RdS
RICERCA DI SISTEMA

ENEA
AGENZIA NAZIONALE PER LE NUOVE TECNOLOGIE, L'ENERGIA E LO SVILUPPO ECONOMICO SOSTENIBILE

MINISTERO DELL'AMBIENTE E DELLA SICUREZZA ENERGETICA

Ricerca di Sistema elettrico

LA3.8 -Ricarica dinamica per TPL: Valutazione tecnico-economica di sistemi di ricarica dinamica per TPL

Fernando Ortenzi, Silvia Orchi, Maria Pia Valentini

RdS_PTR 22-24_PR 1.7_LA3.8_017

LA3.8 - RICARICA DINAMICA PER TPL: VALUTAZIONE TECNICO-ECONOMICA DI SISTEMI DI RICARICA DINAMICA PER TPL

Fernando Ortenzi, Silvia Orchi, Maria Pia Valentini

Giugno 2023

Report Ricerca di Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica - ENEA
Piano Triennale di Realizzazione 2022-2024

Obiettivo: *Decarbonizzazione/Digitalizzazione ed evoluzione delle reti*
Progetto: Tecnologie per la penetrazione efficiente del vettore elettrico negli usi finali
Linea di attività: 3.8
Responsabile del Progetto: Claudia Meloni, ENEA
Responsabile Linea di Attività: Fernando, Ortenzi, ENEA
Mese inizio previsto: 1
Mese inizio effettivo: 1
Mese fine previsto: 18
Mese fine effettivo: 18

Indice

1 RISULTATI ATTESI 3
2 RISULTATI OTTENUTI 4
3 PRODOTTI ATTESI 5
4 PRODOTTI SVILUPPATI 6
5 ANALISI DEGLI SCOSTAMENTI SU ATTIVITÀ E RISULTATI 7
6 SINTESI DELLE ATTIVITÀ SVOLTE 8
7 DETTAGLIO DELLE ATTIVITÀ SVOLTE 9
8 CONTRIBUTO DELLE EVENTUALI CONSULENZE ALLE ATTIVITÀ SOPRA DESCRITTE 14
9 PUBBLICAZIONI SCIENTIFICHE 15
10 EVENTI DI DISSEMINAZIONE 16

1 Risultati attesi

L'obiettivo della presente linea di attività è quello di ottenere una valutazione tecnico-economica relativamente alla fattibilità e riproducibilità pratica delle tecnologie di ricarica dinamica su strada, così dette Electric Road Systems (ERS), per applicazioni a veicoli di trasporto pubblico urbano su gomma.

2 Risultati ottenuti

Con il presente lavoro è stato possibile individuare il livello di sviluppo delle diverse tecnologie ERS esaminate e il rispettivo grado di fattibilità tecnica, in base ai progetti, ancora a livello dimostrativo, descritti in letteratura. A valle dell'analisi tecnica, sono stati individuati i principali driver e vincoli di natura economica, utili a una prima stima degli investimenti iniziali e sono state tabellate, in modo sintetico, delle stime economiche in termini di costi unitari. Con il presente lavoro, si è potuto prender atto del potenziale ruolo strategico di questa tecnologia al fine della decarbonizzazione dei trasporti pubblici, in particolare, di quelli su gomma in ambito urbano. Al contempo, però, è dimostrato che tali investimenti non ammettono economicità per applicazioni spot non strutturate e adeguatamente integrate tra loro o con altri sistemi di ricarica (statica o dinamica) già presenti. Inoltre, oltre ai vincoli tecnici ed economici, sono da risolvere importanti questioni legate alla sicurezza.

3 Prodotti attesi

Il prodotto atteso nell'ambito della presente linea di attività consiste nel rapporto tecnico che ne descrive i risultati.

4 Prodotti sviluppati

Il prodotto sviluppato nell'ambito della presente linea di attività consiste nel rapporto tecnico che ne descrive i risultati.

5 Analisi degli scostamenti su attività e risultati

Trattandosi di un rapporto tecnico che riporta una valutazione tecnico/economica, non ci sono stati scostamenti tecnici rispetto a quanto presentato in fase preventiva e non sono state riscontrate criticità.

Per quanto riguarda l'approvvigionamento dei materiali, non necessari per la presente attività, ma propedeutici per le successive del secondo SAL si riportano i seguenti scostamenti:

- Acquisto della batteria di trazione del minibus Tecnobus Gulliver, ad alta potenza specifica e raffreddata a liquido: tale acquisto è stato realmente effettuato con Determinazione n. 59_2023_TERIN-SEN, ma consegna è stata posticipata e si prevede che avvenga ad inizio del 2024, data comunque che non pregiudica la tempistica per la riuscita della sperimentazione.
- Convertitore DCDC di trazione del minibus Tecnobus Gulliver, necessario per collegamento della batteria sopraindicata e dell'azionamento elettrico del minibus: tale acquisto è stato realmente effettuato con Determinazione n. 49_2023_TERIN-SEN, ma consegna è stata posticipata e si prevede che avvenga ad inizio del 2024, data comunque che non pregiudica la tempistica per la riuscita della sperimentazione.
- Pantografo per la ricarica dinamica tra catenaria unifilare ed il minibus Tecnobus Gulliver; tale acquisto è stato posticipato al Secondo SAL, dove verrà progettata e realizzata anche la catenaria per la ricarica dinamica e il suddetto pantografo verrà scelto in funzione anche di quanto realizzato a terra. Essendo prodotti commerciali a catalogo non necessitano di tempistiche lunghe per l'approvvigionamento e questo non pregiudica la tempistica per la riuscita della sperimentazione.

6 Sintesi delle attività svolte

Nella presente linea di attività è stato realizzato uno studio di fattibilità tecnico-economica dei sistemi di ricarica dinamica come la catenaria unifilare e bifilare e la ricarica wireless. Tale sistema, collegato a dei minibus collegati in convoglio, sia meccanicamente che elettricamente, ha il vantaggio di essere più flessibile, con costi minori (servizi svolti con un numero minore di guidatori), con tempi di ricarica ridotti e con richieste di potenza alla rete più basse (grazie anche all'utilizzo di sistemi di accumulo a terra).

Dal punto di vista degli aspetti economici, sono stati indagati e raccolti alcuni dati di letteratura e di alcuni tra i principali progetti (per lo più dimostrativi) realizzati fino ad ora. Ciò è stato utile per individuare dal lato tecnico, i driver di costo e una stima dei costi unitari per km di rete realizzata, per ciascuna tecnologia esaminata, in grado di fornire un ordine di grandezza di riferimento di prima approssimazione.

7 Dettaglio delle attività svolte

7.1 Introduzione

La presente Task (ricarica dinamica per TPL) di cui fa parte la presente linea di attività, ha l'obiettivo di realizzare un sistema di trasporto pubblico in convoglio (con collegamento meccanico ed elettrico dei mezzi) con ricarica in movimento e trasferimento di carica tra i mezzi.

In particolare, i vantaggi della soluzione che si vuole realizzare sono:

- Trasporto pubblico più flessibile e più efficiente in aree a bassa domanda, tramite l'utilizzo di minibus per le periferie e sistemi p in convoglio che portano i veicoli fino al centro della città)
- Costo minore del trasporto grazie ad un numero minore di conducenti dei mezzi nei mezzi in convoglio;
- Tempi di ricarica delle batterie ridotti con l'utilizzo di batterie con meno capacità e potenze più elevate con ricarica in punti prefissati del percorso;
- Ridotte richieste di potenza alla rete elettrica per la ricarica rapida grazie ad un accumulo di terra nella stazione di ricarica.

Questa linea di attività ha l'obiettivo di effettuare una valutazione tecnico-economica dei sistemi di ricarica in movimento dei mezzi di trasporto pubblico, in particolare un sistema di ricarica conduttivo come la catenaria, e un sistema induttivo, come la ricarica wireless dinamica.

In particolare

Nello scorso triennio di Ricerca di Sistema (PTR 2019-2021) [7] è stato realizzato un sistema di trasporto elettrico con ricarica al capolinea con **accumulo a terra di tipo inerziale** (volano).

Figure 1 sistema di trasporto con pantografo e stazione di ricarica con accumulo inerziale (PTR 2019-2021)

Il vantaggio di tale tecnologia consente una riduzione del sistema di accumulo a bordo, grazie ad una ricarica che viene effettuata ogni volta che il mezzo stazione al capolinea, e di una stazione di ricarica che lima i picchi

di richiesta di potenza alla rete elettrica grazie ad un sistema di accumulo. Tale accumulo, di tipo inerziale, ha poi il vantaggio di una vita molto più lunga rispetto alle batterie, visto che è comporto da una macchina elettrica e da parti meccaniche rotanti.
I sistemi di ricarica dinamica che si intendono valutare nel seguente report sono essenzialmente il sistema conduttivo tramite linea aerea, che può essere bifilare come quella che può ad esempio trovarsi a Cagliari oppure monofilare come la classica catenaria del Tram (Figure 2).

Figure 2 Catenaria Bifilare (sx) o monofilare (dx)

Sono in realtà significativamente differenti poiché la prima ha entrambi i conduttori in alto ed il pantografo si connette con entrambe, mentre la seconda ha un solo cavo in alto (il positivo) ed i l circuito si chiude sulla rotaia; anche le tensioni di esercizio possono essere differenti e la monofilare ha tensioni medie di circa 750V. tuttavia il vantaggio di quest'ultima è che esiste una fitta rete tramviaria in Italia che potrebbe essere usata anche per gli autobus opportunamente progettati, con importanti risparmi economici infrastrutturali.

Figure 3 Pattino per il collegamento di terra nell'ipotesi di ricarica dinamica con catenaria

L'altra soluzione che viene valutata è la ricarica wireless dinamica, sicuramente più innovativa, ma con di costo infrastrutturale più alti rispetto alle altre modalità di ricarica.

Figure 4 Esempio di Ricarica induttiva (BREBEMI)

Un esempio del sistema di convoying che si sta realizzando insieme all'università di Firenze riportato poi in Figure 5

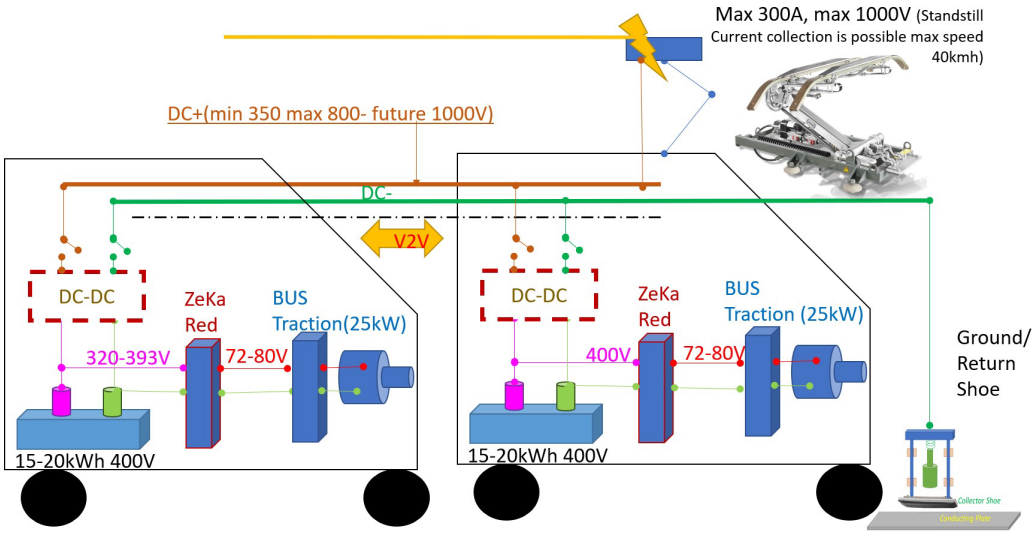

Figure 5 esempio di 2 minibus in convoglio collegati anche elettricamente per il travaso della carica elettrica dal primo bus collegato alla catenaria e quello che segue

7.2 Valutazione tecnico economica dei sistemi di ricarica

7.2.1 Alcune analisi sugli aspetti economici

L'elettrificazione dei trasporti consente di ridurre gli impatti della mobilità a livello di emissioni climalteranti e inquinanti. Tuttavia, la realizzazione di un sistema di trasporto su gomma alimentato da energia elettrica comporta una serie di vincoli di varia natura, come gli elevati costi di investimento, le sfide tecnologiche legate alle batterie e relative, in particolare, alla densità energetica, al loro ciclo di vita ed al peso che aggiungono a bordo dei veicoli, nonché dei delicati aspetti legati alla sicurezza. A ciò, si aggiunge la necessità di realizzare l'infrastrutturazione del sistema di ricarica, particolarmente difficoltosa da inserire nella maggior parte dei contesti urbani. Alla luce di tali premesse, si accendono interessi di ricerca sulle tecnologie alternative per l'elettrificazione dei trasporti, in particolare per quelli pubblici in ambito urbano, afferenti anche al lato dell'infrastruttura di ricarica.
In generale, sistemi di ricarica dinamica su strada fanno riferimento alle Electric Road Systems (ERS) e presuppongono che tale elettrificazione delle strade possa incontrare varie esigenze per i diversi veicoli elettrici potenzialmente alimentabili, ad esempio riducendo l'ansia di autonomia, la dimensione e peso del pacco batteria. A ciò si devono aggiungere i relativi tempi di ricarica, che potrebbero essere ridotti attraverso ricariche parziali ad alte potenze da effettuarsi con soste adeguate lungo la strada o aree specifiche. Questo, come è ovvio, comporterebbe ulteriori investimenti per una maggiore capillarità di una rete di ricarica ad elevata potenza, non sempre di facile realizzazione e con impegni di tempo eventualmente da inserire durante le operazioni programmate del servizio giornaliero da svolgere. Il trasferimento dinamico di energia elettrica ai veicoli può avvenire in due modi: con il sistema di contatto aereo con catenaria (Overhead Contact Line - OCL) oppure con il sistema di alimentazione elettrica dinamica a terra, ossia il Dynamic Ground Level Power Transfert System (DGLPTS).
La soluzione con contatto aereo avviene con una linea catenaria aerea di contatto con pantografo e sebbene siano stati apportati diversi adattamenti pratici come il trasferimento del pantografo a bordo del veicolo, la funzionalità generale rimane rigida, simile a quella per ferrovie e filobus. Una recente variante applicativa di questa tipologia di tracciato è relativa al trasporto pesante di merci su strade non urbane, come ad esempio è il sistema di Siemens chiamato eHighway.
Il sistema di alimentazione a terra o DGLPTS avviene sia in modo conduttivo per il tramite di rotaie conduttive e una piastra come ricevitore (in-road rail) sia in modo induttivo/elettromagnetico per il tramite di bobine induttive incorporate nella strada e un ricevitore incorporato nel veicolo senza nessun contatto fisico

(wireless), tale sistema è potenzialmente più flessibile e consente, ad un maggior target di veicoli, di potersi approvvigionare di energia.
Un recente studio del [1] si è occupato di verificare il livello di sviluppo delle tecnologie ERS, giungendo alla conclusione secondo la quale la maggior parte degli ERS induttivi presenterebbero un livello di maturità tecnologica (TRL) tra TRL3-4, con pochi sistemi che avanzano oltre TRL6; i sistemi conduttivi, più maturi in genere, avrebbero un TRL tra TRL4-5, con alcuni sistemi in grado di giungere a livelli superiori compresi tra TRL6-8. Tutti questi tipi di ERS sono oggetto di progetti dimostrativi su varie applicazioni veicolari e stradali, con rapidi progressi negli ultimi anni [1] ma ancora lontano da applicazioni di mercato su larga scala. Le uscite di potenza sono generalmente maggiori nei sistemi ERS conduttivi, mostrandosi maggiormente adatti alla ricarica di HGV, mentre i sistemi ERS induttivo sembrerebbero essere più adatti ad alimentare richieste di potenze più basse, compatibili con veicoli leggeri e autobus, con l'eccezione del sistema Bombardier che conduce prove con mezzi pesanti. La maggior parte dei sistemi ERS conduttivi sarebbero in grado di raggiungere efficienze superiori al 90%, mentre i livelli di efficienza induttivi ERS sconterebbero ancora una maggiore variabilità compresa tra il 60-95%. La sfida principale per la funzionalità induttiva ERS è quello di migliorare l'efficienza del trasferimento di potenza e mantenerla per diversi tipi di veicoli. In fine ma non da ultimo, attualmente, l'interoperabilità è praticamente inesistente per tutti i sistemi ERS.
Nonostante l'ERS induttivo sia radicalmente diverso dalla guida conduttiva ERS, è plausibilmente prevedibile che le procedure di installazione tra i due sistemi siano simili e probabilmente faranno riferimento al sistema degli scavi di trincee, tipicamente utilizzati da società di servizi per la pavimentazione stradale. Occorre tener presente che, ad oggi, la maggior parte di questi sistemi devono ancora essere sperimentati per il servizio su strada, cui si aggiunge la conseguente mancanza di informazioni sulla durata di questi impianti in condizioni di traffico medio e pesante.
Tutto ciò premesso, realizzare una valutazione economica di queste tecnologie ad oggi significa indagare dati di letteratura limitatamente disponibili ed derivanti da progetti dimostrativi/sperimentali in corso negli ultimi anni, in particolare con riferimento alla ricarica in-road conduttiva e induttiva soprattutto. Una tale situazione sconta un insufficiente livello di coerenza delle analisi e dei dati sottostanti, dovute alla diversità degli approcci utilizzati nei vari casi, al fine di poter garantire una adeguata confrontabilità.
Alcune stime economiche generali si trovano in diverse pubblicazioni e alcuni esempi pertinenti, in particolare con riferimento al trasporto pubblico o con veicoli pesanti, brevemente riassunti di seguito nella Tabella 1. Per la realizzazione di ERS con linee di contatto aeree OCL con pantografo per i due sensi di marcia, i costi stimati nel progetto norvegese ELinGO variano tra 1.2-1.7 M€/km [2], mentre per lo studio del Fraunhofer, il costo oscillerebbe tra 1.7-4.1 M€/km [3], lo studio del PIARC si posizionerebbe in all'interno di questi range, tra 2,2-2,6 M€/km [1], in un precedente report di Ricerca di Sistema si riportava una valutazione di 1,9 M€/km [4]. Per la realizzazione della linea ERS con pantografo destinata al trasporto pesante di merci su strada, il progetto eHighway della Siemens riporta una stima di costo non dettagliata per la sua infrastruttura di 4 km, pari a 2,2 M€/km, lo studio del Fraunhofer 2017 [3] riporta un costo di 2,3 M€/km per la costruzione di una OCL per veicoli pesanti.
Nel caso del sistema dinamico di trasferimento di energia a terra o Ground Level Dynamic Power Transfert (GLDPT) conduttivo, i costi unitari di realizzazione oscillerebbero tra 1.2-2.4 M€/km secondo lo studio norvegese, tra 3-5.4 M€/km secondo le stime del Fraunhofer e tra 0,45-1,5 secondo il PIARC. Per il sistema DGLPT induttivo, i dati del Fraunhofer riportano una stima tra 3.1-4.9 M€/km mentre i progetti dimostrativi del caso coreano KAIST e svedese PRIMOVE riportano dati molto distanti tra loro, il primo fornisce un dato unico pari a 0.5 M€/km mentre il secondo stima un costo compreso tra 3,2-6 M€/km [5]. Per tutte le tecnologie, i costi di manutenzione sono stimati essere pari al 2,5% dell'investimento e individuano in 30 anni la vita utile dell'infrastruttura [2] [3].
Tuttavia, la maggior parte delle stime non includono una descrizione dettagliata o una ripartizione di ciò che è incluso nei calcoli [2] e, inoltre, la stima dei costi per i sistemi GL è soggetta a variazioni significative a seconda delle soluzioni, dei contesti di inserimento e delle assunzioni di partenza, dato che ad oggi, non esiste ancora una esperienza consolidata per installazioni su larga scala.

Tabella 1: Valori di costo per i vari sistemi ERS

Sistema	Fonte	Costo medio Minimo M€/km	Costo medio massimo M€/km
Conduttivo	PIARC_ERS [1]	0,45	1,5
	FRAUNHOFER [3]	3	5,5
	ELinGO [2]	1,2	2,4
Induttivo	PRIMOVE [5]	3,2	6
	OLEV KAIST [5]	0,5	0,5
	FRAUNHOFER [3]	3,1	4,9
Catenaria	PIARC_ERS [1]	2,2	2,6
	FRAUNHOFER [3]	1,7	4,1
	ELinGO [2]	1,2	1,7
	Report RdS/PAR2016/226 [4]	1,9	1,9

Fonte: Elaborazione ENEA su varie fonti

Tuttavia, appare evidente come tali sistemi infrastrutturali rappresentino degli investimenti con estremo carattere strategico e come tali non ammettono economicità per applicazioni spot non strutturate e adeguatamente integrate tra loro o con altri sistemi di ricarica (statica o dinamica) già presenti. La realizzazione di tali sistemi, per l'impegno economico e di impatto logistico creato a livello locale, richiede una adeguata analisi del contesto di inserimento, non da ultimo, del livello di utilizzo dell'infrastruttura stessa, che per forza di cose dovrà essere ottimizzato puntando alla massimizzazione dello sfruttamento della potenza erogata dall'infrastruttura in-road, in quanto solo cin questo modo verrebbe massimizzata la potenziale riduzione della capacità delle batterie a bordo dei veicoli e anche delle potenze per le ricariche notturne o dei biberonage ai capolinea.
Dall'analisi dello studio del Fraunhofer, ad esempio, appare già evidente come il concetto di ottimizzazione dei costi, in particolare dei costi fissi, vada di pari passo con un dimensionamento minimo dell'infrastruttura, che coincide, con la massimizzazione dello sfruttamento delle performance tecnologiche offerte dalla infrastruttura, come ad esempio, le distanze che possono essere coperte dalla sottostazione di trasformazione, oltre al numero di inverter necessari lungo la linea e, quindi, il numero di segmenti conduttivi o induttivi serviti da un singolo inverter.

Tutti e tre i sistemi tecnologici pur risultando tecnologicamente fattibili, presentano ciascuno vantaggi e limiti specifici. Ad esempio, i sistemi ERS conduttivi riescono a supportare i vincoli di potenza dei veicoli pesanti, mentre i sistemi ERS induttivi sarebbero generalmente più adatti per veicoli con richieste di potenza inferiori e non garantiscono rendimenti uguali a quelli conduttivi.
Impatti sorgono per ciascun tipo di sistema ERS, in quanto integrato nella pavimentazione stradale, con ciò che ne deriva anche in termini di durata, manutenzione, sicurezza e annessi tempi di incidenza sul traffico locale.
Nonostante le incertezze relative alle prestazioni dell'ERS e agli ostacoli alla relativa realizzazione si ritiene che l'ERS potrebbe apportare il suo contributo alla decarbonizzare del trasporto su strada e che potenzialmente l'industria del trasporto merci e gli operatori del trasporto pubblico potrebbero essere individuati come probabili primi utilizzatori delle ERS.
Il tipo di concetto di ERS influisce sul potenziale mercato di riferimento, in quanto il sistema di contatto aereo può essere utilizzato solo da veicoli più alti come autocarri e autobus, mentre i sistemi su strada o Ground Level potrebbero essere utilizzati anche da veicoli leggeri e pesanti. A ciò si aggiunge, tuttavia, che per i veicoli leggeri, i sistemi ERS si porrebbero in concorrenza con altre soluzioni di ricarica già esistenti, con riferimento particolare alle infrastrutture di ricarica puntuali pubbliche o private. Inoltre, esistono informazioni limitate sulle prestazioni comparative delle soluzioni ERS, sulla loro disponibilità nei mercati, sui costi e sui relativi problemi di realizzazione [1].

8 Contributo delle eventuali consulenze alle attività sopra descritte

Non sono state utilizzate consulenze per la presente linea di attività.

9 Pubblicazioni scientifiche

1. Faro A., Lidozzi A., Ortenzi F., Di Benedetto M., Solero L., Kinetic Energy Storage based Advanced Charging Station with Reduced Grid Impact, (2023) 2023 AEIT International Conference on Electrical and Electronic Technologies for Automotive, AEIT AUTOMOTIVE 2023,
2. Alessandrini A., Ortenzi F., Berzi L., Gulino M.-S., Cignini F., Pugi L., An Innovative Convoying and Power Management System for Public Transportation, (2023) IEEE Vehicular Technology Conference, 2023-June, DOI: 10.1109/VTC2023-Spring57618.2023.10200691
3. Pugi L., Alessandrini A., Berzi L., Nassini G., Ortenzi F., Cignini F., Simulation of an Innovative Moving Recharge System for Public Transportation Systems, (2023) EUROCON 2023 - 20th International Conference on Smart Technologies, Proceedings, pp. 647 - 652, DOI: 10.1109/EUROCON56442.2023.10199038
4. Alessandrini A., Berzi L., Cignini F., Favilli T., Niccolai A., Ortenzi F., Pugi L., Prototyping and Preliminary Testing of a Revamped Electric Bus with a Fast Recharge System, (2023) Lecture Notes in Electrical Engineering, 1036 LNEE, pp. 326 - 332, DOI: 10.1007/978-3-031-30333-3_44
5. Alessandrini A., Berzi L., Favilli T., Staffa D., Genovese A., Pugi L., Cignini F., Ortenzi F., Design, Simulation and Testing of a Fast Recharge System for Public Transportation System, (2022) MELECON 2022 - IEEE Mediterranean Electrotechnical Conference, Proceedings, pp. 318 - 323, DOI: 10.1109/MELECON53508.2022.9843089

10 Bibliografia

[1] (PIARC), World Road Association, «ELECTRIC ROAD SYSTEMS: A SOLUTION FOR THE FUTURE?,» 2018.

[2] ELinGo project - Electric Infrastructur for goods Transport, «EVALUATION O F CONSTRUCTABI L IT Y O F DYNAMI C CHARGING S YSTEMS FOR VEHICLES IN NORWAY,» 2018.

[3] Fraunhofer ISI - IML, Studio di fattibilità per la determinazione del potenziale del Camion con catenaria ibrida, 2017.

[4] E. Silvia Orchi et All., «UPGRADING DEL SISTEMA DI SUPPORTO ALLE DECISIONI RELATIVO ALL'ELETTRIFICAZIONE DI SINGOLE LINEE DI TRASPORTO PUBBLICO LOCALE,» 2017.

[5] T. H. D. P. A. W. E. G. K. A. D. P. S. &. H. J. E. Konstantinou, Feasibility Study and Design of In-Road Electric Vehicle Charging Technologies, Joint Transportation Research Program No. FHWA/IN/JTRP-2021/25, 2021.

[6] M. A. &. all, «Dynamic Charging Solutions in Sweden,» in *2017 IEEE Transportation Electrification Conference and Expo, Asia-Pacific (ITEC Asia-Pacific)*, 2017.

[7] Ortenzi Fernando, *Sperimentazione di sistemi di ricarica al capolinea basati su volani con minibus equipaggiato con sistemi di accumulo ad alta potenza specifica,* Report RdS/PTR2021/2.31

11 Eventi di disseminazione

Lista degli eventi di disseminazione eventualmente scaturiti dall'attività svolta