

io
roma

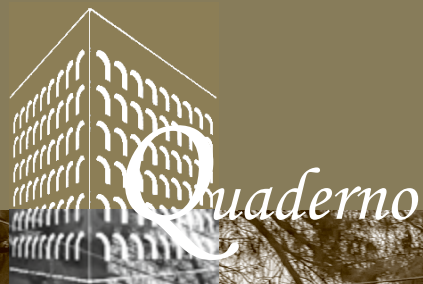
Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma

N 3/2023

Quaderno

TRAM - VEICOLI ELETTRICI - ALBO FORNITORI - SICUREZZA





In copertina:
Immagine di repertorio

Il saluto del Presidente

Ing. Massimo Cerri



INDUSTRIA 5.0

Il mondo della tecnologia è in una fase di evoluzione continua e accelerata. Questo non è un dato che possiamo ignorare, ma è una realtà con cui dobbiamo confrontarci. Le imprese, per natura, sono spinte a esplorare e adottare processi innovativi per mantenere o acquisire vantaggi competitivi. Le istituzioni e le forze sociali, d'altro canto, devono rimanere in contatto con la velocità di questi cambiamenti per interpretarli correttamente e governarli in modo efficace. Ci troviamo innanzi a un nuovo e significativo paradigma: l'Industria 5.0. Questo modello produttivo non è solo un'evoluzione dell'Industria 4.0, ma rappresenta una vera e propria rivoluzione. Integra automazione avanzata, collaborazione uomo-macchina e sostenibilità, ponendo nuove e importanti sfide per la salute e la sicurezza, specialmente in relazione all'uso dell'intelligenza artificiale nei luoghi di lavoro.

L'Industria 5.0 è stata definita come un'era in cui uomo e macchina lavorano in perfetta simbiosi. Questo approccio non solo dovrebbe migliorare la qualità della produzione, ma dovrebbe creare anche un ambiente di lavoro innovativo, fondato su una migliore commistione tra le capacità umane e le tecnologie digitali. Non si tratta solo di un cambiamento tecnologico, ma di una vera e propria "correzione di rotta", nonostante le numerose questioni etiche che stanno sorgendo. I protagonisti della rivoluzione sono i collaborative robot (cobot) e le applicazioni software intelligen-

ti. I cobot, a differenza dei robot tradizionali, sono progettati per lavorare in spazi condivisi con gli operatori umani, mentre le macchine svolgono i lavori più pesanti e pericolosi.

In questa nuova visione i benefici sono molteplici ed inter correlati tra loro.

L'Industria 5.0 promuove tecnologie agili e adattabili che favoriscono l'anti fragilità, consentendo alle organizzazioni di anticipare, reagire e apprendere sistematicamente dalle crisi. Piuttosto che focalizzarsi sulla crescita e sull'efficienza, le imprese devono concentrarsi sulla creazione di strategie che assicurino prestazioni stabili e sostenibili, anche di fronte all'avversità.

Affrontare questo mondo in rapida evoluzione richiede competenze trasversali e specialistiche.

Nonostante le sfide e le resistenze iniziali al cambiamento, i vantaggi a lungo termine sono innegabili.

Il nuovo paradigma trasforma i modelli di business, promuovendo la circolarità e l'adattabilità dei processi. Il lavoratore è visto come un prezioso investimento, venendo formato, responsabilizzato e coinvolto attivamente, mentre i compiti ripetitivi sono delegati ai robot.

Con queste caratteristiche, le aziende dell'Industria 5.0 attirano talenti, ottimizzano consumi e aumentano la produttività, dimostrandosi pronte a affrontare le sfide future.

Noi ingegneri saremo e siamo parte integrante di questo cambiamento, poiché è nostro compito la progettazione della cybersecurity, dei digital twin, di ambienti di propagazione smart, di soluzioni di realtà aumentata con interfacce aptiche indossabili, di modelli computazionali.

Ing. Massimo Cerri

Presidente

Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma



L'Editoriale

Ing. Maria Elena D'Effremo



Care Colleghe e Colleghi,
eccoci all'uscita 3/2023 del Quaderno IO Roma.

In questo Quaderno affrontiamo tematiche molto differenti che rispecchiano la natura eterogenea delle Commissioni Tematiche che svolgono le loro attività all'interno dell'Ordine degli Ingegneri di Roma e Provincia.

Le Struttura delle Commissioni è organizzata in 6 Dipartimenti e 29 Aree Tematiche. All'interno delle diverse Aree Tematiche vi sono più di 100 Commissioni Tematiche e Open, l'elenco è disponibile sul sito dell'Ordine degli Ingegneri di Roma sotto la voce "Servizi agli Iscritti". Le Commissioni svolgono le loro attività nel rispetto del Regolamento pubblicato sulla pagina delle Commissioni, sotto la voce "Regolamento".

Le commissioni Tematiche e Open, nel corso del 2023 hanno organizzato più di 200 tra Corsi e Seminari, permettendo di erogare formazione ai circa 23000 iscritti all'Ordine degli Ingegneri di Roma. Attraverso le attività delle Commissioni Tematiche, l'Ordine di Roma unitamente alla Fondazione dell'Ordine permette l'erogazione di crediti formativi e l'aggiornamento continuo su una moltitudine di tematiche che riescono a toccare tutte le diverse specializzazioni dell'Ingegneria.

La collaborazione con le Università, le grandi realtà aziendali e le associazioni di settore presenti nei diversi settori dell'Ingegneria, hanno permesso e permettono l'erogazione di giornate di formazione di altissimo livello.

Direi, continuiamo così, l'invito che posso farvi è quello di iscrivervi e partecipare alle Commissioni Tematiche ed Open per essere parte attiva delle attività Ordinistiche.

Non mi resta che augurarvi buona lettura e invitarvi a scrivermi a editoriale@ording.roma.it per farci pervenire le vostre proposte, osservazioni, idee.

Stay tuned!

Ing. Maria Elena D'Effremo
Direttrice Editoriale





Quaderno

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 creativo e progettazione grafica

Tiziana Primavera

Assistenza Editoriale

Leonardo Lavallo

Antonio Di Sabatino

Flavio Cordari

Referente FOIR

Francesco Marinuzzi

Stampa

Press Up

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 2023

Il Quaderno IOROMA è una estensione alla rivista IOROMA

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

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



MISTO

Carta da fonti gestite
in maniera responsabile

FSC® C109382

GLI EDITORIALI

Il saluto del Presidente **01**
di Massimo Cerri

L'Editoriale **04**
di Maria Elena D'Effremo

GLI ARTICOLI

Il tram a Roma **08**
G. Mantovani

Le batterie ed i sistemi di gestione dell'energia a bordo degli autoveicoli elettrici **32**
G. Stella e M. Marino

Un Albo Fornitori unico per la Pubblica Amministrazione **48**
A. Avallone

Il nuovo ruolo del preposto **64**
C. Gabriotti

Televisione digitale terrestre: risultati delle simulazioni **78**
U. Santoro

L'AREA WEB DEL QUADERNO E DELLA RIVISTA **96**



a cura di
Ing.
Giovanni Mantovani

Commissione:
Sistemi di trasporto
rapido di massa

IL TRAM A ROMA

DALLE ORIGINI AL DECLINO (1877 - 1982)



1. PREMESSA: SVILUPPO, DECLINO E RINASCITA DELLE TRANVIE

Il futuro delle tranvie è oggetto, specie a Roma, di vivaci discussioni, che spesso vedono due fronti contrapposti quasi pregiudizialmente: fino a vedere nel tram da un lato la soluzione generale dei problemi del trasporto pubblico locale e a volerlo anche dove e dall'altro a considerarlo del tutto superato e dall'altro a negare drasti-

camente i vantaggi che può offrire quando esistono le necessarie condizioni. Come sempre, il tema va invece affrontato razionalmente, con una visione sistemica e interdisciplinare.

Può essere allora utile ripercorrere la storia delle tranvie romane, esaminare la situazione attuale e fare qualche considerazione sul futuro. Questo articolo vuol essere il primo contributo e copre più di un secolo, dall'inizio fino al punto di minimo della rete romana nel 1982.

Può essere utile una premessa di carattere generale. Sull'onda della ferrovia, il tram si è affermato nell'Ottocento perché l'avanzamento di ruote metalliche sulla superficie regolare delle rotaie, oltre a offrire un comfort migliore di quello degli omnibus sulle strade di allora, riduceva la potenza necessaria, a parità di carico. In origine la trazione dei tram era affidata ai cavalli e una minore esigenza di potenza specifica significava risparmiare sul numero di cavalli necessari per trasportare un certo numero di persone o aumentare i trasportati a parità di numero di cavalli. La trazione animale poneva però molti problemi, da quelli legati al ricovero, all'alimentazione e al mantenimento in salute di grandi masse di cavalli a quelli ambientali, causati dalle deiezioni sulle strade. Spinti dagli sviluppi tecnologici, si puntò all'adozione di forme di trazione meccanica e si svilupparono varie soluzioni: a fune con macchinario centralizzato¹ o mediante veicoli automotori con propulsori esotermici², endotermici, ad aria compressa, ecc. e finalmente elettrici: il primo tram elettrico ha circolato a Berlino nel 1881³. L'elettricità fu risolutiva e favorì un vasto sviluppo delle tranvie, che in poco più di trent'anni portarono progressivamente alla scomparsa della trazione animale e degli omnibus, facendo del tram il mezzo di trasporto urbano e suburbano dominante.

Già dagli anni '30 del secolo scorso, vari fattori (l'evoluzione tecnologica di autobus e filobus, lo sviluppo delle metropolitane nelle città più grandi, lo spazio reclamato dalla motorizzazione privata, spesso la fatiscenza di impianti e veicoli, nonché i danni bellici; ma anche gli interessi delle industrie dei veicoli su gomma e del petrolio) hanno causato un declino che ha portato in molti paesi alla rarefazione o alla scomparsa delle reti tranviarie⁴. Si è però successivamente sviluppata una tendenza al ritorno delle rotaie urbane. Si incrinò infatti l'illusione che la mobilità urbana potesse essere affidata quasi totalmente alla motorizzazione privata e si ritrovò consapevolezza della necessità di un capace ed efficace trasporto pubblico. Ciò, assieme agli sviluppi tecnologici, ha ridato spazio al tram, ma a un tram diverso: veicoli più capienti (quindi più lunghi) e linee più funzionali (atte a consentire buone velocità commerciali e, soprattutto, regolarità), in modo da assegnare

al tram un ruolo specifico, intermedio tra quelli delle metropolitane e dei mezzi su gomma. Il ricorso a vie di corsa riservate, alla priorità semaforica, al controllo centralizzato, anche a limitati interventi infrastrutturali (sottovia), ha potenziato le prestazioni ed ha portato a coniare, per le soluzioni più avanzate, il termine di "metrotranvia"⁵. Dunque, non più piccoli veicoli sferraglianti su linee sparse in tutta la città, ma poche linee forti. Reti primarie nelle città medie, reti complementari della metropolitana nelle città grandi.

Il "riscaldamento tranviario" è iniziato in Francia negli anni '80 e ha avuto una sorprendente diffusione, con realizzazioni di alta qualità, anche per l'associazione di interventi di riqualificazione urbana alla costruzione di una tranvia. Si è propagato in molti Paesi, anche in Italia, dando luogo alla realizzazione di numerosissimi nuovi sistemi, quasi sempre con notevole successo⁶. Non tutti riconoscono però appieno la validità dei sistemi tranviari e in particolare vi sono diverse scuole di pensiero sulla sostenibilità economica di nuove realizzazioni. Senza qui addentrarci nella complessa problematica dei pro e contro del tram moderno, si può sinteticamente dire che ha certamente un ruolo quando la domanda di trasporto supera una certa soglia, indicativamente 2500 pax/h nella direzione più carica, nella punta. Ciò per la possibilità di offrire, mediante veicoli lunghi 30 m e più, capacità di linea non raggiungibili con autosnodati o filosnodati, a frequenze compatibili con la regolarità dell'esercizio ed altri vincoli.

2. DAGLI INIZI AL DOMINIO (1877 - 1929)

2.1 Tram a cavalli, tram elettrico, la SRTO

Anche a Roma il tram esordì con la trazione animale, sulla Via Flaminia, da Piazza del Popolo a Ponte Milvio, nel 1877. Il buon risultato aprì la via ad altre linee: tra esse nel 1880 quella da Piazza Venezia a Termini, lungo il nuovo asse di Via Nazionale. Inizialmente vi furono resistenze all'installazione delle rotaie nelle strade centrali, ma il successo delle prime linee le fece superare e le aspettative di sviluppo ebbero effetti in campo imprenditoriale, con la fusione di alcune imprese nella Società Romana Omnibus, che nel 1885 mutò la denominazione in Società Romana Tramways Omnibus (SRTO) e si dimostrò molto attiva nel promuovere nuove linee, aspirando a una posizione monopolistica.

A Roma si passò direttamente dai cavalli all'elettricità e lo si fece sperimentando sulla linea della Via Flaminia una complicata tecnica di trazione elettrica, basata sull'alimentazione in serie delle vetture, finalizzata presumibilmente a minimizzare le perdite di trasmissione. L'esperimento iniziò nel luglio 1890⁷ e durò circa due anni, senza successo. Per la linea Piazza San Silvestro - Termini la SRTO ricorse alla più comune e affidabile soluzione lanciata con esito positivo da Frank J. Sprague a Richmond (Virginia, USA) nel 1888, basata su efficienti equipaggiamenti di trazione ed alimentazione in parallelo da linea aerea mediante trolley (cioè un'asta sollevata da una molla e recante

Figura 1
Tram della SRTO a largo di Torre Argentina, attorno al 1910 (da cartolina)



in testa una rotella di contatto, con ritorno attraverso le rotaie) e sostanzialmente adottata da altre industrie. La realizzazione della nuova linea romana fu affidata alla Thomson-Houston e il servizio iniziò nel 1895. Il gradimento fu tale da proporre l'elettrificazione dell'intera rete, ma il filo aereo sollevò già quella volta opposizioni di natura estetica, mentre il ritorno della corrente attraverso le rotaie preoccupò per le correnti vaganti e i conseguenti rischi di danneggiamento delle condotte metalliche interrate. Per alcuni anni non si permise l'installazione di linee aeree nelle strade del centro e si sperimentò la trazione ad accumulatori. Fu fatto anche, senza seguito, un tentativo di alimentazione da terra, mediante contatti che venivano alimentati soltanto al passaggio del tram, da un conduttore contenuto in una canaletta sotterranea, per l'azione di un pattino elettromagnetico.⁸ Le contrarietà vennero comunque superate e all'inizio del secolo scorso si generalizzò l'alimentazione da filo aereo.

La rete di tranvie elettriche della SRTO si sviluppò progressivamente fino a comporsi nel 1908 di 20 linee, diffuse in tutta la città, in gran parte radiali con capolinea interni nelle piazze Venezia, San Silvestro, del Popolo, ma anche diametrali. Lo scartamento della rete era di 1445 mm (la misura dello scartamento ferroviario allora vigente⁹) e la tensione di alimentazione a 550 V c.c. (successivamente portata a 600 V). Il primo deposito si trovava nell'attuale Via Romagna, poi vennero attrezzate le rimesse dei tram a cavalli di Via

Flaminia e di Porta Maggiore (Piazza Caballini); quest'ultimo impianto è ancora in uso. Nel 1908 fu introdotta la numerazione delle linee, fino allora distinte da simboli in diversi colori.

2.2 La municipalizzazione

Stava nel frattempo maturando la municipalizzazione dei servizi pubblici, promossa dalla legge 103/1903 (Giolitti), che intendeva soddisfare compiutamente i crescenti bisogni collettivi derivanti dallo sviluppo delle città e contenere le concessioni ai privati, giacché essi erano in grado di far fronte ai notevoli investimenti richiesti per la realizzazione degli impianti ma fatalmente ribaltavano i costi sugli utenti. A Roma fu assertore della municipalizzazione l'assessore Giovanni Montemartini¹⁰, ingegnere, promotore della costituzione di un'azienda municipale autonoma, che, sottoposta a referendum popolare, ebbe consenso plebiscitario. L'Azienda Autonoma Tramviaria Municipale¹¹, fondata nel 1909, esordì il 21 marzo 1911, con l'inaugurazione della linea Piazza Colonna - Santa Croce. L'aspetto del materiale rotabile era simile a quello di un gruppo di veicoli SRTO, con una specifica innovazione: la captazione di corrente mediante archetto dotato di strisciante. Più tardi, nel 1921, l'azienda municipale introdusse un'altra innovazione: il comando degli scambi dal posto di guida, con il cosiddetto lancio di corrente, ovvero mediante una slitta di contatto applicata alla linea aerea¹².

Figura 2
Inaugurazione della tranvie municipali, a Largo Chigi il 21 marzo 1911 (collezione V. Formigari)



Figura 3
Tram ATM in
via Nazionale
negli anni '20
(Fototeca ATAC)



Figura 4
Ritaglio di "Planimetria dei
binari" dell'A.T.M. databile
all'inizio degli anni '20.
Indicazioni in azzurro
sovrascritte
(Collezione G. Mantovani)



Figura 5
Anni '20, un convoglio
costituito da motrice e
rimorchio a 2 assi
scende sull'unico binario
inizialmente presente in viale
Medaglie d'Oro
(Archivio Associazione
Amici di Monte Mario)

2.3 La più grande rete italiana, tutta pubblica

Negli anni successivi alla nascita dell'AATM le due reti, con scartamento e tensione di alimentazione uguali, convissero, con alcuni tratti in comune opportunamente regolamentati. Nel 1913 la SRTTO, mirando a contenere lo sviluppo della municipalizzazione, presentò un grande programma di sviluppo della sua rete, che non ebbe però seguito; furono realizzate solo 4 nuove linee, tra esse quelle per Madonna del Riposo e Monteverde vecchio; nel 1919, a seguito anche di qualche modifica della rete, le linee erano 22. Nel frattempo, era cresciuta la rete municipale, malgrado le difficoltà causate dalla guerra¹³; al suo primo deposito, Santa Croce (a lato di viale Carlo Felice), si aggiunse nel 1919 Piazza d'Armi (poi Vittoria, nell'attuale Piazza Bainsizza).

Nel 1920 le linee municipali erano 7, ma gli intendimenti di sviluppo e la scadenza delle concessioni dettero luogo al rapido riscatto di quasi tutta la rete SRTTO da parte dell'azienda municipale. Nel 1922 restava alla SRTTO una sola linea, nel 1929 nessuna.

La rete tranviaria continuò a crescere e meritò un cenno in particolare la realizzazione della linea per Monte Sacro (Città Giardino) nel 1922, della lunga linea di Monte Mario, completata nel 1925, dell'itinerario in sede propria su Viale del Muro Torto e Corso Italia, attivato nel 1926, del prolungamento a Forte Braschi, nel 1927. In questo anno la lunghezza degli impianti giunse

	6 finestrini assi radiali	8 finestrini truck	MR-S 1° gruppo	Mater	Stanga	PCC All electric	Socimi	Cityway 1	Cityway 2
anno prima consegna	1911	1923	1927	1936	1948 [a]	1957	1990	1998	1999
numero di elementi [b]	1	1	1	3	2	1	3	5	7
direzioni di marcia	2	2	1	1	1	1	2	2	2
pavimento basso [c]	NO						63%	72%	100%
Rodiggio	B ₀	B ₀	B ₀ '2'	B ₀ 2	B ₀ '2'B ₀ '	B ₀ 'B ₀ '	B ₀ '2B ₀ '	B ₀ '22B ₀ '	28B2
lunghezza (m)	8,40	9,60	13,00	19,8	20,37	14,74	21,10	31,25	33,00
larghezza (m)	2,25	2,35	2,30	2,35	2,40	2,40	2,30	2,40	2,40
tara (t)	13	12	15	22	25	17	30	42	41
capienza totale (posti) [d]	44	58	90	208	180	155	135	266	240
numero e tipo motori	2 - c.c.			4 - c.c.			4 - trifase asincroni		
Potenza nominale [e] (kW)	58	81	85	91	288	220	400	732	732
velocità max (km/h)	24	24	35	26	50	50	70	70	70
<p>[a] Non considerando il prototipo, consegnato nel 1941, gravemente danneggiato nel 1943 in un evento bellico e successivamente demolito.</p> <p>[b] Per la tipologia degli elementi, vedi descrizioni nel testo.</p> <p>[c] La percentuale è riferita al comparto passeggeri.</p> <p>[d] Capienze presumibilmente riferite alla densità di passeggeri in piedi pari a 6/m², oggi considerata eccezionale.</p> <p>[e] Dati indicativi, per l'incompletezza delle fonti consultate.</p>									

Tabella 1
I principali tipi di tram
apparsi sulla scena romana.

a 131 km e quella di esercizio (57 linee) a 374 km. La rete romana era la più importante d'Italia. Vanno ricordati anche i servizi tranviari esercitati da diverse società sui tronchi urbani di tranvie o ferrovie interurbane. Già nel 1904, all'inizio della realizzazione delle tranvie dei Castelli romani (a scartamento 1445 mm ed alimentazione a 550 V c.c. nella tratta urbana), fu attivato dalla STFER¹⁴ un servizio urbano fino a Via delle Cave. Negli anni '30 si consolidarono due linee con capolinea interno presso Termini, nell'attuale Via Amendola, e capolinea esterni a Capannelle e a Cinecittà. Nel 1904, elettrificata a 550 V c.c. la tratta Via Marsala - San Lorenzo della tranvia a vapore per Tivoli della belga SATFE, vi venne attivata una linea urbana, riscattata dall'azienda municipale nel 1927. Dal 1906 al 1928 fu esercitato un servizio tra Piazza della Libertà e Ponte Milvio sugli impianti della tranvia a scartamento metrico Roma - Civita Castellana, poi sostituita dalla ferrovia Roma - Viterbo della Roma-Nord. Infine, è del 1917 l'apertura, tra Termini e Centocelle Stazione, di un servizio tranviario su una tratta della ferrovia delle Vicinali per Fiuggi, a scartamento di 950 mm ed alimentazione a 1650 V c.c., aperta l'anno precedente fino a Genazzano. Nel 1927 venne realizzata la dirama-

zione all'interno del quartiere Centocelle, fino a Piazza dei Mirti. Il servizio urbano raggiunse poi anche Grotte Celoni e Pantano Borghese.

Negli anni '20, scomparsi gli omnibus, i primi passi evolutivi degli autobus portarono a una loro disorganica e limitata presenza, senza intaccare, fino alla fine del decennio, il predominio tranviario. Merita un cenno l'utilizzo, per alcuni anni e su alcune linee, di piccoli autobus elettrici, ad accumulatori, che non dettero risultati positivi.

2.4 Il materiale rotabile

2.4.1 Un quadro riassuntivo

Per consentire un immediato esame dell'evoluzione dei tram romani fino ad oggi, nella Tabella 1 è anticipata una sintesi dei principali dati dei veicoli più significativi.

2.4.2 Veicoli a due assi

Il primo periodo del sistema tranviario urbano di Roma vide entrare in servizio, fino al 1928, vetture a due assi, con diverse caratteristiche, classificabili secondo il rodiggio (cassa appoggiata mediante molle a balestra su assi detti impropriamente radiali oppure su un *truck*, ovvero un

carrello solidale) e la lunghezza (individuata correntemente col numero di finestrini del comparto passeggeri). Tralasciando casi particolari, si va dai 7,8 m dei primi tram SRT0 (5 finestrini) ai 9,6 m dell'ultima serie di tram municipali (8 finestrini); le larghezze sono cresciute nel tempo da 2 a 2,35 m. Realizzati tutti in versione bidirezionale, furono in gran parte trasformati in monodirezionali. La trazione era affidata a due motori, uno per asse, comandati mediante un controller (dispositivo dotato di manovella e chiavi, azionato dal conducente) che consentiva la loro connessione in serie o parallelo e l'inserimento di resistenze in serie. Negli ultimi tempi della fornitura di tram a 8 finestrini venne introdotta un comando parzialmente indiretto, che eseguiva la chiusura e l'apertura della trazione mediante un teleruttore azionato da un contatto della manovella combinatrice, resa oscillante rispetto ad ogni sua posizione. Così, ad esempio, nel togliere trazione da qualunque posizione della manovella, interveniva prima il teleruttore e si evitavano dannosi archi nel controller. I sistemi di frenatura hanno subito varie evoluzioni; la dotazione finale consisteva del freno elettrostatico (poco utilizzato nella pratica), di quello pneumatico Westinghouse agente su 8 ceppi, di quello a mano azionabile da ambedue le piattaforme. Solo nell'ultima serie di tram a 8 finestrini il compressore azionato da un asse, causa talvolta di

insufficiente pressione e della necessità di ricorrere alla frenatura manuale, fu sostituito da un motocompressore.

Le motrici a due assi circolavano, secondo necessità, isolate o accoppiate a una e anche due rimorchiate, anch'esse a due assi e di diverse caratteristiche.

Le motrici a 2 assi municipali furono immatricolate con numeri dispari da 101 a 1047, le rimorchiate con numeri pari da 102 a 576¹⁵.

La radiazione dei tram a 2 assi, iniziata già negli anni '30, si è conclusa nei primi anni '60. Risulta che esistano ancora oggi tre tram a 2 assi romani: un "6 finestrini" AATM nel Trolley Museum di Kennebunkport (Maine, U.S.); un "8 finestrini" ATAG a Roma, salvato dal Gruppo Romano Amici della Ferrovia, in ordine di marcia e gestito da Atac come tram storico; un "5 finestrini" SRT0, che fu trasformato in smerigliatrice ed ora è in stato di relitto a Torino, nel parco della benemerita Associazione Torinese Tram Storici che ne curerà il restauro.

2.4.3 Veicoli a carrelli

Gli obiettivi di una maggiore capienza e di una migliore iscrizione nelle curve portarono a sviluppare tram più lunghi, con la cassa poggiata su due carrelli ruotanti sull'asse verticale¹⁶. Tralasciando gli esordi, vale la pena di ricordare il tipo lanciato da Peter Witt nel 1914 a Cleveland,

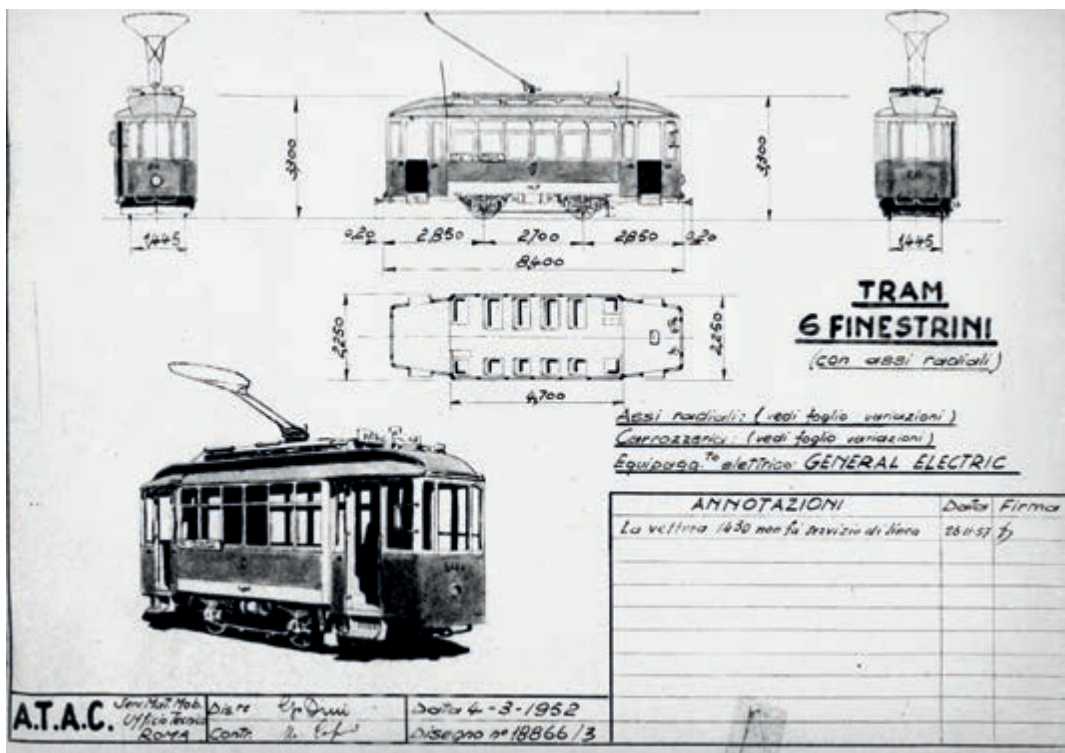


Figura 6
Figurino del tram a
6 finestrini con assi radiali
(Disegno ATAC)



Figura 7

L'unico tram a 2 assi e 8 finestrini (numero di esercizio 907) preservato, restaurato e rimesso in ordine di marcia. In Viale delle Milizie il 6 gennaio 2007, in occasione di un corteo di tram storici.

basato su un'innovativa organizzazione dell'interno della vettura, che si diffuse ampiamente grazie a licenze concesse in molti paesi¹⁷.

Motrici a carrelli erano già utilizzate nei servizi tranviari interurbani (linea dei Castelli romani, 1926) e sulle Ferrovie Vicinali (Roma - Fiuggi - Alatri) quando dal 1926 entrarono in servizio a Roma convogli a carrelli specificamente destinati ai servizi urbani delle Vicinali. Di aspetto più ferroviario dei tram municipali, sono rimasti in servizio, dopo importanti ricostruzioni alla fine degli anni '50, fino ai nostri giorni.

Nel 1927, un anno prima della consegna degli ultimi tram a 2 assi e 8 finestrini, entrarono nella rete ATAG i primi tram a carrelli, unidirezionali, progettati dall'Ing. Roberto Saglio, direttore dell'Azienda. La sigla MR-S, con cui sono noti, significa Moto-Rimorchiata Saglio e ricorda, oltre al nome del progettista, il fatto che il tram, col carrello anteriore motore e il posteriore portante, poteva quasi essere considerato come la fusione di una motrice e di un rimorchio. L'aderenza parziale ha però penalizzato questi tram,

propensi a slittare nella fase di accelerazione, in certe condizioni di carico e del binario. L'equipaggiamento di trazione utilizzava il controllo parzialmente indiretto degli ultimi tram a 8 finestrini; un successivo esperimento di comando indiretto elettropneumatico non ebbe successo. Il freno pneumatico non agiva più su ceppi, ma su dischi assiali di ambedue i carrelli (mentre quello a comando manuale agiva solo sui dischi del 1° o del 2° carrello, a seconda che il comando provenisse dalla piattaforma anteriore o posteriore). I posti a sedere erano inizialmente in configurazione 2+2 fronte marcia nella parte anteriore del comparto passeggeri, su panche longitudinali nella parte posteriore, per poi convergere in 1+1 fronte marcia, anche su tutta la lunghezza, senza panche longitudinali.

Tra il 1927 e il 1934 furono costruiti da Carminati & Toselli e in piccola parte dalle Officine Ferroviarie Meridionali 132 tram MR-S, suddivisi in tre gruppi, con progressive migliorie, tra cui quelle relative alle porte. Furono immatricolati progressivamente da 2001 a 2263.

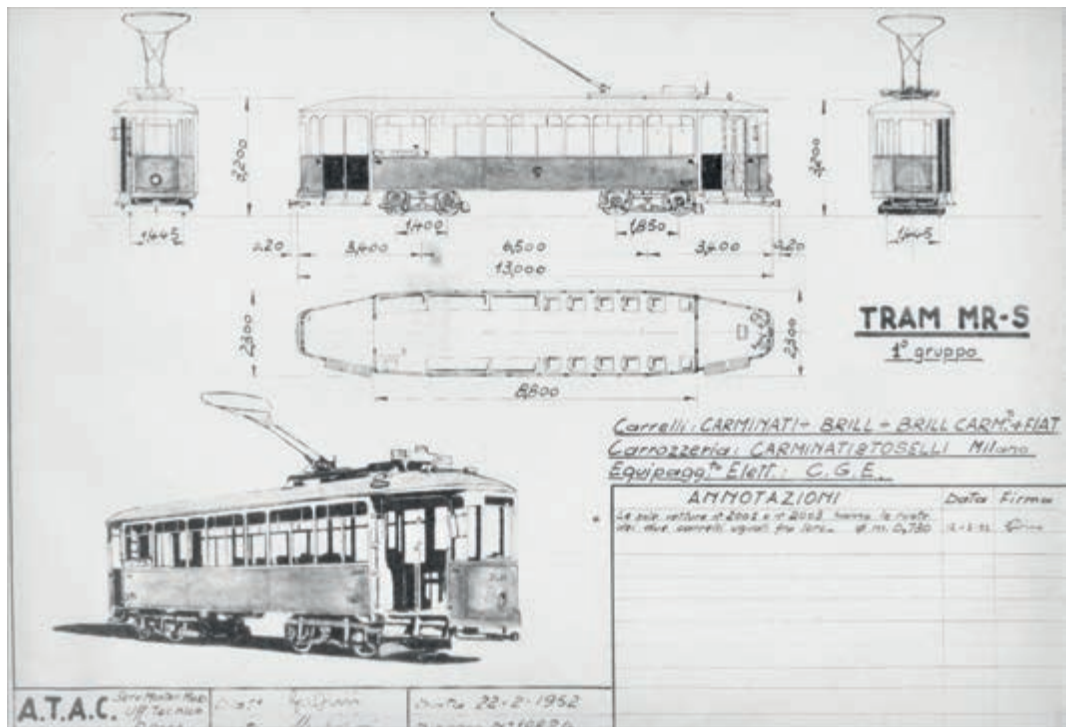


Figura 8
Figurino del tram
MR-S, 1° gruppo
(Disegno ATAC)

È interessante notare che un tram MR-S fu attrezzato per effettuare una sperimentazione di recupero di energia in discesa, facendolo circolare sull'acclive linea di Monte Mario. L'antesi-gnana iniziativa non ebbe però seguito. Nel 1936 si aggiunse un tram MR-S sperimentale a due piani (numero di esercizio 2P1) con lo stesso rodiggio e le stesse misure in pianta, modificato nel 1943 portandolo a un piano solo (rinumerato 2265).

3. SOPPRESSIONI E QUALCHE NUOVA REALIZZAZIONE. POI LA GUERRA (1930-1944)

3.1 Espulsione dal centro

L'intenso traffico tranviario nel centro storico era accusato di intralciare la circolazione di altri mezzi e dei pedoni e, mentre i propositi di realizzare un sistema sotterraneo (di derivazione tranviaria o propriamente ferroviario) non riuscivano a concretizzarsi, già nel 1927 iniziò la soppressione di tratte tranviarie centrali, con l'eliminazione dell'asse Via Condotti - Via Tomacelli. Si avvicinava la riforma, attuata il 1° gennaio 1930, che escluse i tram dall'area centrale e riorganizzò la rete secondo un razionale schema composto da linee per lo più radiali, integrate da linee anulari. Fu istituita una linea circolare (chiamata "interna", in sigla CD/CS), con uno sviluppo di circa 12 km, ai bordi del centro della città. In otto nodi posti lungo tale linea (in due casi di poco all'in-

terno) vennero attestate 24 linee¹⁸ radiali verso le periferie, due delle quali si prolungavano mediante tratte esercitate separatamente¹⁹. Inoltre, venne istituita un'altra linea circolare (attivata nel 1931), di sviluppo più ampio di quella interna, con la funzione di offrire collegamenti diretti lungo la prima corona della periferia e relazioni più veloci tra i settori esterni e la prima corona stessa, sia pure con un cambio di linea. Questa seconda circolare fu denominata "esterna", in sigla ED/ES, ma il nome popolare fu "la rossa", dal colore delle tabelle di linea (mentre l'interna divenne "la nera"). Alcune tratte che nella concezione originale avrebbero dovuto portare più all'esterno l'itinerario non furono mai realizzate e furono quindi sempre mantenute alcune tratte in comune con la circolare interna (da Piazza Pasquale Paoli a Ponte Garibaldi e da Piazza di Porta Capena a Piazza del Colosseo), cooperando così ad una funzione di gronda del centro storico. La mitica "rossa", con un itinerario di circa 18 km, è stata per più di 40 anni una linea fondamentale della rete romana, anche se azzoppata dal 1959. Già negli anni '30, con le vetture MR-S, offriva una capacità di oltre 3000 passeggeri per ora e direzione. All'interno dell'anello della circolare interna (eccetto la piccola intrusione tranviaria tra Piazza Fiume e Piazza dei Cinquecento) il trasporto pubblico fu affidato esclusivamente agli autobus, cui si aggiunsero dal 1937 i filobus.

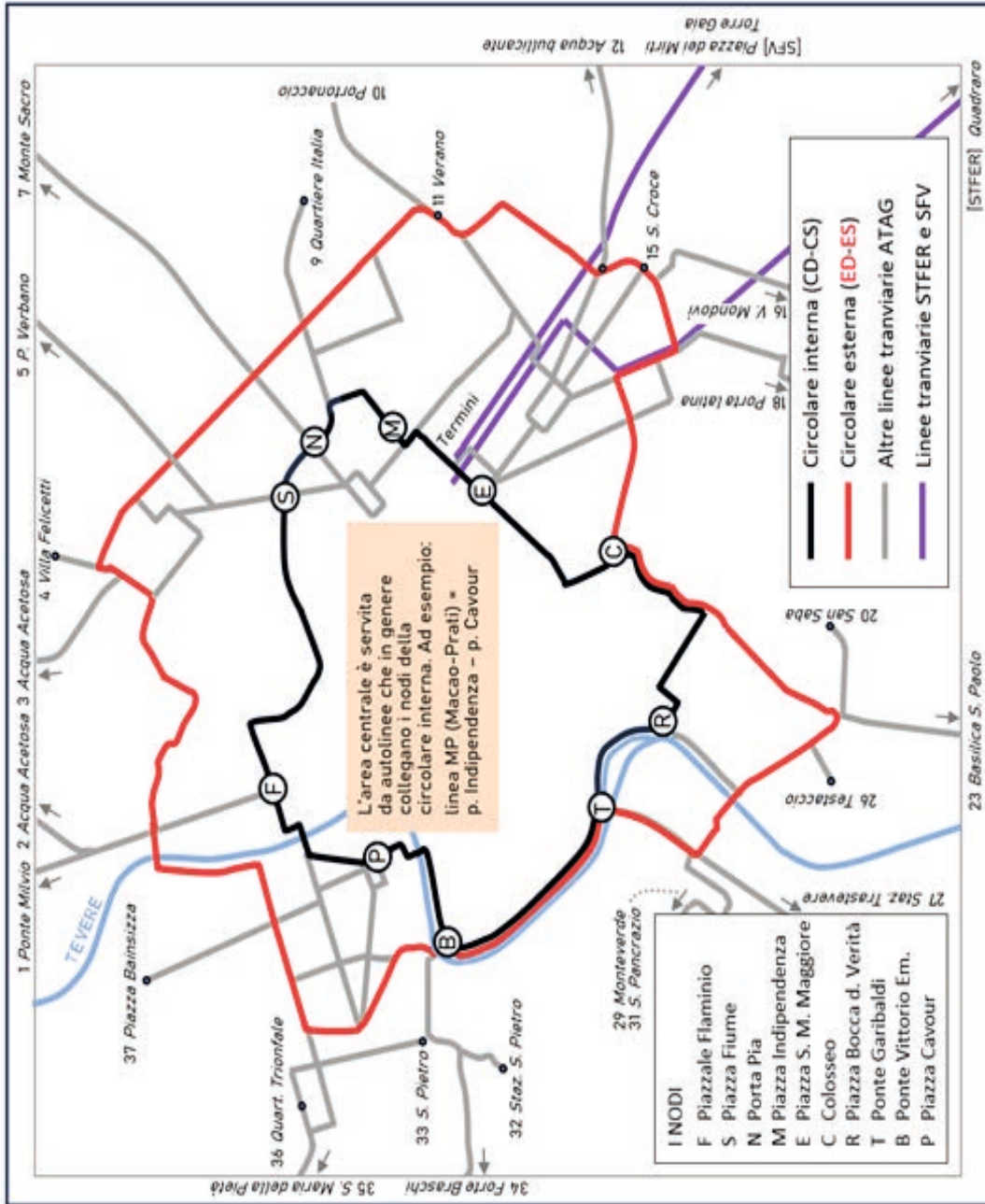


Figura 9
 Schema della riforma tranviaria del 1930. I tracciati delle Circolari sono sovrapposti a quelli di tratte di altre linee.
 Il percorso della Circolare esterna ("rossa"), istituita nel 1931, è qui rappresentato con il tracciato definitivo, attuato nel 1935.



Figura 10
Tram MR-S in Viale di Parco del
Celio nel maggio 1974.
È un itinerario in variante a
via di San Gregorio,
introdotto dalla riforma del 1930.



Figura 11
In Viale Liegi nel 1936,
tram MR-S in servizio sulla
circolare rossa
(Fototeca ATAC)

3.2 Anni '30, sviluppi e tagli

I primi anni '30 videro alcuni sviluppi della rete tranviaria, con la realizzazione delle linee per la Stazione Tuscolana e per Monteverde nuovo, oltre a vari nuovi tronchi di minore estensione. Poi non si ebbero interventi significativi; si guardava alle filovie come soluzione preferibile, rispetto sia alle tranvie sia alle autolinee. Ripresero così le soppressioni, dopo quelle degli ultimi anni '20 e della riforma del '30; nel 1935 venne improvvidamente chiusa la linea di Via Nomentana (si dice in relazione a disposizioni di Mussolini che

risiedeva in Villa Torlonia), poi toccò alle linee per Forte Braschi e Monteverde vecchio, caratterizzate da forti pendenze e quindi particolarmente adatte ai filobus.

3.3 Danni della seconda guerra mondiale

La guerra colpì gravemente il trasporto pubblico; in un primo periodo le scarse disponibilità di carburante e di pneumatici rafforzarono il ruolo dei tram, ma dal 1943 anche i servizi tranviari divennero precari, dapprima a causa dei danni causati dai bombardamenti alleati e poi per le

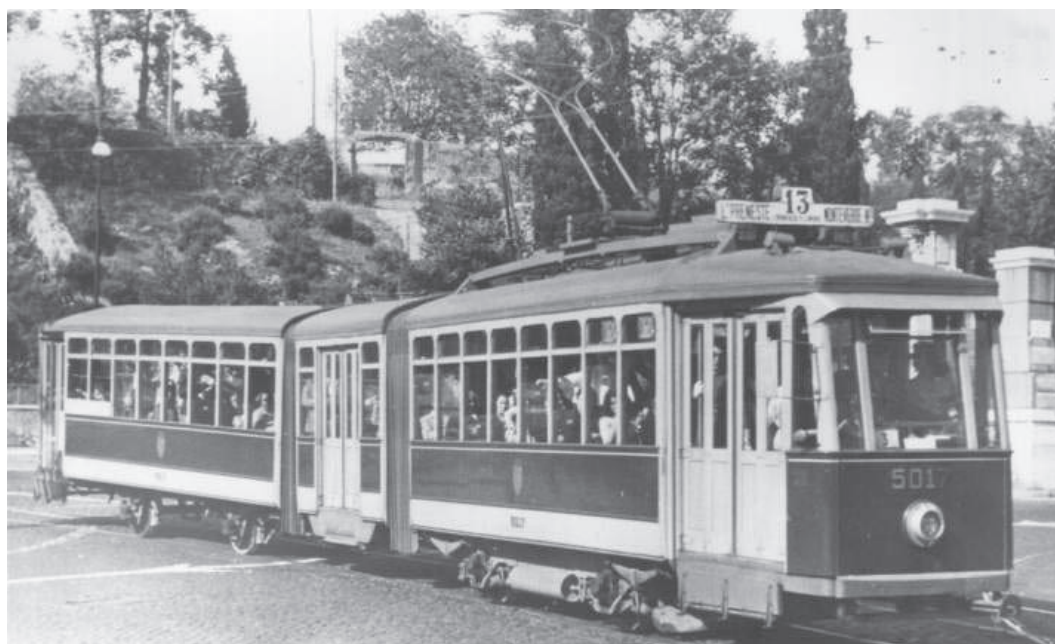


Figura 12
Tram Articolato Mater
in servizio sulla linea 13,
nel 1954
(Foto M. Diotallevi)

azioni delle forze tedesche, in particolare i guasti apportati alle centrali elettriche e le requisizioni di molte vetture, inviate in Germania.

3.4 Materiale rotabile

3.4.1 Veicoli articolati ricostruiti

La necessità di aumentare la capienza dei veicoli, eliminando le criticità poste dall'uso dei rimorchi e il costo di un fattorino anche sul rimorchio, portò ATAG negli anni '30 alla creazione di una serie di tram ottenuti accoppiando una motrice e un rimorchio a due assi e 8 finestre esistenti, con l'interposizione di una piccola cassa sospesa, mantenendo gli equipaggiamenti originali, salvo un modesto potenziamento dei motori. Il collegamento tra le casse fu realizzato mediante mantici²⁰. Vennero realizzate 50 unità unidirezionali, lunghe quasi 20 m, immatricolate nella serie 50xx e chiamate Tram Articolati Mater (dal nome dell'azienda locale che eseguì la ricostruzione). Le prestazioni non potevano essere migliori di quelle dei convogli motrice+rimorchio originali e questo ha costituito un limite del gruppo, completamente dismesso nel 1965 e in piccola parte ceduto alla STFER per rinforzare il suo servizio urbano. Dei Mater non rimane neanche un esemplare.

3.4.2 Veicoli MR-S anche per STFER

Tra il 1935 e il 1937 STFER introdusse nel suo parco dedicato ai servizi urbani, tram del tipo MR-S. Furono 20, suddivisi in due gruppi e diver-

si da quelli di ATAG per avere la cassa metallica anziché di legno ed equipaggiamenti TIBB anziché CGE, dotati nel secondo gruppo di comando indiretto con accelerazione automatica. Ne rimane un esemplare, in ordine di marcia, nel parco dell'Associazione Torinese Tram Storici.

3.4.3 Veicoli articolati Stanga-TIBB

Molto più significativa la novità che si presenta alla fine del decennio, in casa STFER, con la realizzazione del tram articolato realizzato da Stanga (parte meccanica) e TIBB (equipaggiamento elettrico) a due casse e tre carrelli, di cui quelli estremi motori e quello centrale, portante, del tipo Jakobs, ovvero condiviso dalle due casse. Del carrello inventato nel 1901 dall'Ing. Wilhelm Jakobs erano state tentate negli anni '20, negli USA e in Germania, applicazioni tranviarie, che risultarono però insoddisfacenti a causa della difficoltà di realizzare un collegamento tra le due casse compatibile con i movimenti relativi delle due casse, ben maggiori nelle tranvie rispetto alle ferrovie, ma anche atto a consentire un'ampia sezione dell'area di intercomunicazione. Il problema fu risolto dalla "giostra" inventata dall'Ing. Mario Urbinati, direttore della STFER, basata su un portale articolato con montanti a sezione cilindrica, poggiati sulla ralla e capaci di scorrere su risvolti delle casse. La "giostra" trovò appunto la prima applicazione sui tram articolati Stanga-TIBB ed ebbe numerose applicazioni, non solo in Italia.

Il prototipo (matricola 401) fu consegnato nel



Figura 13
Tram STEFER Stanga-TIBB
della prima serie al capolinea di
Via Amendola dei servizi urbani
ACOTRAL (già STEFER),
nel gennaio 1980

1939, ebbe successo e fu seguito nel 1941 da altre undici vetture (402-412). Le misure di questa serie erano: lunghezza 19,64 m, larghezza 2,40 m, passo 1,65 m, interperno 6,3 m. I quattro motori avevano una potenza di 58 kW e il comando era automatico, elettropneumatico, con inusuale azionamento a pedale. Frenatura pneumatica, elettrica reostatica e manuale.

Anche l'ATAG si interessò al nuovo veicolo e ordinò un prototipo, simile ai tram forniti a STFER, ma con alcune modifiche, tra cui l'uso, per la captazione, dell'archetto in luogo del pantografo. Da notare la presenza del freno di emergenza a pattini elettromagnetici e il controllo della trazione indiretto, ad accelerazione automatica, comandato da un pedale anziché con la classica manovella.

Il prototipo, consegnato nel 1942, ha circolato con buon esito e con gradimento degli utenti, ma fu danneggiato irreparabilmente dal bombardamento del luglio 1943.

4. RIPRESA POSTBELLICA E DECLINO (1945-1982)

4.1 Il pronto recupero e nuovi binari

ATAC affrontò con prontezza ed efficacia il superamento delle distruzioni belliche e la necessaria evoluzione della rete tranviaria. Già dal 1944 furono apportate significative innovazioni nell'esercizio della rete ATAC, mediante fusioni di linee due a due o creazioni di nuove linee utilizzando archi della circolare interna²¹. Nel 1955 venne attivato il primo prolungamento della li-

nea di Via Prenestina, fino all'altezza di Via Tor de' Schiavi: quasi un'anticipazione di metrotranvia, con i binari in sede esclusiva in centro strada e la linea aerea realizzata con catenaria a fune portante. Nel 1958 fu la volta dell'ulteriore prolungamento sulla via Prenestina, fino al Quarticciolo, e dei nuovi tram PCC. Anche per il materiale rotabile si ebbero importanti sviluppi.

4.2 Ma ancora tagli

Nel 1949 era però ripresa la fase delle soppressioni, che fino al 1960 vide chiudere, con varie motivazioni, 13 linee; il colpo maggiore fu dato nel 1959 – 1960, in preparazione alle Olimpiadi, dalla ristrutturazione della direttrice Viale del Muro Torto – Corso Italia e dall'istituzione dei sensi unici sui lungoteveri. Non finì lì, perché dopo le Olimpiadi furono sopresse altre 10 linee. Un caso particolare è quello della circolare esterna, il cui itinerario antiorario (ES, rinominato 30 nel 1973) dovette passare dal lungotevere di sinistra a quello di destra e quindi essere affidato agli autobus. L'itinerario orario (ED, rinominato 29 nel 1973) mantenne l'esercizio tranviario fino al 1975, quando la circolare fu trasformata in un percorso a "U", abbandonando il lungotevere. L'idea del percorso a "U" risaliva al decennio precedente e i capolinea sarebbero dovuti essere da un lato Piazza San Giovanni di Dio e dall'altro Piazza Irnerio, da raggiungere con un nuovo tracciato lungo Via Angelo Emo e Via Baldo degli Ubaldi. La previsione del prolungamento della metropolitana A verso Circonvalla-



Figura 14

Novembre 1955. Dopo la dismissione della linea di Monte Mario, due treni tranviari dell'ATAC scendono a valle sull'unico binario rimasto in Viale Medaglie d'Oro, trasportando le rotaie rimosse. I locomotori (due assi, 124 kW) trattengono le piattine su cui sono caricate le rotaie.

Figura 15
Tram Articolato Stanga
in servizio sulla linea 29
(già ED), in Piazza Pia
nel febbraio 1974



Figura 16
2 marzo 1975,
ultimo giorno della
circolare tranviaria 29,
già ED. A Ponte Vittorio
Emanuele, dal tram
Stanga-TIBB
si sporgono tifosi
diretti allo stadio



Figura 17
Piazza di Cinecittà,
15 febbraio 1980.
Ultimo giorno del servizio
urbano delle cessate
linee dei Castelli





Figura 18
Piazza dei Mirtili, 14 maggio 1982. Ultimo giorno del servizio sulla diramazione di Centocelle

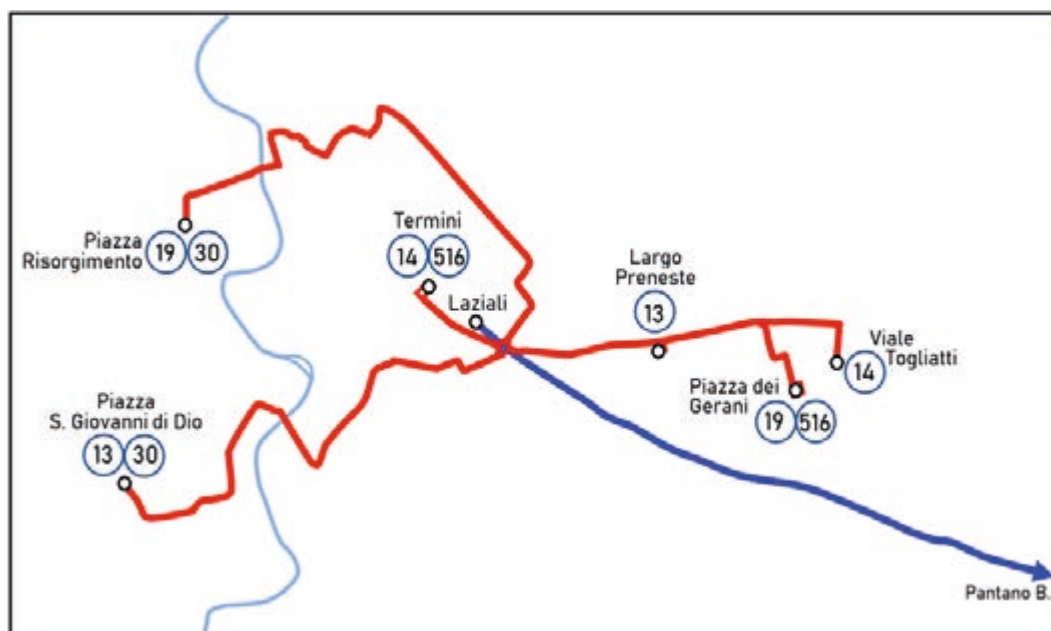


Figura 19
La rete tranviaria romana ridotta al minimo dal 15 maggio 1982

zione Cornelia fece però cadere il nuovo tracciato e la linea a "U", superando peraltro vari contrasti, ripiegò verso Piazza Risorgimento. Il taglio della circolare esterna e la sostituzione dei tram con autobus su alcune linee ad elevata domanda furono comunque un danno per il trasporto pubblico romano.

Il 3 marzo 1975 Piazza Risorgimento divenne così il terminale di una linea (30) semianulare tra Piazza San Giovanni di Dio e Piazza Risorgimento²². In quest'ultima piazza venne portata anche un'altra linea (19) proveniente dalla direttrice Prenestina, istituita l'anno precedente con capolinea interno in Piazza Galeno.

Nel 1976, con la deviazione della tratta centrale della linea 13, la rete dei servizi tranviari dell'ATAC si ridusse al percorso semianulare Piazza San Giovanni di Dio - Porta Maggiore - Piazza Ungheria - Piazza Risorgimento e alla radiale Termini (Via

Farini) - Porta Maggiore - Centocelle/Quarticcio. Restavano ancora per poco le linee urbane già STEFER²³ per Capannelle e Cinecittà (arretrata a Piazza di Cinecittà); fu chiusa la prima nel 1978 e la seconda nel 1980, quando fu inaugurata la metropolitana A.

Restava anche il servizio urbano ACOTRAL per Grotte Celoni - Pantano, che però perse nel 1982 la diramazione per Piazza dei Mirtili. Con l'abbandono di questa diramazione la lunghezza della rete tranviaria romana toccava il minimo, con 29 km di impianti di ATAC e 18 della Roma-Pantano (successivamente, nel 2008, il servizio di quest'ultima è stato arretrato a Giardinetti a causa dei lavori della metropolitana C e nel 2015, con decisione discutibile, a Centocelle Stazione, per la sovrapposizione alla tratta della C da poco messa in servizio; ma in compenso aveva ripreso a crescere la rete ATAC).

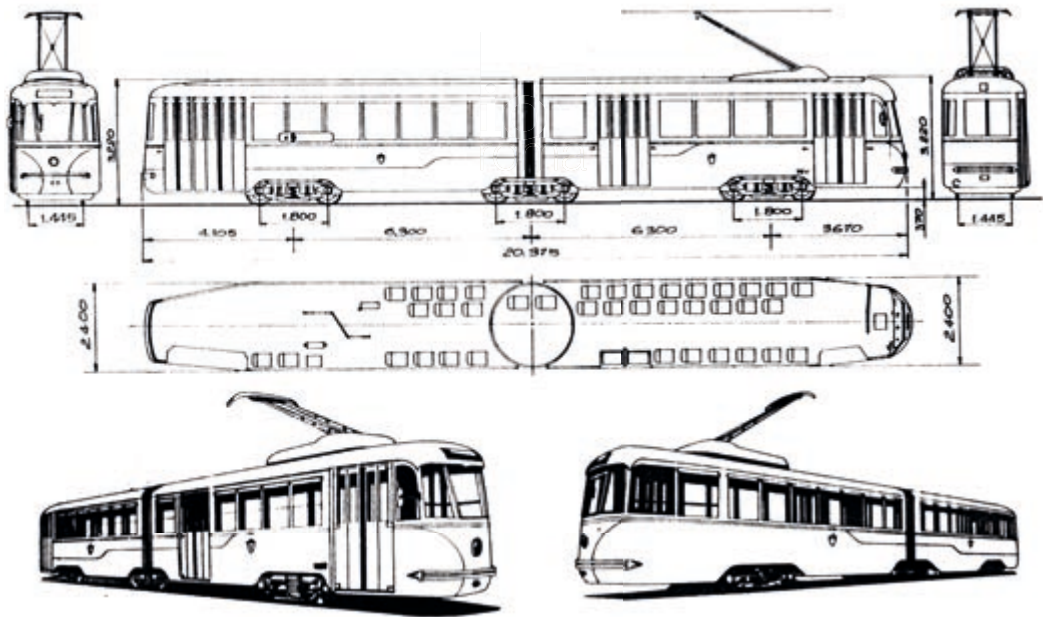


Figura 20
Figurino del
Tram Articolato Stanga
di ATAC
(disegno ATAC)

4.3 Il materiale rotabile

4.3.1 Tram articolati Stanga-TIBB

Al parco ATAC, composto ancora di veicoli a 2 assi, MR-S e TAM si aggiunsero tra il 1948 e il 1949 cinquanta tram articolati Stanga-TIBB, derivati dal prototipo danneggiato nel 1943. Erano però state apportate varie modifiche. Il tram risultava un po' più lungo (20,37 m), la porta posteriore era a 6 antine, l'organo di captazione era di nuovo tipo ("archetto Roma"), la potenza dei 4 motori era stata aumentata a 72 kW, il comando della trazione non era quello sgradito a pedale ma a manovella, il freno di emergenza a pattini elettromagnetici era stato esteso a tutti i carrelli. Furono immatricolati nella serie da 7001 a 7099. Gli "Stanga", si rilevarono ottimi tram e per tanti anni hanno costituito la parte migliore (anche dal punto di vista estetico, il che nell'ambiente urbano conta) e principale del parco tranviario ATAC. Negli anni '80 sono stati avviati importanti interventi di ammodernamento, che hanno permesso di mantenerne in servizio una buona parte fino ad oggi e fino

al prossimo arrivo di nuovo materiale rotabile. Nel 1952 STEFER si dotò di altri otto tram Stanga-TIBB, simili però a quelli di ATAC. Dopo la dismissione della linea di Cinecittà, furono acquistati da ATAC che le fece ricostruire a Viberti e li immise nel proprio parco, numerandoli da 7101 a 7115.

4.3.2 L'esperimento di un veicolo a pianale basso

Nel 1947 ATAC e ATM di Milano concepirono un tram innovativo, ultraleggero e con il pavimento parzialmente basso, e lo fecero realizzare alle Officine Caproni, importante industria aeronautica che già aveva avuto qualche esperienza tranviaria lavorando per ATM. L'equipaggiamento elettrico, con avviatore automatico, era del TIBB. Si trattava di una vettura monocassa unidirezionale lunga 12,84 m (poco meno delle MR-S), con un carrello anteriore motore di tipo tradizionale, dotato di due motori da 36 kW, e uno posteriore portante articolato, a ruote indipendenti molto piccole (diametro 400 mm). Era così possibile avere il pavimento basso (a circa 40 cm sul p.d.f.) su buona parte della vettura

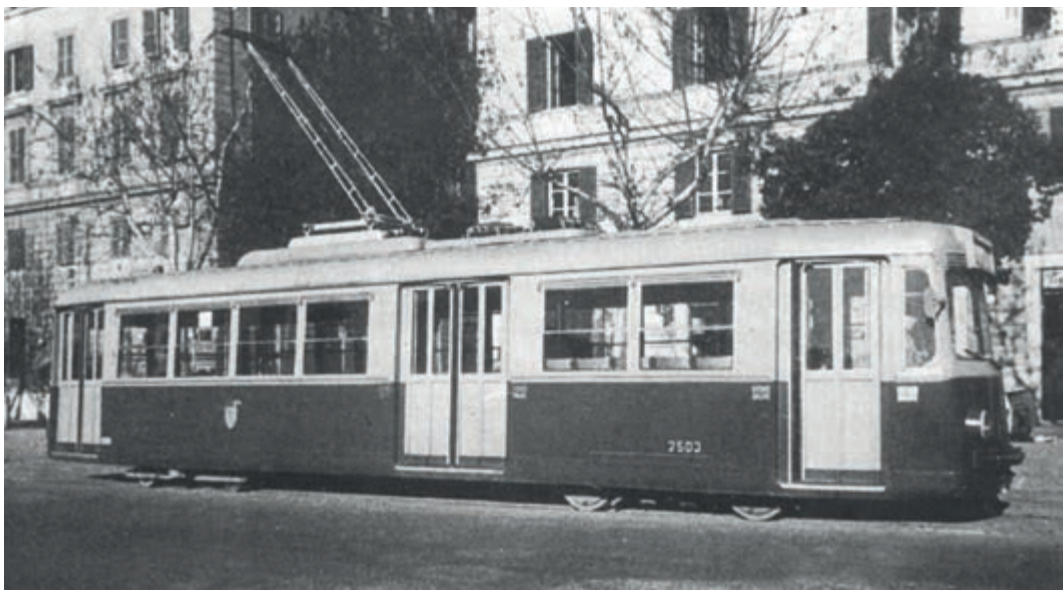


Figura 21
Tram sperimentale leggero
e con pianale parzialmente
ribassato, costruito da
Caproni nel 1948
(Fototeca ATAC)



Figura 22
Tre tram PCC all electric
al capolinea di
piazzale Flaminio,
nel dicembre 1992

e in particolare in corrispondenza delle due porte principali, centrale e posteriore. La sperimentazione di questi due tram iniziò nel 1948 a Roma, dove si guadagnarono il nomignolo “bassotte”, e durò fino al 1951, quando furono trasferiti a Milano, dove rimasero in circolazione fino al 1966. Dalla particolare struttura del carrello posteriore si attendeva capacità di adattarsi alle irregolarità del binario, ma essa fu invece causa di propensione allo svio. Per questa ed altre ragioni il tram innovativo non ebbe successo e non vi fu alcun seguito. Si sarebbe tornati ad occuparsi di pavimento basso dopo molto tempo.

4.3.3 Veicoli PCC all-electric

Negli anni 1954-55 Atac acquisì 20 tram PCC all electric monodirezionali ad una sola cassa con 2 carrelli, diversi però dai precedenti MR-S non solo perché un po' più lunghi, più larghi e con aderenza totale, ma anche perché rispondenti all'innovativa concezione dei tram PCC, progettati negli anni '30 dal *Presidents' Conference Committee*, espressione di importanti esercenti

statunitensi e di alcuni costruttori. Obiettivi del Comitato erano stati ottime prestazioni di accelerazione e frenatura, la standardizzazione dei componenti, il comfort dei passeggeri, la riduzione di rumori e vibrazioni ed anche una linea accattivante. Il successo dei “PCC” fu ampio non solo in USA; costruttori di altri paesi, tra i primi l'Italia, acquistarono licenze di produzione²⁴. Un'importante ulteriore innovazione fu introdotta nei PCC nel primo dopoguerra, con la totale eliminazione degli apparati ad aria compressa e l'adozione di azionamenti elettrici per tutte le funzioni, inclusa la frenatura: elettrodinamica di servizio, meccanica a comando elettrico per l'arresto, a pattini elettromagnetici per emergenza. Nasceva così il tram *all electric*. I PCC *all electric* romani furono costruiti da OM e CGE. Ai 20 originali se ne aggiunsero nel 1981 due dismessi da ATM Milano, adattati nelle officine ATAC. Numerati 8001...8043, sono stati tutti accantonati poco dopo il 2000.

4.3.4 Materiale di pregressa acquisizione

Dopo la progressiva radiazione del materiale a



Figura 23
In Piazza S. Croce di
Gerusalemme, tre tram MRS
ancora in servizio nel
febbraio 1980.
Tre colorazioni diverse:
blu e bianco quello di Acotral
(ex Stefer), verde e arancione
quelli di ATAC.



Figura 24
Tram ex-Trieste in manovra
davanti il deposito STEFER
di Via Appia Nuova,
nel gennaio 1976

2 assi²⁵, e degli articolati Mater, erano rimasti in servizio i tram MR-S, per i quali fu delineato negli anni '70 un piano di ammodernamento (che prevedeva anzitutto, ma non solo, l'installazione dei freni a pattini elettromagnetici) e di ricostruzione. All'atto pratico si intervenne però su poche vetture e la ricostruzione portò a carrozzerie di aspetto non omogeneo. Iniziarono invece le radiazioni, accelerate dall'entrata in servizio dei tram Socimi. Risultano oggi esistenti tre tram MR-S, preservati come veicoli storici e adibiti a servizi speciali (uno come tram ristorante, assieme a uno Stanga-TIBB).

4.3.5 Veicoli "forestieri"

Sui servizi urbani delle tranvie dei Castelli, gestiti da STEFER (poi ACOTRAL), sono stati utilizzati anche tram provenienti da altre città. Nel 1963 furono dapprima acquisiti sei tram provenienti dalla rete urbana di Trieste, allora in progressiva riduzione (fino alla scomparsa nel 1970), e nel 1964 quattro da Bologna, la cui rete era stata chiusa nel 1963. Tutti monocassa a carrelli e aderenza totale, stretti; i triestini, costruiti da Stanga/TIBB, erano lunghi 11,6 m; i bolognesi, costruiti da OMS-ATM/CGE, erano lunghi 13,5 m.







Note

1. Molte città adottarono i cable tram (in USA cable car); in particolare reti importanti sono state quelle di San Francisco (dove tuttora sopravvivono tre linee) e Melbourne. È interessante notare che il principio dei cable tram, ovvero la fune in movimento continuo alla quale il veicolo viene connesso e sconnesso mediante una pinza, per alternare trazione e arresti, è stato ripreso, con soluzioni evolute mutate dalle cabinovie aeree, da moderni sistemi di trasporto terrestre a fune, come il Minimetro di Perugia, che necessitano però di sede segregata.
2. La trazione a vapore, con combustione di carbone, certamente non era appropriata per gli ambienti urbani.
3. Una linea di quasi 2,5 km, sul sedime di una dismessa ferrovia di cantiere, tra la stazione Lichterfelde e la Scuola dei Cadetti. Veicolo lungo 5 m, capace di 20 persone, alimentato a 180 V c.c. dalle due rotaie, velocità 20 km/h.
4. Il declino è stato insignificante o limitato nei paesi dell'Europa centrale e orientale. In Germania, per esempio, ha riguardato solo reti di città minori e sono oggi attive 64 reti, di cui una dozzina classificate Stadtbahn, ovvero metrotranvia. Tutt'altro quadro nell'Europa occidentale: in Italia si è raggiunto nel 1973 il minimo di 4 reti (Torino, Milano, Roma e Napoli, non considerando la speciale linea suburbana sopravvissuta a Trieste, con una tratta molto acclive, dotata di una funicolare con carri scudo su cui si appoggiano i tram), in Francia rimasero solo tre reti, in Spagna nessuna, in Gran Bretagna una.
5. La norma UNI 8379:2000 definisce tranvia veloce o metrotranvia "un sistema di trasporto che mantiene le caratteristiche della tranvia ... ma che consente velocità commerciali e portate superiori grazie ad adeguati provvedimenti (per esempio delimitazioni laterali della sede, riduzione del numero di attraversamenti, semaforizzazione degli attraversamenti con priorità per il sistema, ecc.), atti a ridurre le interferenze del sistema con il restante traffico veicolare e pedonale". La norma ammette opportunamente sistemi misti, ovvero composti da tratte di tranvia ordinaria e tratte di tranvia veloce; è prevedibile che, proprio in relazione ai vantaggi dei sistemi misti, la distinzione venga soppressa. Giova poi ricordare che cosa diversa è la metropolitana leggera, la cui circolazione (come per la metropolitana "pesante") "è completamente autonoma da qualsiasi altro tipo di traffico".
6. In Francia la prima città che ha reintrodotta il tram è stata Nantes, nel 1985; oggi le nuove reti tranviarie francesi sono 27 (con oltre 900 km totali di impianti), cui si aggiungono quelle mai dismesse di Saint-Etienne e Lilla, nonché la penetrazione a Saint-Louis da Basilea. In Italia il tram è ricomparso finora in 8 città (in ordine di tempo, dal 2003: Messina, Sassari, Padova, Cagliari, Bergamo, Firenze, Venezia, Palermo), con uno sviluppo totale di impianti di circa 100 km. Nei prossimi anni tornerà anche a Bologna e Brescia.
7. Due mesi prima dell'attivazione della tranvia Firenze-Fiesole, che è stata in Italia la prima a trazione elettrica ad entrare in regolare servizio.
8. Si trattava del sistema inventato da Alfredo Diatto e già attuato in Francia, con risultati non convincenti. Il principio è stato ripreso in tempi recenti, in modo innovativo, dal sistema "Tramwave" di Ansaldo Trasporti, sviluppo dello "Stream", concepito precedentemente per autobus.
9. Tale misura è stata mantenuta nelle reti di Roma, Milano e Torino; le nuove reti hanno ovviamente adottato la misura di 1435 mm.
10. Montemartini è ricordato dalla toponomastica nel largo al bordo di Piazza dei Cinquecento, dove era la storica sede dell'azienda municipale, dismessa e trasformata in albergo (con rammarico di chi scrive).
11. L'azienda municipale ha cambiato più volte denominazione e acronimo: perso presto l'aggettivo "Autonoma" e assunto quindi l'acronimo ATM, nel 1926 divenne ATG (Azienda Tramvie del Governatorato di Roma), nel 1927 ATAG (nel nome comparvero gli autobus) e nel 1944 ATAC (col significato, in origine, di Azienda Tramvie e Autobus del Comune di Roma).
12. La slitta era isolata dalla linea di contatto e collegata a un terminale del solenoide di comando dello scambio, con l'altro terminale alla tensione della linea. Per azionare lo scambio lo strisciante dell'archetto doveva passare sulla slitta in fase di prelievo di corrente, magari accresciuto da una contemporanea frenatura meccanica. Tale modalità è stata in uso a Roma fino agli anni '90, poi sostituita dal radiocomando.
13. È interessante notare che durante la prima guerra mondiale venne affidato al sistema tranviario un nuovo compito, quello del trasporto di feriti mediante vetture ambulanza e appositi raccordi presso gli ospedali. I tram svolsero anche vari servizi merci, come quelli avviati nel 1923 per il trasporto di derrate ai principali mercati, esercitato con apposite linee.
14. Società delle Tramvie e Ferrovie Elettriche di Roma, a capitale privato, costituita nel 1899 e passata nella proprietà del Governatorato di Roma nel 1928. Acronimo mutato in STEFER nel 1941, quando acquisì SEFI (Roma-Lido) e SFV (Roma-Fiuggi).
15. Il particolare criterio dell'AATM di usare numeri dispari per le motrici e numeri pari per i rimorchi è durato fino al 1990, quando, anche per la scomparsa dei rimorchi, per i tram Socimi fu adottata una numerazione continua, dispari e pari. I tram passati dalla SRTO alla municipale sfuggirono però al criterio, perché, per evitare sovrapposizioni della numerazione fu adottato il criterio di incrementare di 1000 il numero originale della SRTO, dispari o pari che fosse. Fecero eccezione le ultime 4 motrici e

- le ultime 4 rimorchiate acquistate nel 1925 dalla SRTO, che ATM rinumerò col suo criterio di dispari e pari, in prosecuzione delle serie a 8 finestrini (1049...1055 e 570...576).
16. I tram richiedono anche una discreta capacità di rotazione del carrello sull'asse orizzontale trasversale, a causa dei cambi di livelletta più marcati che in ferrovia.
 17. Anche in Italia, in particolare a Milano, dove sono stati immessi in servizio, tra il 1927 e il 1930, ben 502 tram di tipo Peter Witt. Un centinaio è tuttora in servizio su linee regolari, non turistiche.
 18. Non contiamo le linee "barrate" (itinerari limitati di linee principali).
 19. Si trattava della linea 7L, circolare di Monte Sacro, e della 1P, da Piazzale di Ponte Milvio a Due Ponti.
 20. Fu una soluzione adottata anche in varie altre città, non solo in Italia. Da noi questi tram ebbero la denominazione popolare "due camere e cucina", altrove "two rooms and a bath".
 21. Due esempi tra i primi interventi: la fusione delle linee 2 e 3 nella 2/3, da Piazza dei Cinquecento a Piazza Cavour attraverso i Parioli e la creazione della linea 32/C, da Piazza dei Cinquecento a Piazza Risorgimento. Le singolari denominazioni di queste linee furono eliminate dalla riforma della numerazione del 1951, che ridusse a 1...30 (oltre CD, CS, ED, ES) il campo assegnato alle tranvie, facendo spazio nel primo centinaio alle linee filobus (per le quali si presumeva ampio sviluppo; 31...80) e alle linee autobus non periferiche (81...99).
 22. Per la tratta in Prati nel 1972 venne installato il doppio binario in Viale della Milizie, abbandonando Viale Giulio Cesare, dove si sarebbero svolti i lavori della metropolitana A (a causa della rinuncia all'itinerario sotto Via Cola di Rienzo).
 23. La STEFER nasce nel 1941, riunendo in unica società, controllata dal Governatorato di Roma, le Società Ferrovie Vicinali (Roma-Fiuggi), STFER (Castelli romani) e SEFI (Roma-Lido). Nel 1976 STEFER confluisce nell'ACOTRAL (Azienda Consortile Trasporti Laziali), dal 1993 COTRAL.
 24. La cecoslovacca ČKD Tatra, fornitrice di tram per il Comecon, ha prodotto oltre 16.000 veicoli basati sul progetto PCC.
 25. Anche lasciandolo a lungo in strade prossime a un deposito (come Viale Carso), per mancanza di spazio.



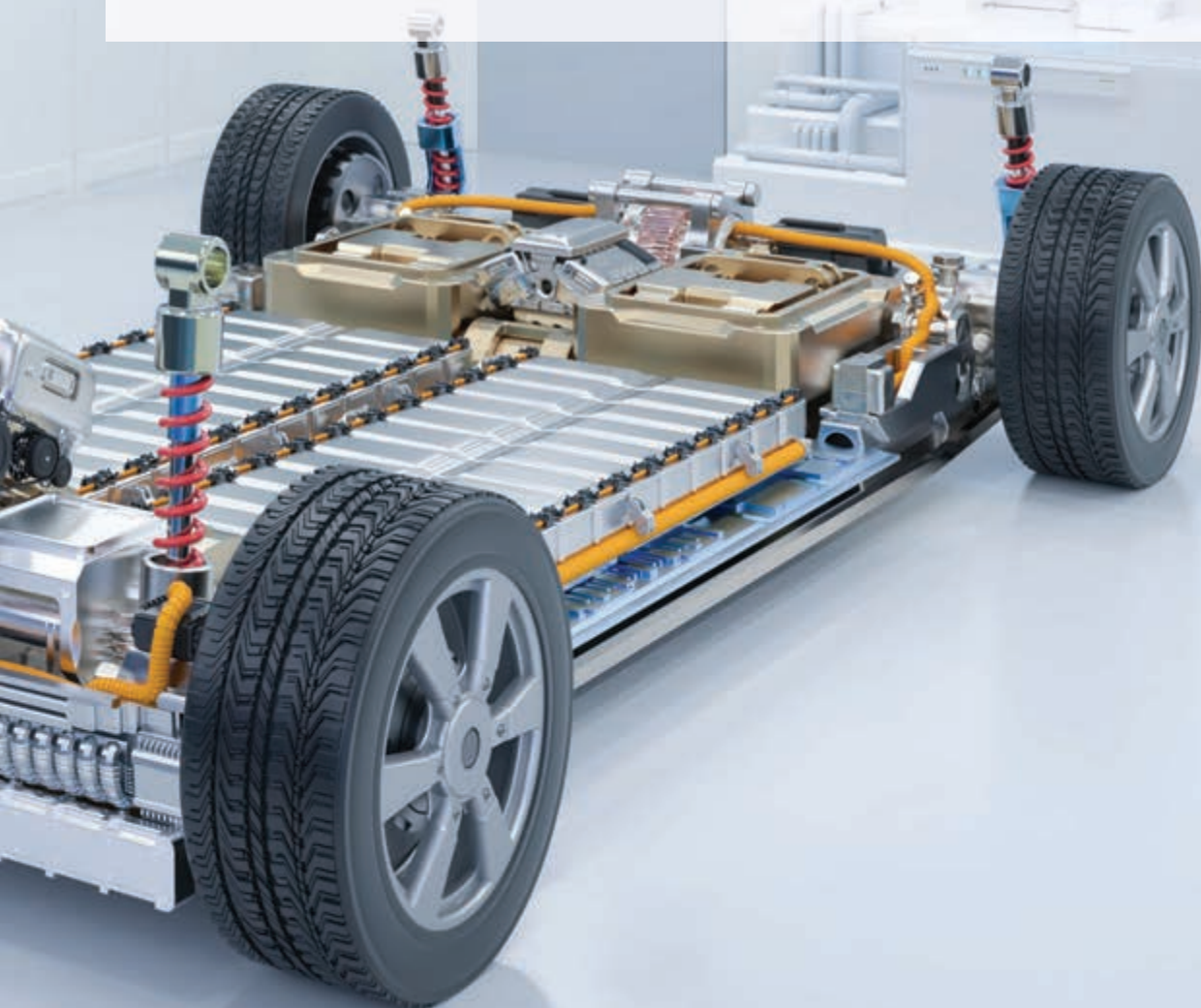
a cura di:
Ing. Giampaolo Stella
Ing. Matteo Marino

Commissione:
Motorismo



LE BATTERIE ED I SISTEMI DI GESTIONE DELL'ENERGIA A BORDO DEGLI AUTOVEICOLI ELETTRICI

Stato dell'arte e caratteristiche di funzionamento



I noti problemi di innalzamento della temperatura del nostro pianeta e il conseguente aumento dell'attenzione pubblica verso la sostenibilità ambientale continuano a spingere le istituzioni pubbliche, gli enti di normazione, i produttori di veicoli e la comunità scientifica verso soluzioni tecnologiche sempre più efficienti e rispettose dell'ambiente.

In questo senso, il quadro normativo mira a promuovere la diffusione dei veicoli a trazione elettrica in quanto in grado di ridurre le emissioni in atmosfera rispetto ai veicoli equipaggiati con motore termico. I veicoli elettrici garantiscono, infatti, la riduzione delle emissioni di CO₂ e di altre sostanze nocive se si considera l'intero ciclo di vita del veicolo (Life Cycle Assessment), dall'estrazione delle materie prime allo smaltimento.

Il percorso verso la diffusione dei veicoli elettrici su larga scala risulta però ancora non semplice e non immediato e dipenderà, in particolare, dal miglioramento delle prestazioni delle batterie e dallo sviluppo delle infrastrutture necessarie

alla gestione dell'energia richiesta per la ricarica. Infatti, con l'aumento del parco dei veicoli elettrici aumenterà in modo considerevole la domanda di energia elettrica e ciò renderà necessaria una nuova configurazione ed una diversa gestione dell'intero sistema energetico e delle relative reti di alimentazione.

Anche per questi motivi, il mercato nel suo complesso è ancora alla ricerca di un equilibrio sul piano politico e normativo, sui contenuti tecnologici e sulle politiche commerciali.

Ad oggi, pur se dopo alcune incertezze, tutti i costruttori offrono un'ampia gamma di veicoli elettrici ed ibridi ed i dati di vendita risultano mediamente in crescita, anche se i volumi complessivi sono ancora ridotti se confrontati con quelli dei più tradizionali veicoli con motore a combustione interna.

In Italia le immatricolazioni del 2022 ammontano a 67533 autoveicoli elettrici (-26.6 % rispetto al 2021), 454989 autoveicoli ibridi (+ 6.4 % rispetto al 2021) e 69809 veicoli ibridi plug-in (-2.7

EU Emissions legislation timeline

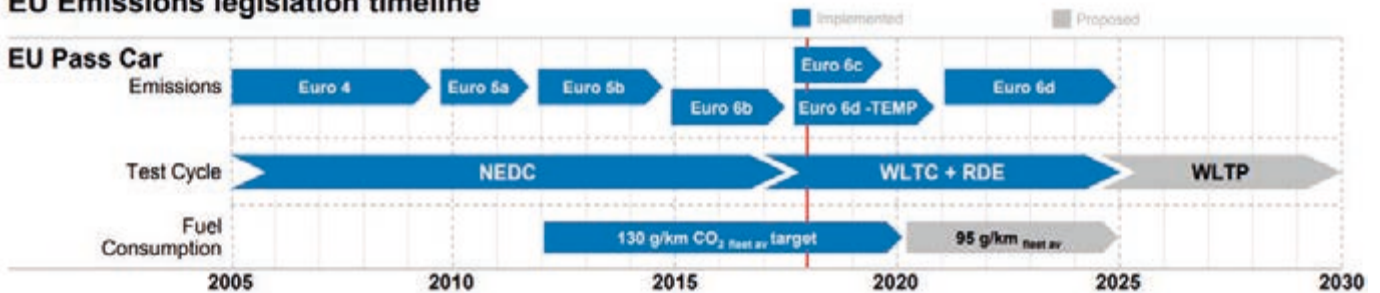


Figura 1
Timeline normativa Europea sulle emissioni inquinanti.
Fonte:
© Ricardo plc 2018

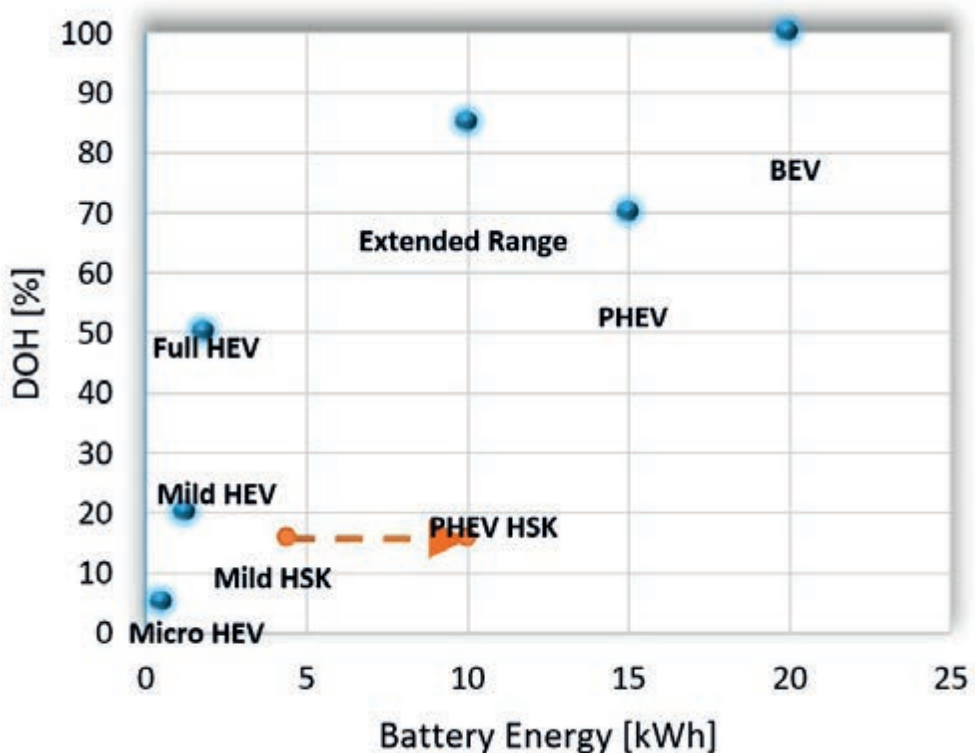


Figura 2

% rispetto al 2021). A dicembre 2022 il parco circolante complessivo era ancora molto ridotto rispetto al totale di circa 39 milioni di autoveicoli ed ammontava a circa 180 mila autoveicoli elettrici (0.46 %), 180 mila ibridi plug-in (0.46 %) e 1.5 milioni ibridi (3.8 %) (fonte dati UNRAE).

Una spinta importante per la diffusione dei veicoli elettrici proviene dai limiti imposti alle emissioni nelle condizioni reali di utilizzo (Figura 1). La norma Euro 6d, in vigore da gennaio 2021, richiede che le differenze di emissioni tra il ciclo di guida WLTP (Worldwide harmonized Light vehicles Test Procedure) e il ciclo RDE (Real Driving Emissions), che prevede test su strada, non debbano superare il 50%. Inoltre, l'attuale limite di 95 gCO₂/km sarà ridotto a 59 gCO₂/km entro il 2030. Dal 1° luglio 2025 sarà in vigore la norma Euro 7 con ulteriori riduzioni delle emissioni di CO₂ e di particolato nonché limitazioni sulle emissioni di freni e pneumatici anche per le auto elettriche. I cicli di omologazione diventeranno ancora più simili alle condizioni reali di utilizzo delle vetture.

Considerando le sole emissioni nella fase di utilizzo dei veicoli la soluzione migliore dal punto di vista della sostenibilità ambientale sarebbe la transizione verso auto completamente elettriche ma, considerati gli attuali limiti di accumulo di energia elettrica a bordo e l'inadeguatezza della rete di distribuzione, l'auto ibrida rappresenta ad oggi la soluzione più equilibrata.

Le auto ibride possono essere classificate sia considerando l'architettura dei gruppi propulsori sia il grado di ibridizzazione (DOH = Degree Of Hybridization). L'ibrido plug-in risulta la tecnologia più costosa e complessa sia per numero di componenti sia per funzionalità ma, considerato il dimensionamento ridotto della batteria, consente di utilizzare strategie di gestione e controllo più performanti ed efficaci in termini di emissioni.

In Figura 2 sono riportate le necessità energetiche medie in funzione del grado di ibridizzazione. Si passa dal Micro Hybrid, con grado di ibridizzazione del 5% e batteria da circa 1 kWh, al Mild Hybrid, con grado di ibridizzazione intorno al 20%



e batteria da 2-3 kWh, al Full Hybrid, con grado di ibridizzazione intorno al 50%. Un tipo particolare di full-hybrid è il plug-in, nel quale l'autonomia di marcia in puro elettrico viene incrementata grazie alla possibilità di ricarica delle batterie. La capacità della batteria cresce intorno a 15 kWh e il grado di ibridizzazione raggiunge il 70%.

Un valore maggiore del grado di ibridizzazione (circa l'85%) è riferito agli E-REV (Extended Range Electric Vehicles), in cui la trazione avviene prevalentemente in elettrico e la ricarica delle batterie può avvenire per mezzo del collegamento del veicolo alla rete esterna oppure con l'impiego di un motore a combustione interna.

Il 100% di DOH è riferito ai BEV, veicoli equipaggiati unicamente di motore elettrico alimentato esclusivamente dalla batteria.

Da analisi basate sul modello GREET (Greenhouse gases, Regulated Emissions, and Energy use in Technologies), il passaggio da un ibrido mild a plug-in comporta una riduzione del consumo di energia e di emissioni di CO₂ di circa rispettivamente il 15% ed il 130% nella fase di utilizzo del veicolo. Considerando invece l'intero ciclo di vita del veicolo, contemplando le fasi di produzione di tutti i suoi componenti fino alla dismissione, le ibride plug-in hanno performance in linea con un veicolo ibrido mild e ciò è da imputare soprattutto alle modalità di produzione dell'energia elettrica. In questo senso, vale la pena considerare la possibilità di installare sul veicolo celle fotovoltaiche come modalità per integrare la ricarica, con ridotte perdite

da trasporto e costo zero dell'energia.

Le previsioni per il prossimo futuro non sono semplici in quanto la diffusione dei veicoli elettrici dipenderà da diversi fattori a partire dal prezzo, ancora notevolmente superiore rispetto ad equivalenti modelli con motore termico, e dall'aumento delle prestazioni delle batterie, che rappresentano il componente più interessante anche dal punto di vista delle prospettive di sviluppo. Per questo motivo, di seguito, se ne illustrerà lo stato dell'arte insieme a quello dei sistemi necessari alla gestione dell'energia a bordo.

Le batterie per gli autoveicoli elettrici

Le batterie rappresentano il principale sistema di accumulo dell'energia a bordo dei veicoli stradali, ma sono disponibili anche altri sistemi, come le celle a combustibile, i supercondensatori, i volani o anche sistemi ibridi che ne utilizzano più d'uno.

Le batterie sono dispositivi elettrochimici che si distinguono in *batterie primarie* non ricaricabili, destinate al singolo uso, e *batterie secondarie* ricaricabili, in grado di accumulare energia elettrica sotto forma di energia chimica durante la fase di carica e di riconvertirla in energia elettrica durante la fase di scarica.

I veicoli che utilizzano le batterie per l'accumulo dell'energia hanno necessità diverse in funzione della loro architettura e delle prestazioni richieste, in particolare per quanto riguarda la capacità, cioè l'energia che può essere immagazzinata.

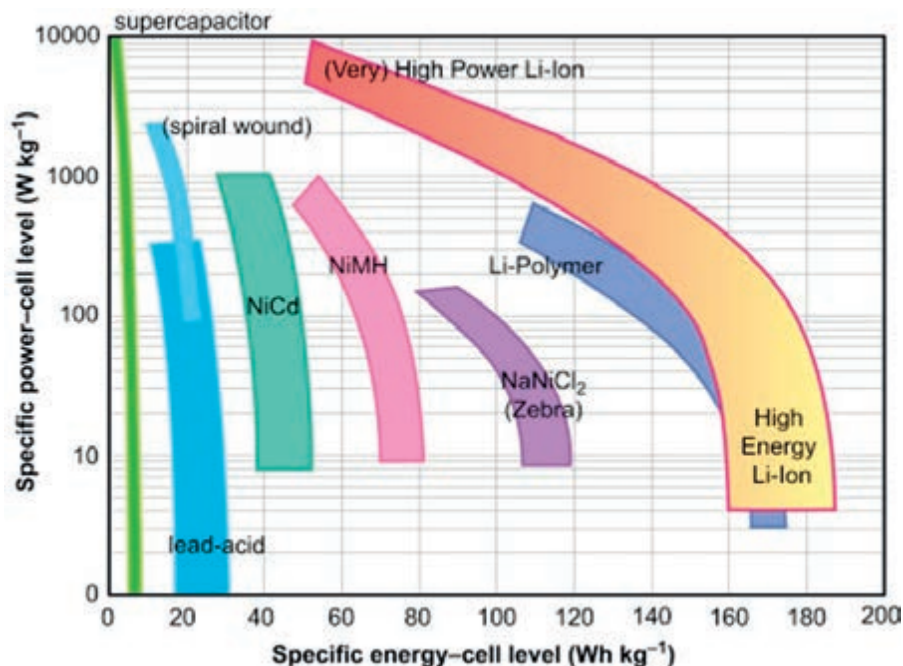


Figura 3
Comparazione delle prestazioni delle principali chimiche delle batterie

nata e che determina l'autonomia del mezzo.

Le attuali tipologie di batterie in commercio rappresentano soluzioni di compromesso tra prestazioni in termini di potenza, energia, peso, ingombro, cicli di vita, sicurezza e costo; quest'ultimo particolarmente importante in quanto, ad oggi, incide in modo sostanziale sul prezzo dell'intero veicolo.

La potenza e l'energia specifiche delle attuali batterie raggiungono ancora valori ridotti rispetto alle necessità della trazione elettrica se paragonate con le prestazioni assicurate dai sistemi con motore termico. Tuttavia, sulla base della spinta dettata dalle sempre più stringenti normative ambientali, gli enti di tutto il mondo - la Commissione Europea, gli Stati Uniti d'America (DOE/USABC), il Giappone (CRIEPI/LIBES) - stanno investendo in ricerca e la tecnologia delle batterie è in continuo sviluppo lasciando presagire un futuro promettente riguardo la diffusione delle auto elettriche.

In concreto, i principali requisiti richiesti ad una batteria sono:

- Capacità sufficiente per assicurare l'autonomia prestabilita del veicolo, anche in relazione alla potenza dei motori;
- Tempo di ricarica rapido;
- Lunga durata della vita utile in termini di cicli di carica/scarica;
- Ridotti volume e peso;
- Possibilità di una distribuzione ottimizzata delle celle per una più facile integrazione del pacco batterie nella scocca dell'auto;
- Costo.

Ad oggi la batteria agli ioni di litio, nelle diverse declinazioni, rappresenta la tecnologia più diffusa grazie alle caratteristiche che, nel complesso, la rendono preferibile.

Dalla Figura 3, che mette in relazione l'energia specifica (Wh/kg) e la potenza specifica disponibile (W/kg), risulta evidente il potenziale delle batterie Li-ion grazie alle migliori prestazioni sia in termini di potenza che di energia specifiche. Per quanto riguarda le necessità delle diverse configurazioni dei veicoli risulta evidente che per quelli totalmente elettrici (BEV) sono preferibili batterie a più alta energia specifica in quanto necessitano di un'elevata quantità di energia immagazzinata. Per i veicoli ibridi (HEV), invece, che combinano il tradizionale motore a combustione interna con i motori elettrici che forniscono assistenza al motore termico nelle fasi di maggior consumo di energia, come le ripartenze e le accelerazioni prolungate, sono preferibili le batterie con capacità di fornire e ricevere una grande quantità di energia in un breve intervallo di tempo e quindi con migliori prestazioni in termini di potenza.

Le batterie agli ioni di litio

Le batterie agli ioni di litio, schema in Figura 4, sono attualmente quelle più utilizzate nei veicoli con trazione elettrica in virtù delle migliori prestazioni rispetto ad altre chimiche. In generale offrono elevate energia e potenza specifiche, numero elevato di cicli, ridotto effetto memoria, elevata efficienza energetica, elevato potenziale di cella e bassa autoscarica. Offrono, inoltre, potenziali ulteriori sviluppi per quanto riguarda le prestazioni e la riduzione dei costi.

Gli svantaggi principali sono costituiti dal costo elevato, dalla pericolosità legata al rischio d'esplosione se surriscaldate o caricate eccessivamente, dal degrado progressivo anche se non utilizzate, dalla necessità di monitorarne e gestirne i parametri di funzionamento attraverso dispositivi di sicurezza.

Ne esistono diverse tipologie, che utilizzano come materiale catodico, insieme al litio, altri elementi che servono a migliorare specifiche caratteristiche.

Litio-Nichel-Manganese-Cobalto (NMC)

È il materiale catodico più comunemente usato per le applicazioni commerciali ad alta potenza, tra cui i veicoli elettrici. A seconda della concentrazione di ciascun elemento che costituisce il catodo si possono ottenere caratteristiche diverse, in particolare elevata energia specifica o elevata potenza specifica. Si raggiungono valori di energia specifica simili o superiori a quelli delle batterie al litio-cobalto ma ad un costo inferiore per le minori quantità di cobalto ed offrono una vita maggiore, compresa tra i 1000-2000 cicli. La tensione della cella è di 3,6 V.

Litio-Ferro-Fosfato (LFP)

Caratteristica di queste batterie sono le buone prestazioni elettrochimiche in relazione alla bassa resistenza interna, il costo relativamente basso, l'alta corrente nominale, elevata sicu-

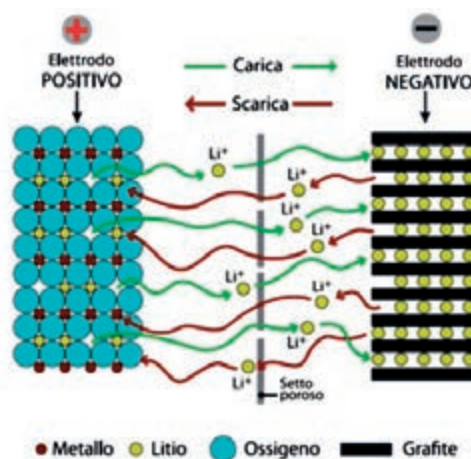


Figura 4

rezza grazie all'alta stabilità termica anche in condizioni di sovraccarico, bassa tossicità, alta potenza specifica, bassa autoscarica ed elevato numero di cicli di carica/scarica, fino a circa 2000 senza significative degradazioni strutturali. La tensione nominale è di 3,2 V.

Litio-Ossido di Cobalto (LCO)

Rappresenta la tecnologia di batterie agli ioni di litio generalmente utilizzata su computer portatili e cellulari in virtù dell'elevata energia specifica. È una delle fonti di energia autonoma ricaricabile con la maggiore energia specifica, intorno a 200 Wh/kg, con una tensione nominale di 3,7 V e durata 500/1000 cicli. Queste batterie sono indicate per tutte le applicazioni portatili di bassa potenza a causa dei limiti della loro capacità che, per motivi di sicurezza, non supera i 2,8-3 Ah. Oltre alla bassa stabilità termica il limite principale è il costo elevato, dovuto alla presenza del cobalto, nonché la durata limitata.

Litio-Nichel-Cobalto-Alluminio (NCA)

Questo tipo di batterie, inizialmente adibite ad applicazioni speciali, si è diffuso nell'industria automobilistica, come ad esempio la Panasonic nel formato 18650. Offre un'elevata energia specifica, buoni valori di potenza specifica e una lunga durata, analogamente alle NMC. L'aggiunta dell'alluminio permette di ottenere un miglioramento della stabilità termica e delle prestazioni

elettrochimiche. La tensione di cella è di 3,6 V.

Litio-Ossido di Manganese (LMO)

Questa tecnologia possiede una bassa resistenza interna che favorisce la ricarica rapida e consente elevata corrente di scarica. Ulteriori vantaggi sono l'elevata stabilità termica e l'elevata sicurezza, ma la durata in termini di cicli è limitata. La cella ha una tensione di 3,8 V.

Litio-Titanato (LTO)

Queste batterie hanno ottima stabilità termica, elevata sicurezza, durata molto lunga e buone prestazioni anche alle basse temperature; possono essere caricate velocemente e forniscono una corrente di scarica elevata. Gli svantaggi consistono nel costo piuttosto elevato e nella ridotta tensione di cella (2,2 V) che comporta una bassa energia specifica.

Nella Tabella 1 sono riassunte le principali caratteristiche delle batterie agli ioni di litio.

Sui veicoli attuali le batterie più diffuse sono le NMC seguite dalle LFP e dalle LCO, nonostante i limiti legati alla presenza del cobalto.

Il Joint Research Centre della Commissione Europea prevede che entro il 2025 circa la metà dei catodi saranno NMC. Il resto sarà distribuito tra gli altri materiali catodici.

Per superare i limiti intrinseci di prestazioni delle batterie agli ioni di litio sono allo studio diverse

	Litio-Nichel-Manganese-Cobalto	Litio-Ferro-Fosfato	Litio-Ossido di Cobalto	Litio-Nichel-Cobalto-Alluminio	Litio-Ossido di Manganese	Litio-Titanato
Chimica del catodo	NMC	LFP	LCO	NCA	LMO	LTO
Energia specifica (Wh/kg)	140-180	80-130	120-150	80-220	105-120	70
Densità energetica (Wh/L)	325	220-250	250-450	210-600	250-265	130
Potenza specifica (W/kg)	500-3000	1400-2400	600	1500-1900	1000	750
Densità di potenza (W/L)	6500	4500	1200-3000	4000-5000	2000	1400
Tensione cella (V)	3.6-3.7	3.2-3.3	3.6-3.8	3.6	3.8	2.2-2.3
Ciclo di vita	1000-4000	1000-2000	>700	>1000	>500	>4000
Scarica (% per mese)	1%	<1%	1-5%	2-10%	5%	2-10%
Costi (per kWh)	\$500-\$900	\$400-\$1200	\$250-\$450	\$600-\$1000	\$400-\$900	\$600-\$2000
Temperatura di esercizio (°C)	-20 fino a +55	-20 fino a +60	-20 fino a +60	-20 fino a +60	-20 fino a +60	-40 fino a +55

Tabella 1

tecnologie alternative, tra le quali in particolare:

- Metallo/aria, che comprende zinco/aria, alluminio/aria, ferro/aria, magnesio/aria, calcio/aria, litio/aria;
- Sodio-beta, note per le alte densità energetiche, nelle due tecnologie sodio-cloruro metallico, sodio-zolfo;
- Zinco/sodio/magnesio;
- Allo stato solido (SSB);
- A doppio ione (DIB) e a doppio carbonio (DCB);
- Grafite/carbonio;
- Doppio ione di potassio a base di carbonio;
- Litio-aria e litio-zolfo.

Dal punto di vista costruttivo i componenti elementari delle batterie sono le celle, che possono essere assemblate con modalità e forme diverse: cilindrica (a), a bottone (b), prismatica (c), a sacchetto (d), come mostrato nella Figura 5. L'intero pacco batterie di un veicolo è costituito da più gruppi di celle (stringhe) collegati in serie e parallelo al fine di assicurare le caratteristiche richieste in termini di tensione, potenza, capacità, corrente, ecc. ed assemblati insieme ad un complesso di altri elementi necessari per l'utilizzo.

Oltre alle celle, il pacco batterie comprende un contenitore, un sistema elettronico di supervisione e controllo, Battery Management System (BMS), fusibili, morsetti e cavi di connessione, un sistema di raffreddamento, le interfacce di comunicazione di tutte le grandezze quali quantità di carica disponibile, autonomia, temperatura, segnalazioni di pericolo, ecc.

La sicurezza delle batterie

Tutte le batterie agli ioni di litio presentano rischi che possono sorgere se utilizzate al di fuori delle condizioni operative di sicurezza; quelli prin-

cipali possono derivare da:

sovaccarica: si verifica quando una cella è caricata oltre il 100%, provocando sovrariscaldamento o rigonfiamento;

sovrascarica: si verifica quando una cella è scaricata oltre il 100%, causando il crollo della tensione che potrebbe invertirsi con alte correnti di scarica. Questo può danneggiare internamente le celle che, durante la successiva ricarica, possono portare a rischi per la sicurezza;

stress termici: l'esposizione ad alte temperature, oltre il degrado della cella, può attivare pericolose reazioni chimiche esotermiche;

bassa temperatura: la maggior parte delle celle al litio hanno limitate performance alle basse temperature, in particolare per quanto riguarda la capacità di carica. Anche la scarica viene limitata dall'aumento dell'impedenza;

sovra corrente: eccessive correnti durante la carica o la scarica possono causare sovraccarichi o sovrascarichi localizzati con conseguente riscaldamento interno e i relativi rischi legati alle alte temperature;

difetti interni alle celle: inclusioni di materiali, difetti nei separatori delle celle e altri difetti interni possono causare cortocircuiti e generare problemi termici;

sollecitazioni meccaniche: danneggiamenti meccanici delle celle o del pacco batterie possono causare corto circuiti con perdite di elettrolito, sovrariscaldamento, fiamme e rischi dovuti ad archi elettrici;

età: in generale, la probabilità di guasto per le batterie al litio aumenta con l'età.

Considerati i rischi possibili, le batterie al litio sono regolamentate da specifici standard automotive, indicati nella seguente Tabella 2:

La ricarica delle batterie ed il battery management system (BMS)

Al fine di raggiungere i valori prestazionali richiesti il pacco batteria di un autoveicolo è realizzato utilizzando un elevato numero di celle (a volte migliaia), connesse in serie e parallelo in gruppi a loro volta connessi e assemblati in configurazioni molto diverse, per i diversi costruttori, per quanto riguarda la capacità totale, la tipologia di celle, le modalità d'assemblaggio di gestione e controllo.

L'utilizzo di molti elementi comporta che nelle fasi di carica e scarica le singole celle in serie,

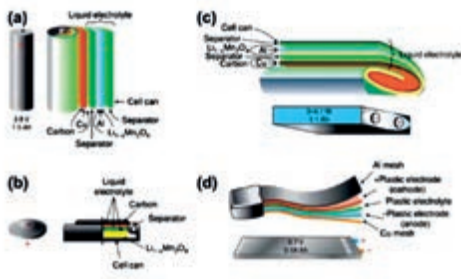


Figura 5

Standard di sicurezza delle batterie LI-ion in ambito automotive	
IEC 62133-2:2017	Celle e batterie secondarie contenenti elettroliti alcalini o altri elettroliti non-acidi - Requisiti di sicurezza per celle secondarie portatili sigillate e per batterie composte da esse, per utilizzo in applicazioni portatili. - Parte 2: Sistemi al litio
IEC 62660	Celle secondarie a ioni di litio per la propulsione di veicoli elettrici stradali
ISO 12405	Veicoli stradali a propulsione elettrica - Specifiche di prova per pacchi e sistemi di batterie di trazione a ioni di litio

Tabella 2

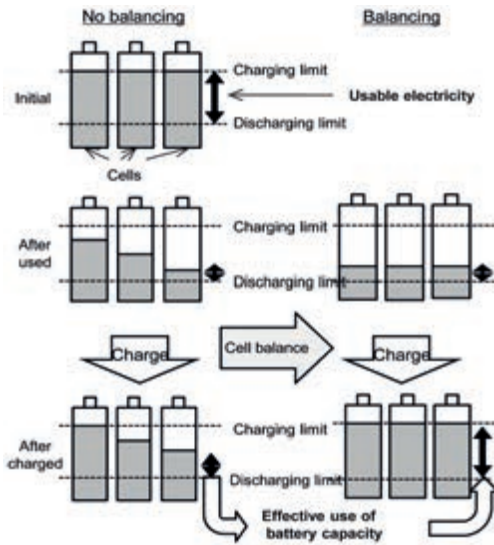


Figura 6

pur essendo interessate dallo stesso valore di corrente, potrebbero avere un diverso livello di carica (SoC, State of Charge) a causa della diversa capacità, della diversa resistenza interna, del diverso invecchiamento dei materiali, dei diversi valori di autoscarica.

Ciò porterebbe ad uno squilibrio tra le celle che potrebbe causare sovraccarica, sovrascarica, sovratemperatura e, se non controllato opportunamente, cattivo funzionamento o addirittura esplosioni.

Inoltre, durante il funzionamento ogni gruppo di batterie in serie (stringa) è limitato dalla cella più

debole poiché raggiunge prima i limiti di carica superiore e inferiore, impedendo alle altre celle di fornire la loro completa capacità e limitando la vita utile, l'autonomia e lo stato di salute dell'intero pacco batteria.

Per evitare questi problemi viene utilizzato un Battery Management System (BMS), un elemento fondamentale del pacco batterie dei veicoli elettrici ed ibridi che, oltre ad assicurare il bilanciamento della carica, controlla e gestisce tutte le grandezze e le funzioni necessarie ad assicurare il corretto funzionamento della batteria e la sua sicurezza.

In concreto, il BMS assolve alle seguenti funzioni:

- Assicura la sicurezza e l'affidabilità della batteria;
- Monitora e valuta lo stato della batteria;
- Controlla lo stato di carica (State of Charge, SoC);
- Controlla la profondità di scarica (Depth of Discharge, DoD);
- Controlla lo stato di salute (State of Health, SoH);
- Bilancia le celle e monitora la temperatura della batteria;
- Evita condizioni di sovraccarico, sovratensione e sovratemperatura;
- Comunica con gli altri sistemi di gestione del veicolo.

I circuiti di bilanciamento possono essere resistivi o capacitivi e centralizzati, distribuiti o modulari. Nella sostanza, il sistema di bilanciamento consente di utilizzare l'intera capacità di ogni cella nei processi di carica e scarica.

Il sistema di bilanciamento resistivo ha il vantaggio della semplicità realizzativa e dell'eleva-

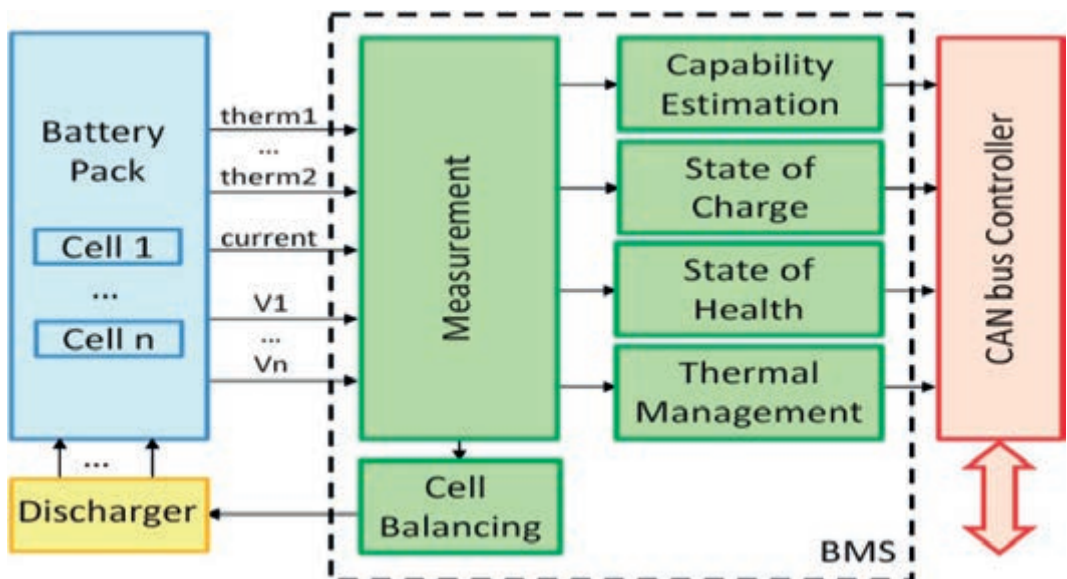


Figura 7

ta affidabilità, ma presenta lo svantaggio della bassa efficienza in quanto dissipa la carica in eccesso su resistenze. Il sistema capacitivo impiega, invece, un sistema di accumulo esterno costituito da condensatori per compensare l'energia tra le celle.

Il bilanciamento delle celle è necessario per il loro utilizzo ottimale considerando le loro differenze di capacità.

Al fine di allungare la vita utile della batteria i limiti di carica e scarica sono di solito fissati all'80% e al 20% così che l'energia utilizzabile risulta di circa il 60% della capacità nominale (Figura 6).

Altro parametro costantemente monitorato e gestito dal BMS è la temperatura delle celle, che aumenta in particolare durante la ricarica. Le temperature anomale possono degradare la capacità della batteria, ridurre la durata e ridurre la sicurezza dell'intero pacco batteria. Anche temperature troppo basse possono causare guasti e malfunzionamenti.

Nella Figura 7 è descritto il funzionamento del BMS: esso legge informazioni per ogni cella del pacco batteria come la tensione, la corrente e la temperatura per calcolare le variabili chiave, come lo stato di carica, e per gestire i parametri di funzionamento necessari per garantire l'operatività della batteria nel suo range ottimale. Tali informazioni vengono inviate all'unità di gestione del veicolo attraverso il protocollo CAN (Controller Area Network) bus in modo da interconnettere i dati provenienti dal BMS con il sistema di controllo del veicolo.

Sistemi e tecnologie di ricarica

Ciò che caratterizza un veicolo BEV o ibrido plug-in è la possibilità di interfacciarlo alla rete elettrica per la ricarica del pacco batterie attraverso componenti elettronici di potenza e controllo dedicati.

Il trasferimento dell'energia elettrica può avvenire attraverso diverse modalità e livelli di potenza. Prima del 2014, anno in cui è stata emanata la Direttiva Europea 2014/94/UE sulla realizzazione di un'infrastruttura per i combustibili alternativi - recepita in Italia con DL 16 dicembre 2016, n.257 - *che definisce gli standard di potenza e l'interoperabilità dei connettori di ricarica oltre a stabilire i requisiti minimi per la costruzione di infrastrutture per i combustibili alternativi, inclusi i punti di ricarica per i veicoli elettrici e i punti di rifornimento di gas naturale liquefatto e compresso, idrogeno e gas di petrolio liquefatto*, - la mancanza di standardizzazione ha portato all'adozione di diverse tipologie di connettori e livelli di potenza di ricarica.

Esistono due modalità di trasferimento dell'energia tra veicolo e rete, la ricarica conduttiva e quella induttiva. La Direttiva definisce quella conduttiva come standard risultando, ad oggi, più efficiente.

Per quanto riguarda i livelli di potenza impegnati durante la ricarica e le modalità di connessione alla rete i riferimenti sono rappresentati dalle famiglie di norme CEI EN 61851, *Sistemi sulla ricarica conduttiva dei veicoli elettrici* (attualmente in corso di revisione) e CEI EN 62196,



Spine, prese fisse, connettori mobili e fissi per veicoli elettrici.

Esistono 3 tipi di connessione alla rete elettrica: Caso A, il veicolo è connesso alla rete di ricarica con un cavo ed una spina fissati al veicolo (normalmente Modo 1);

Caso B, il veicolo è connesso alla rete di ricarica utilizzando un cavo mobile provvisto di connettore lato veicolo e spina lato colonnina (normalmente Modi 2 e 3);

Caso C, il veicolo è connesso con un cavo ed un connettore fissati alla colonnina.

Sono previsti quattro Modi di ricarica caratterizzati dal tipo di presa e di collegamento:

- Il Modo 1 riguarda la ricarica domestica, riguarda solo le bici elettriche e alcuni scooter e non è applicata per le auto;
- Il Modo 2 riguarda la ricarica domestica/aziendale, lenta o veloce;
- Il Modo 3 riguarda la ricarica per ambienti pubblici, lenta o veloce e deve avvenire tramite un apposito sistema di alimentazione dotato di specifici connettori;
- Il Modo 4 riguarda la ricarica in corrente continua veloce.

Per la ricarica in corrente alternata (Modi 2 e 3) sono previste quattro tipologie di connettori:

- Tipo 1, sul lato del veicolo;
- Tipo 2, sia lato veicolo sia lato colonnina;
- Tipo 3a e Tipo 3c, sul lato colonnina.

In Figura 8 sono schematizzati tutte e quattro le tipologie.

Per la ricarica in corrente continua (Modo 4) sono previsti i connettori CHAdeMO e CCS COMBO2 riportati in Figura 9.

Si noti che tutti i connettori prevedono pin dedicati al controllo. Secondo la CEI EN 61851 sono previsti due cavi dedicati: il *controllo pilota* (CP), il cui protocollo standardizzato prevede un segnale ad onda quadra a $\pm 12V$ a 1kHz, utilizzato per gestire il flusso di potenza dalla colonnina e garantire sicurezza alla ricarica e il *controllo di prossimità* (PP), utilizzato per individuare la portata del cavo di ricarica.

Per quanto riguarda la diffusione delle colonnine di ricarica, il rapporto Motus-E rileva che a giugno 2023 in Italia il numero di punti di ricarica era 45.210; 85 in AC e 15% in DC distribuite su diverse fasce di potenza:

- 7 kW 10,7%
- 7-43 kW 77,5%
- 43-50 kW 3,4%
- 50-99 kW 1,6%
- 99-150 kW 3,8%
- > 150 kW 2,9%

La rete di distribuzione per la ricarica è particolarmente importante in quanto l'introduzione di grandi quantità di veicoli elettrici in aree limitate comporteranno un'elevata domanda di energia elettrica e la necessità di adeguamento della rete stessa. A questo proposito è stato introdotto il concetto di *vehicle-to-grid* (V2G) (Figura 10), che consiste in un sistema di gestione dell'energia, delle informazioni, dei pagamenti tra i proprietari di veicoli elettrici, degli aggregatori e della rete elettrica con la finalità di creare un equilibrio stabile tra domanda e offerta. Questo sistema consiste essenzialmente in tre elementi: l'apparecchiatura di connessione, i dispositivi di comunicazione e controllo per stabilire una relazione reciproca tra l'operatore della rete e lo stato

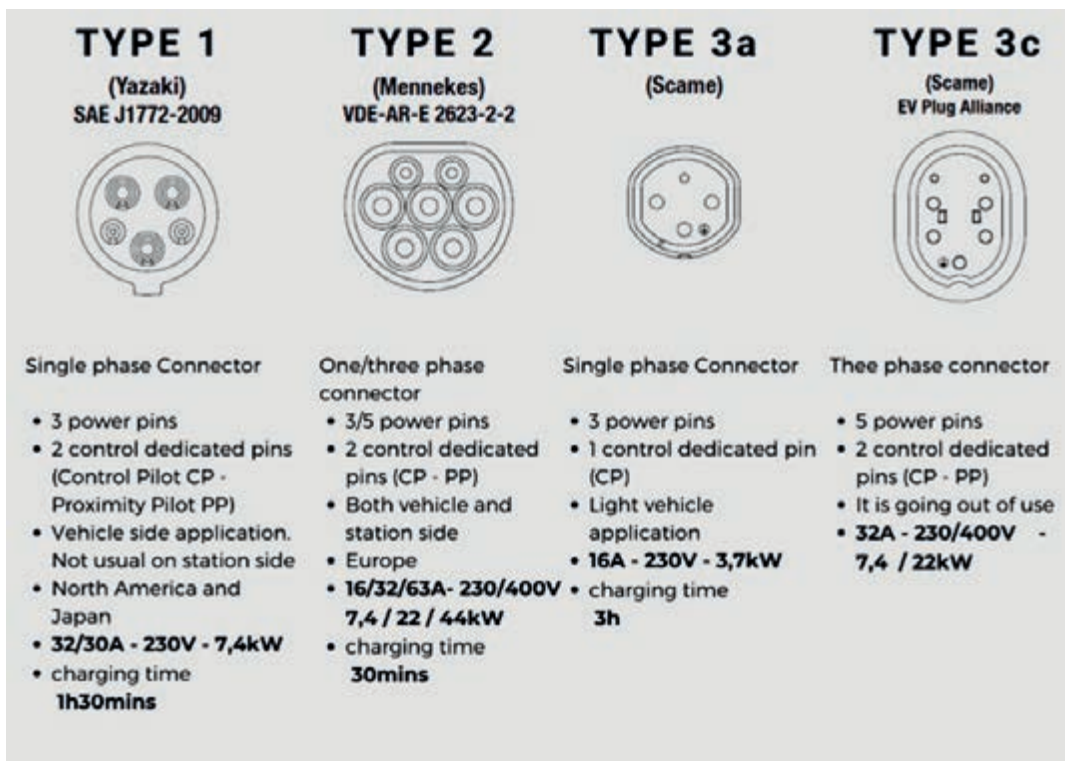


Figura 8
Connettori di ricarica
in corrente alternata

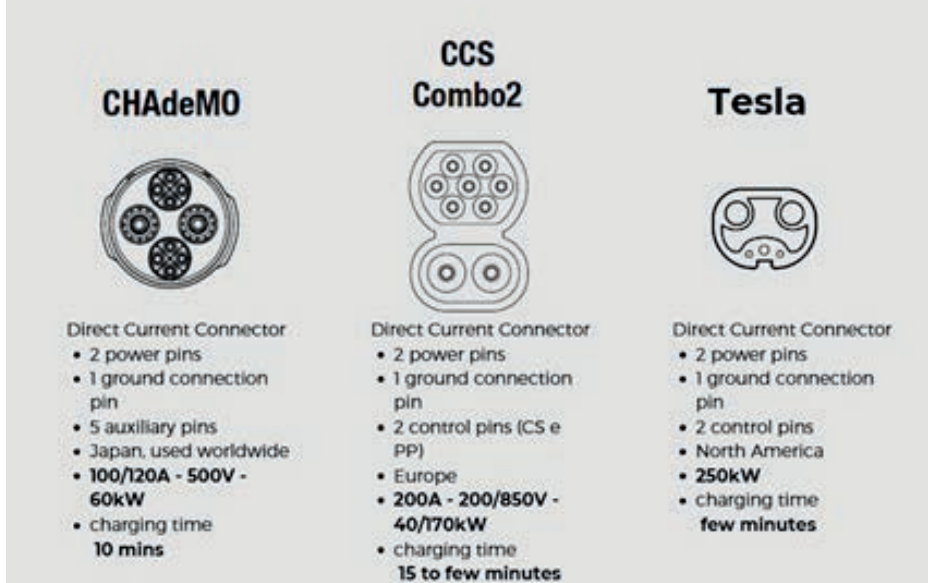


Figura 9
Connettori di ricarica in corrente continua. (il connettore Tesla non è contemplato dalla normativa)

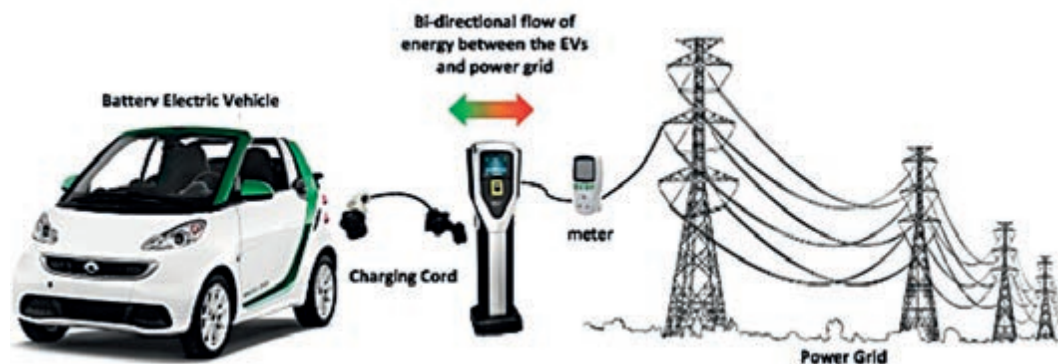


Figura 10
Schema semplificato di un V2G

delle batterie dei veicoli elettrici, i dispositivi di misurazione dell'energia in entrata e in uscita.

Il sistema V2G prevede piani di prezzi incentivanti per i proprietari di veicoli elettrici per motivarli a partecipare a questo sistema di ricarica/scarica con tariffe più convenienti nelle fasce fuori picco e la possibilità di scaricare nella rete l'energia extra immagazzinata nelle batterie con tariffe più alte.

I vantaggi, oltre per gli utenti, riguardano la gestione della rete e gli aspetti ambientali offrendo anche l'opportunità di immagazzinare nelle batterie delle auto l'energia elettrica prodotta in eccesso dalle fonti rinnovabili che dipendono dalle condizioni climatiche/atmosferiche quali le turbine eoliche e i pannelli fotovoltaici.

La produzione delle batterie

Utilizzare le chimiche con maggiore densità di energia è la strada principale per aumentare l'autonomia dei veicoli. Bisogna considerare, però, che l'utilizzo di alcuni materiali che consentono elevate prestazioni energetiche comportano criticità non solo sul piano industriale ma anche sul profilo ambientale, commerciale e geopolitico. Per esempio, la produzione di batterie con le chimiche ossido di litio-nichel-manganese-cobalto (NMC) e ossido di litio e cobalto (LCO) è molto

energivora e produce elevate quantità di gas a effetto serra. Sempre sul piano della sostenibilità ambientale bisogna anche considerare che alcuni elementi come il cobalto rientrano tra le così dette Materie Prime Critiche (Critical Raw Material) un elenco di 30 materie prime che rivestono per i paesi europei particolare criticità sul piano della disponibilità (Tabella 3)¹.

Tra le terre rare figurano anche il neodimio, il disprosio ed il praseodimio, elementi utilizzati per la costruzione dei magneti permanenti dei motori elettrici per trazione. Nella Figura 12 è indicata la previsione della domanda di Cobalto e Grafite nella UE fino al 2030 (fonte EEA report 13/2018). Un altro problema che riguarda la produzione delle batterie dipende dalla concentrazione della produzione mondiale in un numero ristretto di paesi: circa il 50% delle fonti mondiali di cobalto si trova nella Repubblica Democratica del Congo; il 58% del litio proviene dal Cile; l'80% delle riserve di grafite naturale si trovano in Cina, Brasile, e Turchia; il 75% delle riserve di manganese provengono da Australia, Brasile, Sudafrica e Ucraina.²

Per quanto riguarda la produzione industriale si rilevano asimmetrie geografiche per quanto riguarda il volume di batterie prodotte, utilizzate ed esportate in rapporto ai veicoli prodotti. In particolare la Cina detiene il primo posto del

2020 Critical Raw Materials (new as compared to 2017 in bold)		
Antimony	Hafnium	Phosphorus
Baryte	Heavy Rare Earth Elements	Scandium
Beryllium	Light Rare Earth Elements	Silicon metal
Bismuth	Indium	Tantalum
Borate	Magnesium	Tungsten
Cobalt	Natural Graphite	Vanadium
Coking Coal	Natural Rubber	Bauxite
Fluorspar	Niobium	Lithium
Gallium	Platinum Group Metals	Titanium
Germanium	Phosphate rock	Strontium

Tabella 3

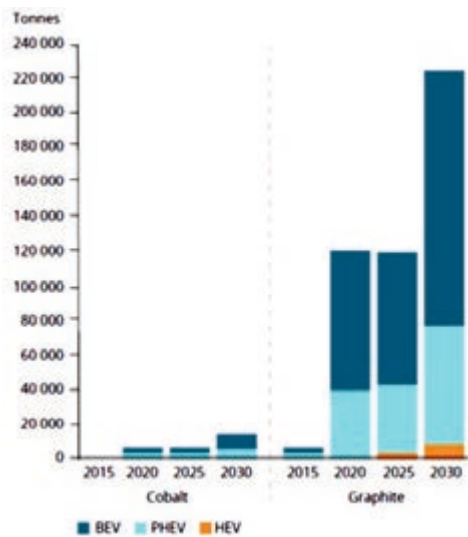


Figura 11

mercato con più del 50% della produzione riuscendo anche a soddisfare la domanda interna; seguono la Corea del Sud ed il Giappone che producono invece un numero di batterie molto superiore a quello dei veicoli elettrici sia venduti sia prodotti; l'Europa e gli Stati Uniti producono solo una parte delle batterie rispetto ai veicoli elettrici prodotti e venduti.

Dalla ricerca europea BATTERY 2030+³ sullo sviluppo e commercializzazione delle batterie si stima una forte crescita della domanda di batterie in tutti i Paesi, in primo luogo per la mobilità elettrica ma anche per altre applicazioni come lo stoccaggio, come indicato nella Figura 12 seguente.

Anche da queste ultime considerazioni appare chiaro che se da un lato la diffusione dei veicoli

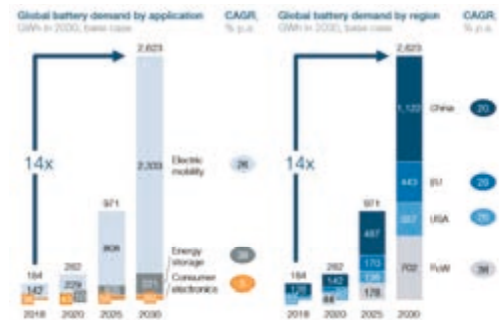
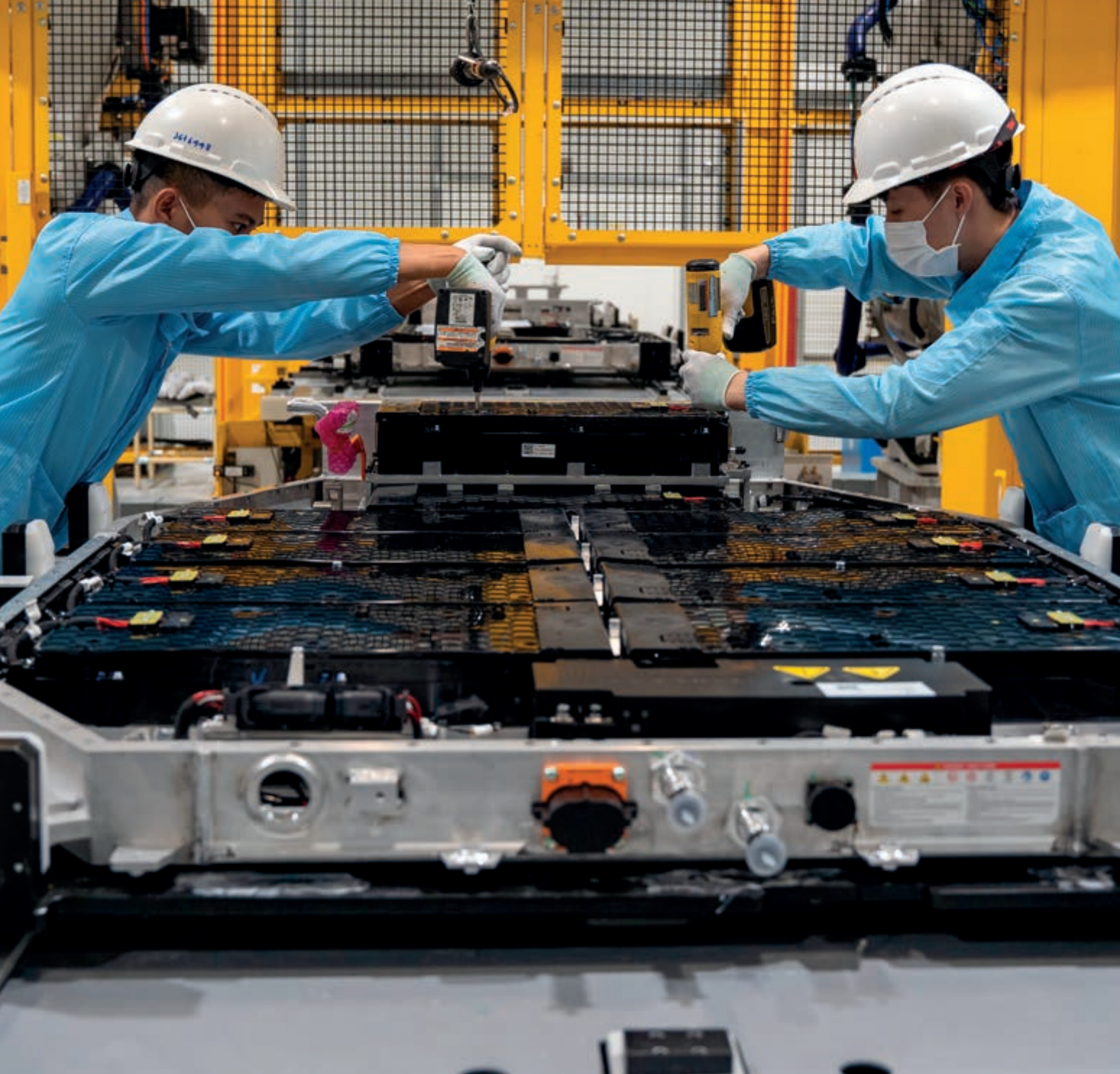


Figura 12

elettrici comporterebbe la riduzione delle emissioni nella fase di utilizzo dei veicoli, nell'intero ciclo di vita i vantaggi risultano ridotti. Inoltre, la loro diffusione comporta criticità di nuovo tipo, anche sul piano geopolitico, derivanti non solo dall'utilizzo di materie prime critiche nelle attività produttive ma anche da problematiche connesse con lo smaltimento e/o il riutilizzo di alcuni componenti dei veicoli, in primis lo stoccaggio e messa in sicurezza delle batterie dismesse ed il loro riutilizzo per applicazioni diverse, per esempio per applicazioni stazionarie.

In questo senso, il percorso verso l'elettrificazione diffusa del parco veicolare risulta ancora lungo e non privo di nuove criticità che andranno man mano risolte.



Note

1. Communication from the commission to the European parliament, the council, the European economic and social committee and the committee of the regions on the 2017 list of Critical Raw Materials for the EU.
2. Commodities at a Glance. N°13. Geneva 2020. "Special issue on strategic battery raw materials". United Nations Conference on trade and development.
3. Battery 2030 Inventing the sustainable batteries of the future. Research Needs and future Actions. February 2022.



Bibliografia

- [1] Ambientale, ISPRA - Istituto Superiore per la Protezione e Ricerca. (2018). EMISSIONI SPECIFICHE DI ANIDRIDE CARBONICA.
- [2] B. Bibaka, H. Tekiner-Mogulkoç. (2021). A comprehensive analysis of Vehicle to Grid (V2G) systems and scholarly literature on the application of such systems. DOI: 10.1016/j.ref.2020.10.001.
- [3] Z. Deng, X. Hu, X. Lin, Y. Kim, J. Li. (2021). Sensitivity analysis and joint estimation of parameters and states for all-solid-state batteries. *Transactions on Transportation Electrification*, vol. 7, no. 3, pp. 1314-1323. DOI: 10.1109/TTE.2021.3050987
- [4] D. McNulty, A. Hennessy, M. Li, E. Armstrong, K. M. Ryan. (2022). A review of Li-ion batteries for autonomous mobile robots: Perspectives and outlook for the future. DOI: 10.1016/j.jpowsour.2022.231943.
- [5] European Environment Agency: <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/transport-emissions-of-greenhouse-gases>
- [6] T. Govinda R., S. Ashish. (2009). Transport sector CO2 emissions growth in Asia. *Energy Policy*, vol. 37, no. 11, pp. 4523-4539. DOI: 10.1016/j.enpol.2009.06.009
- [7] Q. Guo, W. Zeng, S.-L. Liu, Y.-Q. Li, J.-Y. Xu, J.-X. Wang, Y. Wang. (2021). Recent developments on anode materials for magnesium-ion batteries: a review. *Rare Met*, vol. 40, no. 19, pp. 290-308. DOI: 10.1007/s12598-020-01493-3.
- [8] International Energy Agency (IEA): <https://www.iea.org/>
- [9] International Electrotechnical Commission (IEC). 61851 - International Standards on electric vehicle charging systems.
- [10] International Electrotechnical Commission (IEC). 61851-21 - Electric vehicle on-board charger EMC requirements for conductive connection to AC/DC supply.
- [11] International Electrotechnical Commission (IEC). 62196 - Plugs, socket-outlets, vehicle connectors and vehicle inlets – Conductive charging of electric vehicles.
- [12] J. Tomic, W. Kempton. (2007). Using fleets of electric-drive vehicles for grid support. *Journal Power Sources*, vol. 168, no. 2, pp. 459-468. DOI: 10.1016/j.jpowsour.2007.03.010.
- [13] K. Clement-Nyns, E. Haesen, J. Driesen. (2011). The impact of vehicle-to-grid on the distribution grid. *Electric Power Systems Research*. Volume 81. Pages 185-192. DOI: 10.1016/j.epsr.2010.08.007.
- [14] Z. Li, X. Mu, Z. Zhao-Karger, T. Diemant, R. Behm, C. Kübel, M. Fichtner. (2018). Fast kinetics of multivalent intercalation chemistry enabled by solvated magnesium-ions into self-established metallic layered materials. *Nature Communication* 9. Article Number 5115. DOI: 10.1038/s41467-018-07484-4.
- [15] Observatory, European Alternative Fuel. EAFO: www.eafo.eu/
- [16] Parliament, European. (2014). Directive Alternative Fuels Infrastructure: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014L0094&from=EN>.
- [17] Gazzetta Ufficiale: https://www.gazzettaufficiale.it/atto/serie_generale/caricaDettaglioAtto/originario?atto.dataPubblicazioneGazzetta=2017-01-13&atto.codiceRedazionale=17G00005&elenco30giorni=true
- [18] A. B. Pedersen, S. Martinenas, P. B. Andersen, T. M. Sørensen and H. S. Høj. (2015). A Method for Remote Control of EV Charging by Modifying IEC61851 Compliant EVSE Based PWM signal. 2015 IEEE International Conference on Smart Grid Communications (SmartGridComm), pp. 539-544. DOI: 10.1109/SmartGridComm.2015.7436356.
- [19] Pistoia G. (2010). *Electric and hybrid vehicles* 1st Edition. Elsevier.
- [20] Q. Gong, S. Midlam-Mohler, V. Marano and G. Rizzoni. (2012). Study of PEV Charging on Residential Distribution Transformer Life. *IEEE Transactions on Smart Grid*, vol. 3, no. 1, pp. 404-412. DOI: 10.1109/TSG.2011.2163650.
- [21] REN21. (2019). *Renewables 2019 - Global Status Report*.
- [22] SAE. J2894/1_201901 - Power Quality requirements for Plug-in Electric Vehicle Chargers.
- [23] SAE. J551/1_201501 - Performance levels and methods of measurements of electromagnetic compatibility of vehicles, boats and machines.
- [24] S.D. Jenkins, J.R. Rossmair, M. Ferdowsi, Utilization and Effect of Plug-In Hybrid Electric Vehicles in the United States Power Grid. *Vehicle Power and Propulsion Conference*, pp. 1-5. DOI:10.1109/VPPC.2008.4677501.
- [25] W. Liu, T. Placke, K.T. Chau. (2022). Overview of batteries and battery management for electric vehicles. *Energy Reports*, vol. 8, pp. 4058-4084. DOI: 10.1016/j.egy.2022.03.016.
- [26] N. Yabuuchi, K. Kubota, M. Dahbi, S. Komaba. (2014). Research development on sodium-ion batteries. *Chemical Reviews*, vol. 114, pp. 11636-11682.
- [27] Y. Yang, K. Arshad-Ali, J. Roelvelde, A. Emadi. (2016). State-of-art electrified powertrains - hybrid, plug-in, and electric vehicles. *International Journal of Powertrains*, vol. 5, no. 1, pp. 1-29. DOI: 10.1504/IJPT.2016.075181.
- [28] T. Yu, J. Fu, R. Cai, A. Yu and Z. Chen. (2017). Nonprecious Electrocatalysts for Li-Air and Zn-Air batteries: Fundamentals and recent advances. *IEEE Nanotechnology Magazine*, vol. 11, no. 3, pp. 29-55. DOI: 10.1109/MNANO.2017.2710380.
- [29] X. Zhang, Z. Li, L. Luo, Y. Fan, Z. Du. (2022). A review on thermal management of lithium-ion batteries for electric vehicles. *Energy*, vol. 238, part A. DOI: 10.1016/j.energy.2021.121652.
- [30] M. Zhao, B.-Q. Li, X.-Q. Zhang, J.-Q. Huang, Q. Zhang. (2020). A perspective toward practical lithium-sulfur batteries. *ACS Central Science*, vol. 6, no. 7, pp. 1095-1104. DOI: 10.1021/acscentsci.0c00449



a cura di:
Ing. Alberto Avallone

Commissione:
Project Management
in ambito industriale

UN ALBO FORNITORI UNICO PER LA PUBBLICA AMMINISTRAZIONE



L'Albo Fornitori è un elenco di imprese classificate sulla base di criteri economici, organizzativi e tecnici dichiarati in fase di registrazione, con lo scopo di selezionare i partecipanti alle procedure di gara. L'utilizzo di un albo fornitori ben organizzato consente di avvalersi di operatori economici selezionati e verificati, con l'obiettivo di garantire la qualità ed il successo della "supply chain". È opportuno considerare che tutti i fornitori

preselezionati per una gara dovrebbero essere individuati tra quelli già qualificati nell'albo fornitori. Tale vincolo si rende necessario per ridurre il rischio di operare con fornitori che non siano in grado di far fronte agli impegni assunti in termini di tempi, costi e qualità adeguati agli *standard* richiesti. Per tale ragione l'albo fornitori e la qualifica degli operatori economici necessaria per farne parte

non può considerarsi solo una necessità burocratica, come spesso è percepita da coloro che lavorano nei preposti uffici aziendali che rappresentano i clienti interni della funzione acquisti.

Accade infatti molto spesso che, per esigenze operative e di rapidità, ci si concentri più sull'ottenere il prima possibile l'oggetto della fornitura o su operatori specificatamente già collaudati in passato, piuttosto che sul processo garante della corretta esecuzione. Contrariamente a quanto possa essere percepito dall'organizzazione interna, l'attenta selezione dei fornitori rappresenta una vera e propria tutela per l'azienda, in grado di garantire la qualità del fornitore, con il quale l'impresa si troverà poi a operare, e la fornitura di cui l'impresa avrà bisogno per realizzare il suo progetto/scopo.

Lavorare con fornitori non opportunamente qualificati può comportare alti rischi di ritardi o rilavorazioni fino ad arrivare, in casi estremi, al fallimento del fornitore durante l'attività, con evidenti impatti irreversibili sulla corretta esecuzione del progetto in termini di tempi, costi e qualità.

Inoltre, la rotazione degli operatori economici selezionati per le singole procedure, consentirebbe di allargare il proprio panorama sul mercato di riferimento individuando soluzioni alternative sia tecniche che economiche che possono suppor-

tare il successo del progetto/scopo.

Nel caso in cui il predetto albo fornitori (o elenco degli operatori economici) sia stato costituito da una stazione appaltante pubblica deve essere costantemente aggiornato e reso disponibile a tutti quelli che lo vogliono consultare, è lo strumento per poter effettuare la rotazione degli inviti in conformità alla normativa vigente e la leva per ampliare la concorrenza tra gli operatori economici, garantendo così le migliori condizioni di qualità e prezzo per la Pubblica Amministrazione (PA).

Nell'albo fornitori «pubblico» possono iscriversi le imprese ed i professionisti interessati ad eseguire lavori, servizi o forniture per una determinata Stazione Appaltante (SA). Con questo strumento la SA può identificare gli operatori economici da coinvolgere per una procedura di gara al di sotto delle soglie comunitarie indicate nell'art.14 d.lgs. n. 36/2023 o per affidamenti diretti, senza dover effettuare indagini di mercato o analizzare elenchi esterni non verificati. Questo meccanismo assicura che gli operatori individuati, essendo stati già validati in fase di qualifica, siano in grado di rispondere alle specifiche richieste riducendo così al minimo la possibilità che si verifichino imprevisti secondo il principio che *“il processo va verificato ancor prima della fornitura”*.



Nella realizzazione di un progetto, l'utilizzo di un albo fornitori consente:

- La riduzione delle tempistiche per la selezione degli operatori e per la valutazione delle caratteristiche che i fornitori devono possedere, anticipando a monte lo *screening* del mercato;
- Una drastica riduzione dei rischi di fornitura per il progetto dovuti alla mancata conoscenza del mercato e degli operatori economici individuati per la specifica procedura.

Le aziende che intendono qualificarsi in un Albo Fornitori della PA ricevono non solo il beneficio di entrare nel mercato pubblico, in modo da poter essere selezionate in caso di procedura negoziata al di sotto della soglia comunitaria, ma anche quello di presentarsi alle singole SA prima che sia avviata la procedura di gara, alla stregua di un vero e proprio "biglietto da visita referenziato".

L'iscrizione nell'albo fornitori avviene attraverso un indirizzo web dedicato dalla specifica SA, tipicamente all'interno della sezione riservata agli operatori economici, attraverso il quale è possibile presentare la candidatura.

Agli operatori economici, per l'iscrizione all'Albo, vengono richiesti i dati necessari per la creazione di un fascicolo informatico dedicato composto da alcuni dati obbligatori in conformità agli artt. 94 - 100 d.lgs. n. 36/2023 ed altri personalizzabili da ogni Stazione Appaltante in base alle proprie specifiche esigenze.

Quadro normativo di riferimento

Al fine di comprendere l'impatto dell'attuale normativa, sia per le imprese di mercato sia per la pubblica amministrazione, e per poter evidenziare i possibili margini di miglioramento, è necessario analizzare in dettaglio la normativa esistente in merito ai principali aspetti che influiscono sulla gestione degli elenchi degli operatori economici delle Stazioni Appaltanti Pubbliche.

Il 1° luglio 2023 è entrato in vigore il d.lgs. n. 36/2023, c.d. "Nuovo Codice degli Appalti". Tale normativa studiata per essere immediatamente efficace nel suo corpo composto da 229 articoli e 38 allegati ha il dichiarato obiettivo di semplificare il processo di affidamento e di gestione degli acquisti pubblici di lavori, servizi e forniture.

Nell'allegato II.1 viene descritta la modalità con la quale la stazione, in caso di procedura negoziata per importi inferiori alle soglie comunitarie indicate nell'art.14 del decreto "(...) può individuare gli operatori economici da invitare, selezionandoli da elenchi appositamente costituiti (...) Tali elenchi sono (...) costituiti a seguito di avviso pubblico (...) nel quale sono indicate le modalità

per la costituzione come fasce di importo, tempi di risposta alla domanda di qualifica da parte della Stazione Appaltante e la modulistica standard da dover mettere a disposizione". La norma prevede inoltre "(...) revisione dell'elenco, con cadenza prefissata – ad esempio semestrale – o al verificarsi di determinati eventi".

All'art. 24 "Fascicolo virtuale dell'operatore economico" il decreto specifica che: "(...) presso la Banca dati nazionale dei contratti pubblici opera il fascicolo virtuale dell'operatore economico che consente la verifica dell'assenza delle cause di esclusione di cui agli articoli 94 e 95".

Al comma 2 dello stesso articolo è altresì specificato che "(...) fascicolo virtuale dell'operatore economico è utilizzato per la partecipazione alle procedure di gara affidamento disciplinate dal codice. I dati e i documenti contenuti nel fascicolo virtuale dell'operatore economico, nei termini di efficacia di ciascuno di essi, sono aggiornati automaticamente mediante interoperabilità e sono utilizzati in tutte le gare procedure di affidamento cui l'operatore partecipa".

Al comma 3 è infine disposto che tale fascicolo è costituito grazie alla interoperabilità tra le banche dati delle amministrazioni competenti, demandandosi all'ANAC il compito di "predispone elenchi aggiornati di operatori economici già accertati secondo quanto previsto dal comma 1 e le modalità per l'utilizzo degli accertamenti per procedure di affidamento diverse".

Altro punto rilevante della riforma è la riduzione delle Stazioni Appaltanti Pubbliche attraverso un processo di qualifica gestito dell'ANAC; attualmente sono circa 36.800 censite nell'AUSA, Anagrafe Unica delle Stazioni Appaltanti di cui di cui poco meno di ottomila sono i Comuni.

All'art. 63 vengono definite le modalità di qualificazione delle stazioni appaltanti pubbliche per fasce di importo (SF1/SF2/SF3 e L1/L2/L3) come definito al comma 2:

- Qualificazione base o di primo livello, per servizi e forniture fino alla soglia di 750.000 euro e per lavori fino a 1 milione di euro;
- Qualificazione intermedia o di secondo livello, per servizi e forniture fino a 5 milioni di euro e per lavori fino alla soglia di cui all'articolo 14;
- Qualificazione avanzata o di terzo livello, senza limiti di importo.

In merito al coinvolgimento degli operatori economici il nuovo codice ha modificato il principio di rotazione degli inviti presente nella linea guida n°4 dell'ANAC andando ad indicare nell'art.49 del predetto decreto legislativo che "In applicazione del principio di rotazione è vietato l'affidamento o l'aggiudicazione di un appalto al contraente uscente nei casi in cui due consecutivi affidamenti abbiano a oggetto

una commessa rientrante nello stesso settore merceologico”, precludendo così la partecipazione ai soli soggetti aggiudicatari delle ultime due procedure invece che a tutti i partecipanti all’ultima procedura. Si prevede inoltre che *“La stazione appaltante può ripartire gli affidamenti in fasce in base al valore economico” e amplia le deroghe per gli “affidamenti diretti di importo inferiori a 5000 euro” o in caso “di accurata esecuzione del precedente contratto”.*

Si segnala infine che il nuovo Codice degli Appalti nella Parte II impone un’accelerazione verso la gestione del *“ciclo di vita digitale degli appalti pubblici”* attraverso la creazione di una Banca dati Nazionale dei Contratti Pubblici in carico all’ANAC imponendo che tale piattaforma sia *“(…)interoperabile con le piattaforme di approvvigionamento digitale utilizzate dalle stazioni appaltanti e dagli enti concedenti e con il portale dei soggetti aggregatori (…) e con tutte le altre piattaforme e banche dati dei soggetti (pubblici) (…) nonché con le piattaforme telematiche delle SA”.*

Dalla normativa sinora riportata si possono evincere le caratteristiche dell’intervento riformatore (quanto meno nelle sue intenzioni):

1. Riduzione del numero delle Stazioni Appaltanti Pubbliche;
2. Qualificazione e specializzazione delle predette SA;
3. Digitalizzazione dell’intero processo di acquisto consentendo un’interoperabilità tra le banche dati esistenti;
4. Semplificazione del processo di affidamento di lavori, servizi e forniture.

Non è ancora chiaro come l’intero processo funzionerà a regime. Per provare a tracciare il percorso che seguirà la novella legislativa in commento appare necessario muovere dall’analisi di come le banche dati della pubblica amministrazione dovranno interfacciarsi tra di loro per mantenere aggiornati i dati degli operatori economici e degli affidamenti e contratti emessi dalla PA.

Valore del mercato pubblico

L’ANAC¹ indica che il valore economico del mercato degli appalti pubblici in Italia, per le procedure bandite dalla PA al di sopra dei 40.000 euro, soglia per gli affidamenti diretti prima del decreto semplificazioni, per il 2022 è stato di poco inferiore a 290 miliardi di euro per un totale di 233mila procedure di gara.

Il valore complessivo degli appalti di lavori, servizi e forniture di importo superiore a 40.000 euro, nel 2022 è stato di 289,8 miliardi di euro, a fronte dei quasi 207,7 miliardi dell’anno precedente, con un incremento del 39,5% rispetto

al 2021 (+82,1 miliardi di euro) e del 56,2% rispetto al 2020 (+104,2 miliardi di euro), quando il valore degli appalti si era attestato su 185,6 miliardi.

Nello stesso rapporto viene evidenziato che lo strumento più utilizzato (il 78,9 %) dalle stazioni appaltanti per lo svolgimento delle gare sono state le piattaforme telematiche di negoziazione; segue la modalità cartacea ancora utilizzata per l’8,5% delle gare pubbliche. Quest’ultimo dato è emblematico per comprendere il forte cambiamento che è avvenuto, seppur in ritardo, nella PA con la gestione della quasi totalità delle procedure con modalità digitali.

Dato il volume di affari promosso dalla PA e il numero di soggetti coinvolti, l’albo fornitori, con la possibilità di verificare e certificare gli operatori economici a monte del processo di gara con conseguente riduzione dei tempi e dei rischi, potrebbe rappresentare una svolta per il raggiungimento degli obiettivi che nel primo articolo del nuovo codice degli appalti (Principio del risultato) si è prefissato il legislatore.

Struttura per l’albo fornitori

Punto nevralgico per la semplificazione delle procedure di acquisto è rappresentato dalla normalizzazione delle informazioni a disposizione della PA sugli operatori economici. Per poter raggiungere questo risultato è di fondamentale importanza la creazione di un’unica banca dati nazionale che sia adibita anche a casellario informatico nazionale alimentabile e consultabile da tutte le stazioni appaltanti.

Attualmente ogni Stazione Appaltante può decidere di particolarizzare il proprio albo fornitori affinché possa rispondere meglio alle proprie esigenze. Ancorché questa flessibilità assicuri ad ogni singola stazione appaltante maggiore autonomia nella selezione del soggetto a cui affidare l’appalto, presenta le seguenti criticità:

1. Ogni Ente, già dotato di un albo fornitori, dovrà avere al proprio interno personale sufficiente in numero e con adeguata competenza per poter valutare i fornitori che vogliono iscriversi nel suddetto albo;
2. L’Ente deve essere in grado di mantenere aggiornato l’albo nel corso del tempo;
3. Ogni operatore economico è costretto ad iscriversi in moltissimi albi fornitori con notevole dispendio di tempo ed energia dovuto anche alle molteplici e specifiche integrazioni che ogni stazione appaltante dovesse richiedere nel corso del tempo a causa di variazioni o dell’operatore stesso o delle regole dell’albo;
4. Difficoltà pratica di garantire una reale rotazione tra gli iscritti in conformità a quan-

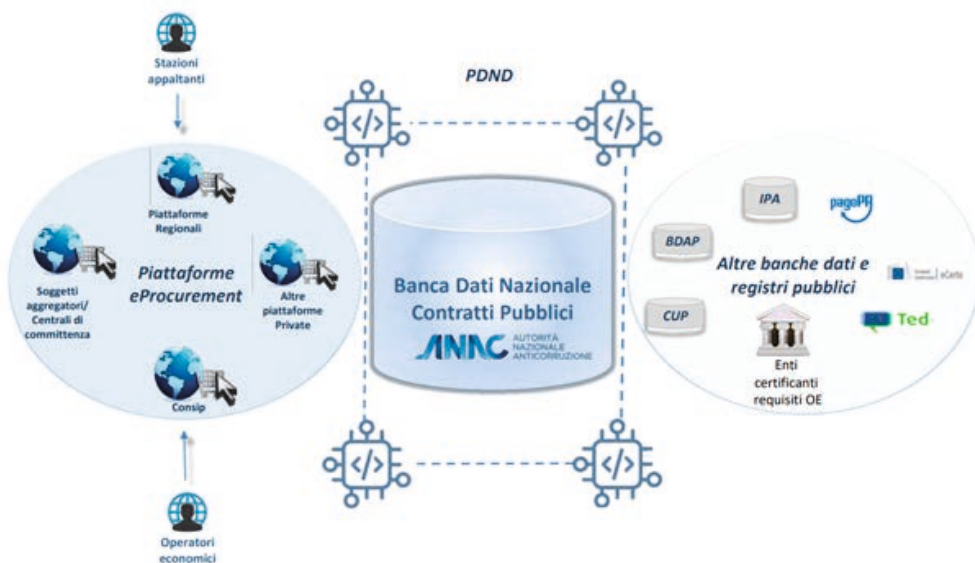


Figura 1

to indicato nell'art 49 d.lgs. n. 36/2023, poiché non sempre si è in possesso di un numero sufficiente di soggetti per tutte le categorie merceologiche nelle quali l'albo è suddiviso; problema è tanto più sentito quanto più è piccolo l'Ente. I grandi operatori economici, a fronte della difficoltà per iscriversi in ogni singolo albo, potrebbero preferire essere inclusi nei soli albi degli Enti a maggiore valore aggiunto. Mentre i piccoli operatori di mercato, non avendo le risorse per seguire le richieste di molte stazioni appaltanti è probabile che si concentrino su quelle con le quali hanno già un rapporto consolidato. Di conseguenza, gli elenchi delle SA di *piccole dimensioni e ridotto budget* è molto probabile che siano popolati da aziende locali e con rapporti di lavoro consolidati, ciò comporta una scarsa competitività del mercato di riferimento che influenza di conseguenza anche la qualità delle forniture richieste;

5. Duplicazione dei controlli relativi ai requisiti di ordine generale effettuati da più stazioni appaltanti per le iscrizioni nei vari albi.

Il reperimento da parte delle imprese delle informazioni richieste per partecipare ad una gara d'appalto, ed il successivo controllo da parte delle stazioni appaltanti nelle fasi di procedura gara e stipula del contratto rappresentano per ambo le parti un onere rilevante che incide sulla tempistica di esecuzione di una procedura. Il paradosso è che la gran parte di queste informazioni sono già nella disponibilità della PA; il problema è che risiedono in "silos" separati e non comunicanti, così che diventa più facile (o più comodo) richiederli ogni volta.

Tale tematica è particolarmente attuale al punto che nell'art. 24 del nuovo codice degli appalti è stata formalizzata la creazione di un fascicolo virtuale dell'operatore economico con l'intento di mantenere attivi i controlli effettuati per varie procedure consecutive da parte di diverse stazioni appaltanti.

A tal proposito l'Agid ha approvato un provvedimento con cui sono state dettate le regole tecniche sulle piattaforme di approvvigionamento digitale. I requisiti in questione riguardano, gli aspetti di interconnessione di tali piattaforme attraverso le quali sarà possibile un pieno scambio di dati con la Piattaforma Digitale Nazionale Dati ("PDND"), nonché con le banche e registri gestiti dall'ANAC e tra le stesse Amministrazioni come ben descritto nel comunicato pubblicato dall'ANAC².

In Figura 1 si riporta lo schema di alto livello dell'ecosistema di eProcurement.

Inoltre, ai sensi di quanto previsto agli artt. 20 e 28 del nuovo Codice, tutti gli atti relativi al ciclo dei contratti (che non siano riservati o secretati) devono essere pubblicati in un'unica area virtuale che è la Banca Dati Nazionale dei Contratti Pubblici, gestita dall'ANAC.

La concentrazione in un unico luogo virtuale di tutti gli atti e i documenti relativi agli appalti e alle concessioni pubbliche evita ridondanze informative e assicura adeguatamente la trasparenza, agevolando l'accesso civico anche grazie alla naturale uniformazione delle modalità di pubblicazione.

In tal senso, la Banca Dati Nazionale dei Contratti Pubblici deve essere in grado di offrire più servizi necessari a una corretta gestione digitale del ciclo dei contratti, tra cui:



Home

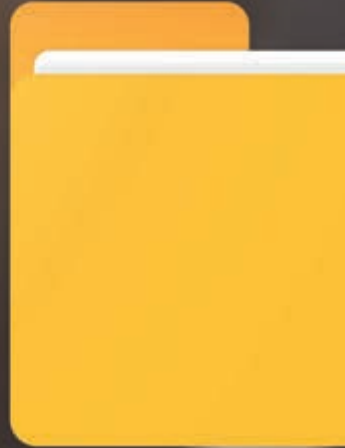
Recents

Desktop

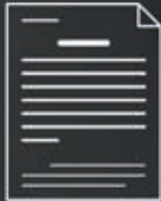
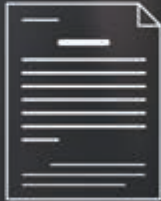
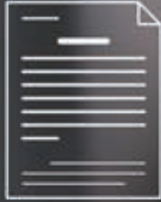
Applications

Documents

Downloads



Search



Folder



Folder

Work 93.21 GB

Created

01:36 PM Sep 16 2022

Modified

03:59 AM Sep 30 2022

6 items

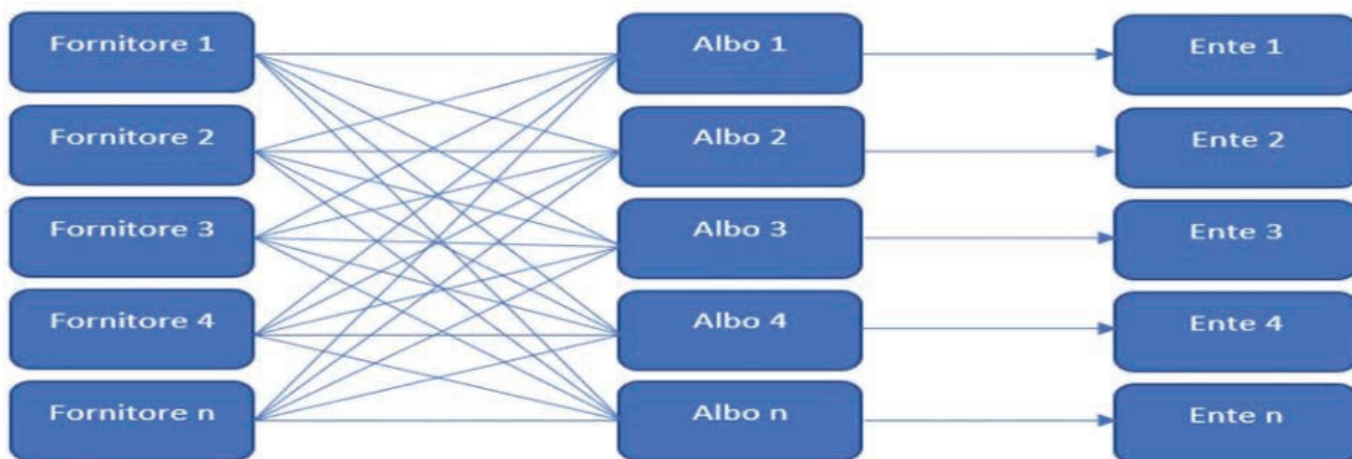
- L'anagrafe degli operatori economici partecipanti, a qualunque titolo coinvolti nei contratti pubblici (art. 31);
- Il fascicolo virtuale dell'operatore economico (art. 24), che consente di verificare in automatico l'assenza di cause di esclusione dalla procedura e il possesso dei requisiti di partecipazione alle gare;
- L'anagrafe unica delle stazioni appaltanti (art. 33-ter d.lgs. d.l. 18 ottobre 2012, n. 179, conv. con mod. dalla l. 17 dicembre 2012, n. 221);
- Il casellario informatico dei contratti pubblici di lavori, servizi e forniture (art. 222), in cui debbono essere annotate le eventuali cause di esclusione ai sensi dell'art. 94 del codice, nonché gli altri fatti rilevanti per l'attribuzione della reputazione dell'impresa o per il conseguimento dell'attestazione di qualificazione.

Nonostante i grandi passi avanti nella gestione dei rapporti tra SA e gli operatori economici, il sistema presenterebbe ampi margini di miglioramento attraverso la possibilità di creare un unico albo fornitori nazionale per tutta la PA che consentirebbe:

1. La semplificazione del rapporto tra il mercato e la PA;
2. L'eliminazione dei controlli di ordine generale e speciale effettuati verso gli operatori economici essendo effettuati a monte;
3. Una reale rotazione tra le imprese del settore a livello nazionale effettuata da un organo esterno alle singole SA in ottica di segregazione dei compiti e trasparenza;
4. Una più ampia competizione in caso di procedura aperta includendo realmente tutte le imprese che desiderano lavorare con la PA;
5. Di essere dotati di un polo di eccellenza per la gestione dell'albo fornitori e con il

6. Di unificare la codifica delle categorie merceologiche prevedendo un unico codice valido per tutte le stazioni appaltanti semplificando in questo modo il processo per gli operatori economici;
7. La facilitazione dell'accesso delle PMI alle gare della PA (infatti spesso le PMI non hanno a disposizione adeguato personale per gestire tanti albi fornitori e monitorare le gare pubblicate, un unico portale garantirebbe la facilità di accesso alle gare con un'unica qualifica e la possibilità di monitorare univocamente le gare su tutto il territorio nazionale con gli opportuni filtri per categoria merceologica e area geografica), consentendo così una maggiore crescita del tessuto imprenditoriale nazionale, in conformità alle indicazioni della Commissione Europea presentate nel documento "Internal Market, Industry, Entrepreneurship and SMEs" (che si può liberamente leggere in https://single-market-economy.ec.europa.eu/publications/analysis-smes-needs-public-procurement_en) e volte all'individuazione di soluzioni per supportare la partecipazione alle gare pubbliche delle PMI proponendo la riduzione delle barriere burocratiche, il dialogo costante con il mercato in termini di supporto e pubblicazione delle opportunità e formazione del personale sia di tali operatori che della PA.

Questo nuovo modello consentirebbe di passare da un'attuale situazione come di seguito schematizzata:



Ad una situazione semplificata e più fluida come riportato di seguito:



Questa nuova configurazione è basata su un sistema centrale totalmente nuovo unificato, presso il quale tutti gli operatori economici che vorranno lavorare con la PA dovranno qualificarsi e tutte le stazioni appaltanti dovranno avere accesso per la selezione degli operatori economici. In ottica di semplificazione si potrebbe addirittura immaginare un accesso automatico delle imprese al mercato della PA contemporaneamente all'iscrizione alla camera di commercio creando così un unico passaggio di registrazione per entrambi i sistemi.

La creazione di un unico albo fornitori nazionali presenta vantaggi e svantaggi. Sotto il primo profilo si avrebbe:

1. La validazione centralizzata degli operatori economici attraverso un unico ente centrale con regole univoche;
2. L'eliminazione delle complicazioni legate alla pluralità di piattaforme telematiche, aventi ognuna le proprie specifiche tecniche;
3. Una documentazione uniformata per tutte le stazioni appaltanti e gli operatori economici;
4. La creazione di un polo nazionale della PA per la qualifica dei fornitori ad altissimo Know How.

Peraltro, questa soluzione reca con sé anche (e almeno) le seguenti criticità:

1. La necessità di creare da zero una struttura organizzativa e tecnologica che gestisca il parco fornitori della PA con relativi problemi di costi e tempi;
2. La difficoltà ad effettuare con un'unica struttura controlli periodici su tutti i fornitori della

PA. Problema superabile attraverso l'interoperabilità tra le banche dati delle varie SA ed utilizzando nuovi strumenti tecnologici come l'intelligenza artificiale;

3. L'azzeramento della concorrenza tra le piattaforme telematiche offerte dai diversi player di mercato almeno per quanto riguarda l'albo fornitori, mantenendo comunque la competitività per il processo di gara e gestione del contratto che può essere affidato a differenti piattaforme.

Tale soluzione centralizzata è in linea con la normativa a livello comunitario: in ambito Europeo è stato definito un regolamento apposito per gli appalti pubblici "CELEX_32014L0024" nel cui art. 64 è riportato che gli stati membri possono istituire elenchi di operatori economici verificati che possono partecipare alle gare non solo nazionali ma di tutti gli stati membri presentando opportuna dichiarazione o certificazione dell'iscrizione in uno degli elenchi nazionali, tale iscrizione rappresenta l'idoneità ai fini dei requisiti di selezione e non può essere contestata.

Possibili soluzioni per la struttura dell'Albo

Affinché la struttura dell'albo fornitori unico nazionale possa essere univoca e congruente con la codifica usata per le procedure di gara, nonché per uniformarsi ad una nomenclatura europea è fondamentale che venga incentrata sui codici CPV (*Common Procurement Vocabulary*) definiti a livello europeo per classificare lavori, servizi e forniture per la preparazione dei bandi di gara. L'utilizzo del CPV come codice merceologico dell'albo fornitori unico nazionale consente:





- Unicità della classificazione merceologica a livello europeo;
- Una corretta apertura al mercato rappresentando una codifica univoca nota ed oramai ampiamente applicata a livello nazionale;
- Una corretta rotazione a livello nazionale ma anche locale per tutta la PA.

Punto nevralgico dell'albo unico è rappresentato dall'interoperabilità automatica delle singole banche dati dei vari Enti (Camera di Commercio, Procura, Tribunale, Inail, Agenzia delle Entrate, Agenzia del lavoro etc...) ed il costante monitoraggio e aggiornamento. In questo modo ogni potenziale modifica che intervenga su una sola delle piattaforme aggiorna automaticamente le altre. Tale procedura definisce, a monte della partecipazione a qualsiasi procedura di gara, un PASS per gli operatori economici, per la partecipazione senza ulteriori dichiarazioni o verifiche a tutte le gare sottosoglia. Essendo tutte le imprese registrate in un unico sistema, questo strumento potrebbe poi essere applicato, con le opportune modifiche, per gestire per tutto il complesso delle procedure della PA incluse anche le procedure sopra le soglie comunitarie.

L'albo unico nazionale, affinché rappresenti una reale semplificazione, deve essere integrato, quantomeno, con i *database* di:

- Inail/Inps;
- Procura della Repubblica;
- Camera di Commercio;
- ANAC;
- Tribunale Penale e Fallimentare;
- Agenzia delle entrate;
- Agenzie del lavoro.

In questo modo è possibile ridurre drasticamente i tempi delle gare, minimizzando i tempi per la comprova dei requisiti di ordine generale già verificati a monte della procedura di gara (come già auspicato dalle linee guida indicate nel nuovo codice), e le tempistiche di qualifica degli operatori economici essendo molti dati già presenti nel database unico (senza necessità di richiedere le informazioni nuovamente all'operatore economico). L'utilizzo del fascicolo virtuale dell'operatore economico, studiato per le procedure di gara, potrebbe diventare una strategia per mantenere costantemente aggiornate le informazioni di carattere generale disponibili nelle banche dati dei vari Enti della PA, già per la fase di qualifica in albo senza la necessità di interrogarlo anche in fase di gara.

Provando a fare un'ipotesi semplificativa, immaginiamo che ogni anno un operatore economico debba iscriversi o rinnovare la qualifica in circa 30 albi fornitori, dedicando ad ogni albo complessivamente (reperimento documenti, carica-



mento documentale ed altre operazioni) circa 3 giorni/uomo. Con questi numeri ogni operatore economico spenderebbe mediamente circa **90 giorni/uomo all'anno** per le qualifiche negli albi fornitori della PA.

Ogni Stazione Appaltante ha mediamente tra i 300 ed i 400 fornitori qualificati in albo, fino ad arrivare a picchi, in casi particolari, di oltre 1000 fornitori. Qualificare o rinnovare un fornitore comporta un onere di tempo di circa 2 giorni complessivi tra la valutazione documentale e gestione delle eventuali integrazioni. Risulta quindi che il carico di lavoro annuo per tutta la Pubblica Amministrazione è di circa **12 milioni di giorni/uomo** ogni anno (calcolo ottenuto considerando 2 giorni per fornitore per una media di 300 fornitori ad albo fornitori per 20.000 stazioni appaltanti che mediamente gestiscono procedure sotto la soglia comunitaria) circa 600 giorni/uomo di media ogni anno per la gestione di un unico albo fornitori.

Si evince che la gestione di tanti albi fornitori comporta un onere in termini di tempo e costi notevole per la PA e per gli operatori economici. Alla stima sopra riportata vanno poi sommati anche i tempi per la gestione delle verifiche ex artt. 94, 95 e 98 sia con riferimento alla qualifica in albo per le verifiche a campione legate alla comprova dei requisiti auto dichiarati dall'operatore economico, sia per la partecipazione alle gare; per ogni procedura di gara gli operatori economici devono invero aggiornare la propria documentazione nel fascicolo virtuale messo a disposizione dall'ANAC o l'autodichiarazione e, al contempo, la stazione appaltante deve procedere con le opportune verifiche tramite l'FVOE dell'ANAC ovvero direttamente attraverso gli Enti preposti.

Con una stima di circa 120 k procedure sottosoglia ed una tempistica media di 1 giorno/uomo per la Stazione Appaltante a procedura e di 0.5 giorni/uomo per gli operatori economici si ottiene che vengono spesi ulteriori 120k giorni/uomo in carico alla PA, mentre considerando una media di 5 fornitori per procedura circa 300 k giorni/uomo in carico agli operatori economici. Queste stime basate sui dati del 2021 ottenute tramite il sistema "Contrattipubblici.org", non tengono peraltro conto delle ulteriori farraginosità del processo delle procedure sopra la soglia comunitaria che non usano l'albo fornitori, ma che potrebbero beneficiarne in termini di portale unico oltre che per la pubblicazione delle gare, come attualmente già previsto nel nuovo codice all'art. 27, anche relativamente alla possibilità di anticipare i controlli di ordine generale di cui all'art 94, 95 e 98 a monte del processo evitando che ditte non qualificate a livello nazionale possano partecipare alle procedure generando maggiore lavoro ed allungamento dei tempi relativi alle valutazioni delle offerte ed alle verifiche amministrative.

Appare, quindi, evidente quanto l'Albo Unico Nazionale possa essere uno strumento fortemente impattante per la semplificazione della PA per lo snellimento del processo di acquisto e delle procedure di gara funzionando come volano del tessuto imprenditoriale.

Interpelli effettuati a livello centrale

Un grande vantaggio di un albo fornitori unico della PA sta nella possibilità per le SA di affidarsi ad un unico Ente centrale per la gestione della selezione degli operatori economici per le procedure consentendo di:



1. Azzerare meccanismi corruttivi o semplicemente di cattiva gestione degli inviti dovuti ad una conduzione poco trasparente degli stessi;
2. Eliminare *modus operandi* consolidati, consentendo una reale apertura al mercato e la corretta crescita del tessuto imprenditoriale;
3. Ottenere una reale rotazione a livello nazionale dando pari opportunità a tutti gli operatori economici qualificati con criteri chiari;
4. Eliminare l'onere della gestione di un elenco degli operatori economici e degli inviti alle singole stazioni appaltanti, concentrando il lavoro sulla procedura di gara e sulla gestione del contratto;
5. Determinare una considerevole semplificazione per gli operatori economici nella gestione delle qualifiche, dovendo gestirne una sola, consentendo una reale apertura della PA alle piccole e medie imprese.

L'utilizzo di una struttura centrale garantirebbe quindi un notevole efficientamento in termini di trasparenza, tempi e costi sostenendo una più ampia apertura al mercato e, quindi, in definitiva ottenere migliori *output* per il contribuente finale ed una maggiore spinta economica per il Paese agevolando le imprese sane e capaci di rimanere sul mercato per merito e non per consolidate amicizie o favoritismi.

La commissione Europea ha peraltro affermato che la corruzione negli appalti pubblici ed i comportamenti illegali attuati dal personale delle stazioni appaltanti sarebbero un fenomeno «diffuso in ambito europeo» (v. relazione "Implementation and best practices of national procurement policies in the Internal Market" in <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=COM:2021:245:FIN&rid=3>; in essa si

evidenzia che gli stati membri hanno definito regolamenti e normative interne volte a contrastare tale fenomeno basate essenzialmente sul principio della trasparenza, principio al quale è ispirata l'idea di un albo fornitori unico nazionale.

L'ente che potrebbe gestire l'albo unico nazionale è l'ANAC che già è responsabile della BDNCP. I costi di questo nuovo settore della struttura potrebbero essere finanziati attraverso un contributo, come già attualmente avviene per le procedure di gara, per ogni selezione richiesta. Tale strumento sarebbe, comunque, più economico da gestire sia per la singola stazione appaltante e quindi per le casse dello stato, ma anche per gli operatori economici non dovendo gestire numerosi albi fornitori con personale dedicato, traducendosi di conseguenza in offerte più economiche per la PA.

Affinché possa realmente agevolare le stazioni appaltanti e stimolare una corretta crescita del mercato, tale meccanismo di selezione dei fornitori non può prescindere da un sistema di *vendor rating* che possa facilitare, nella selezione, le imprese più virtuose in termini economico/qualitativi. Questo sistema centralizzato a livello nazionale potrebbe diventare un volano importante per la crescita del mercato garantendo una valutazione unica a livello nazionale. Infatti, il *vendor rating* ha il compito, non solo di valutare i fornitori qualificati in albo ma anche migliorare la gestione dei rapporti con gli stessi consentendo una costante crescita attraverso lo stimolo continuo al miglioramento. Si garantisce, così, al buyer la possibilità di attuare delle scelte consapevoli relativamente all'invito a gara di soggetti adeguati alla specifica procedura non basandosi su informazioni generiche ma su informazioni coerenti, misurabili e monitorate nel tempo a livello centrale.



Con l'implementazione di tale sistema gli operatori economici sarebbero invogliati a migliorare le proprie *performance* di esecuzione contrattuale e ridurre la loro litigiosità o tendenza alla cattiva esecuzione, essendo coscienti che una cattiva *performance* comprometterebbe non solo le opportunità future con una singola stazione appaltate ma con tutta la Pubblica Amministrazione. Mentre la PA beneficerebbe di forniture a regola d'arte e di una drastica riduzione dei contenziosi ottenendo dei risparmi su tempi e su costi di realizzazione oltre ad un miglioramento drastico della qualità. Inoltre, questione non banale, tutte le singole SA sarebbero costantemente aggiornate sullo stato del rating degli operatori di mercato e delle loro reali potenzialità.

Conclusioni

La normativa prevede che ANAC potrà predisporre liste di OE verificati utilizzabili dalle SA qualificate, ed è stata accennata la possibilità di utilizzare gli operatori già registrati nel MEPA o inseriti nell'albo di Consip. Considerando la formalizzazione normativa del FVOE sono inoltre stati fatti passi avanti per semplificare il processo per le SA consentendo un enorme risparmio di tempo ed energie che possono essere dedicate alle procedure di gara. L'Albo Fornitori Unico Nazionale ha una prospettiva ed un taglio molto più profondo, non legato tanto ai requisiti di ordine generale e speciale riportati sui documenti che rappresentano un elemento della qualifica, quanto piuttosto alla **verifica dell'effettiva capa-**

cià di realizzare quanto necessario alla SA in termini di tempi, costi e qualità predeterminati riducendo al minimo il rischio di insuccesso aumentando la qualità percepita dal cittadino nei confronti della PA. Per realizzare questo

obiettivo è necessario verificare attentamente la storia dell'operatore economico in termini di forniture realizzate e di referenze accumulate come biglietto da visita per la PA nonché effettuando visite ispettive nelle rispettive sedi da parte di personale della PA opportunamente formato. L'abilitazione SOA, estesa anche a servizi e forniture, è stato un ottimo passo avanti, ma nel tempo ha dimostrato di limitare l'accesso al mercato poiché può essere richiesta solo dopo la realizzazione di alcune opere per le SA mentre, per consentire una crescita del mercato, è necessario dare fiducia alle imprese consentendo l'accesso anche a quelle di nuova costituzione che però siano state opportunamente verificate ed ispezionate in termini di capacità e mezzi a disposizione. Con la gestione centralizzata degli interpellati e del *Vendor Rating* verrebbero abbattuti i rischi di corruzione locali e l'ingresso della malavita negli appalti pubblici.

In definitiva l'albo fornitori unico nazionale potrebbe rappresentare la chiusura di un cerchio iniziato anni fa con la creazione di Consip, al quale il nuovo codice appalti ha dato un fattivo contributo, al fine di avere una PA più semplice, trasparente, e sicuramente più efficace ed efficiente.

Note

1. Comunicato dell'ANAC:
<https://www.anticorruzione.it/-/impennata-degli-affidamenti-in-italia-nel-2022-quasi-290-miliardi-il-mercato-degli-appalti>
2. Comunicato dell'ANAC:
<https://www.anticorruzione.it/-/digitalizzazione-degli-appalti-ecco-come-si-arriva-all-interoperabilit%C3%A0-delle-piattaforme>

IL NUOVO RUOLO DEL PREPOSTO





a cura di:
Ing. Cesare Gabriotti

Commissione:
Sicurezza
nei luoghi di lavoro

Introduzione

Il Preposto è una Figura Chiave del cosiddetto Team Sicurezza di ogni Azienda (D.Lgs. 81/2008). Questo articolo ha l'intento principale di fornire alcune indicazioni applicative inerenti le novità normative (che spesso lasciano spazio a diverse interpretazioni) introdotte dal recente D. L. n° 146 del 21/10/2021 ed una panoramica generale sui compiti e le interazioni con gli altri Soggetti custodi della tutela dei lavoratori. Nel contesto ampio della Salute e Sicurezza durante il Lavoro, si sottolinea ed enfatizza il “problema” di quando e come “individuare” il Preposto, come “prepararlo” adeguatamente e quali strumenti assegnargli per consentirgli di espletare la sua “delicata” funzione, con una metodica al contempo analitica ed empirica.

Con alcune proposte e raccomandazioni si invita il Lettore a riconsiderare questa Figura in una ottica più complessa, alla scoperta di risvolti nuovi alla “vigilanza” aziendale, alla cui radice è indispensabile una conoscenza approfondita delle regole di valutazione dei rischi e delle relative contromisure da applicare.

Premessa

Questo documento si propone di illustrare il ruolo del *preposto* per effetto delle modifiche legislative introdotte dal D. L. 146 del 21 ottobre 2021 e della relativa Legge di conversione n° 215 del 17 dicembre 2021, in particolare di avviare una riflessione su alcuni aspetti critici o poco chiari che vanno emergendo nella prima fase di applicazione. A riguardo occorre tener presente che la normativa sulla sicurezza nel lavoro è in costante evoluzione, vedi p. e. i numerosi aggiornamenti del D. Lgs. 81 del 9 Aprile 2008 (Testo Unico sulla Salute e Sicurezza sul Lavoro). La versione aggiornata del T. U. può essere scaricata dal sito <http://www.8108amatodifiore>. In particolare, pre-

cisazioni e modifiche sono attese nel prossimo futuro sulla formazione dei lavoratori nell'ambito della Conferenza Stato-Regioni.

Al fine di comprendere meglio il nuovo ruolo e gli obblighi del Preposto è bene ricordare brevemente quali sono le figure prevalenti che devono assicurare un efficiente servizio di Prevenzione e Protezione a garanzia della sicurezza dei lavoratori in qualsiasi ambiente di lavoro. Il D. Lgs. 81/2008 e il D. Lgs. 106/2009 individuano come attori fondamentali del Servizio di Prevenzione e Protezione della Sicurezza nei luoghi di lavoro i soggetti che seguono:

- Il Datore di Lavoro.
- I dirigenti incaricati per la sicurezza.
- Il Responsabile del Servizio di Prevenzione e Protezione della Sicurezza (RSPP).
- Il Medico Competente.
- Il Rappresentante dei Lavoratori per la Sicurezza (RLS).
- I Preposti per la Sicurezza.

Nella Figura 1 si riporta uno dei molteplici esempi di Organigramma della sicurezza nei luoghi di lavoro in cui viene a collocarsi la figura del preposto. Segue poi una breve descrizione dei compiti dei diversi soggetti, così come definiti nel D. Lgs. 81/2008.

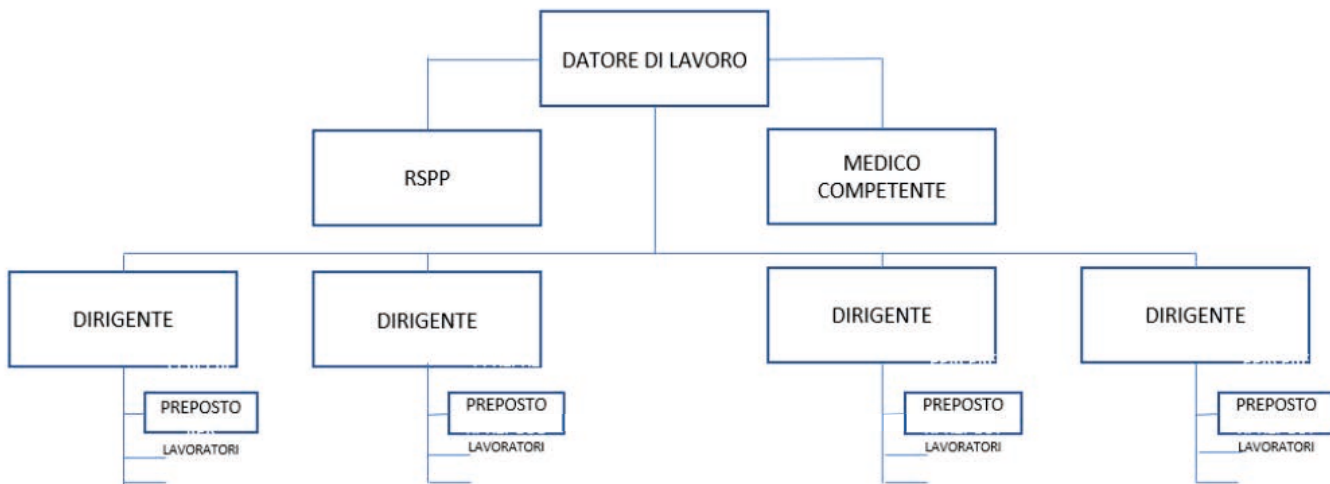
Il Datore di lavoro e i Dirigenti incaricati per la Sicurezza

I principali obblighi del Datore di Lavoro *non derogabili* sono:

1. Redigere il Documento di Valutazione dei Rischi (DVR).
2. Nominare il Responsabile del Servizio di Prevenzione e Protezione.

Più in particolare gli obblighi del Datore di Lavoro definiti nell'art. 2 comma b) del D. Lgs. 81/2008 sono così definiti:

Figura 1 ORGANIGRAMMA SICUREZZA NEI LUOGHI DI LAVORO





b) «datore di lavoro»: il soggetto titolare del rapporto di lavoro con il lavoratore o, comunque, il soggetto che, secondo il tipo e l'assetto dell'organizzazione nel cui ambito il lavoratore presta la propria attività, ha la responsabilità dell'organizzazione stessa o dell'unità produttiva in quanto esercita i poteri decisionali e di spesa. Nelle pubbliche amministrazioni di cui all'articolo 1, comma 2, del decreto legislativo 30 marzo 2001 n. 165(N) , per datore di lavoro si intende il dirigente al quale spettano i poteri di gestione, ovvero il funzionario non avente qualifica dirigenziale, nei soli casi in cui quest'ultimo sia Preposto ad un ufficio avente autonomia gestionale, individuato dall'organo di vertice delle singole amministrazioni tenendo conto dell'ubicazione e dell'ambito funzionale degli uffici nei quali viene svolta l'attività, e dotato di autonomi poteri decisionali e di spesa. In caso di omessa individuazione, o di individuazione non conforme ai criteri sopra indicati, il datore di lavoro coincide con l'organo di vertice medesimo. Il datore di lavoro fornisce al servizio di prevenzione e protezione ed al medico competente informazioni in merito a:

- a. la natura dei rischi;
- b. l'organizzazione del lavoro, la programmazione e l'attuazione delle misure preventive e protettive;
- c. la descrizione degli impianti e dei processi produttivi;
- d. i dati relativi agli infortuni sul lavoro e quelli relativi alle malattie professionali;

e. i provvedimenti adottati dagli organi di vigilanza.

Il Responsabile del Servizio di Prevenzione e Protezione della Sicurezza

L'RSPP viene nominato inderogabilmente dal Datore di Lavoro.

Il comma **1 dell'art. 32** D. Lgs. 81/2008 stabilisce le capacità e i requisiti professionali che l'**RSPP deve possedere per esercitare tale ruolo**.

Le capacità ed i requisiti professionali dei responsabili e degli addetti ai servizi di prevenzione e protezione interni o esterni devono essere adeguati alla natura dei rischi presenti sul luogo di lavoro e relativi alle attività lavorative.

In particolare, per svolgere il ruolo di RSPP è necessario essere in possesso dei seguenti requisiti:

- titolo di studio non inferiore al diploma di scuola secondaria superiore;
- attestato di frequenza a corsi di formazione adeguati ai rischi presenti, con verifica finale dell'apprendimento (di seguito riportati);
- comprovata esperienza nel ruolo di RSPP per almeno 6 mesi (se non si è possesso del titolo di studi, **comma 3**);
- attestato di frequenza a corsi di formazione sui rischi di natura ergonomica e da stress lavoro-correlato;
- attestato che certifichi l'aggiornamento quinquennale del corso di formazione iniziale (**comma 6**).

I compiti e gli obblighi del l'RSPP sono definiti in dettaglio nell'art. 33 del D. Lgs n. 81/2008.

Il Medico Competente

Il medico competente, secondo la definizione dell'articolo 2, comma 1, lettera h del D. Lgs. 81/2008, è un sanitario in possesso dei titoli professionali e dei requisiti previsti dall'articolo 38 dello stesso decreto.

In particolare, il medico competente:

- collabora, con il datore di lavoro e con il servizio di prevenzione e protezione, alla valutazione dei rischi per la salute e la sicurezza dei lavoratori e alla redazione del documento della valutazione dei rischi (DVR);
- collabora all'attuazione di programmi di promozione della salute;
- effettua la sorveglianza sanitaria, ove necessario, come misura di tutela della salute dei lavoratori.

La sorveglianza sanitaria, come previsto dall'art 41 del D. Lgs. 81/2008, di esclusiva competenza del medico competente, comprende l'effettuazione di visite mediche preventive per valutare l'idoneità del lavoratore allo svolgimento della mansione specifica, e l'effettuazione di visite mediche periodiche, finalizzate a controllare lo stato di salute dei lavoratori e il permanere dei requisiti di idoneità allo svolgimento della mansione specifica.

Oltre a questi obblighi, il medico competente:

- ha il dovere di riportare, in sede di riunione, ai responsabili della sicurezza e al datore di lavoro i risultati aggregati delle sue valuta-

zioni sulle situazioni di rischio negli ambienti di lavoro;

- ha il compito di visitare i luoghi di lavoro almeno una volta l'anno, per valutare l'assenza di rischi ambientali;
- istituisce e custodisce, sotto la propria responsabilità, le cartelle sanitarie dei singoli lavoratori e la relativa documentazione sanitaria, con salvaguardia del segreto professionale.

Il Rappresentante dei Lavoratori per la Sicurezza

Il Rappresentante dei Lavoratori per la sicurezza (**RLS**) viene individuato ed eletto in azienda per rappresentare i lavoratori per quanto concerne gli aspetti della salute e della sicurezza sul lavoro. A questa figura vengono attribuiti incarichi e funzioni stabiliti dal Testo Unico sulla Salute e Sicurezza sul Lavoro - D. Lgs. 81/08.

Nei luoghi di lavoro in cui non è stato eletto un RLS viene designato, su indicazione degli Organismi Paritetici, un Rappresentante dei Lavoratori per la Sicurezza Territoriale (RLST) o un Rappresentante dei Lavoratori per la Sicurezza del Sito produttivo (RLSSP).

Il Preposto per la sicurezza

Il Preposto rappresenta il soggetto prevenzionale di cui intendiamo approfondire la descrizione degli obblighi e dei compiti *con riferimento alle novità normative che hanno riguardato tale figura*.

Il preposto è definito come il soggetto che, in



Argomento	Articolo D. Lgs. n. 81/2008	Principali modifiche
Obbligo d'individuazione del preposto	18, comma 1, lett. b)-bis	Il datore di lavoro e il dirigente sono tenuti a individuare i preposti per lo svolgimento dell'attività di vigilanza. La norma non prevede particolari vincoli di forma per l'individuazione di questa figura.
Condotte ritorsive	18, comma 1, lett. b)-bis	I preposti non possono subire pregiudizio alcuno a causa dello svolgimento della propria attività. In caso di condotte ritorsive il datore di lavoro e il dirigente sono puniti con la sanzione dell'arresto da due a quattro mesi o l'ammenda da 1.500 a 6.000 euro (art. 55, comma 5, lett. d), D. Lgs. n. 81/2008).
Emolumenti	18, comma 1, lett. b) -bis	I contratti e gli accordi collettivi di lavoro possono stabilire l'emolumento spettante al preposto per lo svolgimento delle attività di vigilanza.
Obblighi del preposto	19	Rimodulati gli obblighi del preposto, con la specificazione del dovere d'intervento e d'interruzione dell'attività in caso di prassi di lavoro scorrette o, comunque, di sussistenza di pericoli.
Appalti e subappalti	26	Negli appalti e subappalti il datore di lavoro è tenuto a comunicare al committente il personale con i compiti di preposto.
Riforma degli accordi Stato-Regioni sulla formazione	37	Entro il 30 giugno 2022 la conferenza permanente per i rapporti tra lo Stato, le Regioni e le Province autonome di Trento e di Bolzano avrebbe dovuto adottare un accordo di accorpamento, rivisitazione e modifica degli accordi attualmente vigenti in materia di formazione delle varie figure, compresa quella del preposto.
Formazione e aggiornamento dei preposti		La formazione dei preposti e il loro aggiornamento devono essere svolti interamente con modalità in presenza. L'aggiornamento dei preposti passa da quinquennale a biennale; inoltre, l'obbligo dell'aggiornamento scatta ogni qualvolta ciò sia reso necessario in ragione dell'evoluzione dei rischi o all'insorgenza di nuovi rischi. L'INL con la circolare 16 febbraio 2022, n. 1, ha agganciato l'entrata in vigore delle nuove norme sulla formazione e l'aggiornamento del preposto introdotte dal D. L. n. 146/2021 all'emanazione del nuovo Accordo Stato-Regioni di riassetto degli attuali accordi in materia.
Sanzioni	55 – 56	Rimodulate alcune sanzioni per le ipotesi contravvenzionali a carico del datore di lavoro, del dirigente, del preposto e del committente negli appalti. L'omessa individuazione del preposto è punita con la sanzione dell'arresto da due a quattro mesi o l'ammenda da 1.500 a 6 mila euro a carico del datore di lavoro e del dirigente.

Tabella 1

IL NUOVO RUOLO DEL PREPOSTO - NOTA OPERATIVA SUGLI ASPETTI NON NORMATI

Individuazione del Preposto

Secondo la logica del Testo Unico sulla Sicurezza sul Lavoro (TUSL) nella pratica è considerato preposto quel lavoratore che di fatto

impartisce direttive ed ha un ruolo preminente sugli altri lavoratori, ragione per la quale in virtù di ciò, per l'individuazione della figura del preposto, non sarebbe necessario nessun atto formale da parte del Datore di Lavoro, perché subentra il concetto del "preposto di fatto" (ex art.299 D. Lgs.81/2008). L'art. 18 del D. Lgs. n. 81/2008, modificato e integrato dall'articolo

13 del D. L. n. 146/2021, convertito con Legge n. 215/2021, in vigore dal 21 dicembre 2021, ha introdotto invece l'obbligo per il datore di lavoro di individuare il preposto, a meno che il datore di lavoro dichiari di svolgere in prima persona i compiti di vigilanza di cui all'articolo 19. Una modalità potrebbe essere costituita dall'inserimento del nominativo all'interno del DVR, oppure nell'organigramma aziendale, oppure tramite lettera di incarico. Esempi di preposto possono essere il capo-ufficio, il capo-reparto, il capo-cantiere, il capo-turno, ma anche il responsabile di un negozio, la persona più esperta in ogni squadra di pulizie. In generale e semplificando, è preposto quella persona verso cui il lavoratore volge lo sguardo nel caso in cui: abbia un problema da risolvere; debba essere istruito all'esecuzione di un compito; non conosca una procedura; abbia bisogno di istruzioni operative (cosa fare e come); stia eseguendo un'attività seguendo modalità non conformi alle disposizioni aziendali. Il preposto sarà quindi colui che ha le capacità per modificare un comportamento non conforme di un lavoratore. Questo aspetto implica anche carisma, competenze relazionali, aspetti di comunicazione efficace, politiche aziendali che propongano un clima aziendale favorevole all'esecuzione del suo ruolo. Inoltre, dovrà essere chiaro a tutti i lavoratori chi è il preposto (e quindi chi non lo è), chi fa cosa, a chi ognuno deve dire cosa e in generale quali sono i flussi informativi che riguardano ogni lavoratore. E il vice? Bisognerà anche valutare lo scenario in cui il preposto non sia presente, gestendo la sua assenza con l'individuazione di una seconda persona che possa svolgere il ruolo di preposto. Se all'interno dell'organizzazione aziendale non è presente, di fatto, alcun preposto, in quanto l'intera gestione lavorativa viene svolta direttamente dal Datore di lavoro senza alcun interposto? La previsione dell'obbligo di individuazione del preposto non va letta in senso letterale. Se il preposto, nemmeno di fatto, non c'è, il Datore di lavoro non può essere obbligato ad individuarlo tra i lavoratori. In tal caso si consiglia di dare evidenza di aver ottemperato all'obbligo di individuazione, con la modalità che ogni Datore di lavoro riterrà più opportuna, ad esempio dandone evidenza scritta nel DVR, inserendo due righe del tipo *"All'interno dell'azienda XYZ la figura del preposto non è individuabile secondo le previsioni di cui all'art. 18 comma 1 lettera b-bis del D. Lgs. 81/2008, pertanto a seguito di rianalisi e rivalutazione dell'organizzazione aziendale, considerata la modesta complessità organizzativa dell'azienda, le attività di vigilanza di cui all'art. 19 vengono svolte direttamente dal Datore di lavoro"*. In tal modo sarà possibile dare evidenza, in

caso di controlli ispettivi, di aver dato seguito ai nuovi obblighi del Datore di lavoro (ex D. Lgs. 81/2008 art. 18 comma 1 lett. b-bis), evitando possibili contestazioni e sanzioni.

Il Preposto per la sicurezza

Molto si è già scritto in merito al ruolo del Preposto ed ai suoi compiti come ridefiniti nel D. L. n° 146 del 21 ottobre 2021 e nella Legge di conversione n° 215 del 17 dicembre 2021. Al momento si è in attesa dei nuovi contenuti e modalità dei corsi aggiornati che il preposto dovrà frequentare e che dovrebbero essere definiti quanto prima in sede di Conferenza Stato-Regioni. La presente nota non intende ripetere quanto già conosciuto e ben specificato nelle norme citate, bensì andare oltre nell'analizzare nel dettaglio quanto non scritto su alcuni aspetti non razionali, emotivi e di evoluzione degli eventi che il Preposto quotidianamente si trova a gestire.

Le innovazioni apportate dalla legge n. 215/2021 riguardanti la figura del preposto si possono riassumere come indicato nella Tabella 1.

La presente nota non rappresenta un documento esaustivo, non potendosi entrare nel dettaglio operativo di ciascun ambiente di lavoro prettamente relegato alla specifica attività ATECO di competenza, ma costituisce un aiuto a corredo e alla valutazione della pratica applicazione degli attuali compiti che viene a svolgere il Preposto secondo le nuove disposizioni di legge.

Potrebbe rappresentare uno **strumento operativo** di ausilio per una buona prevenzione e protezione, come consigli al preposto incaricato della Sicurezza.

L'utilità di questo documento è riferibile principalmente all'attività di gestione e controllo operativo che deve svolgere il preposto per il miglioramento dei processi con impatto sulla sicurezza, influenzati spesso da fattori non razionali ed emotivi (fattori umani), difficilmente definibili e catalogabili nelle usuali norme tecniche e nei regolamenti relativi.

Ciò accade a causa di una molteplicità di fattori che variano nella loro complessità non solo in funzione delle particolarità applicative delle diverse attività definite dai singoli codici ATECO, ma anche per lo stesso processo che, ripetuto in tempi diversi, si presenta con differenti modalità e possibili danni; basti pensare alla variazione del livello di attenzione che lo stesso operatore mantiene nella sua attività nell'arco dell'orario lavorativo. Spesso incidenti avvengono ai primi momenti di attività, per mancanza di attenzione iniziale, o alla fine della giornata lavorativa, per stanchezza.

Quindi gli elementi che compongono una specifica attività non solo dipendono dalla sua tipologia, ma anche dal soggetto che la compie, dal



luogo, dal tempo, dalle condizioni psico-fisiche dello stesso soggetto nel momento in cui esegue l'attività; in buona sostanza intervengono fattori intrinseci ed estrinseci all'attività non direttamente connessi con la stessa attività. Pertanto, ogni attività operativa in linea di principio semplice, può presentare margini di incertezza e aumentare i fattori di rischio di un evento con danno alle persone o alle cose a causa dei fattori umani sopra accennati.

Proprio qui subentra il ruolo del preposto che può far valere nella sua attività il valore aggiunto della sua "esperienza operativa" e della sua sensibilità nella valutazione anche dei "fattori umani" all'interno del gruppo da lui coordinato, capaci di innescare o di influenzare eventi negativi. Le attività di analisi dell'esperienza operativa e dei fattori umani vede sicuramente un ruolo determinante del preposto nella fase di

raccolta dei dati e di applicazione dei risultati; necessita però anche di una fase di analisi in cui sarà determinante il coinvolgimento del datore di lavoro, soprattutto per la fase organizzativa e di gestione delle risorse, e del dirigente incaricato per la Sicurezza per l'analisi dei dati e per il riciclo dell'esperienza di esercizio alle situazioni applicabili nella stessa realtà in cui l'esperienza è stata maturata e, più in generale, in altre realtà con processi simili.

La presente nota indirizza verso una prima definizione del processo ed una analisi delle ipotesi di attività, consentendo di aumentare la consapevolezza nelle decisioni attraverso una "value chain" che definisca gli obiettivi e i benefici attesi. In sostanza, contribuisce alla riduzione dell'incertezza delle soluzioni e fornisce strumenti per governarne la complessità, determinando quindi un abbattimento dei rischi.



Obiettivo fondamentale è fornire l'insieme delle informazioni utili alla decisione per l'effettivo controllo di processo e per la valutazione necessaria ad ogni evento che si verifichi, atto a eliminare o ridurre al massimo i possibili rischi. Tale "idea" consiste nell'individuazione di un possibile metodo, definito in termini di:

- individuazione e valutazione degli eventi e dei processi;
- individuazione dell'area di intervento;
- valutazione delle principali linee di intervento;
- verifica del buon esito degli interventi di messa in sicurezza;
- analisi di applicabilità dell'esperienza operativa maturata a situazioni simili.

In generale gli ambienti, le dimensioni, la complessità dei processi e dell'intervento, sono mol-

teplici. Pertanto, spesso l'incertezza sui requisiti e le scelte da compiere sulle possibili alternative impongono un approfondimento prima di avviare la fase realizzativa, pena la possibilità di avviare un processo ad alta probabilità di insuccesso.

A questa necessità risponde la nota, che quindi si colloca logicamente e temporalmente tra la valutazione, l'individuazione dei rischi e delle esigenze e l'avvio dell'attività realizzativa.

Non è infatti compito del preposto individuare e valutare i rischi di processo che devono invece essere effettuati dal Datore di Lavoro in collaborazione con l'RSPP (Responsabile del Servizio di Prevenzione e Protezione) e con tutto il SPP (Servizio di Prevenzione e Protezione), mantenendo al preposto solo il compito di verifica e controllo dell'applicazione delle norme e delle indicazioni del datore di lavoro. Il suo

vero valore aggiunto, presenziando ad ogni processo, potrà essere quello di porsi in maniera propositiva, effettuando una analisi dei processi in campo, per l'individuazione delle fasi critiche, operando attraverso le seguenti metodologie:

- **analisi per il controllo, la verifica ed eventuale reingegnerizzazione dei processi (Business Process Reengineering-BPR)** che ha posto il focus dell'attenzione sui processi di servizio legati agli obiettivi dell'organizzazione, che vengono analizzati evidenziando le attività che aggiungono valore nella realizzazione degli stessi. Analisi per la riduzione dell'impatto delle attività non essenziali e per l'aumento della sicurezza e dell'efficacia delle attività fondamentali, producendo così un processo più lineare. Tale analisi spesso ha evidenziato molteplici e diverse necessità di piani di intervento che hanno dato origine al miglioramento dei processi.
- **Diagnosi dei processi e dell'organizzazione:**
 - misurazione dei risultati dei processi in termini di conformità agli standard di sicurezza, efficacia ed efficienza;
 - rilevazione delle esigenze degli attori del processo;
 - relazione tra gli specifici processi osservati e gli aspetti generali e sistemici dell'organizzazione.
- **Proposte in merito alle attribuzioni e compiti della nuova figura del preposto.** Ai sensi delle modifiche apportate al D.Lgs. 09/04/2008 n. 81 dal D. L. fiscale n. 146/2021, convertito in Legge 17 dicembre 2021, n. 215 "Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 21 ottobre 2021, n. 146, recante misure urgenti in materia economica e fiscale, a tutela del lavoro e per esigenze indifferibili".
- **Peculiarità della Formazione Specifica del Corso per Il Preposto.**

Lo spirito della nota è stato inoltre di portare un necessario contributo di qualità per la scelta di eventuali evoluzioni ed adeguamenti agli eventi.

Modalità di gestione, verifica e controllo e nella realizzazione del processo

Per assicurare la fattibilità del processo si devono evitare situazioni di rischio non chiare che potrebbero pregiudicare l'ottenimento dei risultati attesi e creare una situazione di non controllo in cui diventi pressoché completamente imprevedibile sia la durata, sia la magnitudo del danno, sia il rischio.

Una ipotesi di questo tipo deve essere basata

su soluzioni per i processi operativi, in termini di modalità di realizzazione che riducano le incertezze, assicurando che i rischi fondamentali rilevati siano caratterizzati:

- da un controllo e conoscenza completa della situazione attuale;
- dall'assenza di requisiti incerti o soggetti ad evoluzione imprevedibile;
- da un sufficiente grado di definizione di dettaglio della fase operativa, che potrà poi essere verificata solo in fase di esecuzione dei lavori.

La diminuzione dei rischi in fase di sviluppo progettuale può avvenire attraverso:

- la modifica dello stato iniziale, con un'attività di analisi e documentazione dei processi operativi;
- la segmentazione del progetto in progetti parziali;
- la definizione di un adeguato piano di lavoro.

Pertanto tale situazione mette in evidenza che la buona esecuzione dei processi operativi con la rispondenza ai costi ed ai tempi del lavoro in fase di realizzazione non sarà solo dipendente dalla scelta progettuale e dalla documentazione iniziale sia della Sicurezza sia delle Fasi Operative, ma elemento essenziale sarà costituito dal **Datore di Lavoro, dai Dirigenti per la Sicurezza, ed eventuale CSP (Coordinatore Sicurezza Progettazione) e CSE (Coordinatore Sicurezza per la fase Esecutiva)**, che avranno il compito di gestire le risorse interne ed esterne, verificare la pianificazione delle attività, controllare la produttività e la qualità di realizzazione, motivando e governando tutto il personale coinvolto, il tutto effettuato in sicurezza e con la collaborazione dei vari Preposti Nominati.

In buona sostanza, come per qualunque opera, il grado di realizzazione del progetto con successo dipenderà oltre che dalla corretta stesura dello stesso, dalla qualità e competenza di tutta la struttura Dirigenziale, per il suo operato sia in fase di analisi del progetto che in fase di esecuzione.

Ritorno degli investimenti e Benefici della Sicurezza nei luoghi di lavoro

Un elemento essenziale nella valutazione del ritorno degli investimenti è l'intreccio tra le fasi di realizzazione dei processi lavorativi e degli investimenti in sicurezza. Infatti la fase di analisi e valutazione dei rischi evidenzia che possibili miglioramenti dei processi di realizzazione possono contribuire ad evitare eventi di danno che condurrebbero l'azienda ad affrontare costi non previsti. In questo contesto il ruolo del preposto non è marginale in quanto è il soggetto maggior-

mente coinvolto nel controllo di processo proprio per evitare l'insorgere di eventi non previsti.

Indicazioni per la gestione del progetto da parte del Preposto

A seguito della documentazione ricevuta da parte del D.L. o del Dirigente incaricato, per la gestione complessiva dei processi operativi e del progetto al preposto si raccomanda di seguire le seguenti fasi ove gli elementi più critici risultano:

- gestione della documentazione;
- studio dettagliato dell'organizzazione dei processi previsti nel progetto ed eventualmente analisi di un possibile "change management";
- le esigenze e le modalità di eventuali "negoziazioni" con i propri collaboratori in caso di possibili eventuali varianti nei processi operativi.

Dettagli del Processo

Affinché siano ben chiari gli obiettivi lavorativi che il preposto deve conseguire insieme ai suoi collaboratori è fondamentale che gli venga fornita tutta la documentazione necessaria con specifici dettagli dei compiti e delle competenze sia generali di lavoro sia specifici della sicurezza nei luoghi di lavoro.

I processi nel progetto esecutivo di dettaglio fornito al preposto dovranno contenere l'individuazione e la rappresentazione dell'assetto che il processo assumerà, utilizzando una esposizione testuale per la rappresentazione dello stato attuale e dei flussi operativi al fine di poter evidenziare eventuali cambiamenti proposti. Nel caso si debbano eseguire vari interventi sui differenti elementi del processo, la rappresentazione della soluzione dovrà riguardare i punti di vista sul processo, in particolare:

- natura e caratteristiche dei processi;
- flusso operativo del processo;
- eventuali cambiamenti necessari sia nell'impiego di risorse umane sia di apparecchiature o macchinari;
- eventuale revisione delle strutture organizzative, specie in relazione alla valutazione dei rischi.

Tutti questi elementi devono essere sviluppati con sufficiente documentazione, che il Datore di Lavoro ed i Dirigenti incaricati sono tenuti a fornire al preposto, al fine di poter condurre al meglio la propria attività di controllo e gestione del suo gruppo di lavoro.

"Change Management"

Durante la realizzazione dei processi lavorativi

si dovranno tenere presenti i cambiamenti di eventuali esigenze e quindi gestire il cambiamento delle operazioni in fase di realizzazione o già realizzate. Ogni cambiamento sarà opportuno che venga comunicato in forma scritta al preposto dal Dirigente incaricato, e verbalizzato nel caso di variazioni di compiti e responsabilità.

Fattori di Rischio

Nel DVR che verrà fornito al preposto, relativamente ai vari processi operativi, dovranno essere individuati e descritti i principali fattori di rischio, che di solito si riconnettono alla complessità (ambiente, macchinari, complessità gestionale, dimensioni dei processi, altri fattori) e all'incertezza dei requisiti e delle possibili innovazioni tecnologiche (classificazione puramente indicativa). **Elemento fondamentale per controllare i fattori di rischio è la buona conoscenza dei "requirements" di processo.**

Modalità di gestione del Rischio

Questo è sicuramente il contributo più significativo che potrà dare il preposto nell'attuazione pratica dell'analisi e valutazione del rischio effettuata dal D.L. nel DVR, con la definizione di strategie e azioni per la riduzione del rischio stesso. La prima modalità operativa da mettere in atto in campo, riguarda la segmentazione del processo, in vari sottosistemi, ossia la possibilità di adottare un approccio evolutivo od incrementale. La seconda è la definizione dei punti di decisione, ossia la determinazione dei momenti in cui si dovranno prendere delle decisioni sulla modalità con cui proseguire le attività di processo, in sostanza si tratta di definire i passaggi fondamentali del processo. La definizione delle modalità di controllo del processo è la definizione delle frequenze e modalità di controllo da applicare al "project manager" e andranno a costituire elementi per le "raccomandazioni per le fasi realizzative" per la Gestione del Rischio.

ATTRIBUZIONI E COMPITI DELLA NUOVA FIGURA DEL PREPOSTO

Proposte in merito alle attribuzioni e compiti della nuova figura del preposto, ai sensi delle modifiche apportate al D. Lgs. 09/04/2008 n. 81 dal DL fiscale n. 146/2021, ora convertito in Legge 17 dicembre 2021, n. 215 "Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 21 ottobre 2021, n. 146, recante misure urgenti in materia economica e fiscale, a tutela del lavoro e per esigenze indifferibili"

Il Format di nomina

Si ritiene opportuna la creazione di un modello



ufficiale standard di nomina, che sia aggiornato alle più recenti modifiche riguardanti il preposto. Tale nomina deve costituire un format di riferimento, convalidato in opportune sedi istituzionali, riconosciuto da tutte le realtà datoriali pubbliche e private. Inoltre, la nomina dovrà essere oggetto del programma di formazione specifica e particolare dei preposti, ai fini dell'opportuna divulgazione e spiegazione nei confronti dei diretti interessati a ricoprire il ruolo.

Bilanciamento delle attribuzioni dei poteri e delle responsabilità

La nomina dovrà dettagliare con terminologia chiara ed inequivocabile, oltre le motivazioni di responsabilità afferente il ruolo di Preposto, (così come normate secondo gli ultimi aggiornamenti di cui all'oggetto della presente), anche

i poteri che verranno conferiti al preposto incaricato per l'opportuno esercizio delle sue funzioni nel luogo di lavoro.

Al preposto nominato, in funzione delle molteplici responsabilità particolari conferitegli, deve essere riconosciuto possibilmente un trattamento economico adeguato, anche facendo riferimento ad eventuale contrattazione collettiva, ribadendo che comunque ai sensi dell'art. 18 del Testo Unico, recentemente sottoposto a modifiche ed integrazioni, tale trattamento è specificato solo come possibilità e non come obbligo (Legge 215/2021, art. 13, b-bis).

Facoltà di richiesta di intervento su risk assesment

All'interno del format di nomina, si ritiene necessario l'inserimento di opportune specifiche voci che vadano a dettagliare la possibilità di richie-

sta da parte del preposto in merito alla variazione delle misure e dei provvedimenti afferenti la salute e la sicurezza nei luoghi di lavoro, attualmente in vigore presso l'organizzazione datoriale ove esso presta opera, ai fini della possibilità di miglioramento di tali condizioni. Ciò si ritiene che possa risultare plausibile e necessario, in virtù di valutazioni specifiche condotte fisicamente dal preposto stesso presso le proprie aree di competenza, luogo degli interventi di cui al medesimo viene affidata la vigilanza.

Possibilità di intervenire sulla valutazione dei rischi relativa a specifiche lavorazioni

Nei casi in cui il Preposto si trovi a riscontrare carenze inerenti la valutazione dei rischi specifici afferenti le proprie aree di lavoro egli sospende immediatamente l'attività lavorativa con le modalità precedentemente concordate con la propria realtà datoriale di riferimento. Tale scenario è palesato nel caso in cui l'organizzazione lavorativa cui il preposto fa riferimento non abbia tenuto conto al 100% di tutti i fattori di rischio effettivamente e non teoricamente presenti. Per tale motivazione si ritiene necessaria la facoltà del preposto di collaborare con il RSPP e il datore di lavoro per apportare il proprio contributo, conformemente all'esperienza sul campo che viene riconosciuta al preposto.

La proposta di cui sopra è finalizzata al diretto e possibilmente vantaggioso apporto del Preposto all'interno del servizio di prevenzione e protezione dell'organizzazione lavorativa in funzione dei poteri che vengono a lui conferiti e dell'esperienza specifica riconosciuta contestualmente all'affidamento della nomina.

Formazione: nuovi contenuti formativi

- Partecipazione del Preposto al risk assessment: il Preposto contribuisce con l'azienda alla valutazione del rischio e deve essere consultato in merito alla valutazione del rischio inerente le proprie aree di competenza conformemente a: valutazione delle risorse umane, attrezzature e macchinari, sostanze ecc.
- Briefing di partenza e conclusioni finali: ogni preposto dovrà coordinare la propria squadra obbligatoriamente all'inizio degli interventi, al fine di verificare che ognuno dei lavoratori abbia compreso completamente e perfettamente tutte le istruzioni inerenti la logistica, le attrezzature e il loro uso, le sostanze e il loro uso, gli agenti esterni e il loro comportamento e i loro compiti. Parimenti dovrà valutare a consuntivo l'attuazione di quanto originariamente previsto.

- Iter decisionale: quando e come intervenire nel caso di mancanza delle condizioni di tutela - quando e come intervenire nel caso di comportamenti erranei da parte dei lavoratori della propria azienda - quando e come intervenire nel caso di riscontro di comportamenti erranei da parte di soggetti esterni alla propria azienda che vanno ad inficiare potenzialmente, ed in misura negativa, la condizione di tutela della salute e sicurezza dei lavoratori assegnati al preposto.

PECULIARITA' DELLA FORMAZIONE SPECIFICA DEL CORSO DI PREPOSTO

Preposto art. 2 co. 1 lett. e) Persona che, in ragione delle competenze professionali e nei limiti di poteri gerarchici e funzionali adeguati alla natura dell'incarico conferitogli, sovrintende alla attività lavorativa e garantisce l'attuazione delle direttive ricevute, controllandone la corretta esecuzione da parte dei lavoratori ed esercitando un funzionale potere di iniziativa.

La formazione specifica deve descrivere, analizzare, studiare ed eseguire la valutazione dei rischi e dei rischi da interferenza in funzione degli: ambienti di lavoro, macchine, organizzazione, processi operativi, ed ogni altro argomento a seconda del codice ATECO di appartenenza e del tipo specifico di azienda nella quale lavora.

Il particolare la figura del preposto in un cantiere necessiterà sicuramente di una formazione e preparazione più attenta e specializzata a seconda dei processi e delle attività di cui sarà responsabile per il gruppo da lui guidato, rispetto ad un preposto individuato in un'azienda di tipo segretariale amministrativo, tipiche del settore terziario.

Pertanto, il D.L. o il Dirigente responsabile della Formazione dovrà concordare con l'Impresa incaricata del corso di formazione, gli argomenti che dovranno essere di specifica analisi dei rischi e dei processi che il preposto dovrà sorvegliare e verificare.

Tale aspetto della formazione è essenziale per evitare che sia il Datore di Lavoro, sia i Dirigenti incaricati per la Sicurezza, sia l'eventuale CSP e CSE di cantiere vengano coinvolti in caso di incidente per colpa in eligendo e colpa in vigilando. Stessa situazione potrebbe verificarsi per aziende che normalmente operano nel settore dei servizi terziari ma che potrebbero trovarsi ad appaltare lavori di tipo industriale o civile come committenti e quindi ricadendo nella necessità di ottemperare a tutti gli obblighi previsti nell'art. 26 del D. Lgs.81/2008.

Ovviamente tutto ciò ha come obiettivo primario la salute e la garanzia del lavoratore.



TELEVISIONE DIGITALE TERRESTRE - RISULTATI DELLE SIMULAZIONI

a cura di:
Ing. Umberto Santoro

Commissione:
Telecomunicazioni e
Trasformazione digitale

Sicuramente i sistemi di trasmissione in streaming in 17 anni si sono evoluti: dal sistema di trasmissione tramite reti cellulari, dove chiunque con delle App nel cellulare può vedersi un canale di televisione digitale oppure dei film con Prime, Netflix e Paramount. Le televisioni digitali ad alta definizione hanno migliorato la qualità del rapporto segnale/disturbo ma la mia domanda è: *Siamo in grado di prevedere da qui a qualche anno come evolverà il sistema di trasmissione della televisione digitale terrestre?*

Secondo me solo con il 6G applicato alle reti cellulari e televisive si riuscirà ad avere una buona copertura del territorio utilizzando sempre le stazioni del digitale terrestre, ampliando il segnale con contenuti audio video con segnale di qualità di alto livello. Il futuro è questo e basterà recepire i nuovi standard per poter analizzare le coperture del territorio. Nella mia tesi si studiano le coperture della città di Bologna e Milano utilizzando i trasmettitori televisivi delle reti broadcast, analizzando i valori di qualità del segnale, si è riscontrato come lo standard era attuale nella portabilità del segnale anche in presenza di ostacoli ben determinati come case o grattacieli nell'area metropolitana. Un lavoro che è stato per me edificante, sperando che in futuro possa diventare sempre più parte integrante della mia crescita professionale. Desidero esprimere il mio ringraziamento alla Commissione Telecomunicazioni e Trasformazione Digitale, presieduta dall'Ing. Giovanni Gasbarrone, che mi ha incoraggiato a rivedere la mia tesi con l'obiettivo di un continuo perfezionamento professionale, risultando sempre più utile a me e a coloro che mi sono vicini.

Risultati delle simulazioni

Nel seguente capitolo verranno illustrati i risultati delle simulazioni effettuate nella progettazione e pianificazione di due reti SFN che utilizzano, rispettivamente, trasmettitori televisivi già esistenti e trasmettitori di telefonia mobile GSM-UMTS per utenti mobili nella zona urbana di Bologna e Milano.

In particolare, verranno esposti i risultati di diverse simulazioni effettuate variando il numero e la potenza dei trasmettitori che compongono la rete SFN.

I risultati si riferiscono alle percentuali di area servite, considerando la totalità dell'area in esame o solamente la zona urbana.

Valutazione delle prestazioni dei trasmettitori televisivi esistenti a Bologna

I siti presenti nella zona di Bologna utilizzati per la fornitura dei servizi televisivi analogico-digitale sono:

- Castelmaggiore
- Colle Barbiano

Entrambi trasmettono in banda UHF, il primo trasmette sul canale 51, mentre il secondo trasmette sul canale 52.

Il trasmettitore televisivo di Colle Barbiano si trova in una posizione privilegiata del territorio, sia perché è posizionato circa al centro della zona che si intende coprire e a ridosso del centro urbano di Bologna, sia perché è collocato ad un'altitudine molto superiore rispetto a quella in cui si trova la città.

Le prime simulazioni hanno l'obiettivo di valuta-

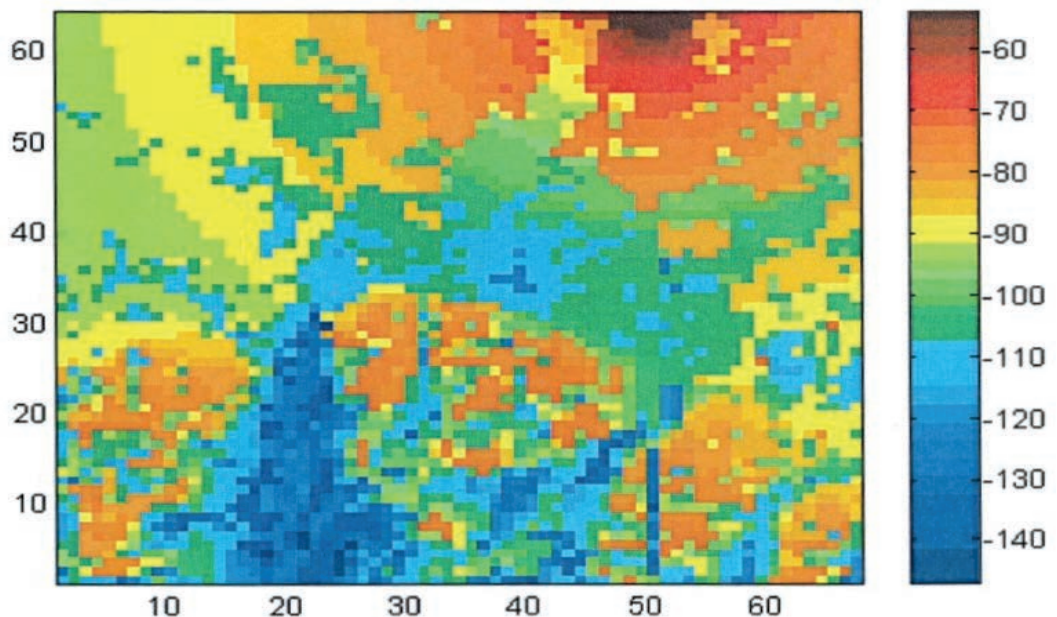


Figura 1
Castelmaggiore,
potenza ricevuta in dBW.

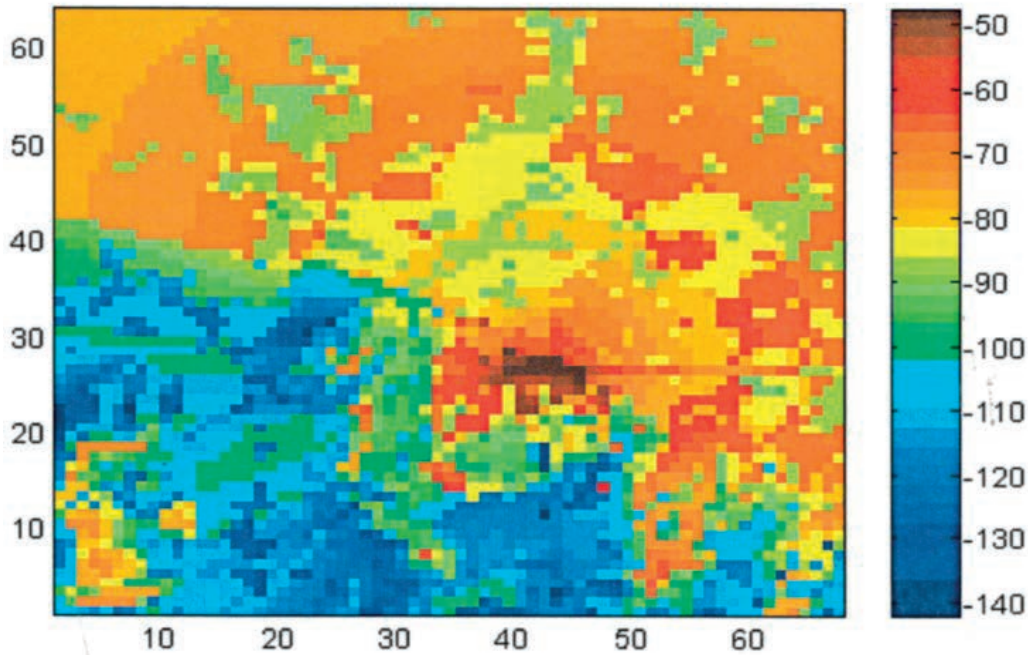


Figura 2
Colle Barbiano,
potenza ricevuta dBW.

re le prestazioni ottenute cercando di coprire la zona di interesse con un solo trasmettitore posizionato in uno dei due siti sopra elencati. Nel seguito sono riportati i dati di ingresso al simulatore per quanto concerne gli impianti di trasmissione:

- Antenna trasmittente a semionda $\lambda/2$;
- Potenza trasmittente 10 kW, Effective Radiated Power (ERP) 40 dBW;
- Altezza dal suolo 30 m.

Nella Figura 1 e Figura 2 sono rappresentati i valori del campo ricevuto in ogni pixel a 2 m di altezza dal suolo da ognuno dei 2 impianti, considerando quindi una situazione di ricezione di tipo portable.

Tali valori sono il frutto delle simulazioni effettuate al calcolatore con Matlab.

Valutando la potenza ricevuta, è possibile effettuare fin da ora una importante osservazione. A parità di potenza irradiata, si constata che, considerando una certa distanza dal trasmettitore,

le attenuazioni subite dal segnale proveniente da Castelmaggiore sono superiori a quelle subite dai segnali provenienti dall'altro impianto preso in considerazione. Il motivo di ciò risiede nel fatto che essendo il sito di Colle Barbiano ad un'altitudine superiore rispetto alle zone da coprire, di circa 150 m. I segnali emessi dai trasmettitori posizionati qui subiscono attenuazioni per diffrazione, dovute in particolare alla presenza di edifici, inferiori rispetto alle attenuazioni subite dai segnali emessi da trasmettitori posizionati in siti che si trovano alla stessa altezza della zona da coprire.

È chiaro quindi che nella pianificazione della rete si cercherà innanzitutto di sfruttare quei siti che si trovano sulle colline a ridosso della città, poiché il segnale sarà soggetto a minori attenuazioni lungo il suo percorso propagativo. Nella Tabella 1 e Tabella 2 sono riportate le prestazioni, in termini di percentuale di area coperta che si ottengono utilizzando i due trasmettitori in esame.

	OUTDOOR	MOBILE	INDOOR
Castelmaggiore	80,65%	70,66%	51,15%
Colle Barbiano	82,17%	78,24%	67,42%

Tabella 1
% di area totale coperta

	OUTDOOR	MOBILE	INDOOR
Castelmaggiore	71,28%	45,21%	6,42%
Colle Barbiano	90,12%	88,9%	85,13%

Tabella 2
% di area urbana coperta

Si può osservare come utilizzando un unico trasmettitore le prestazioni non sono soddisfacenti e soprattutto nel caso indoor si ottengono basse percentuali di area coperta. È da sottolineare come queste simulazioni sono state effettuate utilizzando il modello di Okumura-Hata nel calcolo dell'attenuazione, vedi (1) e (2).

$$A_{tot} = A_{base} + A_{diff} - F_{amb} \quad (1)$$

In cui:

- A_{base} è l'attenuazione relativa all'ambiente di riferimento senza ostacoli;
- A_{diff} è l'attenuazione dovuta alle perdite per diffrazione introdotte dagli ostacoli presenti lungo percorso di propagazione;
- F_{amb} è il fattore correttivo da apportare all'attenuazione per tener conto delle differenze esistenti fra l'ambiente di riferimento ed il particolare ambiente per il quale si calcola l'attenuazione.

La scelta dei fattori correttivi ambientali richiede di procedere preventivamente alla individuazione delle diverse morfologie da adoperare.

$$A_{base} = 69,55 + 26,16 \log(f) - 13,82 \log(h_{obs}) - a(h_m) + (44,9 - 6,55 \log(h_{obs})) \log(R^N) \quad (2)$$

In cui:

- f = frequenza in MHz;
- h_{obs} = altezza equivalente dell'antenna della stazione televisiva, in m;
- $a(h_m)$ = parametro legato all'altezza sul terreno del ricevitore DVB-H (approssimato a 0,2 dB a 700 MHz, per un'altezza tipica di 1,5 m) e quindi di fatto trascurabile;
- R = distanza tra il trasmettitore ed il ricevitore, in Km;
- $N = 1$ per valori di $R \leq 20$ Km.

Dalla spiegazione dei fattori correttivi utilizzati, è evidente come la percentuale di area non servita con probabilità di copertura sul pixel del 95% si concentri maggiormente nella zona urbana della città, dove la presenza di edifici è più concentrata, e quindi risulti maggiore l'attenuazione da essi provocata. È ovvio che l'obiettivo della pianificazione della rete è garantire un ottimo servizio alla maggior parte della popolazione; quindi, la progettazione dovrà essere orientata a garantire la copertura nelle zone ad alta densità abitativa. Perciò, in seguito ci focalizzeremo sulla zona urbana, analizzando in particolare come la copertura dovrebbe migliorare utilizzando entrambi i trasmettitori accesi, vedi Tabella 3. In realtà si vede come la copertura rimane elevata anche se diminuisce leggermente a causa dell'interferenza provocata dai due trasmettitori accesi.

Nella Tabella 4 invece si è voluto differenziare la copertura urbana ottenuta in base alle diverse tipologie di clutter considerate: zona urbana densa, urbana media, urbana bassa.

Si può rilevare inoltre come le coperture urbane rappresentate in Tabella 4, la copertura maggiore viene attribuita alla zona urbana bassa con clutter = 3, nonostante il sistema DVB-H riesca a coprire anche zone urbane dense. Infatti, come si evince dalla Figura 3, la zona urbana bassa è significativamente più estesa delle altre zone considerate, quindi la copertura è maggiore.

Dove si è assunto:

- Clutter = 1, urbano denso;
- Clutter = 2, urbano medio;
- Clutter = 3, urbano basso;
- Clutter = 4, sub-urbano;
- Clutter = 5, vegetazione;
- Clutter = 6, area aperta;
- Clutter = 7, acqua.

Tabella 3
% di area urbana coperta

2 impianti	OUTDOOR	MOBILE	INDOOR
Castelmaggiore Colle Barbiano	86,15%	83,4%	77,8%

Tabella 4

Castelmaggiore Colle Barbiano	Urbana densa	Urbana media	Urbana bassa
Copertura OUTDOOR: 86,15%	0,71%	15,6%	69,84%
Copertura MOBILE: 83,4%	0,71%	15,3%	67,39%
Copertura INDOOR: 77,8%	0,71%	15%	62,09%

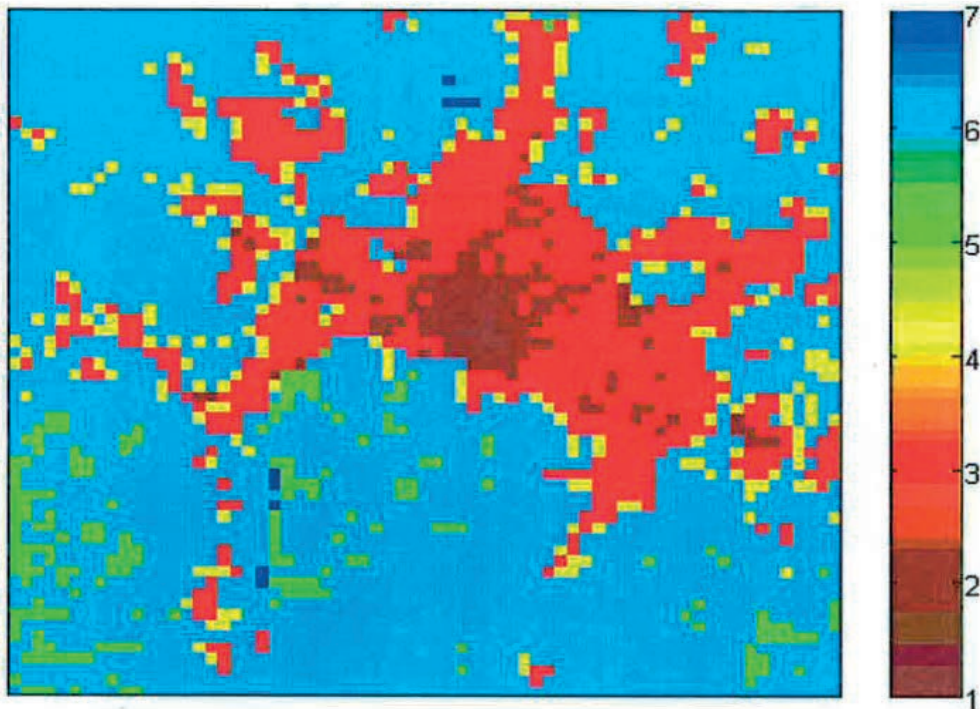


Figura 3

Valutazione delle prestazioni dei trasmettitori urbani esistenti a Bologna

Si vuole valutare la copertura urbana di Bologna utilizzando una rete SFN con trasmettitori urbani di telefonia mobile GSM-UMTS aventi potenze trasmettitori (2 kW) e diagrammi di radiazione (antenna trasmittente a semionda $\lambda/2$). Il modello usato per il calcolo dell'attenuazione è sempre quello di Okumura-Hata.

Si è voluto procedere inizialmente al calcolo delle percentuali di copertura per ogni singolo trasmettitore urbano, successivamente si è cercata la configurazione dei 3 trasmettitori che garantissero la copertura massima. Sono stati poi aggiunti gli altri trasmettitori alla configurazione ottimale per poter arrivare a valori di copertura buoni. Di seguito sono riportate le percentuali di area coperta dalla rete per ogni impianto, in funzione alle condizioni di ricezione, riferite esclusivamente area urbana.

La copertura di ogni trasmettitore urbano risulta bassa, ad eccezione dei trasmettitori posti in collina dove la copertura outdoor e mobile risulta più elevata. Questi ultimi infatti essendo situati in zona collinare sfruttano la linea di vista con il ricevitore e di conseguenza diminuisce la diffrazione favorendo quindi la copertura.

Si è pertanto cercato di sfruttare la posizione di ogni trasmettitore per rilevare la copertura ottima. Così sono stati scelti 3 trasmettitori e si è analizzata la rete SFN costruita dagli impianti seguenti:

- Colle dell'Osservanza;
- Via Calzoni;
- Via Milazzo.

Si può quindi rilevare il comportamento dell'interferenza interna, che causa la diminuzione della copertura descritta, per i trasmettitori in esame nella ricezione outdoor e mobile. Nella ricezione indoor si acquisisce un valore in parte buono anche se si considera un BPL notevolmente svantaggioso di 12 dB. Però in seguito si cercherà di garantire una buona copertura vicina al valore ottimo aggiungendo i trasmettitori rimasti.

Nella Tabella 7 sono rappresentate le coperture della rete SFN con 5 trasmettitori:

- Colle dell'Osservanza;
- Via Calzoni;
- Via Milazzo;
- San Luca;
- Via Triumvirato.

Si può vedere nella Tabella 7 come aumentando il numero dei trasmettitori da 3 a 5, la copertura urbana cresca in ricezione outdoor, mobile e indoor. Ciò è particolarmente dovuto alla somma dei contributi di segnale utile che provengono dai vari trasmettitori e che rientrano nell'intervallo di guardia del ricevitore.

Si può infatti notare che aumentando ancora il numero dei trasmettitori ed aggiungendone altri 3, si ottiene una copertura migliore della prece-

	OUTDOOR	MOBILE	INDOOR
Via Rialto	84,13%	73,73%	23,32%
Via Arcoveggio	60,08%	34,83%	10,39%
Via Calzoni	78,62%	63,24%	16,6%
Via Ferrarese	79,33%	62,83%	20,26%
Via Stendhal	65,07%	38,8%	11,71%
Via Caduta di Amola	48,47%	36,05%	13,34%
Via Milazzo	83,5%	69,55%	27,7%
Vill. Castenaso	46,95%	26,78%	6,92%
Via Tipografo	48,88%	32,89%	7,13%
Via Triumvirato	55,3%	39,92%	13,95%
San Luca	73,32%	71,28%	36,86%
Colle dell'Osservanza	90,33%	89,21%	66,6%
Monte Donato	48,17%	47,45%	31,16%
Castelmaggiore	26,07%	11%	5%

Tabella 5

3 impianti	OUTDOOR	MOBILE	INDOOR
Area urbana	68,23%	57,33%	42,06%

Tabella 6

5 impianti	OUTDOOR	MOBILE	INDOOR
Area urbana	73,83%	58,15%	47,96%

Tabella 7

8 impianti	OUTDOOR	MOBILE	INDOOR
Area urbana	81,06%	67,52%	61,51%

Tabella 8

14 impianti	OUTDOOR	MOBILE	INDOOR
Area urbana	89,31%	74,44%	70,37%

Tabella 9

dente. Gli 8 impianti utilizzati nella stessa rete SFN sono:

- Colle dell'Osservanza;
- Via Calzoni;
- Via Milazzo;
- San Luca;
- Via Triumvirato;
- Via Ferrarese;
- Via Sthendal;
- Via Tipografo.
- San Luca;
- Via Triumvirato;
- Via Ferrarese;
- Via Sthendal;
- Via Tipografo;
- Monte Donato;
- Castelmaggiore;
- Via Rialto;
- Via Arcoveggio;
- Via Caduti di Amola;
- Vill. Castenaso.

Aggiungendo, inoltre, i restanti impianti è stata calcolata la copertura di una rete SFN con 14 trasmettitori accesi:

- Colle dell'Osservanza;
- Via Calzoni;
- Via Milazzo;

La copertura dei 14 trasmettitori urbani, in Tabella 9, si riesce ad ottenere una buonissima copertura outdoor e mobile, mentre per la copertura in ricezione indoor si raggiunge una copertura accettabile, cioè maggiore del 70%. Pertanto, si può vedere dalla Figura 4 come

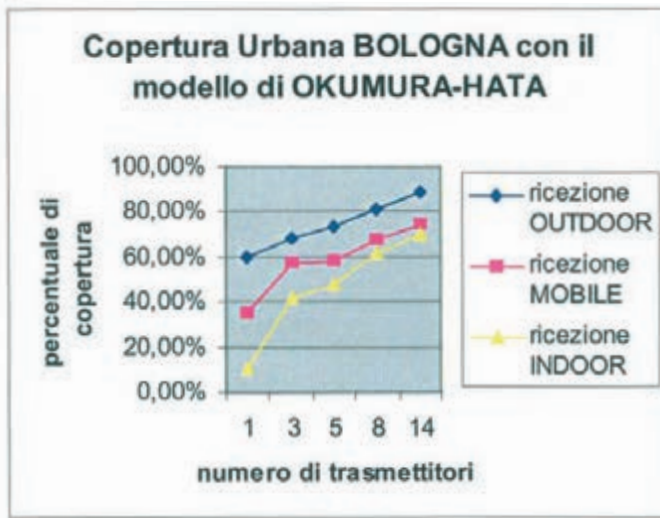


Figura 4

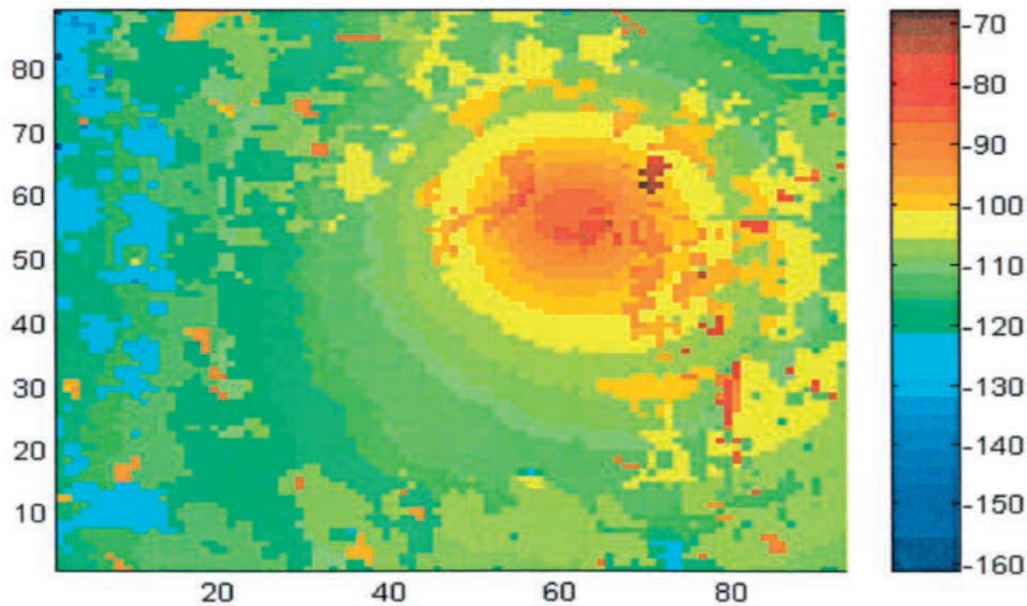
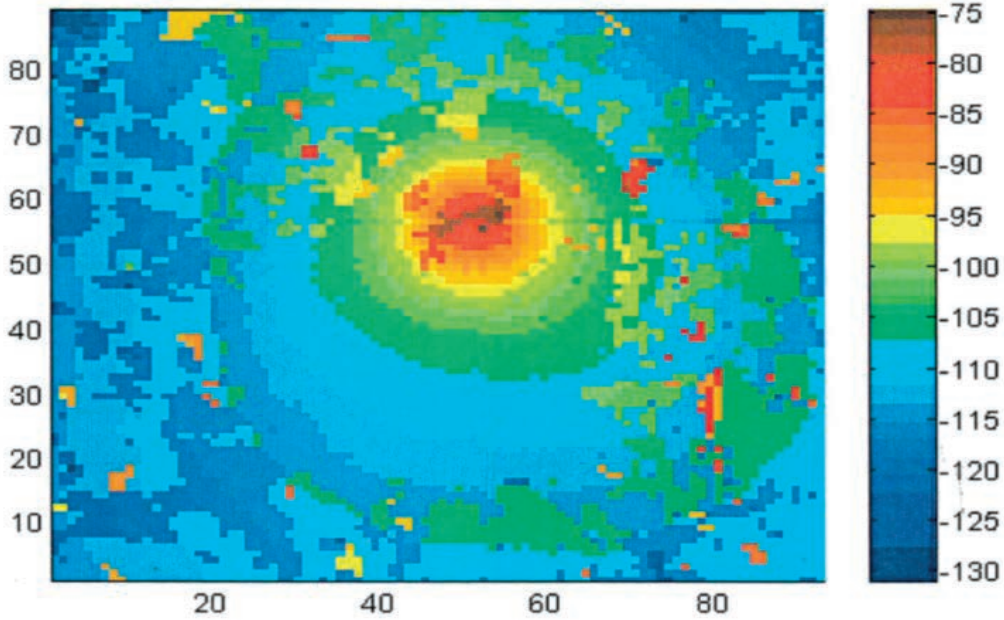


Tabella 10
% di area totale coperta.

	OUTDOOR	MOBILE	INDOOR
Corso Sempione	81,26%	54,52%	12,72%
Via Fabio Filzi	75,5%	53%	12,34%

Tabella 11
% di area urbana coperta.

	OUTDOOR	MOBILE	INDOOR
Corso Sempione	93,6%	74,53%	17,11%
Via Fabio Filzi	87,88%	68,39%	16,34%

Tabella 12

Corso Sempione e Via Fabio Filzi	OUTDOOR	MOBILE	INDOOR
Area totale	71,26%	51,08%	15,13%
Area urbana	98,89%	94,93%	35,57%

Tabella 13

3 impianti	OUTDOOR	MOBILE	INDOOR
Area totale	62,81%	44,64%	15,33%
Area urbana	86,73%	65,72%	24,62%

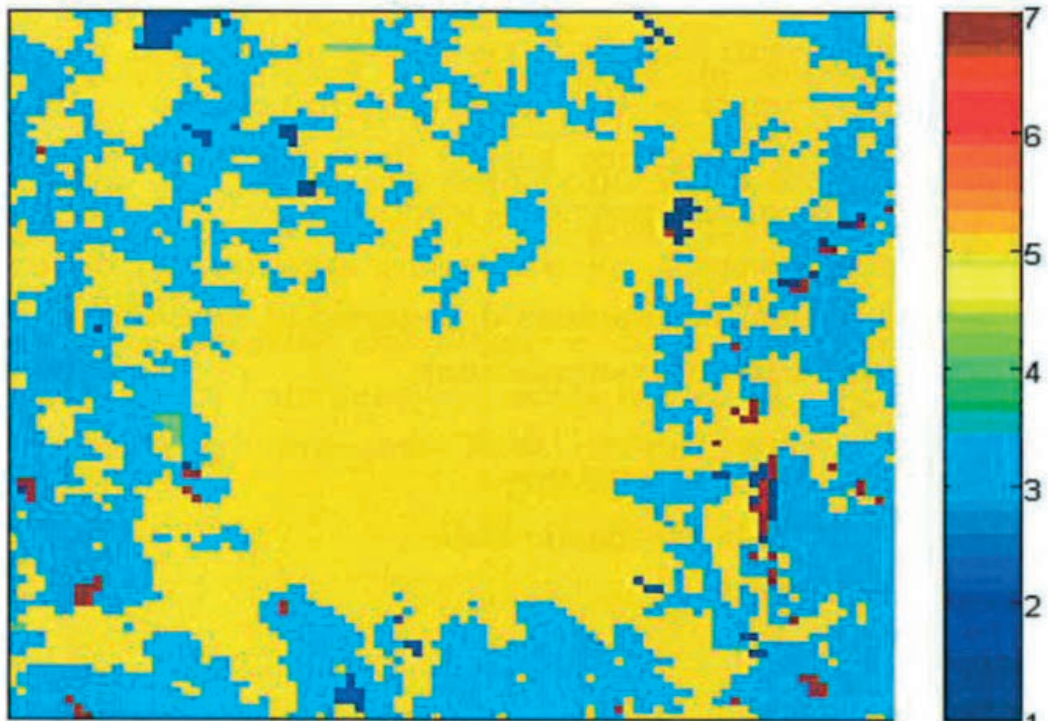
Tabella 14

5 impianti	OUTDOOR	MOBILE	INDOOR
Area urbana	96,87%	73,44%	28,44%

Tabella 15

8 impianti	OUTDOOR	MOBILE	INDOOR
Area urbana	99,23%	91,66%	56,98%

Figura 7



varia la copertura in funzione del numero dei trasmettitori e del tipo di ricezione. Grazie al metodo K-LNM utilizzato nell'algoritmo di analisi della copertura, si evidenzia un andamento crescente della percentuale di copertura con l'aumento del numero di impianti. È quanto ci si aspettava, anche se l'interferenza interna è purtroppo un problema da risolvere con scelte di implementazioni diverse da quella considerata.

Valutazione delle prestazioni dei trasmettitori televisivi esistenti a Milano

La rete SFN di Milano è stata progettata con 2 impianti posti rispettivamente in Corso Sempione e in via Fabio Filzi. Questi ultimi trasmettono rispettivamente sul canale 22 in banda UHF e sul canale 29 in banda UHF.

Si sono considerate potenze di trasmissione di 10 kW, che hanno portato ad avere delle potenze ricevute rappresentate in Figura 5 e in Figura 6. Il modello utilizzato per il calcolo dell'attenuazione è quello di Okumura-Hata.

Si è quindi valutata la copertura sull'area totale e urbana per ciascun trasmettitore televisivo, utilizzando gli stessi parametri delle simulazioni effettuate per la mappa di Bologna ad eccezione della frequenza indicata a 500 MHz. Le coperture sono molto basse rispetto a quelle di Bologna, ed il principale motivo è dovuto alla grandezza dell'area da coprire ed anche alle limitate possibilità di posizionamento dei singoli trasmettitori a causa della morfologia del territorio.

Provando invece a tenere accesi entrambi i trasmettitori televisivi si hanno valori di copertura che crescono anche se i valori in ricezione indoor restano bassi, vedi Tabella 12.

Utilizzando i trasmettitori urbani si vedrà come la copertura assumi valori simili a quelli visti con 2 trasmettitori televisivi accesi.

È da notare come i valori di copertura così nettamente bassi in indoor sono da attribuire essenzialmente ad una perdita di attraversamento dell'edificio di circa 12 dB, mentre nelle ricezioni mobile ed outdoor i valori si mantengono buoni. Si nota come la distinzione tra zone di coperture urbana densa, urbana media ed urbana bassa non si è potuta realizzare perché il clutter urbano di Milano, posto come clutter = 5 in Figura 7, è stato rappresentato nella sua totalità.

Dove le varie zone sono suddivise in:

- Clutter = 0, acqua;
- Clutter = 1, aperta;
- Clutter = 2, vegetazione;
- Clutter = 3, quasi-aperta;
- Clutter = 4, sub-urbana;
- Clutter = 5, urbana;
- Clutter = 6, indeterminata;
- Clutter = 7, laghi.

Valutazione di prestazione dei trasmettitori urbani esistenti a Milano

I trasmettitori urbani utilizzati per la copertura urbana di Milano sono già esistenti per il servizio di telefonia mobile GSM-UMTS. Analizzando pertanto le coperture dei singoli trasmettitori urbani, si è trovata la configurazione ottimale della rete SFN con i seguenti 3 trasmettitori posti a 2Km:

- Via Fabio Filzi;
- Via Ripamonti;
- Sesto S. Giovanni.

Il modello utilizzato per il calcolo delle potenze ricevute è il modello di Okumura-Hata, in Tabella 13 viene fornita la copertura dei 3 trasmettitori a Milano.

Si è cercato di aumentare il numero degli impianti per migliorare la copertura. Infatti, in Tabella 14 si evidenziano le prestazioni di una rete SFN con 5 impianti contemporaneamente accesi:

- Via Fabio Filzi;
- Via Ripamonti;
- Sesto S. Giovanni, via Carlo Marx;
- Baggio, via Quinto Romano;
- Però, via Sempione.

In seguito, sono stati aggiunti i restanti impianti e si ha la configurazione di 8 trasmettitori urbani:

- Via Fabio Filzi;
- Via Ripamonti;
- Sesto S. Giovanni, via Carlo Marx;
- Baggio, via Quinto Romano;
- Però, via Sempione;
- Corso Sempione;
- Via Stendhal;
- Viale Giovanni da Cermenate.

Utilizzando una configurazione di 15 impianti si ottiene un notevole aumento delle zone coperte in indoor poiché si aggiungono gli impianti restanti situati nelle zone che erano inizialmente scoperte. Nel caso della ricezione mobile e outdoor ormai anche con 8 impianti si è raggiunta una buona copertura.

I 15 trasmettitori utilizzati sono quindi:

- Via Fabio Filzi;
- Via Ripamonti;
- Sesto S. Giovanni;
- Baggio, via Quinto Romano;
- Però, via Sempione;
- Corso Sempione;
- Via Stendhal;
- Via Giovanni da Cermenate;
- Bresso, via Romani;
- Piazza Grandi;
- Aeroporto Linate;
- Assago, vicino al Forum;
- Viale Sarca;

15 impianti	OUTDOOR	MOBILE	INDOOR
Area totale	63,43%	35,17%	24,21%
Area urbana	99,64%	88,37%	72,93%

Tabella 16

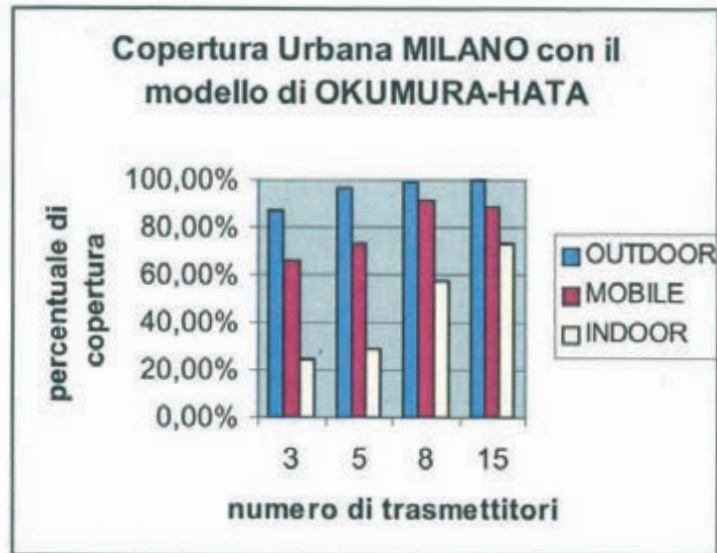


Figura 8

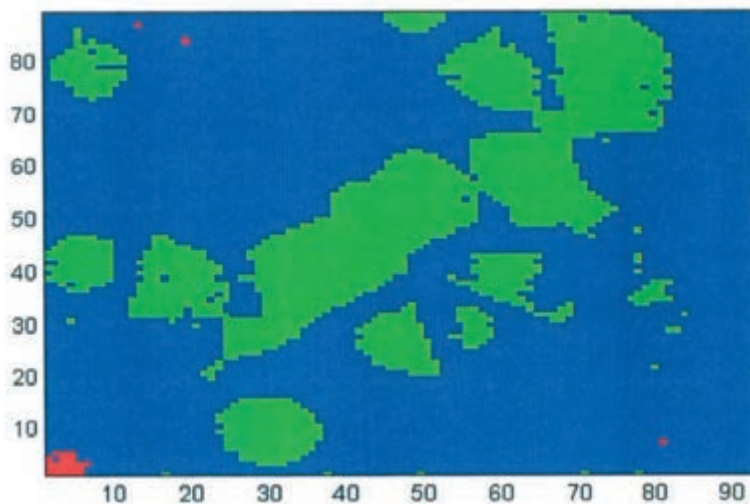


Figura 9
Copertura area totale in indoor con 15 impianti.

Legenda
Verde=zona coperta;
Blu=zona non coperta;
Rosso=non arriva il segnale DVB-H.

- Settimo Milanese;
- Viale Rubattino.

Le percentuali di copertura urbane della rete SFN con 15 impianti sono molto elevate in condizioni di ricezione outdoor dove si raggiunge una copertura urbana ottima, ma risulta anche elevata la copertura urbana in ricezione mobile, come si può vedere dalla Tabella 16. In ricezione indoor, sempre in area urbana, si raggiunge una copertura finalmente accettabile, del 72,39%.

Le coperture dell'area totale restano ulteriormen-

te basse a causa della grande zona da coprire. Pertanto, si è voluto evidenziare l'andamento di prestazioni del sistema DVB-H con l'uso di trasmettitori urbani ed il grafico in Figura 8 mostra l'efficacia del metodo K-LNM utilizzato nel calcolo della copertura. Gli istogrammi, infatti, rappresentano la forte crescita di percentuale ottenuta con l'aumento dei trasmettitori. Inoltre, si può vedere come per una configurazione di 15 trasmettitori nell'area di Milano le coperture indoor, outdoor siano diverse, sono mostrate in Figura 9 e in Figura 10.

Castelmaggiore Colle Barbiano	OUTDOOR	MOBILE	INDOOR
Area urbana	96,03%	93,89%	82,69%

Tabella 17

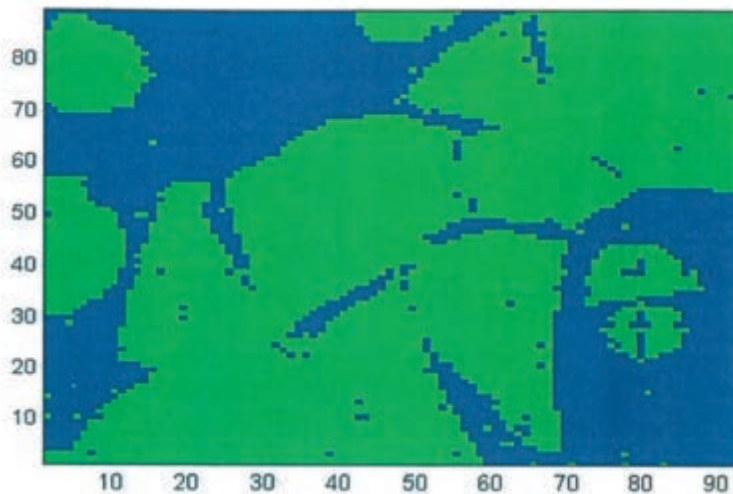


Figura 10
Copertura area totale in outdoor con 15 impianti.

Legenda
Verde=zona coperta;
Blu=zona non coperta.

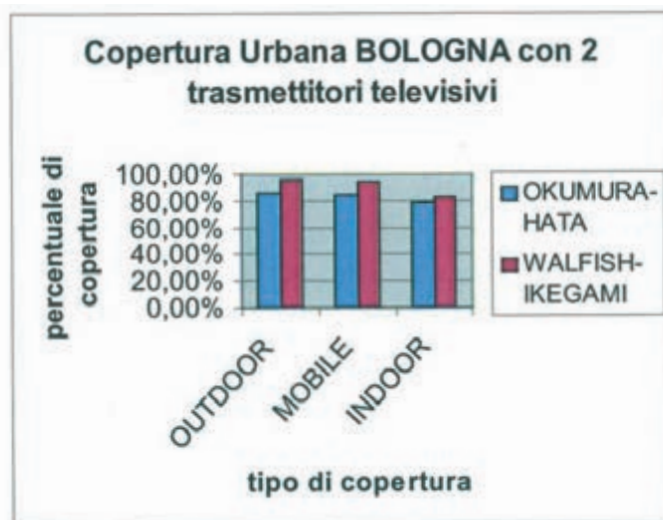


Figura 11
Confronto copertura trasmettitori televisivi tra i due modelli.

Valutazione di prestazioni delle reti SFN con l'uso del modello Walfish-Ikegami

Mantenendo fissi i parametri di simulazione si è utilizzato il calcolo dell'attenuazione con il modello statistico di Walfish-Ikegami. Si sono così analizzate le 2 reti SFN progettate a Bologna e a Milano e si sono volute rappresentare le differenze evidenziate con il modello di Okumura-Hata. Si parte dalla condizione di Bologna, mantenendo le coordinate di ogni impianto. In particolare, per la rete SFN costituita dai 2 impianti televisivi

di Bologna, le coperture evidenziano valori elevati, vedere Tabella 17.

Si sottolinea come la copertura dell'area urbana di Bologna raggiunga valori più grandi con Walfish-Ikegami rispetto al modello di Okumura-Hata, riportato in Tabella 3.

Nella rete SFN costituita dai singoli trasmettitori urbani si è calcolata la seguente copertura urbana con il modello di Walfish-Ikegami, sono mostrati in Tabella 18.

Pertanto, utilizzando la seguente configurazione ottima dei trasmettitori urbani nella rete SFN:

	OUTDOOR	MOBILE	INDOOR
Via Rialto	59,06%	43,89%	13,24%
Via Arcoveggio	34,42%	20,57%	6,52%
Via Calzoni	61,51%	45,21%	11,2%
Via Ferrarese	59,88%	43,79%	13,24%
Via Stendhal	39,51%	24,75%	7,54%
Via Caduta di Amola	35,74%	24,44%	6,21%
Via Milazzo	63,44%	46,84%	17,62%
Vill. Castenaso	22,3%	12,53%	4,89%
Via Tipografo	27,29%	18,02%	3,16%
Via Triumvirato	40,22%	27,8%	7,84%
San Luca	99,39%	97,56%	53,05%
Colle dell'Osservanza	99,8%	97,56%	53,05%
Monte Donato	48,17%	47,45%	31,16%
Castelmaggiore	*	*	*
*valori di copertura < 4%.			

Tabella 18

3 impianti	OUTDOOR	MOBILE	INDOOR
Area urbana	74,95%	66,7%	45,21%

Tabella 19

5 impianti	OUTDOOR	MOBILE	INDOOR
Area urbana	76,58%	65,58%	57,13%

Tabella 20

8 impianti	OUTDOOR	MOBILE	INDOOR
Area urbana	87,58%	77,19%	74,03%

Tabella 21

- Colle dell'Osservanza,
- Via Calzoni,
- Via Milazzo.

Si sono raggiunti i seguenti valori di copertura, indicati in Tabella 19.

Con 5 trasmettitori si ottengono gli indici della Tabella 20:

- Colle dell'Osservanza,
- Via Calzoni,
- Via Milazzo,
- San Luca,
- Via Triumvirato.

Con 8 trasmettitori si ottengono gli indici della Tabella 21:

- Colle dell'Osservanza,
- Via Calzoni,
- Via Milazzo,
- San Luca,

- Via Triumvirato,
- Via Ferrarese,
- Via Sthendal,
- Via Tipografo.

Con 14 impianti facenti parte della stessa rete SFN si ottengono gli indici della Tabella 22:

- Colle dell'Osservanza,
- Via Calzoni,
- Via Milazzo,
- San Luca,
- Via Triumvirato,
- Via Ferrarese,
- Via Sthendal,
- Via Tipografo,
- Monte Donato,
- Castelmaggiore,
- Via Rialto,
- Via Arcoveggio,
- Via Caduti di Amola,
- Vill. Castenaso.

14 impianti	OUTDOOR	MOBILE	INDOOR
Area urbana	94,20%	85,03%	82,69%

Tabella 22

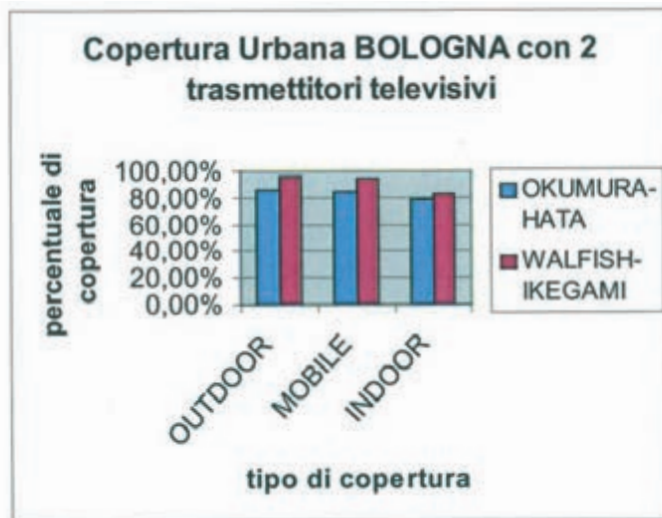


Figura 12
Confronto copertura trasmettitori urbani tra i due modelli.

Nella Figura 12 vengono confrontate le coperture urbane di Bologna con i modelli di Okumura-Hata e Walfish-Ikegami utilizzati per il calcolo delle attenuazioni. Le coperture valutate secondo il modello Walfish-Ikegami sono più elevate, come già osservato per la copertura con i trasmettitori televisivi.

Osservazioni conclusive

Alla luce dei risultati ottenuti si può concludere che la realizzazione di una rete che fornisce un servizio televisivo digitale ad utenti mobili necessita di un numero di impianti superiore rispetto a quelli utilizzati dalle reti broadcast che forniscono servizi in modalità **fixed**.

Considerando la ricezione **portable**, si può concludere che, in ambiente urbano, per garantire un adeguato servizio, soprattutto nelle condizioni di ricezione in mobilità o all'interno degli edifici, sia necessario aggiungere impianti nella zona urbana.

Le reti SFN finali realizzate per Bologna e per Milano cercano di sfruttare i siti posizionati nelle zone privilegiate del territorio, dove si desidera fornire un servizio televisivo digitale con trasmettitori televisivi di media potenza. Per fornire lo stesso servizio in città solo con trasmettitori urbani, GSM-like, sono stati inseriti in maniera opportuna trasmettitori di bassa potenza nella zona urbana.

Nelle simulazioni effettuate considerando solo gli 8 impianti a 2 kW, si dimostra come le zone coperte nel caso di ricezione indoor rappre-

sentano solo il 61% del territorio a Bologna e il 56,98% a Milano.

È chiaro quindi, che per fornire una copertura adeguata con una rete GSM-like si devono aumentare il numero di trasmettitori urbani. La rete GSM della VODAFONE, per esempio, per coprire il comune di Bologna utilizza 59 impianti trasmettenti considerando anche le micro-BTS. Nella realtà però le reti per la telefonia necessitano di un numero di impianti così elevato non solo per problemi di copertura ma anche per il problema del riuso delle frequenze sul territorio che influisce sul numero massimo di utenti servibili contemporaneamente.

Una rete prettamente diffusiva, quindi, necessiterà di un numero minore di impianti.

Nella pianificazione della rete si è scelto di utilizzare siti già esistenti dove sono presenti altri impianti di trasmissione. Pertanto, sarà importante valutare la differenza tra le due reti SFN progettate a Bologna e a Milano, per vedere se con i parametri di trasmissione adottati converrà trasmettere di più con la rete GSM-like oppure con quella composta da trasmettitori televisivi esistenti.

A Bologna la rete SFN si comporta decisamente meglio con trasmettitori televisivi, mentre a Milano si comporta meglio la rete GSM-like soprattutto per la condizione di ricezione indoor. Questa ultima analisi di Milano è vera anche perché sono stati adottati trasmettitori televisivi vicini.

Si deve valutare gli effetti in termini di impatto ambientale che l'inserimento di nuovi impianti produce nella rete GSM-like.

Se i valori di campo superano i limiti consentiti



dalla legge vigente si dovranno cercare altri siti o si dovranno diminuire le potenze irradiate. Per quanto riguarda il problema dell'impatto ambientale, un Decreto Interministeriale in vigore dal 2 gennaio 1999 fissa limiti molto restrittivi per quanto concerne l'intensità dei campi. I limiti imposti dalla legge in Italia, riferiti alle frequenze comprese tra i 3 MHz e i 3 GHz sono:

- Campo elettrico 20 V/m;
- Campo magnetico 0.05 A/m;
- Densità di potenza 1 W/m².

Per edifici adibiti a permanenze non inferiori a 4 ore i limiti diventano:

- Campo elettrico 6 V/m;
- Campo magnetico 0.016 A/m;
- Densità di potenza 0.1 W/m².

Tali limiti risultano essere 45 volte più severi rispetto a quelli imposti dagli enti di normalizzazione europei ICNIRP e CENELEC e garantiscono quindi ampi margini di sicurezza.

Limitatamente alla regione Emilia-Romagna esiste una legge approvata dalla Giunta in data 20 febbraio 2001 che vieta di installare trasmettitori televisivi all'interno dell'area urbana.

Se tale legge non verrà modificata molti degli impianti utilizzati nella fase di progettazione della rete non potranno essere utilizzati.

Risulta comunque chiaro che, se i limiti imposti dal Decreto Ministeriale sopra citato vengono rispettati e le potenze irradiate dagli impianti televisivi sono dello stesso ordine di grandezza di quelle emesse dalle reti telefoniche non vi dovrebbero essere problemi in termini di impatto ambientale.

Conclusioni

Prima dell'avvento della tecnologia digitale la televisione e la telefonia erano considerate molto distinte: l'una caratterizzata dalla diffusione

di segnali audio/video/dati in comune a tutti gli utenti, l'altra da collegamenti audio e dati bidirezionali personalizzati per ogni singolo utente. L'introduzione dello standard DVB-H e quindi la possibilità di realizzare reti che forniscono contenuti televisivi ad utenti mobili ha portato alla completa convergenza tra mondo Telecom e broadcast con la possibilità di offrire agli utenti nuovi servizi basati sulla convergenza tra le reti. Le possibili applicazioni e i nuovi servizi derivanti dalla cooperazione di reti Telecom e broadcast possono essere raggruppati in diverse aree:

- Informazione (navigazione in Internet, commercio interattivo, download di giornali e libri, informazioni turistiche);
- Educazione (lezioni e corsi, consultazione di biblioteche, laboratori linguistici e scientifici);
- Intrattenimento (TV, radio, giochi, musica o filmati a richiesta, scommesse);
- Servizi telematici di navigazione stradale (informazioni di viaggio e sul traffico, diagnostica automobilistica a distanza, servizi per i mezzi pubblici come intrattenimento dei passeggeri, gestione di mezzi guasti ed emergenze);
- Servizi di comunicazione (telefonia e videofonia, videoconferenza, messaggistica multimediale);
- Affari (ufficio mobile, lavoro di gruppo virtuale video conferenza e download di file);
- Servizi speciali (telemedicina, emergenze, monitoraggio).

La realizzazione di una rete digitale per utenti mobili presenta problematiche comuni sia alle reti broadcast sia a quelle cellulari.

In questa tesi, attraverso l'analisi della città di Bologna e di Milano, si è messo in evidenza che la copertura non può essere garantita da un unico trasmettitore visto l'elevato livello di potenza necessario.



La soluzione più idonea, nel caso di più trasmettitori, è la realizzazione di una rete SFN; caso che è stato ampiamente studiato al variare del numero dei trasmettitori considerati. Dallo studio effettuato è emerso che per garantire la copertura all'interno della città si devono utilizzare 14 trasmettitori urbani per Bologna e 15 trasmettitori urbani per Milano. L'inserimento di impianti urbani produce l'effetto indesiderato del problema dell'impatto ambientale. Oltre a questo, si dovrà valutare anche il numero degli impianti necessari per garantire il servizio perché questo incide pesantemente sul costo della rete. Come già accennato le reti di telefonia mobile, caratterizzate da un elevato numero di trasmettitori costano tra le 10 e le 100 volte in più delle reti broadcast tradizionali. Se il numero degli impianti necessari cresce troppo, la realizzazione della rete GSM-like rischia di non essere un

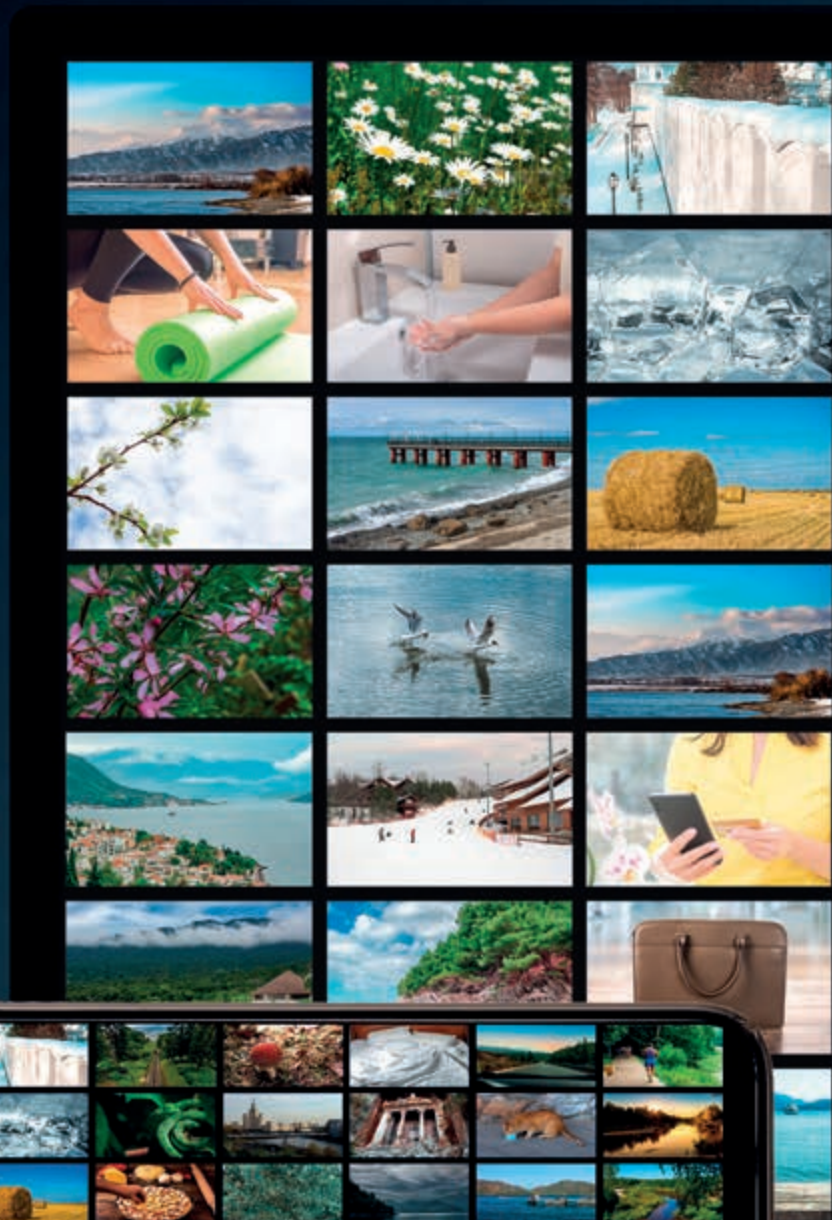
investimento vantaggioso.

Per evitare che i costi eccessivi siano un freno allo sviluppo di tali reti, oltre al problema della pianificazione, sarà necessario valutare anche la possibile ottimizzazione della rete in termini di riduzione del numero dei trasmettitori necessari e delle potenze irradiate.

Per una ottima pianificazione, sarà preferibile utilizzare la rete SFN con trasmettitori broadcast tradizionali per Bologna, annullando il problema dei costi per i nuovi impianti. Anche per Milano conviene utilizzare impianti broadcast tradizionali per motivi economici, come precedentemente menzionato, a discapito di una leggera diminuzione sulla percentuale di copertura rispetto alla rete GSM-like. Sarà necessario migliorare la condizione di ricezione indoor attraverso antenne IDA (Indoor Diversità Antenna) o antenne adattative.

Bibliografia

- [1] DVB - Implementation guidelines for DVB terrestrial services- Transmission aspects. (2011-05). ETSI TR 101 190 V1.3.2.
- [2] DVB - Specification for data broadcasting. (2021-08). ETSI EN 301 192 V1.7.1.
- [3] DVB - Framing structure, channel coding and modulation for digital terrestrial television. (2015-10). ETSI EN 300 744 V1.6.2.
- [4] Il libro bianco sulla televisione digitale terrestre.
- [5] J. Henriksson. (2003). DVB-H outline (AHG DVB TM-H).
- [6] Ing. V. Mignone, Ing. A. Morello, ing. M. Visintin. (2002). Lo standard DVB-T per la televisione digitale terrestre. RAI CRIT.
- [7] Autorità per le garanzie nelle telecomunicazioni (Considerazioni sui metodi pianificazione di una rete SFN con standard di trasmissione DVB-T e T-DAB).
- [8] ERC/EBU Report of Planning and Introduction of DVB-T in Europe. (2000).
- [9] The sum of log-normal probability distribution in scattered transmission system. Laurence F. Fenton.
- [10] Minimal Cost Coverage Planning for SFN network. (1999). IEEE Transaction on Broadcasting, vol. 45, no.1.
- [11] J. Deygout. Multiple Knife-Edge Diffraction of Microwaves. (1966). IEEE Transactions on antenna and propagation, vol. AP-14, no 4.
- [12] Handbook of Digital Terrestrial Television Broadcasting Planning Part, ITU-R Radiocommunication Study Group.







ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI ROMA

Piazza della Repubblica, 59 - 00185 - Roma

Tel. 06.487.93.11 - Fax: 06.487.931.223

Cod. Fisc. 80201950583

Orari di apertura al pubblico degli uffici

Lunedì 09:30-12:30 14:30-17:30

Martedì 09:30-12:30 14:30-17:30

Mercoledì 09:30-12:30 14:30-17:30

Giovedì 09:30-12:30 14:30-17:30

Venerdì 09:30-12:30

Sabato 09:30-12:30

La Segreteria dell'ordine chiude alle 16.00

AREE DEL SITO WEB DEL QUADERNO



AREA CIVILE AMBIENTALE

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



AREA INDUSTRIALE

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



AREA DELL'INFORMAZIONE

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



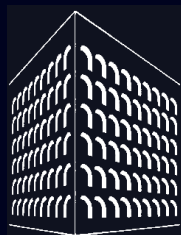
AREA INTERSETTORIALE

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



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





Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma
Piazza della Repubblica, 59 - 00185 Roma
www.ording.roma.it