



Settembre 2012 – Maggio 2018

**Rapporto di estensione
(Versione Italiana)**



CONTTACI : Sébastien Clément (sebastien.a.clement@alstomgroup.com)

WEBSITE : <https://www.alstom.com/re-use-life-project>



Sommario

CONTENUTO	3
1. INTRODUZIONE.....	4
LA SFIDA AMBIENTALE AFFRONTATA DAL PROGETTO.....	4
IL PROGETTO RE-USE : OBIETTIVI E RISULTATI ATTESI	5
PARTNER DI PROGETTO	7
2. TECNOLOGIA HESOP	8
3. PRINCIPALI RISULTATI DEL PROGETTO.....	9
4. BENEFICI A LUNGO TERMINE DEL PROGETTO E PROSSIME FASI	12
BENEFICI AMBIENTALI	12
PASSI SUCCESSIVE	12



Contenuto

Il progetto RE-USE, cofinanziato dal programma LIFE+ dell'UE, è stato lanciato nel febbraio 2013 da Alstom Transport S.A. (Francia), Azienda Trasporti Milanesi Spa (Italia), Alstom Belgium Transport S.A. (Belgio), Alstom Ferroviaria SpA (Italia). Gli obiettivi generali del progetto erano i seguenti:

- dimostrare, in condizioni di servizi commerciali, l'efficienza della tecnologia Hesop 1500V per recuperare efficacemente l'energia di frenatura e ridurre il consumo energetico **di almeno il 15%**;
- diffondere efficacemente i risultati del progetto per un'ampia diffusione della tecnologia e adattare la normativa alle nuove tecnologie;
- ridurre il più possibile l'impatto ambientale del progetto, in particolare seguendo le regole dell'Eco-design.

Dopo aver effettuato studi preliminari che consentono di convalidare gli obiettivi del progetto, i partner hanno iniziato lo sviluppo e la produzione dei prototipi Hesop 1500V. I prototipi sono stati validati dopo intense prove di tipo fino a 12MW.

Al fine di misurare l'impatto ambientale dei prototipi è stata eseguita anche una LCA completa.

Successivamente i prototipi sono stati spediti a Milano e realizzati presso la sottostazione Rogoredo (Metro Line 3). Dopo l'esito positivo della messa in servizio e delle sessioni di test notturni, è stata eseguita una fase di prova in condizioni di servizio commerciale da ottobre 2017 a luglio 2018. Durante questa fase, il risparmio energetico grazie al prototipo Hesop è stato costantemente monitorato. **Dopo 10 mesi di test, il risparmio energetico effettivo raggiunto ha raggiunto il 22% dell'energia consumata, ben oltre gli obiettivi iniziali.**

I prototipi continueranno a funzionare fino alla fine del 2018 prima di essere smantellati.

Sulla base di questi risultati molto promettenti, Alstom continuerà ovviamente a promuovere la tecnologia Hesop presso gli operatori ferroviari.

Il primo capitolo di questo rapporto presenta le sfide ambientali affrontate dal progetto RE-USE, i suoi obiettivi principali e la descrizione dei partner del progetto. Il secondo capitolo riassume i risultati e le realizzazioni del progetto. Il capitolo finale è dedicato ai benefici ambientali del progetto e alle fasi successive.



1. Introduzione

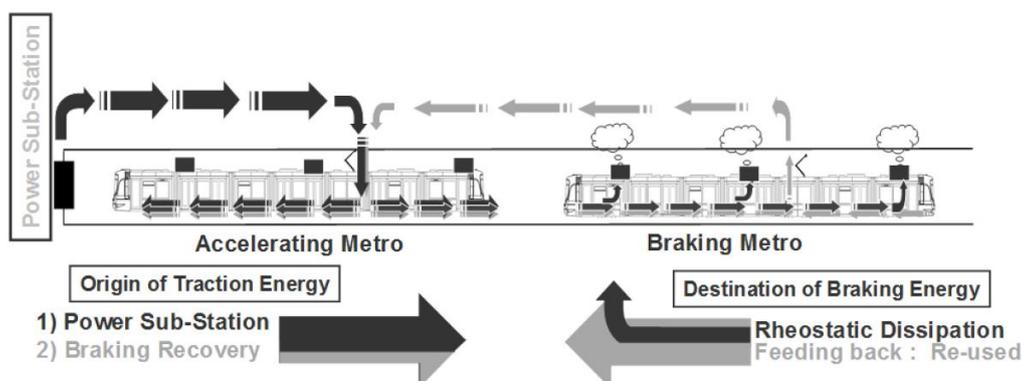
La sfida ambientale affrontata dal progetto

Nel settore dei trasporti, il settore ferroviario è il più rispettoso dell'ambiente. Tuttavia, sono possibili miglioramenti che possono avere un impatto enorme sulla politica ambientale europea. I principali obiettivi della politica ferroviaria europea entro il 2020 sono numerosi:

- Per far sì che le ferrovie raggiungano una quota di mercato pari al 10% del traffico passeggeri nell'UE senza impatti negativi sull'ambiente. (Sulla base delle statistiche Eurostat/UIC) ;
- Una triplicazione della produttività (strategia UIC) ;
- Eliminazione degli incidenti mortali evitabili nel proposto sistema ferroviario europeo interoperabile;
- un miglioramento del 50% dell'efficienza energetica nell'arco dell'intero ciclo di vita dei veicoli o dei prodotti;
- Riduzione del 50% della produzione di sostanze inquinanti nell'intero ciclo di vita dei prodotti e dei servizi dell'industria ferroviaria;
- Un aumento della capacità della rete per far fronte alle previsioni di traffico sopra indicate.

Inoltre, il settore ferroviario europeo sostiene con forza il parere del Parlamento europeo del 6 luglio 2010 sulla decarbonizzazione dei trasporti con tutti i mezzi disponibili, compresa l'internalizzazione dei costi esterni per tutti i modi di trasporto e il raddoppio del trasporto ferroviario di passeggeri entro il 2020.

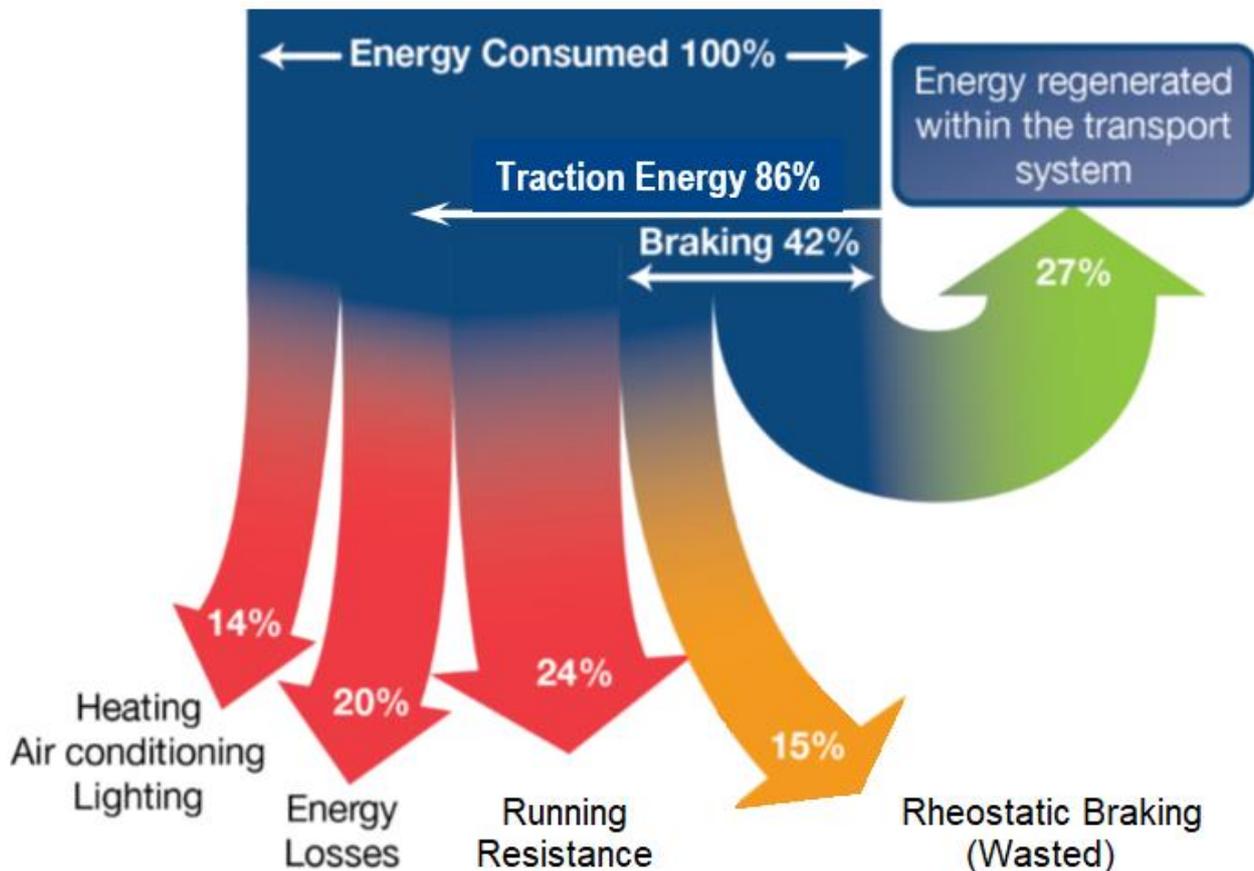
Frenare il recupero energetico è da tempo considerato uno dei modi più promettenti per aumentare l'efficienza energetica dei sistemi ferroviari urbani e ridurre così le emissioni di CO₂ di questo modo di trasporto. Oggi le moderne unità di trazione sono dotate di serie di un sistema di frenatura rigenerativa dinamica. Così, quando un treno frena, parte dell'energia recuperata viene riutilizzata da un altro treno acceleratore, come illustrato di seguito. La parte dell'energia di frenatura non riutilizzata da altri tram di accelerazione viene dissipata in resistenze.



La potenza frenante netta dipende dalla rete e dalle sue caratteristiche: consumo per chilometro, corsie (in minuti) e distanza tra le fermate. In base ai dati di diverse reti dense, l'energia di frenatura rappresenta circa il 42% dell'energia fornita al sistema, ma viene recuperata tra il 40% e il 60%. Così, a causa delle loro caratteristiche di funzionamento (breve distanza tra le stazioni, alta velocità e accelerazione e decelerazione), una rete metropolitana e suburbana ha un'elevata



potenza frenante netta e, poiché solo una frazione viene recuperata, ha un alto potenziale in termini di riduzione di CO₂ se la parte "bruciata" dell'energia frenante può essere recuperata. Il consorzio ha deciso di dimostrare la riduzione dell'impatto ambientale che il trasporto pubblico ferroviario può ottenere attraverso l'innovativa tecnologia HESOP utilizzata nel progetto.



Il progetto RE-USE : Obiettivi e risultati attesi

Il progetto RE-USE mira a dimostrare e convalidare, in termini di efficienza energetica e riduzione delle emissioni di CO₂, una nuova tecnologia innovativa chiamata sottostazione DC reversibile. Con questa nuova tecnologia, la parte dell'energia di frenatura solitamente bruciata nelle resistenze non sarà sprecata ma restituita alla rete, il che porterà ad una drastica riduzione delle emissioni di CO₂. La validazione e quantificazione della riduzione dell'impatto ambientale sarà effettuata attraverso una dimostrazione su scala reale su una linea metropolitana di Milano durante il funzionamento commerciale.

A tal fine, il progetto RE-USE si è basato sui seguenti tre obiettivi principali:

1. Il primo obiettivo è ridurre ulteriormente l'impatto ambientale (impronta di CO₂ delle operazioni) del settore ferroviario, in particolare del trasporto pubblico nelle aree urbane. Il progetto quantificherà il guadagno energetico e quindi la riduzione di CO₂ consentiti dal nuovo concetto di sottostazione a corrente continua reversibile adatto a tutti i sistemi di alimentazione a corrente continua (600V-1500V e 3000V) basati sulla rigenerazione completa dell'energia di frenata dei treni.



Il progetto RE-USE mira a dimostrare a un livello pilota reale che la tecnologia reversibile delle sottostazioni in corrente continua può aiutare il settore dei trasporti a ridurre il consumo energetico e quindi le emissioni di CO₂. Gli obiettivi quantitativi sono fissati al 15%, che dovrebbe rappresentare 3.500 tonnellate di CO₂ evitate all'anno, solo per la linea metropolitana di Milano prescelta.

2. Il secondo obiettivo è quello di diffondere i risultati per un'ampia diffusione della tecnologia. Uno degli obiettivi del progetto RE-USE, attraverso una precisa quantificazione della riduzione dell'impatto ambientale del trasporto ferroviario, è stato quello di dimostrare che i sistemi urbani guidati dotati di sottostazioni a corrente continua reversibile, che consentono di fornire alla rete parte dell'energia di frenatura dei treni metropolitani normalmente bruciati in resistenze, possono essere universalmente applicati a tutti i sistemi ferroviari a corrente continua.

3. L'obiettivo finale sarà quello di ridurre al minimo l'impatto ambientale del progetto. La tecnologia ha seguito le regole di progettazione ECO stabilite da ALSTOM per essere in perfetta sintonia con le soluzioni che promuovono lo sviluppo sostenibile nel settore ferroviario. La progettazione e la fabbricazione della sottostazione a corrente continua reversibile avranno un impatto minimo sull'ambiente, in quanto il processo seguito terrà conto di tutti gli aspetti della progettazione ecocompatibile, del riciclaggio e dell'uso di sostanze chimiche. Il progetto della soluzione soddisferà i criteri ambientali e di sostenibilità che devono essere soddisfatti per ottenere il marchio ambientale ISO 14021/14025.



Partner di progetto

ALSTOM Transport SA

Saint-Ouen (FR)

Coordinating Beneficiary



ALSTOM Ferroviaria SpA

Milano (IT)

Associated Beneficiary



ALSTOM Belgium

Transport SA

Charleroi (BE)

Associated Beneficiary



Azienda Trasporti

Milanesi SpA

Milano (IT)

Associated Beneficiary

Beneficiario	Competenza principale	Ruolin el progetto
Alstom Transport S.A. (Coordinator) (FR)	Sistemi ferroviari e piu in particolare elle sottostazioni di alimentazione elettrica	<ul style="list-style-type: none"> • Coordinatore del progetto • Partecipazione a tutte le fasi principali del progetto, dalle prime simulazioni di potenza della tecnologia HESOP all monotoraggio del prototipo sulla linea 3 della metropolitana di Milano • Attivita dei diffusione
Alstom Ferroviaria S.p.A. (IT)	Sistemi di controllo e comando dei treni	<ul style="list-style-type: none"> • Sostegno ad Alstom FR nelle sue attivita e nelle sue relzaioni con la gestione del traffico aereo • Acquisto di attrezzature di potenza per l'interfaccia del prototipo con la sottostazione esistente • Responsabile dell'installazione in loco del prototipo • Supervisione della prova prototipo in loco • Attivita di diffusione
Azienda Trasporti Milanesi S.p.A (IT)	Operatore ferroviario	<ul style="list-style-type: none"> • Fornitura dell'infrastruttura necessaria per l'installazione del prototipo all'interno della sottostazione esistente • Supervisione dell'installazione sul sito • Partecipazione a prove sul campo • Attivita di diffusione
Alstom Transport Belgium (BE)	Sviluppo di convertitori et test di prototipi	<ul style="list-style-type: none"> • Progettazione e sviluppo di convertitori • Montaggio del prototipi • Test protoripi



2. Tecnologia HESOP

Che cos'è la tecnologia HESOP?

Hesop è una sottostazione reversibile avanzata con un unico convertitore, sia raddrizzatore che inverter. I principali vantaggi di questa tecnologia sono che:

- Cattura oltre il 99% dell'energia recuperabile in modalità frenante;
- Fornisce una regolazione dinamica della tensione per ottimizzare l'utilizzo dell'energia in modalità trazione.



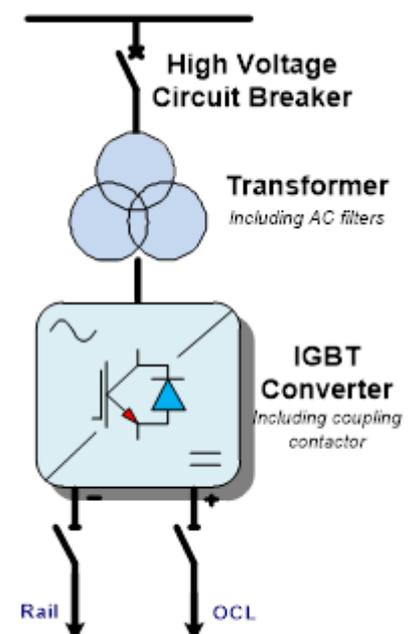
Questa tecnologia comporta quindi molti vantaggi per l'ambiente:

- Riduzione del consumo energetico: riduzione delle emissioni di CO₂ ;
- Minore dissipazione di calore nel tunnel;
- Migliore qualità dell'aria nel tunnel.

Che cos'è l'architettura HESOP ?

La soluzione Hesop 1500 VDC include le seguenti apparecchiature:

- 1 trasformatore di trazione per adattare la tensione d'ingresso,
- 1 Filtro AC per attenuare le armoniche e controllare il fattore di potenza,
- 1 convertitore comprensivo di raddrizzatore a ponte / inverter controllato da IGBT,
- 1 Induttanza DC.

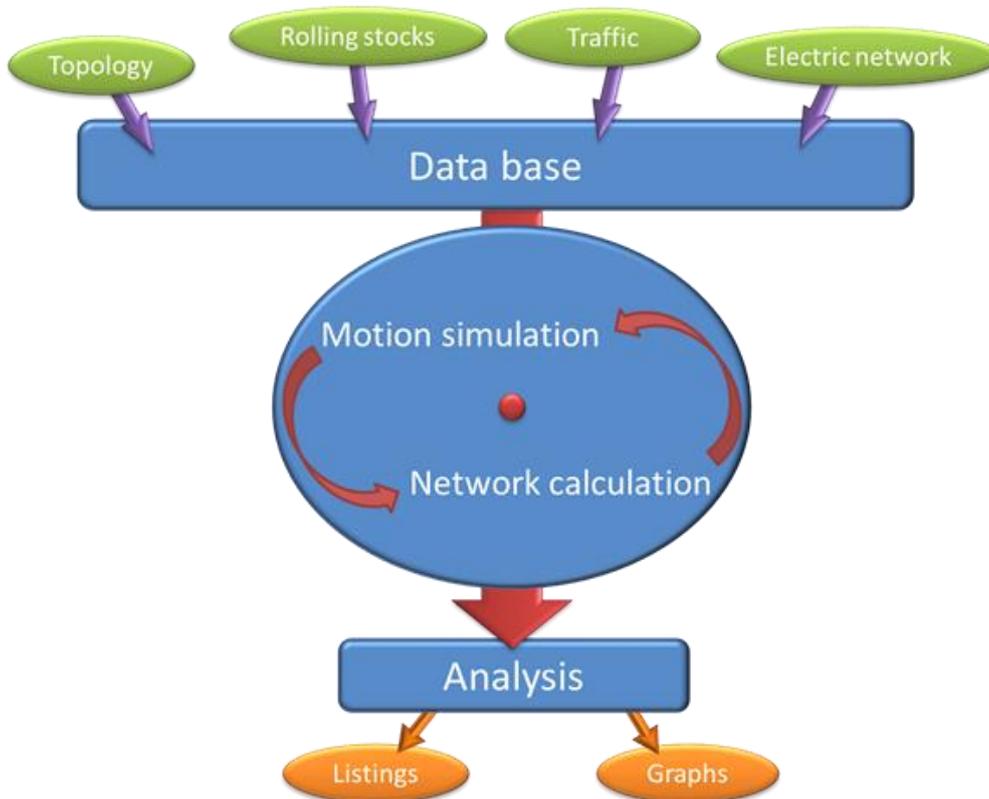




3. Principali risultati del progetto

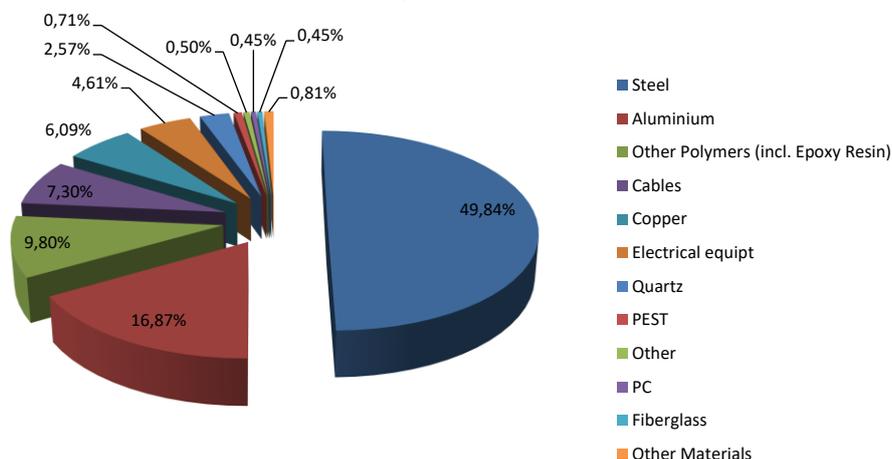
In primo luogo, sono stati effettuati studi preliminari con gli obiettivi di:

- Simulare la linea metropolitana per definire una linea di base e stimare i potenziali risparmi ottenibili;



- Definire i requisiti della sottostazione reversibile Hesop 1500V in termini di funzionalità, capacità operativa, vincoli ambientali e di standardizzazione, produzione e validazione di fabbrica;

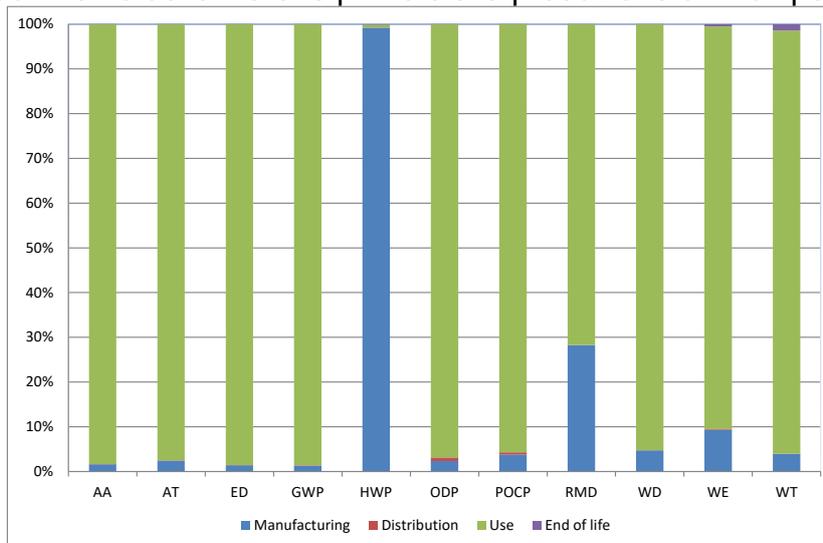
In questa fase sono state studiate le regole di Eco-design e tutti i componenti (vedi sotto) sono conformi alle attuali normative sulle sostanze pericolose.





Inoltre, è stata effettuata una LCA completa di Hesop studiando non solo la produzione ma anche il canale distributivo (cioè la spedizione dei materiali a Charleroi e la spedizione del prototipo al sito dimostrativo di Milano, l'utilizzo dei prototipi durante il suo intero ciclo di vita (35 anni) e la sua fine vita.

Come evidenziato nella figura seguente, l'impatto ambientale principale per 9 indicatori su 11 è generato dalla fase di utilizzo a causa del consumo energetico della sottostazione di trazione. In secondo luogo, la fase di produzione (tutti i materiali della sottostazione) è il secondo fattore che contribuisce all'esaurimento delle materie prime e alla produzione di rifiuti pericolosi.



Nella fase successiva del progetto sono stati sviluppati i prototipi del convertitore e del trasformatore e tutte le apparecchiature ausiliarie necessarie. Prima dell'implementazione dei prototipi, come previsto presso la sottostazione Rogoredo di Metro Milano linea 3, sono stati effettuati test di accettazione in fabbrica (FAT) per entrambi i prototipi (vedi sotto convertitore HESOP):

- Presso il sito di Alstom Charleroi per test fino a 6 MW;
- Presso il sito GE di Belfort per test fino a 12 MW.





Una volta convalidati i FAT, i prototipi sono stati spediti a Milano per essere implementati nella sottostazione. Dopo diverse sessioni di test notturni di successo dei prototipi, una fase di prova in servizio commerciale del prototipo è stata avviata nell'ottobre 2017 fino a luglio 2018.

Durante la fase di prova del progetto, l'energia recuperata o "risparmiata" grazie alla tecnologia Hesop è stata attentamente monitorata sulla linea 3 della metropolitana di Milano. I risultati sono stati molto positivi: nel periodo registrato sono stati risparmiati oltre 479 MWh di energia, pari al 22,15% dell'energia di trazione consumata nella sottostazione ATM.

Ogni giorno, Hesop 1500V ha permesso di recuperare più di 2MWh nella sottostazione ATM.

Con un'intensità media di carbonio elettrico di 358 gCO₂eq/kWh in Italia, la sperimentazione Hesop ha portato ad una riduzione di 171 tonnellate di emissioni di CO₂ nel periodo di prova.

MONTH	ENERGY CONSUMPTION (kWh)	ENERGY RECOVERY (kWh)	RATE (%)	CO2 EMISSION REDUCTION (t)
October 17	372,274	69733	18,73%	25
November 17	292,224	60642	20,75%	22
December 17	161,418	45057	27,91%	16
January 18	88,912	31176	35,06%	11
February 18	416,899	71451	17,14%	26
March 18	323,406	74013	22,89%	26
April 18	140,393	53862	38,37%	19
May 18	83,826	17039	20,33%	6
June 18	86,201	12183	14,13%	4
July 18	196,273	43703	22,27%	16
TOTAL	2,161,826	478,859	22,15%	171

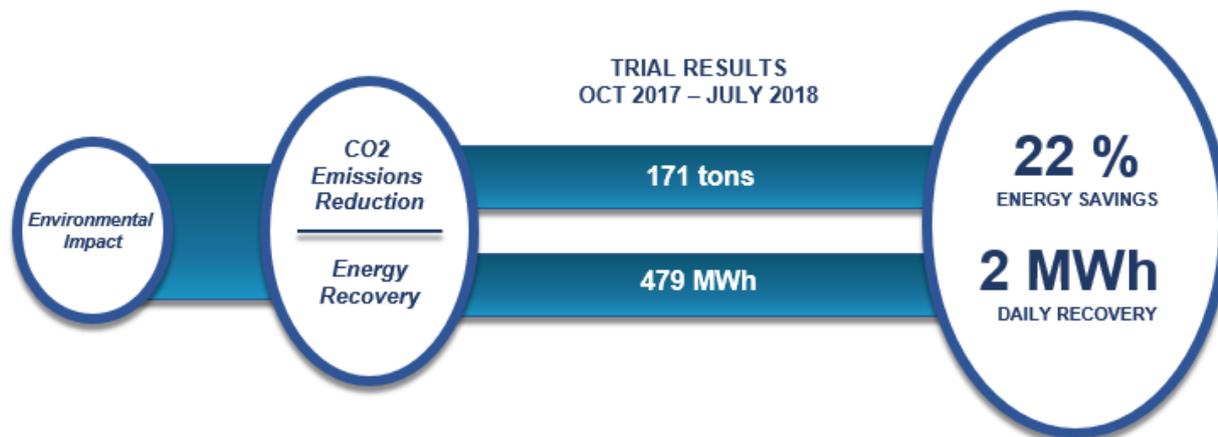
I risultati della prova hanno superato gli obiettivi di risparmio energetico del 15% e di riduzione delle emissioni di CO₂ fissati all'inizio del progetto. Questo è molto incoraggiante in quanto dimostra i benefici della tecnologia Hesop per migliorare l'efficienza energetica delle reti ferroviarie a corrente continua e ridurre le emissioni di CO₂.



4. Benefici a lungo termine del progetto e prossime fasi

Benefici ambientali

I benefici ambientali ottenuti durante la fase di prova del progetto sono evidenziati nel grafico sottostante e hanno superato di gran lunga gli obiettivi originari del progetto, con oltre il 22% di risparmio energetico nelle stazioni di Rogoredo e oltre 2MWh di recupero giornaliero.



Oltre ai benefici ambientali di cui sopra, è opportuno notare che i vantaggi tecnici della tecnologia HESOP consentiranno anche di ridurre il numero di sottostazioni da realizzare per un sistema ferroviario, rendendo la tecnologia pienamente redditizia dal punto di vista economico.

Passi successive

La sottostazione avanzata reversibile Hesop è ora disponibile per reti di trazione DC da 600V a 1500V e da 900kW a 4MW (urbano ed extraurbano).

Prima dell'esperimento Hesop 1500V sulla linea 3 della metropolitana di Milano, la tecnologia Hesop è stata implementata sulla linea Victoria della metropolitana di Londra. Questo Hesop 600V 1MW è entrato in servizio nel marzo 2015 ed è operativo come inverter. Questa unità permette di recuperare più di 800 kWh al giorno, che è l'equivalente di energia per alimentare 2 centrali passeggeri di medie dimensioni.

Dall'inizio del progetto, Hesop è stato implementato da altre reti di trasporto in tutto il mondo, sia per le metropolitane che per i tram:

- In Australia, dove 13 Hesop (9 Hesop 750V 1,2MW e 4 Hesop 750V 2MW) sono in fase di test su Sydney Light Rail;
- A Panama dove 8 Hesop 1500V 4MW sono in fase di implementazione sulla linea 2 della metropolitana Panama City;
- In Arabia Saudita dove 70 Hesop 750V 1,2MW sono stati installati sulle linee 4, 5 e 6 della metropolitana di Riyadh;
- A Dubai dove sono in corso di realizzazione 15 Hesop 750V 2MW per il potenziamento e l'estensione delle linee metropolitane esistenti.