, Bando "Future missioni Cubesat" (Figura 30).

Fondi Nazionali

- HERMES-TP prevede la realizzazione di tre nano-satelliti, equipaggiati con rivelatori di raggi X ad alta tecnologia e di piccole dimensioni, che si aggiungeranno ad altri tre cubesat gemelli finanziati nell'ambito del bando Horizon 2020 SPACE-20-SCI (HERMES-SP). La costellazione sarà dedicata all'osservazione di Gamma Ray Burst (GRB) e sarà in grado di localizzare queste enormi esplosioni cosmiche in maniera tempestiva (qualche minuto) e precisa (<1 deg) fornendo un contributo di assoluta rilevanza alla cosiddetta "astrofisica multi-messenger". Il team è basato su una collaborazione internazionale che include, oltre l'INAF, l'Università di Cagliari, il Politecnico di Milano, le Università di Trieste, Udine, Ferrara, Napoli Federico II, Tubingen, Nova-Gorizia, Eotvos Budapest, e diverse piccole-medie industrie slovene, ungheresi e

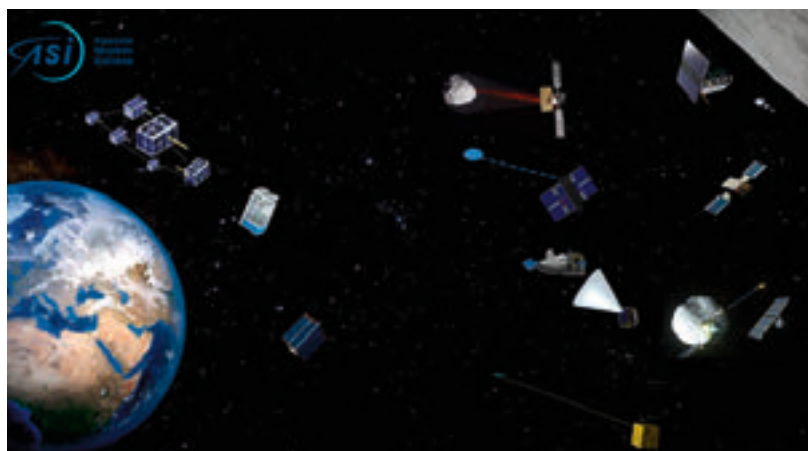


Figura 30:
Alcune delle missioni in corso, in fase di lancio o finanziamento da parte di ASI

spagnole. *Status*: fase C/D in corso, lancio previsto Q4 2022/Q1 2023.

- **GREENCUBE (3U)** primo esperimento assoluto di coltivazione di vegetali superiori in ambiente estremo oltre la LEO, alloggerà un sistema integrato di "Environmental Control and Life Support System" (ECLSS), che agirà in totale autonomia per il monitoraggio non distruttivo dello stato di salute e di accrescimento della pianta ed il controllo dei parametri ambientali. Il *team*: Università di Roma Sapienza, ENEA, Università di Napoli Federico II. *Status*: fase C/D conclusa, sarà lanciato come payload secondario nel volo "maiden flight" di Vega C.
- **ASTROBIOCUBESAT (3U)** testare in ambiente estremo oltre la LEO la funzionalità di un laboratorio altamente integrato per ricerche nel campo dell'astrobiologia basato sulla tecnologia "Lab on Chip". La sfida principale del progetto sarà quella di mitigare gli effetti dell'elevato flusso di particelle cariche previsto, mantenendo l'intervallo di temperatura e pressione adatto a prevenire la degradazione dei reagenti. Il *team*: INAF, Università di Roma Sapienza, Università di Bologna, Università di Torino, Kayser Italia. *Status*: fase C/D conclusa, sarà lanciato come payload secondario nel volo "maiden flight" di Vega C.

Fondi ASI

- **PROGRAMMA IPERDRONE (6U)**, 3 linee di attività:
 - *Linea 1*: missione IPERDRONE.0. Prevede lo sviluppo, la realizzazione e il volo di qualifica di un sistema che dimostrerà la capacità di svolgere manovre in orbita rispetto ad un target virtuale predefinito e di acquisire immagini ad alta risoluzione simulando servizi di ispezione, ad esempio, della ISS o altri sistemi in orbita bassa (incluso lo stadio alto del lanciatore dopo la separazione).
 - *Linea 2*: studio di fattibilità della missione IPERDRONE.1. La linea di attività in oggetto è dedicata alla progettazione preliminare (sino alla System Requirement Review) di una missione che dovrà includere una fase operativa di approccio ad un sistema orbitante in LEO, con requisiti di safety pari a quelli imposti dalla ISS, il rientro dall'orbita LEO attraverso l'atmosfera, il raggiungimento della superficie terrestre, la verifica, a conclusione della missione, dell'integrità e del funzionamento del payload a bordo e l'eventuale riutilizzabilità dei principali sottosistemi.
 - *Linea 3*: sviluppi tecnologici per il Rientro. Avvio di uno o più sviluppi tecnologici preliminari abilitanti per la fase di rientro del sistema.

Team: CIRA, Kayser Italia, Tyvak. *Status*: è in corso la fase C della Linea 1, il lancio è previsto nel 2022.

- **ARGOMOON (6U)** fornirà immagini del secondo stadio propulsivo (ICPS) dello SLS e degli altri cubesat rilasciati durante la missione ARTEMIS1 a conferma della corretta esecuzione delle operazioni di separazione della capsula Orion e di rilascio dei payloads secondari. Verranno inoltre testate in orbita importanti tecnologie per la navigazione autonoma, il controllo orbitale, il controllo di assetto e le telecomunicazioni in spazio profondo. *Team*: Argotec e altri operatori nazionali (TSD, OPTEC, Università di Bologna, Politecnico di Milano). *Status*: integrato a bordo dello SLS, volerà come Payload secondario sulla missione ARTEMIS1 della NASA.
- **LICIACUBE (6U)**, fornirà immagini degli effetti dell'impatto del satellite DART sulla superficie di Dimorphos e dell'evoluzione dei debris prodotti dalla collisione. Il rilascio avverrà 10 giorni prima dell'impatto, successivamente LICIA effettuerà, in navigazione autonoma, un fly-by del sistema asteroidale mantenendosi a circa 50 chilometri di distanza. *Team*: Argotec e altri operatori nazionali (INAF, università di Bologna, Politecnico di Milano). *Status*: lanciato con successo il 26/11/2021 a bordo della missione DART della NASA.

ESA GSTP

- SROC (6U), prevede il rilascio di un cubesat installato all'interno della cargo bay di Space Rider, esecuzione di una fase LEOP per la verifica della funzionalità del sistema, ispezione di Space Rider attraverso payload ottici e docking finale prima del rientro a terra, il tutto garantendo la safety del sistema Space Rider anche in caso di failure del cubesat. La partecipazione italiana: PoliTo, Tyvak. *Status*: conclusa la fase A, fase B in definizione.
- M-ARGO (12U), prima missione CubeSat stand alone con l'obiettivo di validare tecnologie e operazioni cri-

tiche ed effettuare un rendezvous con un NEO per caratterizzarne le proprietà fisiche. La partecipazione italiana: analisi di missione, flight dynamics, esperimento di GNC optical navigation, radioscienza, deep space transponder e il micro SADA. *Status*: fase B in corso.

- LUMIO (12U), osservare, quantificare e caratterizzare gli impatti dei meteoroidi sul lato opposto della Luna, rilevando, attraverso sofisticati strumenti ottici, i lampi prodotti dal loro impatto. Queste osservazioni andranno a completare quelle già disponibili sul lato vicino della Luna. La partici-

pazione italiana: navigazione ottica, operazioni, payload, tecnologie a bordo. *Status*: fase B in definizione.

Il Bando "Future missioni Cubesat", nel 2020, partendo dalla considerazione che la filiera nazionale italiana nel settore CubeSat è caratterizzata da un gran numero di soggetti in grado di sviluppare missioni Micro e Nano-Satellitari dai contenuti scientifici e applicativi apprezzati dagli utenti finali, l'ASI ha pubblicato un bando denominato "Future Missioni Cubesat" da sostenere nell'ambito del "General Support Technology Program (GSTP)" dell'ESA o con fondi nazionali. L'ASI ha ricevuto 49 proposte, che coprono vari set-

N°	PRIME/MANDATARIO	ACRONIMO PROPOSTA	VOTO
16	IMT s.r.l.	BISS	92
28	Politecnico di Milano	VULCAIN	90,8
26	OHB Italia S.p.A.	SATURN	90,4
7	Argotec S.r.l. Società Unipersonale	HENON	89,6
25	Officina Stellare S.p.A.	EarthNext	88,8
17	INAF- Istituto di Astrofisica e Planetologia Spaziali	CUSP	88,4
39	TYVAK International s.r.l.	FUTURE	88
15	GP Advanced Projects srl	PiCo-IoT	87,2
40	Università degli Studi di Napoli Federico II Dipartimento di Ingegneria Industriale	RODIO	86,4
49	INAF-Osservatorio Astronomico di Arcetri	TASTE	84
36	Techno System Developments s.r.l.	SPEYE	83,6
46	INAF-Osservatorio Astronomico di Roma	ANIME	83,2
11	Dipartimento di Fisica Università degli Studi di Roma "Tor Vergata"	SEE	82,8
12	Distretto Tecnologico Aerospaziale (in sigla DTA) s.c.a.r.l.	INNOVATOR	82
5	Alma Mater Studiorum - Università di Bologna	BOREALIS	81,2
47	INAF-Osservatorio Astronomico di Brera	CHIPS	81,2
9	CIRA S.c.p.a.	RAMSESS	80,4
10	D-ORBIT S.p.A.	E.CUBE	80
30	Radarsensing s.r.l.	SAIL	80
41	Università di Pisa	EXITE	80

Figura 31: i Vincitori del bando ASI "Future Missioni Cubesat"

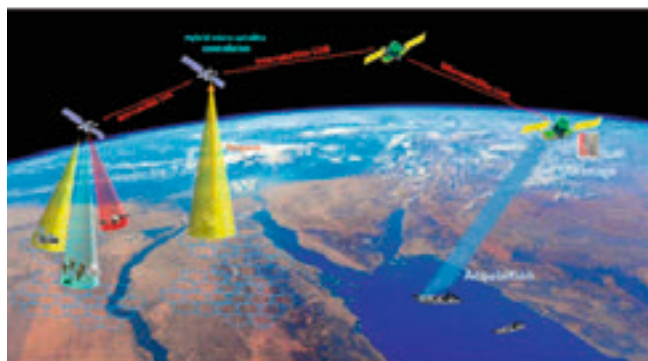


Figura 32:
Esempio di Costellazione ibrida per la diffusione "On Demand" di dati di rilevamento spaziale e comunicazioni di emergenza

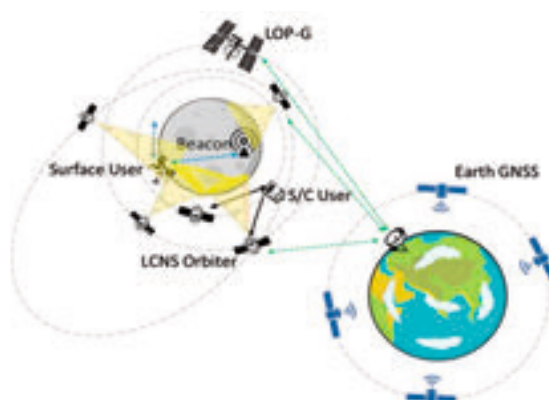


Figura 33:
Schema del Progetto MOONLIGHT

tori di interesse quali ad esempio osservazione della terra, telecomunicazioni, in orbit servicing e operazioni di prossimità, space weather, SSA/SST, esplorazione deep space, lunare e planetaria. Venti di queste proposte hanno superato positivamente la fase di valutazione (Figura 31).

I prossimi passi del percorso saranno l'avvio della fase A/B di tutte le proposte che hanno passato con successo la fase di valutazione e l'organizzazione di un workshop dedicato al settore dei micro e nanosatelliti volto a fare il punto sullo stato dell'arte nazionale e promuovere lo scambio e la cooperazione tra gli attori del settore.

3.2 Scenario Nuovi Servizi con Costellazioni Ibride - Telespazio

L'Ing. Marco Brancati di Telespazio ha descritto lo Scenario dei Nuovi Servizi con Costellazioni Ibride, partendo dalla definizione che *Una costellazione ibrida è composta da satelliti in diversi tipi di orbite, come LEO/MEO/GEO, satelliti con orbita*

geosincrona inclinata (IGSO) e satelliti con orbita altamente ellittica (HEO). I Satelliti possono essere eventualmente di dimensioni e peso differenti, ospitare carichi utili differenti e/o essere dedicati a più scopi, un esempio in Figura 32.

Gli scenari di applicazione sono:

- Ampia copertura a banda larga a bassa latenza;
- MSA: emergenza e sorveglianza;
- Infrastrutture critiche;
- Monitoraggio e comunicazione aeronautica;
- Telerilevamento - inclusi l'esplorazione della Terra e i sistemi satellitari meteorologici;
- Astronomia, ricerca nello spazio e nell'alta atmosfera;
- Intelligence: Space Situational Awareness (SSA), monitoraggio dello spettro RF;
- Servizi Internet delle cose (IoT).

Uno scenario innovativo e fortemente attuale porta a dispiegare questo tipo di costellazioni nella attuale e rinnovata corsa alla Luna, infatti nel frame del LCNS Project, Telespazio è inclu-

sa nel Progetto MOONLIGHT, che è l'iniziativa dell'Agenzia Spaziale Europea (ESA) per la realizzazione dei servizi lunari di Comunicazione e Navigazione (Lunar Communications and Navigation Services, LCNS) e delle relative infrastrutture. Una costellazione di satelliti ibridi lunari dovrebbe essere la soluzione più promettente come descritto in Figura 33.

Il Federated Fragmented Satellite System (FFSS) come soluzione integrata a livello di segmento spaziale e terrestre migliorerà molti servizi unendo, correlando ed estraendo le informazioni fornite da diversi sensori spaziali, inclusi quelli già operativi. Piccole costellazioni di satelliti frammentati federati, in grado di acquisire e ridistribuire grandi quantità di dati provenienti da una rete IoT distribuita, forniranno numerosi vantaggi in termini di costi. FFSS consente soluzioni sostitutive o l'aggiunta di nuovi sottosistemi e carichi utili in caso di guasti, aggiornamento degli strumenti o modifiche alla missione, au-

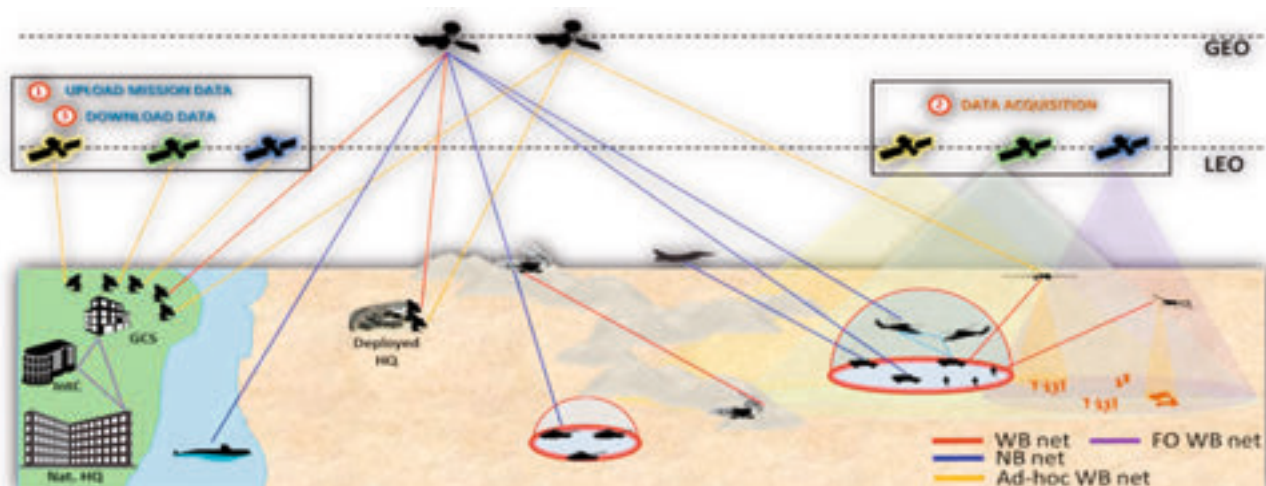


Figura 34: informazioni in area di operazioni militari

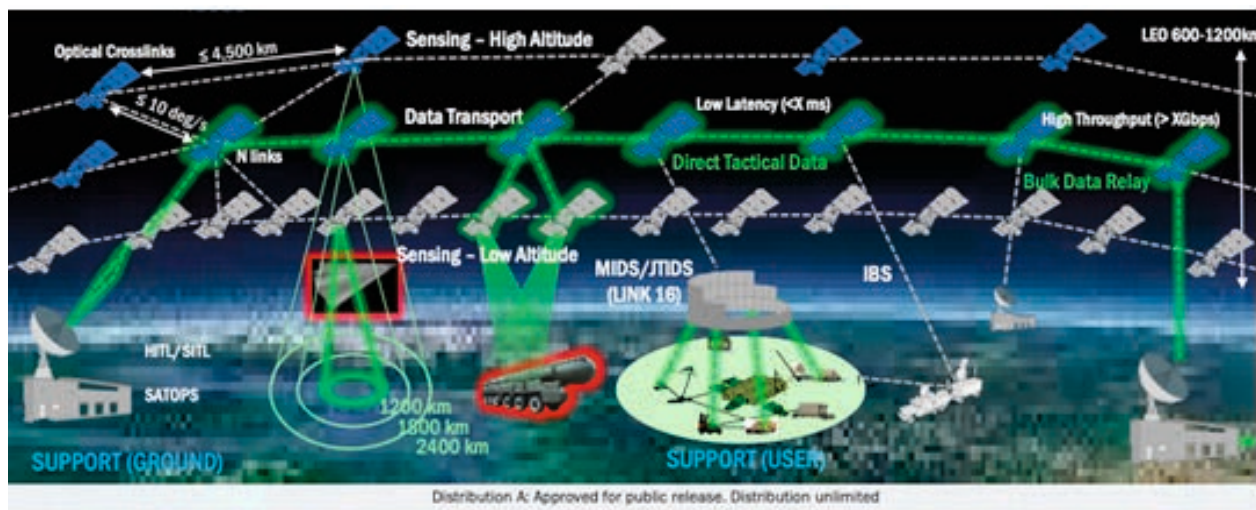


Figura 35: Schema della National Defense Space Architecture USA

mentando così la resilienza e la durata complessiva del sistema. Si aggiunge inoltre la possibilità di sviluppare diverse piattaforme spaziali collegate da ISL, al fine di raggiungere diversi obiettivi riducendo tempi, rivisitazioni, costi e complessità operativa.

3.3 Costellazione bassa latenza e larga banda a supporto delle Oper. Militari – SMD

Il Magg. Ing. Salvatore Alasso ha descritto la Costellazione tipo a bassa latenza e larga banda

che deve essere a supporto delle operazioni militari. Le informazioni in area di operazioni sono sintetizzate nei seguenti 4 punti (Figura 34):

1. Capacità di comunicazioni WB in locale.
2. Gateway satellitare NB per il riporto di informazioni.
3. SA del Posto Comando diversa da quella delle unità in operazioni.
4. Analisi dei dati acquisiti dai sensori solamente in post-processing.

Attualmente vi sono varie iniziative basate su utilizzo di operatori commerciali con propri asset orbitali e servizi come Starlink di SpaceX o iniziative di ricerca come il progetto Blackjack della DARPA. In generale lo schema di una costellazione a bassa latenza è sintetizzato nei seguenti punti:

- strato ISR SAT che vola a 600 km sopra la terra;
 - strato di trasporto in volo a circa 1.200 km;
 - strato del sensore di alta quota.
- Questa architettura è stata pre-

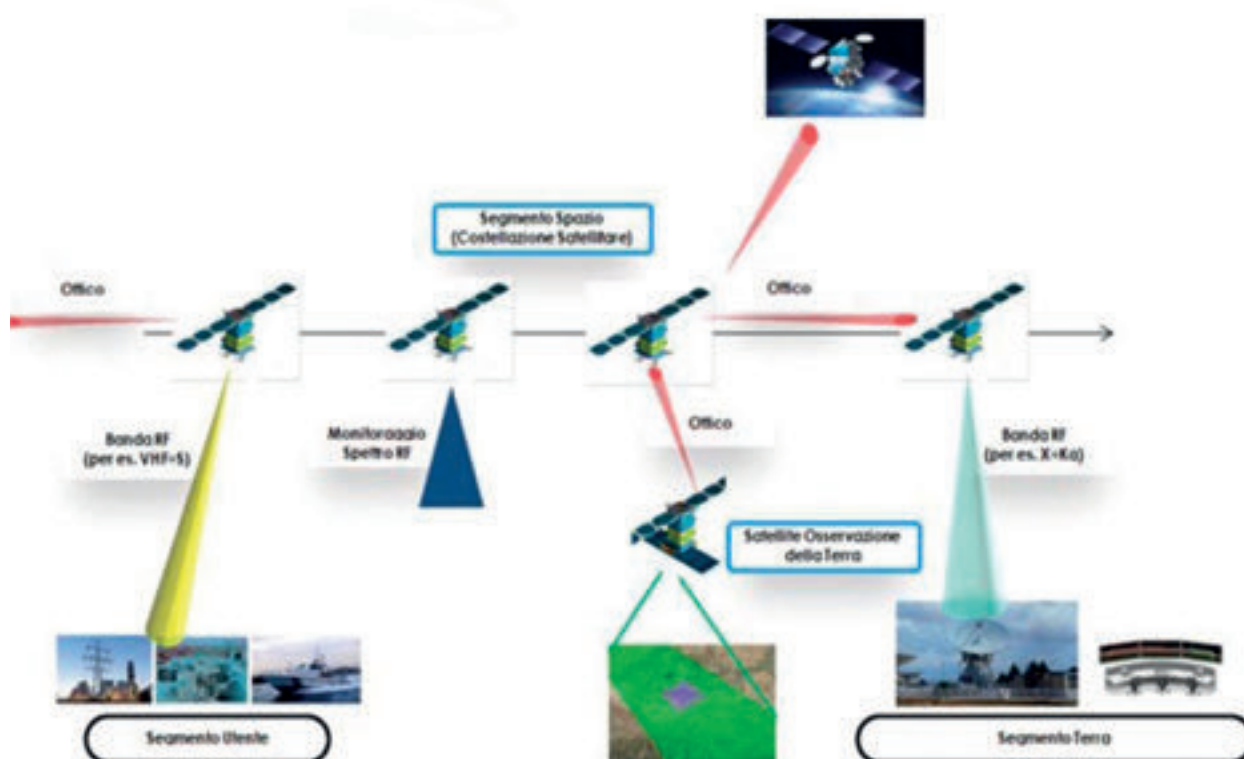


Figura 36: Architettura di sistema per costellazione ibrida di piccoli satelliti

sa ad esempio per la National Defense Space Architecture degli Stati Uniti (Figura 35).

3.4 Hybrid Constellation on Small Satellites – Thales Alenia Space Italia

L'Ing Paolo Conforto di Thales Alenia Space – Italia espone Hybrid Constellation on Small Satellites, gli scenari operativi di interesse militare richiedono la disponibilità di una varietà di informazioni ottenibili con strumenti per:

- comunicazione;
- monitoraggio e osservazione delle aree di intervento;
- gestione dell'informazione di tipo multi-missione.

Gli scenari richiedono la disponibilità di capacità e infrastrutture di diversa tipologia ad integrazione dei sistemi esistenti:

- Comunicazione satellitare

per scambio dati a bassa velocità (per es. del tipo M2M), a copertura globale, per terminali di piccole dimensioni e con prestazioni a RF della classe dei terminali personali sotto il completo controllo nazionale.

- Osservazione della terra per mezzo di satelliti EO di futura generazione con sistemi di data relay via ISL che permettano di aumentare i tempi di contatto con terra e quindi di ridurre i tempi per tasking del satellite che per trasmissione dell'immagine.
- Capacità satellitari di tipo ELINT per localizzazione e classificazione di sorgenti elettromagnetiche a terra.

Lo scenario è intrinsecamente multi-missione e dinamico nel tempo e deve prevedere una solu-

zione basata su segmenti spaziali dedicati ad un'unica missione per l'intera vita operativa del satellite porterebbe ad un uso meno efficiente delle risorse satellitari.

Un esempio di missione ibrida su Piccoli Satelliti si configura come un Sistema ibrido, multi-missione basato su una costellazione di comunicazione in orbita bassa (LEO) che supportino:

- missione di comunicazione verso sensori/attuatori;
- missione di comunicazione data relay con inter-satellite link (ISL) ottico da/verso sistemi satellitare di osservazione della terra;
- missione di monitoraggio sorgenti elettromagnetiche e interferenti (ELINT).

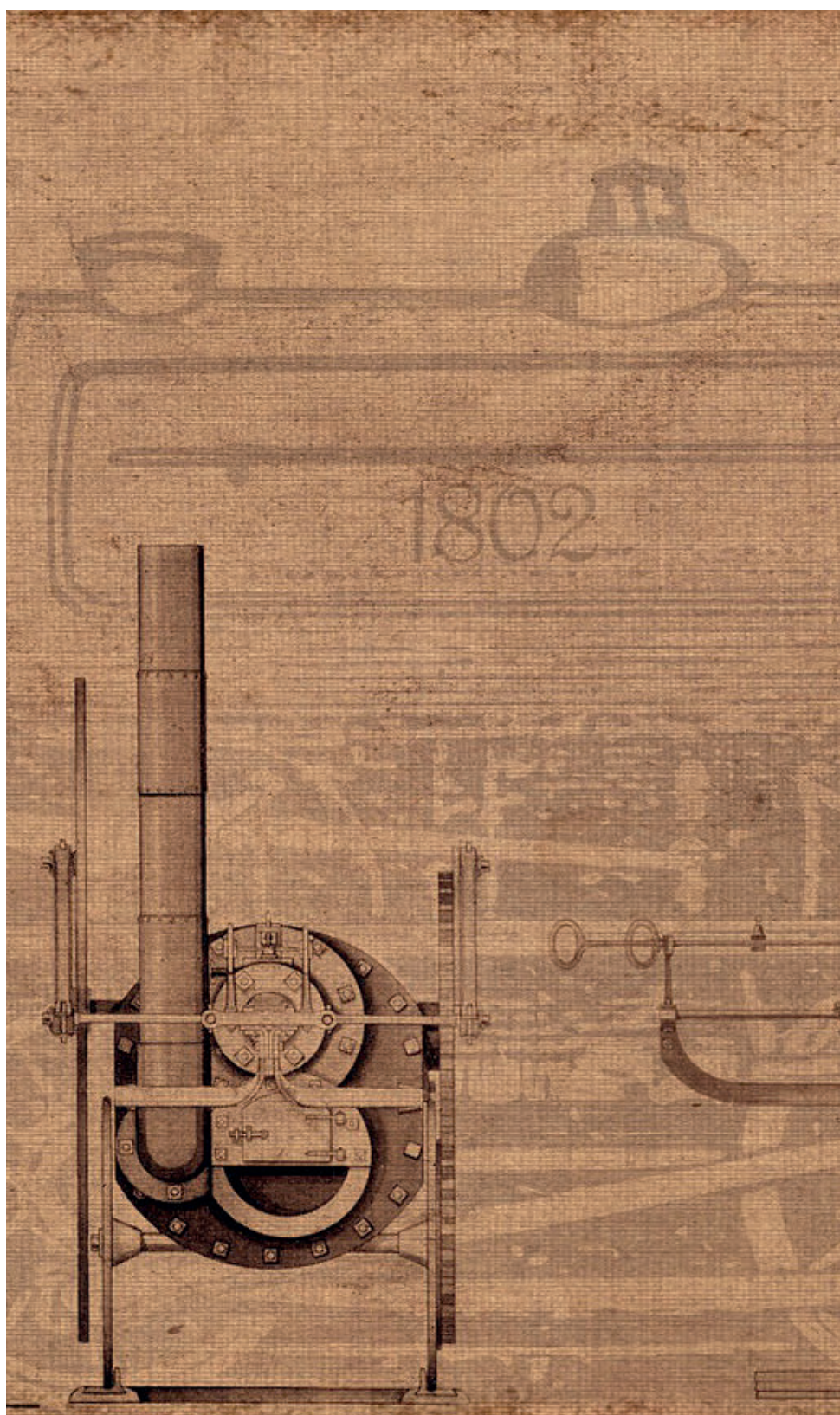
La soluzione tecnologica sarà basata su satelliti di piccole dimensioni (vedi Figura 36):

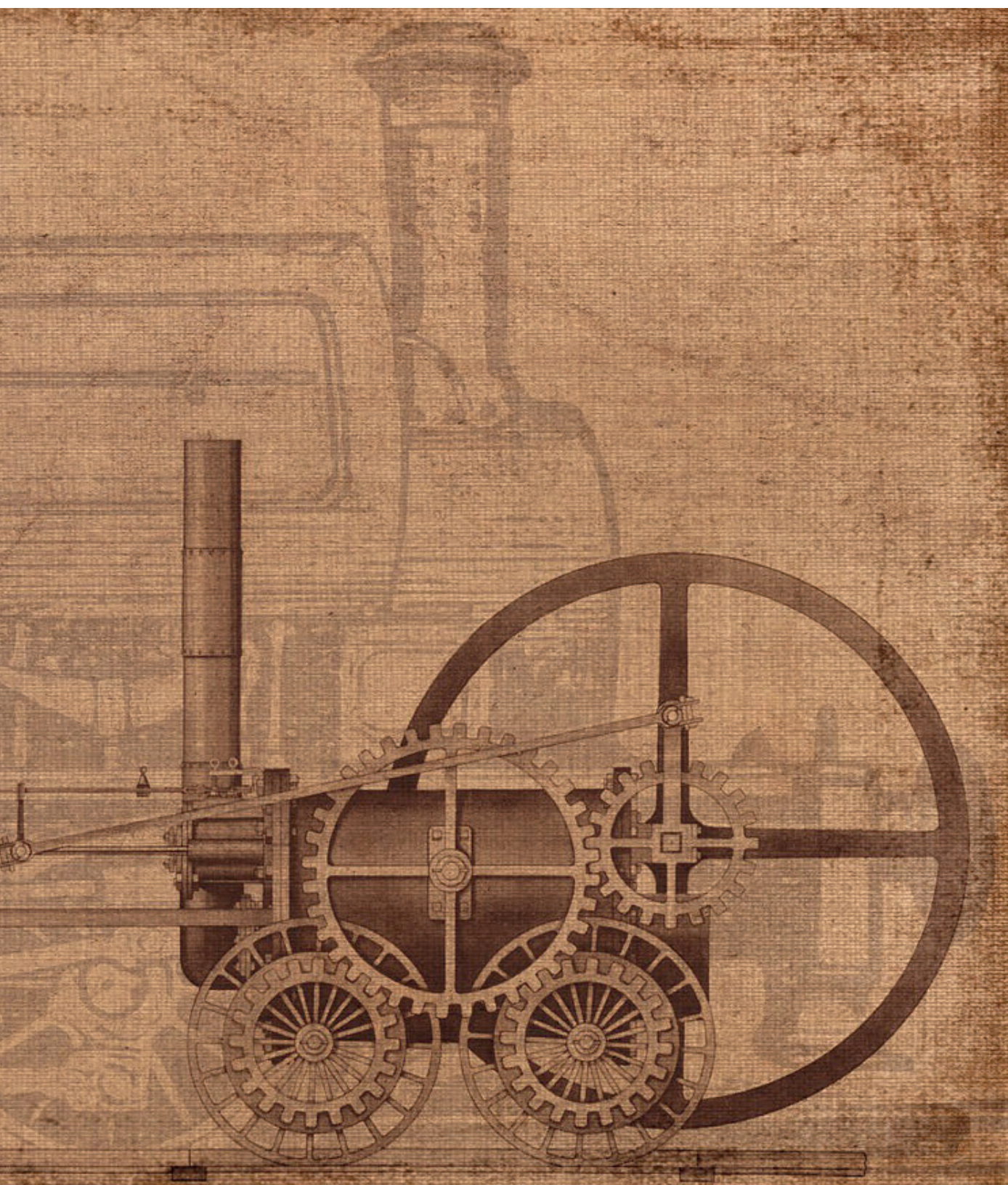
- massa al lancio dell'ordine dei 150 kg;
- carico utile riconfigurabile e multi-missione;
- processamento di bordo.

In generale la costellazione ibrida si basa sui concetti di multi-costellazione e multi-missione e l'analisi di possibili scenari operativi di interesse militare ha mostrato la necessità di soluzioni sistemistiche multi-missione e dinamicamente riconfigurabili nel tempo. Componenti necessari devono essere payload con capacità di comunicazione di tipo M2M, data relay e monitoraggio di sorgenti EM. Necessaria la capacità di interazione con future costellazioni/satelliti per fornire servizi con migliori prestazioni. Si dovranno attuare strategie di dispiegamento incrementale della costellazione di due tipologie:

- Breve termine: copertura di aree di maggior interesse strategico.
- Medio termine: estensione della copertura con lanci successivi sulla base delle esigenze operative.

Le tipologie di comunicazioni "store&dump" o "real time" secondo i requisiti dell'operatore a seconda di possibili applicazioni in ambito istituzionale e per monitoraggio di infrastrutture critiche di interesse nazionale.





AREE DEL SITO WEB DELL'ORDINE



L'Homepage
www.ording.roma.it



L'Albo degli iscritti
<https://ording.roma.it/l-ordini/albo-iscritti>



L'Area degli iscritti
[https:// area-iscritti.ording.roma.it/](https://area-iscritti.ording.roma.it/)



I seminari
<https://www.ording.roma.it/formazione/seminari/seminari>



Sito della rivista
[https:// rivista.ording.roma.it](https://rivista.ording.roma.it)

Elenco delle Commissioni
<https://www.ording.roma.it/l-ordine/commissioni/elenco-delle-commissioni>

ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI ROMA

Piazza della Repubblica, 59 - 00185 Roma

Tel.: 06.487.9311 - Fax: 06.487.931.223

Cod.fisc. 80201950583

Orari di apertura al pubblico degli uffici

Lun	09:30/12:30	14:30/17:30	Gio	09:30/12:30	14:30/17:30
Mar	09:30/12:30	14:30/17:30	Ven	09:30/12:30	Chiuso
Mer	09:30/12:30	14:30/17:30	Sab	09:30/12:30	Chiuso

La Segreteria dell'Ordine chiude alle ore 16:00





È possibile consultare
tutti i numeri
all'indirizzo Internet
rivista.ording.roma.it

io
roma

