



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

Mobilità elettrica: accumuli e idrogeno

Roma, 16/12/2024

Francesco Vellucci / TERIN-DEC-MOST



1101 0110 1100
0101 0010 1101
0001 0110 1110
1101 0010 1101
1111 1010 0000

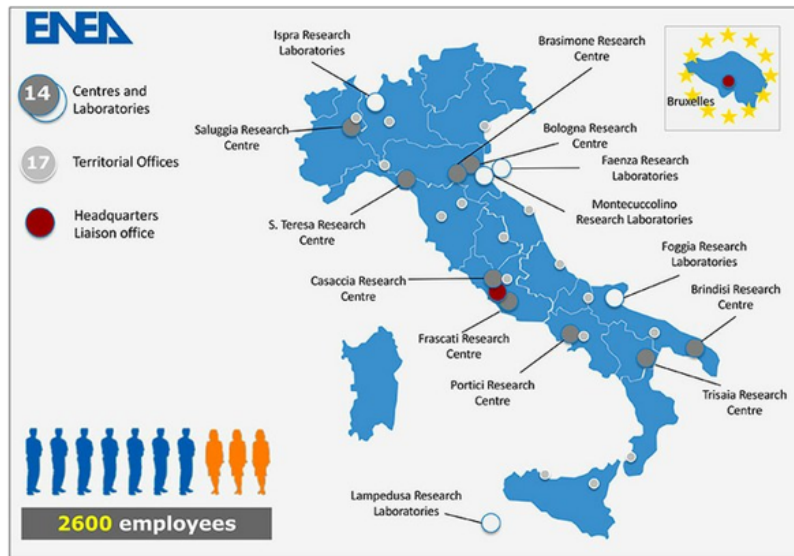


ENEA è l'Agenzia Nazionale per le Nuove Tecnologie, l'Energia e lo Sviluppo Economico Sostenibile,

ente pubblico orientato alla ricerca, innovazione tecnologica e la fornitura di servizi avanzati alle imprese, amministrazioni pubbliche e cittadini

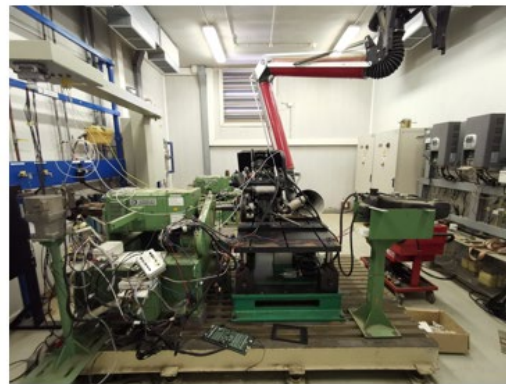
Dipartimenti:

- ❖ Tecnologie Energetiche e Fonti Rinnovabili (fonti rinnovabili, accumulo di energia, smart grids)
- ❖ Nucleare (fusione e sicurezza nucleare)
- ❖ Unità per l'Efficienza Energetica (ruolo di agenzia)
- ❖ Sostenibilità, circolarità e adattamento al cambiamento climatico dei Sistemi Produttivi e Territoriali (tecnologie per patrimonio culturale, protezione sismica, sicurezza alimentare, inquinamento, scienze della vita, materie prime strategiche, cambiamento climatico)



Laboratorio Mobilità Sostenibile e Trasporti

«Laboratorio Mobilità Sostenibile e Trasporti»



Definizione di mobilità sostenibile

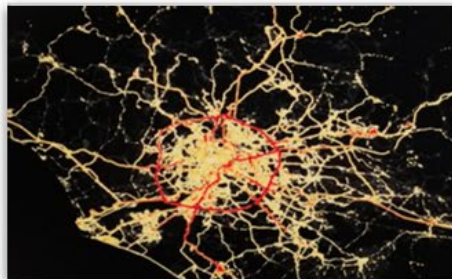


Esempio di mobilità non sostenibile

Elementi di non sostenibilità		Una mobilità sostenibile è ...
emissioni	Disagi economici, ambientali, sociali	decarbonizzata
congestionamenti		energeticamente efficiente
consumo di energia		condivisa (mezzi di trasporto collettivi pubblici/aziendali, car/bike sharing ...)
lunghe percorrenze		Integrata/multimodale
rumore (centri urbani)		ottimizzata (digitalizzazione, IoT, automazione, ... => smart)
...		...

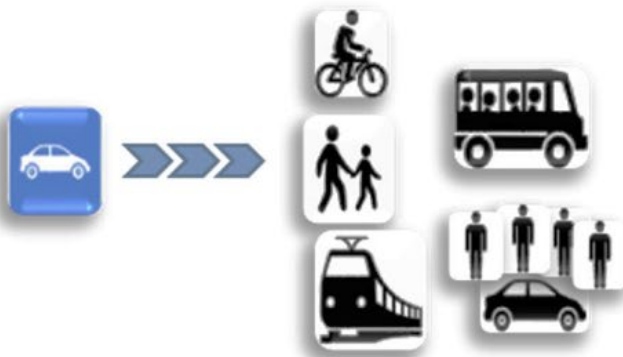
Approccio ASI

AVOID



Ridurre/evitare la
domanda di trasporto

SHIFT



Favorire modi di
trasporto più efficienti

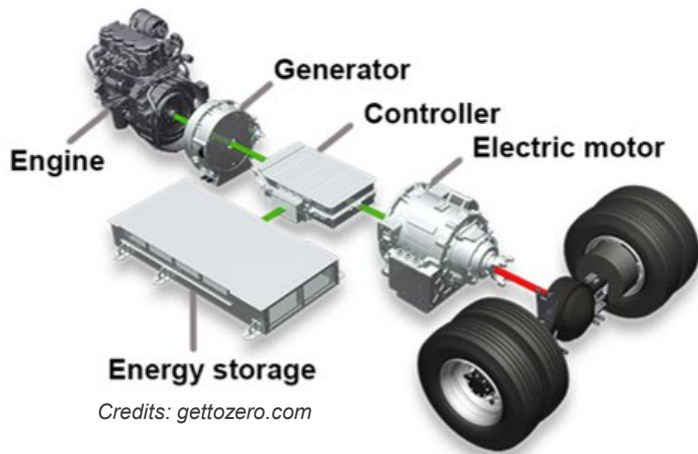
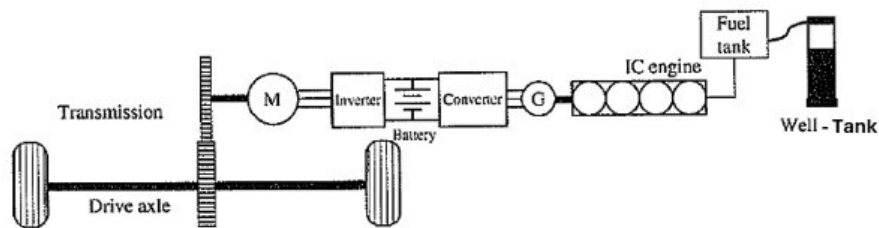
IMPROVE



Migliorare l'efficienza
dei veicoli

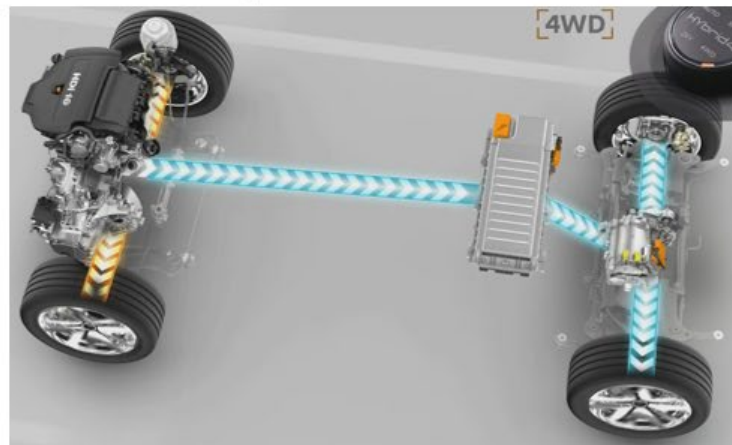
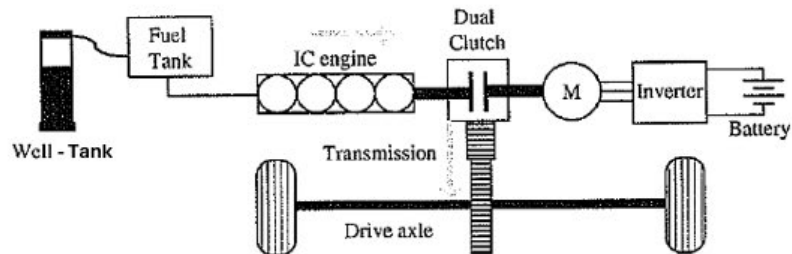
Tecnologie veicolari non convenzionali - 1

Ibrido serie



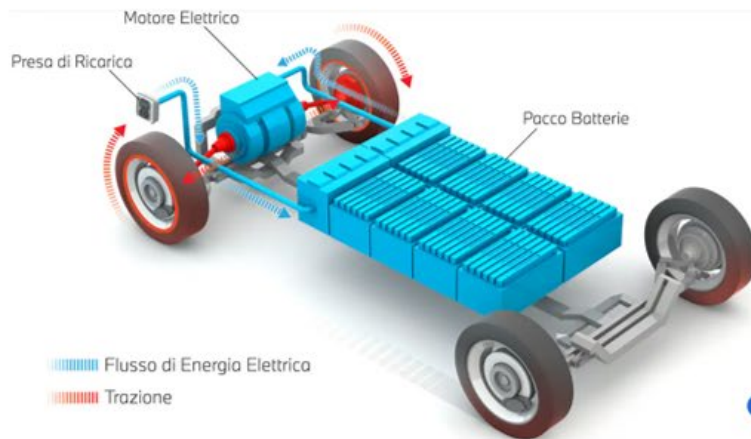
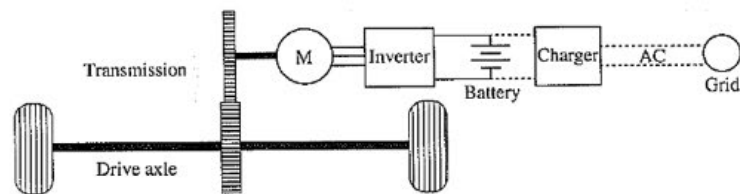
Credits: gettozero.com

Ibrido parallelo

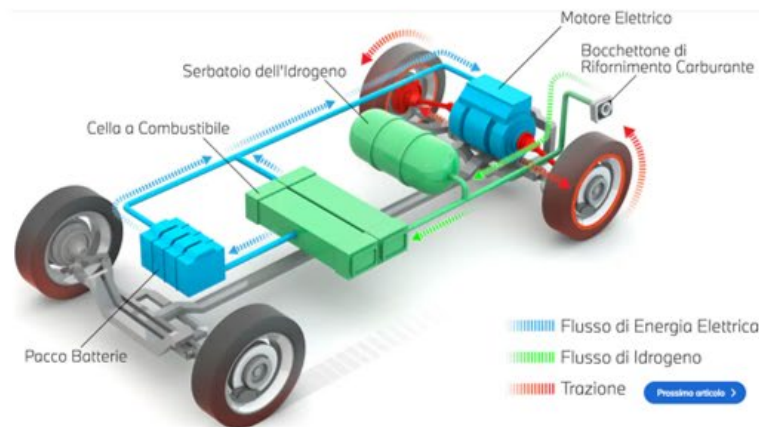
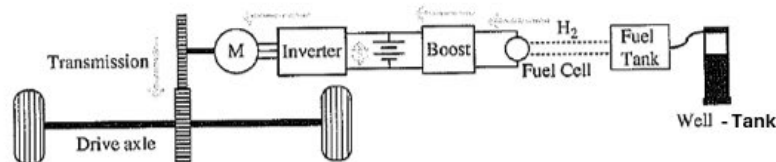


Tecnologie veicolari non convenzionali - 2

Elettrico



Cella a combustibile



[Ibride plug-in & Co.: tutto sulle auto elettriche | BMW.com](#)

(Principali) problematiche delle tecnologie veicolari non convenzionali

Elettrico

- Autonomia
- Disponibilità infrastruttura
- Tempo di ricarica
- Costo (batterie)
- Materie prime
- Accettazione da parte utente

Cella a combustibile

- Umidità membrana
- Purezza idrogeno 99,9999%
- Costo (materiali catalitici)
- Disponibilità infrastruttura
- Rifornimento
- Accettazione da parte utente

Parco veicolare circolante

Vehicle type	EVs	HEVs	PHEVs	FCVs	Total of this vehicle type (including ICEVs)
Electric bike	1,400,000 ANCMA	<u>n.a.</u>	n.a.	n.a.	50,000,000 ANCMA
Electric moped (<50 kmph)	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	1,200,000 ANCMA
Auto-rickshaw	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Motorcycle	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	7,302,597 ACI 01/01/2023
Motorcycle with sidecar	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Motorized tricycle	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Passenger vehicles	220,188 Motus-E	2,132,100 ENEA estimate	252,640 EAFO	58 EAFO	40,213,061 ACI 01/01/2023
Buses and Minibuses	1,196 EAFO	n.a.	n.a.	13 EAFO	100,014 ACI 01/01/2023
Light Commercial vehicles	19,553 EAFO	33,680 ENEA estimate	1,208 EAFO	n.a.	4,361,269 ACI 01/01/2023
Medium and Heavy Weight Trucks	136 EAFO	7 ENEA estimate	<u>n.a.</u>	<u>n.a.</u>	797,918 ACI 01/01/2023



220,188 BEV <-> 0,5%
(266,098 parziale 10/2024)

472,886 BEV+PHEV+FCV <-> 1,2%

*Dati al 31/12/2023
(salvo diversamente indicato)*

Vendite (31/12/2023)

Vehicle type	EVs	HEVs	PHEVs	FCVs	Total sales of this vehicle type (including ICEVs)
Electric bike	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Electric moped (<50 kmph)	7,149 ANCMA	n.a.	n.a.	n.a.	18,754 ANCMA
Auto-rickshaw	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Motorcycle	12,048 ANCMA	n.a.	n.a.	n.a.	337,702 ANCMA
Motorcycle with sidecar	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Motorized tricycle	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Passenger vehicles	66,265 ANFIA	575,480 UNRAE	69,008 ANFIA	2 UNRAE	1,565,331 ANFIA
Buses and Minibuses	410 ACEA	670 ACEA	n.a.	n.a.	4,322 ANFIA
Light Commercial vehicles	6,022 EAFO	16,272 ACEA	1,047 EAFO	n.a.	158,873 ANFIA
Medium and Heavy Weight Trucks	72 EAFO	249 ACEA	<u>n.a.</u>	<u>n.a.</u>	24,091 ANFIA



66,265 BEV <-> 4%

135,275 BEV+PHEV+FC <-> 8%

Autonomia e capacità batteria

Modello	Capacità batteria	Autonomia	Consumo
	kWh	km	Wh/km
Tesla Model S	95	652	145,7
Mercedes EQS	107,8	722	149,3
Ford Mustang Mach E	99	600	165,0
Tesla Model 3	75	530	141,5
VW ID.3 Tour	77	541	142,3
Skoda Enyaq 80	82	537	152,7
Audi Q4 e-tron 55	95	472	201,3
Nissan Ariya 87	87	500	174,0
Hyundai Kona	64	484	132,2
Hyundai Ioniq 5	72,6	480	151,3
Jaguar I-Pace	90	470	191,5
Porsche Taycan 4S	93,4	327	285,6
Nissan Leaf	60	385	155,8
Fiat 500e	42	320	131,3
Smart fortwo	17,6	159	110,7
Renault Zoe 52	52	315	165,1
Vwe- up	18,7	160	116,9

Dati 2018 Regione	Giorni utilizzo	km x Giorno	Km Annui	% Km Nottturni	Ore x giorno	Giorni guida	Velocità Km/h
01 Piemonte	281	41	11.631	4,55%	1,18	15	31,7
02 Val d'Aosta	268	42	11.277	3,75%	1,13	14	34,4
03 Liguria	252	38	9.584	4,10%	1,20	14	28,5
04 Lombardia	282	42	11.881	4,19%	1,19	15	32,0
05 Trentino A.A	276	46	12.691	3,17%	1,16	15	36,1
06 Veneto	288	45	12.944	3,63%	1,20	16	33,7
07 Friuli V.G.	279	44	12.131	3,14%	1,18	15	33,3
08 Emilia R.	284	44	12.379	4,05%	1,17	15	34,0
09 Toscana	288	41	11.870	4,12%	1,21	16	30,4
10 Marche	293	43	12.698	4,42%	1,21	16	32,2
11 Umbria	293	47	13.714	4,35%	1,23	17	33,7
12 Lazio	280	43	12.125	4,69%	1,28	17	29,6
13 Molise	285	47	13.406	3,83%	1,29	18	31,7
14 Abruzzo	292	43	12.496	4,17%	1,25	17	30,2
15 Campania	293	40	11.727	4,56%	1,34	19	25,4
16 Puglia	297	41	12.181	4,60%	1,32	19	26,9
17 Basilicata	282	45	12.812	4,11%	1,29	17	30,7
18 Calabria	295	41	12.117	3,66%	1,28	18	28,0
19 Sicilia	285	36	10.168	4,69%	1,26	17	24,8
20 Sardegna	296	40	11.946	3,47%	1,22	17	29,7
Media Italia	286	41	11.885	4,30%	1,25	17	29,5

Fonte: Osservatorio UnipolSai Assicurazioni

L'ostacolo dell'autonomia: un vero falso problema ...

286 g, 41 km/g, 1,25 h/g => 22,75 h/g veicolo fermo => disponibilità per servizi di accumulo stazionario domestico (V2H) e/o ausilio alla rete elettrica (V2G), modulazione in potenza e durata del servizio di ricarica (ricarica smart)

Classificazione dei sistemi di ricarica dei veicoli elettrici

Riferimento	Classificazione
Directive on Alternative Fuels Infrastructure (DAFI)	• <u>normal</u> power recharging point' means a recharging point that allows for a transfer of electricity to an electric vehicle with a power less than or equal to 22 kW, excluding devices with a power less than or equal to 3,7 kW, which are installed in private households or the primary purpose of which is not recharging electric vehicles, and which are not accessible to the public • <u>high power</u> recharging point means a recharging point that allows for a transfer of electricity to an electric vehicle with a power of more than 22 kW
Piano Nazionale Infrastrutturale per la Ricarica dei veicoli alimentati ad energia Elettrica (PNIRE)	• ricarica a bassa potenza (ricarica "<u>lenta</u>" da circa 3 kW fino a circa 7 kW in corrente alternata) • ricarica a media potenza (ricarica "<u>accelerata</u>": oltre 7 kW e sino a 22 kW) • ricarica <u>rapida</u> (43 kW CA – superiore a 22kW, 44-50 kW CC) • stazioni di ricarica <u>veloce</u> siti dotati di sistemi di ricarica "fast multistandard" di potenza maggiore di 40 kW • ricarica a corrente continua (CC) sono definiti due sotto-modi di funzionamento: <u>CC Livello 1</u> (fino a 500V e 80A, potenza 40 kW) e <u>CC Livello 2</u> (fino a 500 V e 200A, potenza 100 kW)
Agenzia Internazionale dell'Energia (IEA)	• <u>AC Level 1</u> Chargers: AC charging ≤ 3.7 kW • <u>AC Level 2</u> Chargers: AC charging > 3.7 kW and ≤ 22.2 kW • <u>AC Fast Chargers</u>: AC charging 43 kW • <u>DC Fast Chargers</u>: DC charging ≤ 50 kW • <u>Super chargers</u>: DC charging 120 kW • <u>Ultrafast-High power chargers</u>: DC charging > 150 kW and ≤ 350 kW
Stakeholder del settore della ricarica dei veicoli ad alimentazione elettrica	• <u>Slow</u>: potenza da 3,7kW a 7.4kW • <u>Quick</u>: potenza fino a 22kW • <u>Fast</u>: potenza fino a 50kW • <u>Ultra Fast</u>: potenza fino a 350kW

Carica lenta o veloce?



Il fatto che una ricarica sia lenta o veloce non dipende solamente dal valore di potenza

Esempio:

$22 \text{ kW} \times 1 \text{ h} = 22 \text{ kWh}$ (BEV piccola-media tag)

$22 \text{ kW} \times 10 \text{ h} = 220 \text{ kWh}$ (autobus elettrico)

Ulteriori classificazioni della ricarica

Classificazione della ricarica dei VE in base al tipo di connessione alla sorgente di alimentazione

- Uso di conduttori (cavi o altri conduttori come pantografi): carica **conduttiva**.
- Assenza di conduttori (trasferimento in aria di energia elettrica dalla sorgente – off vehicle - alle batterie su veicolo): carica **induttiva (wireless, contactless o plugless)**.
- I sistemi di carica di tipo conduttivo sono più maturi tecnologicamente e più diffusi commercialmente.

Classificazione della ricarica dei VE in base alla forma di erogazione dell'energia

- Corrente alternata/Corrente continua

Classificazione della ricarica dei VE in base a chi abbia accesso alla postazione di ricarica

- accesso privato*/pubblico/semipubblico (privato con accesso pubblico) a seconda di chi abbia accesso alla postazione di ricarica

** Luogo delimitato il cui accesso avviene tramite chiavi o altro dispositivo in possesso del solo relativo proprietario*

Ricarica non conduttiva - 1

➤ Casistiche:

- Stazionaria: senza moto relativo tra emettitore e ricevitore e con veicolo in sosta senza guidatore a bordo (es. un'auto parcheggiata o un bus al capolinea)
- statica: senza moto relativo tra emettitore e ricevitore ma con veicolo in sosta transitoria e con guidatore/passeggeri a bordo (es. un bus alla fermata o una vettura al semaforo)
- dinamica: con moto relativo tra emettitore (realizzato con una successione di bobine) e ricevitore, quindi con veicolo in movimento

➤ Meno diffusa della conduttiva:

- casistica stazionaria: esistono dei costruttori di auto e fornitori che la offrono come optional per la ricarica privata in garage,
- casistica dinamica: in fase di sperimentazione o dimostrazione

➤ Facilità di utilizzo

- Sicurezza elettrica intrinseca, non richiedono inserzione di spine o cavi di collegamento tra la sorgente di energia ed il veicolo



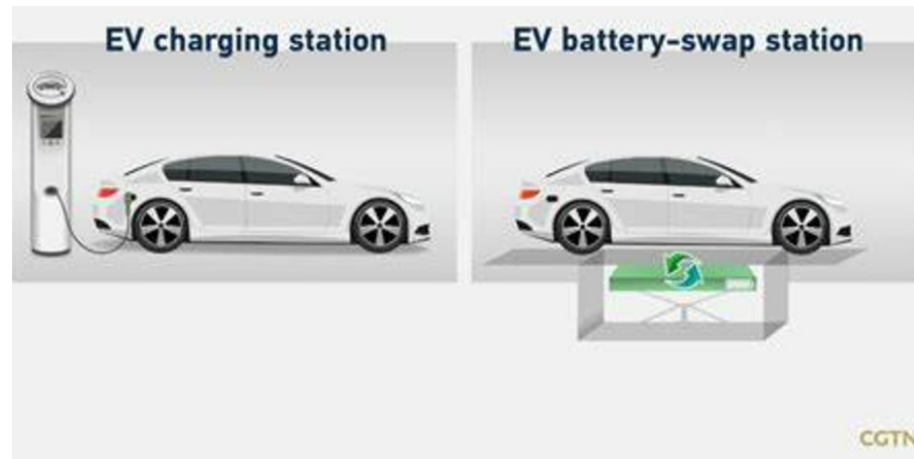
Ricarica non conduttiva - 2

- Autonomia teoricamente infinita con la ricarica wireless dinamica con un minimo sistema di accumulo
- Livelli di potenza massima ammissibile (allo stato attuale) qualche centinaio di kW
- Frequenze di lavoro comprese tra 15 e 100 kHz (valore usuale 85 kHz)
- Posizione bobina primaria:
 - annegata nel pavimento stradale (protetta)
 - a vista sul pavimento (riduce il gap tra le bobine e migliora l'accoppiamento, in alcuni dispositivi per uso privato domestico)
- Bobina secondaria nella parte inferiore del veicolo
- Sistemi che permettono di avvicinare la bobina emettitrice al veicolo o di abbassare la ricevitrice al suolo (solo carica stazionaria)
- Effetti del telaio del veicolo: induzione di correnti parassite, variazione dei parametri di accoppiamento della bobine. Evitare campi dispersi per la sicurezza delle persone a bordo o vicino al veicolo (uso di materiali come la ferrite o schermi in alluminio)



Battery swapping

- Consiste nella sostituzione della batteria
- Vantaggi (tempo, la batteria non è di proprietà dell'utente, vantaggio nel periodo iniziale di adozione dei VE, in cui c'è scetticismo sulla durata delle batterie)
- le batterie vengono conservate in apposite postazioni dove possono essere ricaricate tempi lunghi, senza sottoporle a stress da ricarica rapida e senza stress per la rete elettrica
- problematica (standardizzazione: necessaria ampia convergenza tra i vari costruttori per condividere o standardizzare un sistema che copra più veicoli)
- Quando funziona: flotte, es. TPL, alleanza tra costruttori

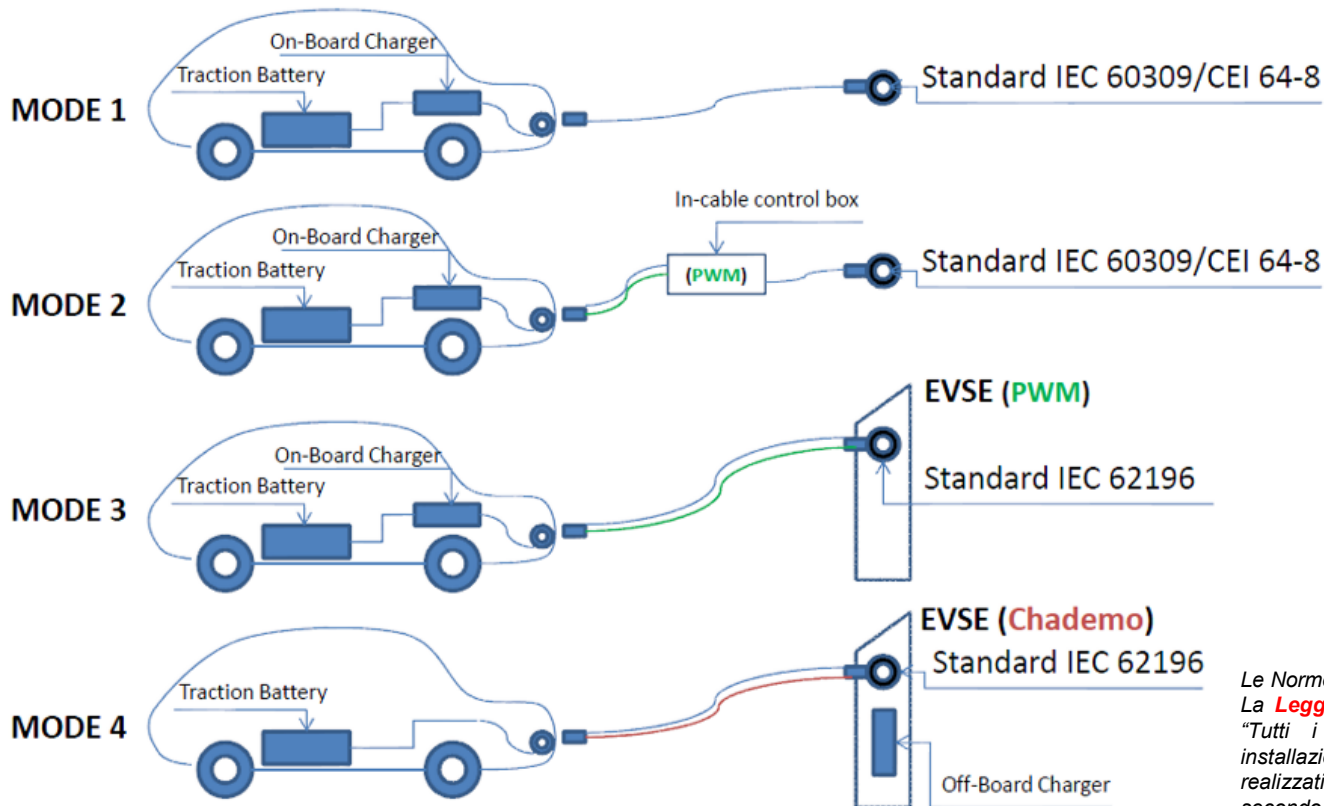


Censimento punti di ricarica

Type of Public EVSE		Number of Charging outlets	Number of locations
AC Level 1 Chargers	AC charging ≤ 3.7 kW	4,228 Motus-E	17,154 Motus-E
AC Level 2 Chargers	AC charging >3.7 kW ≤ 22 kW	35,909 Motus-E	
AC Fast Chargers	AC charging 43 kW	1161 Motus-E	
DC Fast Chargers	DC charging ≤ 50 kW	1,481 Motus-E	
Tesla Superchargers	DC charging > 120kW- 250kW	840 Tesla	
Ultrafast-High power chargers	DC charging > 50 kW and ≤ 350 kW	4,603 Motus-E	
Inductive Chargers	EM charging	n.a.	n.a.
48,222 Totale (60,339 totale parziale 10/2024)			

Punti di ricarica privati: numero di colonnine di ricarica installate con il Superbonus al 31/12/2023 è 354.377 (complessivamente dall'inizio di decorrenza del meccanismo) di cui il 96% installate in unità immobiliari unifamiliari (fonte ENEA)

Modi di ricarica conduttiva (CEI-EN 61851-1)



In Italia il Modo 1 e 2
non sono permessi
in ambiente pubblico

*Ambiente
strettamente privato*

In Italia il Modo 3 e 4
sono i soli permessi
in ambiente pubblico

Le Norme CEI **non sono legge**.
La **Legge italiana n. 186 del 1° marzo 1968** stabilisce che
"Tutti i materiali, le apparecchiature, i macchinari, le
installazioni e gli impianti elettrici ed elettronici devono essere
realizzati e costruiti a regola d'arte" e che gli stessi "realizzati
secondo le norme del Comitato Elettrotecnico Italiano si
considerano costruiti a regola d'arte".

Modalità di collegamento dei VE alla sorgente di alimentazione



Caso A
Cavo fissato al veicolo



Caso B
Cavo rimuovibile



Caso C
Cavo fissato alla stazione

Esempio di integrazione delle sorgenti

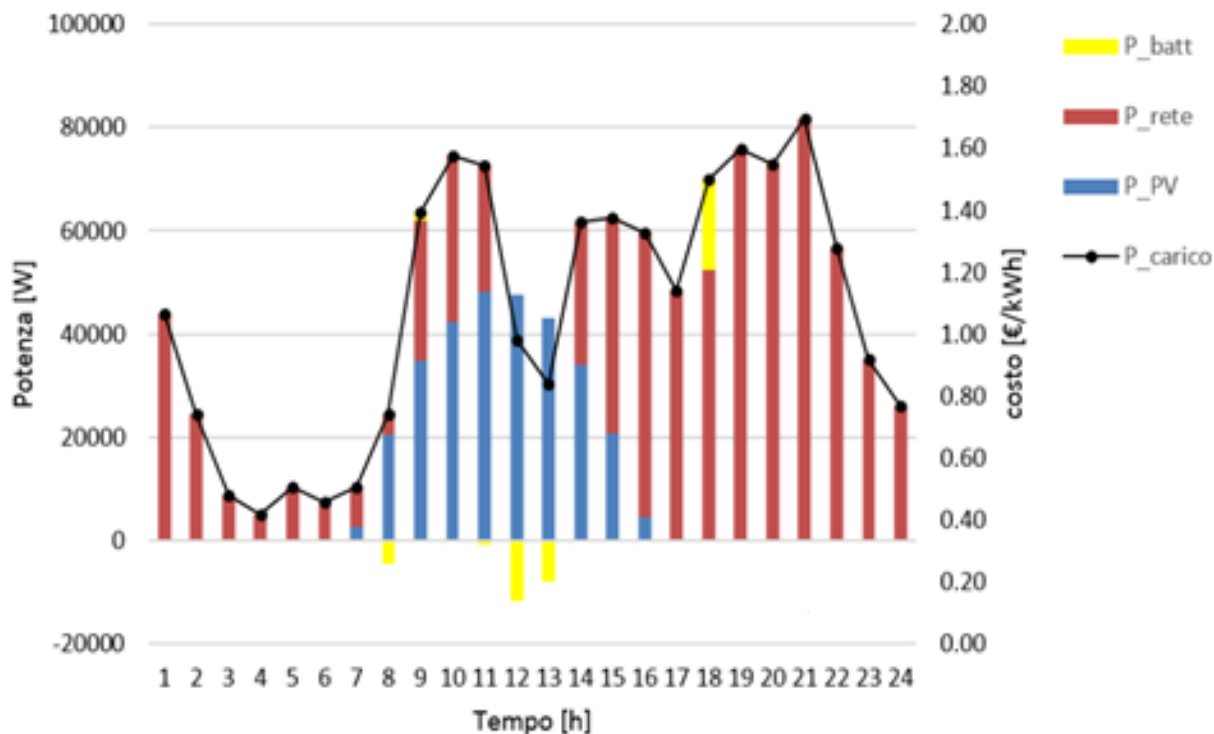
Accumulo 275 kWh
Pv 120 kWp

Stazione multistandard
110 kW

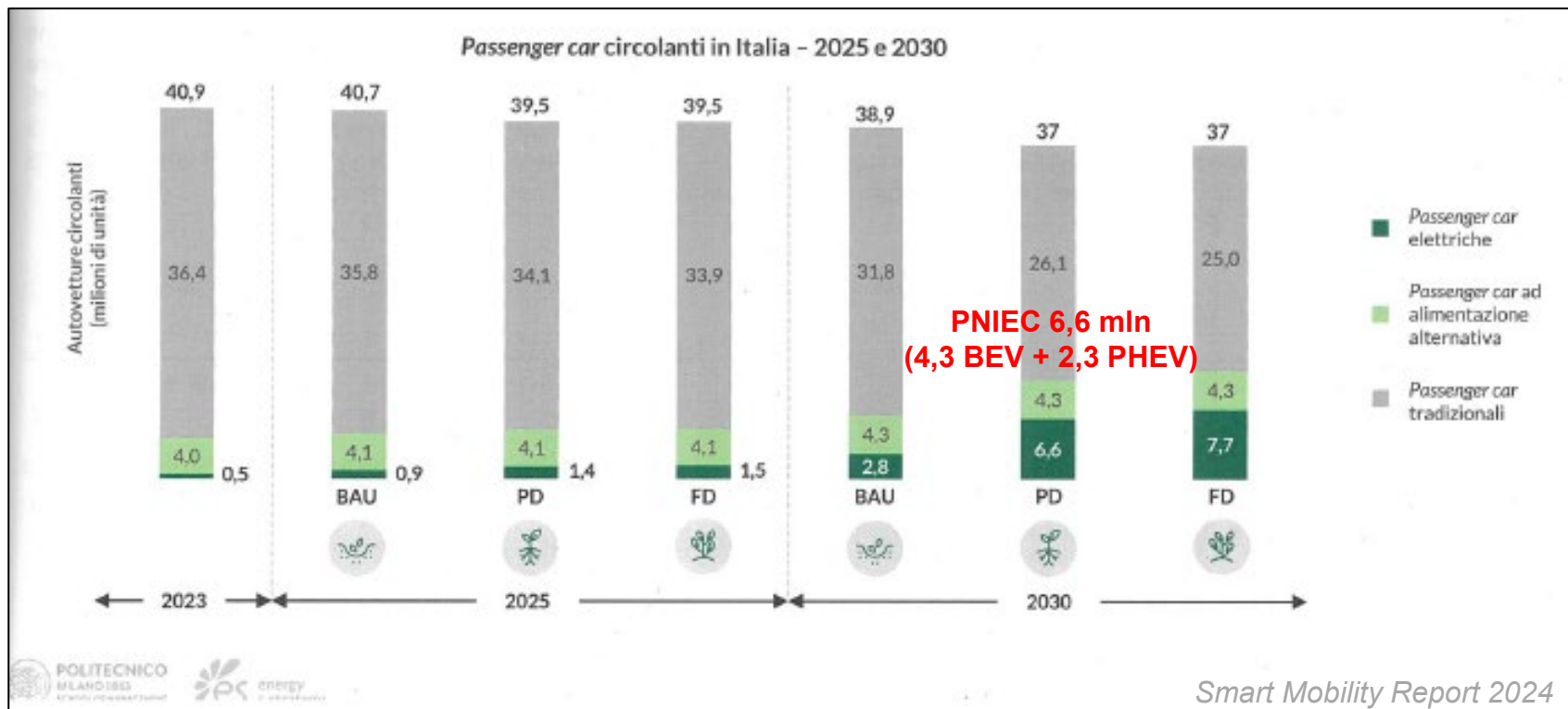
1 punto 50 kW DC

1 punto 22 kW AC

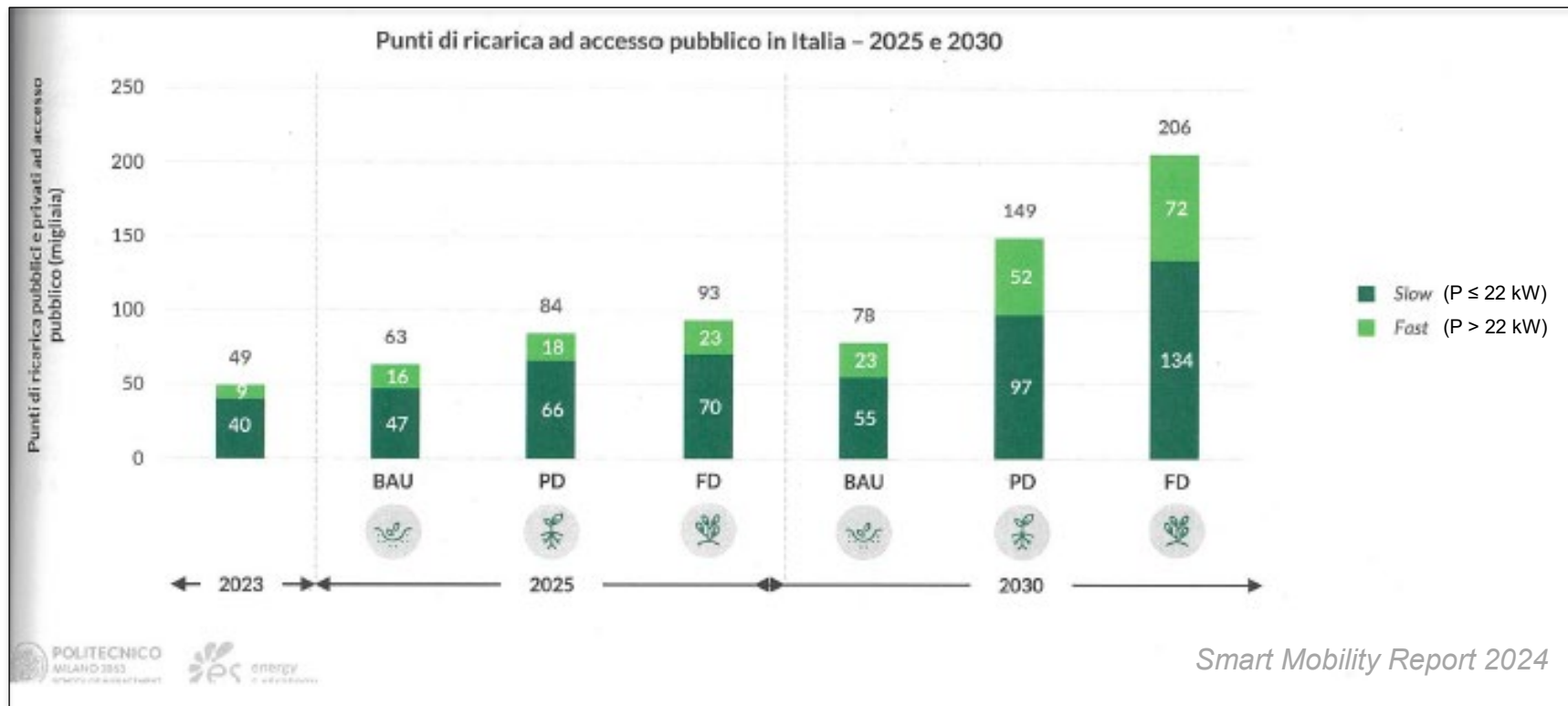
3 punti 3.7 kW AC



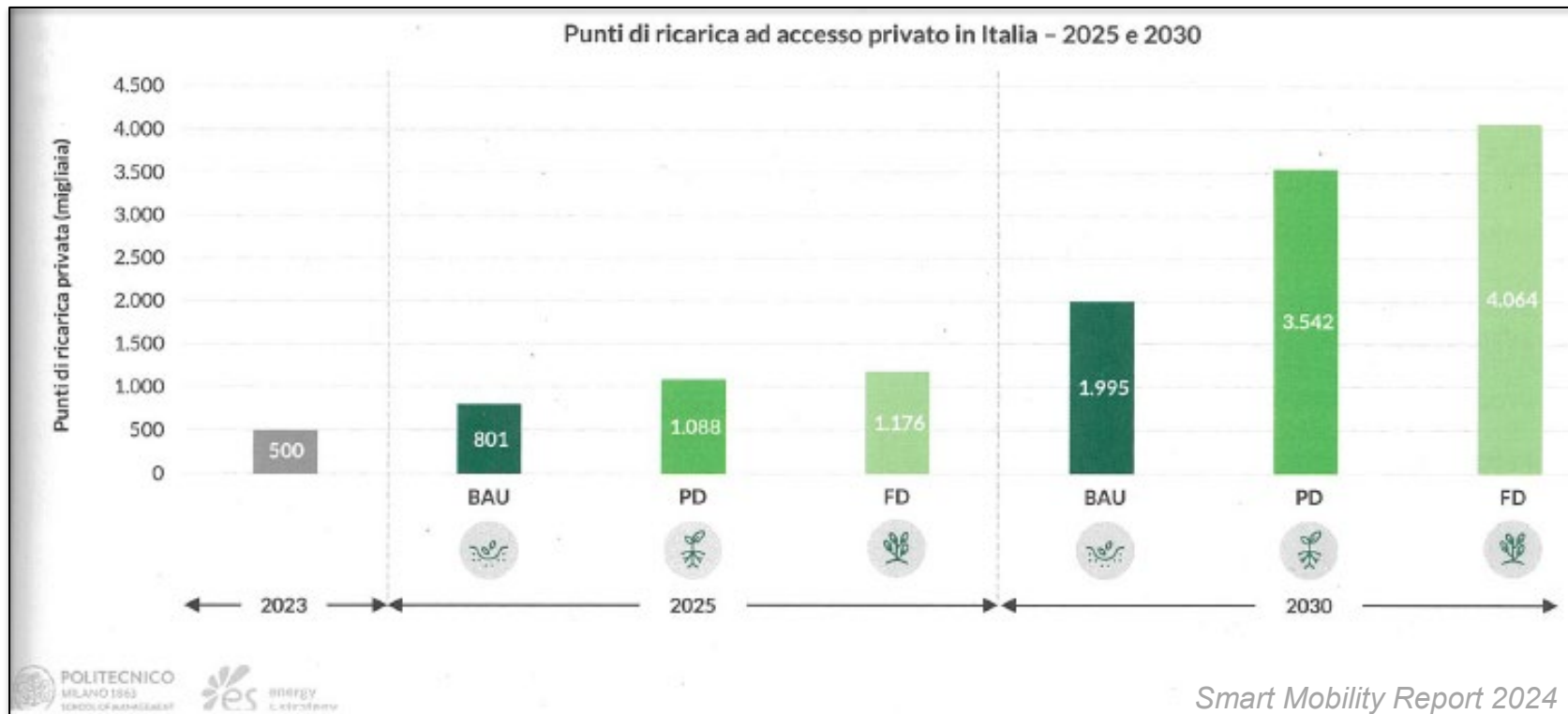
Scenari di penetrazione elettrica: veicoli



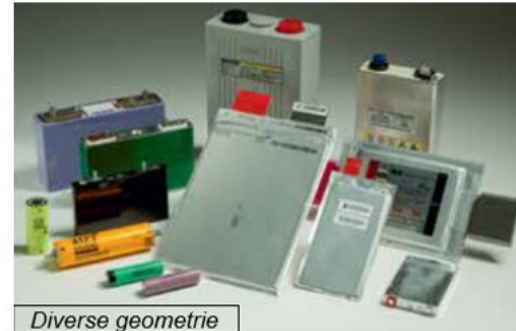
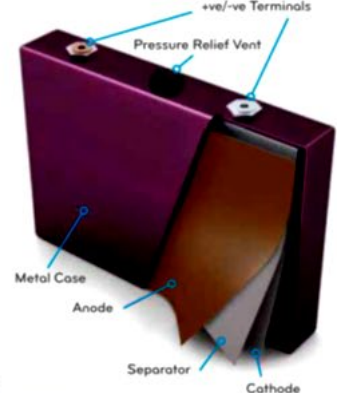
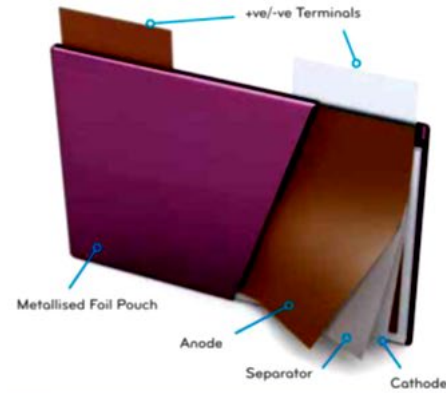
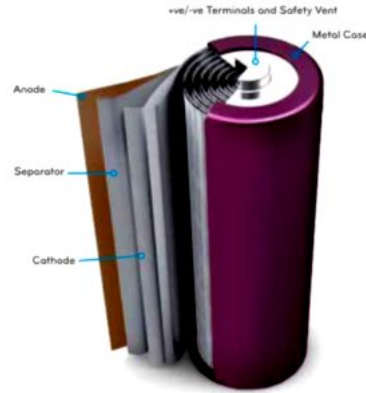
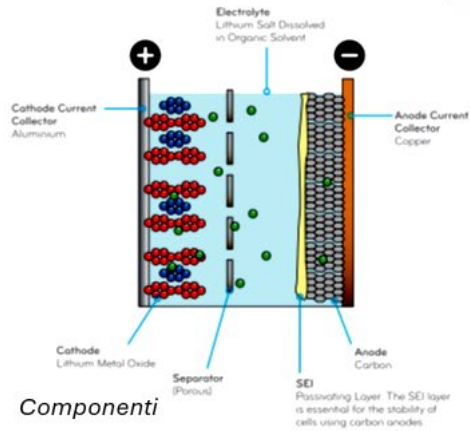
Scenari di penetrazione elettrica: punti di ricarica pubblici



Scenari di penetrazione elettrica: punti di ricarica privati

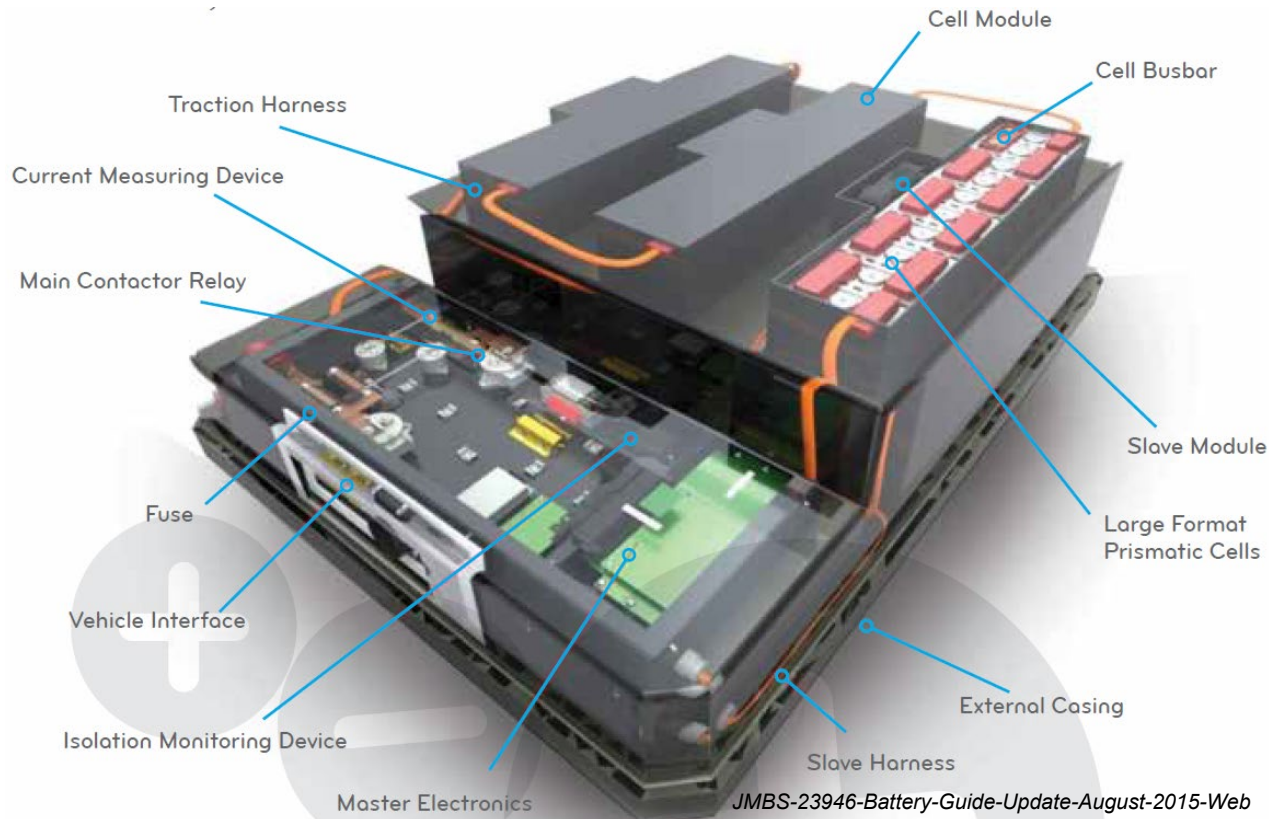


Batterie litio-ione: celle



JMBS-23946-Battery-Guide-Update-August-2015-Web

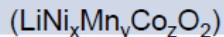
Batterie litio-ione: sistema completo



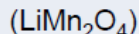
Batterie litio-ione: tipologie

Tecnologia catodica (polo positivo durante la scarica)

Lithium Nickel Manganese Cobalt Oxide
"NMC"



Lithium Manganese Oxide
"LMO"



Lithium Iron Posphate "LFP"
(LiFePO_4)

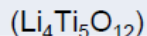
Lithium Cobalt Oxide
"LCO"
(LiCoO_2)

Lithium Nickel Cobalt Aluminum Oxide "NCA"
(LiNiCoAlO_2)

Tecnologia anodica (polo negativo durante la scarica)

Graphite

Lithium Titanate
"LTO"



Silicon/Carbon

Nomenclatura (quali materiali compaiono insieme al lito nel polo positivo)

NMC $\leftrightarrow$ Nickel, cobalto, manganese

LMO $\leftrightarrow$ Manganese

LFP $\leftrightarrow$ Fosfato di ferro

LCO $\leftrightarrow$ Cobalto

NCA $\leftrightarrow$ Nickel, cobalto, alluminio

Nomenclatura (quali materiali compaiono insieme al lito nel polo negativo)

LTO $\leftrightarrow$ Titanato di litio

*differenti chimiche
=
differenti prestazioni*

Requisiti di R&I per nuove batterie

- Aumento della capacità <-> autonomia
- Aumento del rate di carica/scarica <-> carica rapida/accelerazione
- Durata di vita
- Riduzione del costo
- Sostenibilità e riciclabilità
- Sicurezza

Road transport: Light duty BEV*Typical Battery Size : 20-100 kWh (today), 40-120 kWh (in the future)

KPI	Operating conditions	System/Pack/ Cell level	Unit	2020	2030
Cell/pack weight ratio		Pack	%	70	80
Cell/pack volume ratio		Pack	%	60	75
Operating lifetime expectation	Minimum guaranteed lifetime (equivalent 80% DOD)	Pack	km	~150,000 (~Vehicle lifetime)	
Gravimetric Power density **	180s, SoC 100%-10%, 25°C	Cell	W/kg	750	1,000
Gravimetric Energy density	C/3 charge and discharge, 25°C, charging with CC and CV step	Cell	Wh/kg	~250	~450
Volumetric energy density	C/3 charge and discharge, 25°C, charging with CC and CV step	Cell	Wh/L	~500	1,000
Volumetric power density**	180s, SoC 100%-10%, 25°C	Cell	W/L	1,500	2,200
Cycle life	80% DOD, 25°C	Cell	cycles	1,000	2,000
Hazard level		Cell	-	<=4	<=4

Batteries
Europe –
Strategic
Research
Agenda
for
Batteries
2020

x 1,33

x 1,80

x 2,00

x 1,46

x 2,00

Roadmap tecnologica batterie

Battery Generation	Electrodes active materials	Cell Chemistry / Type	Forecast market deployment
Gen 1	- Cathode: LFP, NCA - Anode: 100% carbon	Li-ion Cell	current
Gen 2a	- Cathode: NMC111 - Anode: 100% carbon	Li-ion Cell	current
Gen 2b	- Cathode: NMC523 to NMC 622 - Anode: 100% carbon	Li-ion Cell	current
Gen 3a	- Cathode: NMC622 to NMC 811 - Anode: carbon (graphite) + silicon content (5-10%)	Optimised Li-ion	2020
Gen 3b	- Cathode: HE-NMC, HVS (high-voltage spinel) - Anode: silicon/carbon	Optimised Li-ion	2025
Gen 4a	- Cathode NMC - Anode Si/C - Solid electrolyte	Solid state Li-ion	2025
Gen 4b	- Cathode NMC - Anode: lithium metal - Solid electrolyte	Solid state Li metal	>2025
Gen 4c	- Cathode: HE-NMC, HVS (high-voltage spinel) - Anode: lithium metal - Solid electrolyte	Advanced solid state	2030
Gen 5	- Li O₂ – lithium air / metal air - Conversion materials (primarily Li S) - new ion-based systems (Na, Mg or Al)	New cell gen: metal-air/ conversion chemistries / new ion-based insertion chemistries	>2030

Fonte: Batteries Europe – Strategic Research Agenda for Batteries 2020

In sintesi:

Batterie litio-ione avanzate

- Polo positivo
 - Batterie LFP
 - Batterie NMC riduzione cobalto
- Polo negativo
 - Silicio
 - Litio metallico
- Elettrolita
 - liquido -> solido

Nuove batterie

- Batterie metallo/aria
 - litio/aria
- Nuovi ioni
 - sodio, manganese, alluminio
- Batterie litio/zolfo

Ricerca a lungo termine sulle batterie

BATTERY 2030+: iniziativa europea per il coordinamento ed il supporto della ricerca su larga scala sulle batterie del futuro: ad altissime prestazioni, affidabili, sicure, sostenibili e convenienti

Il core group è composto da 23 organizzazioni provenienti da 12 Paesi, per l'Italia Politecnico Torino ed ENEA

TEMI DI RICERCA

Accelerated discovery of battery interfaces and materials

- Battery Interface Genome (BIG)
- Materials Acceleration Platform (MAP)

Integration of smart functionalities

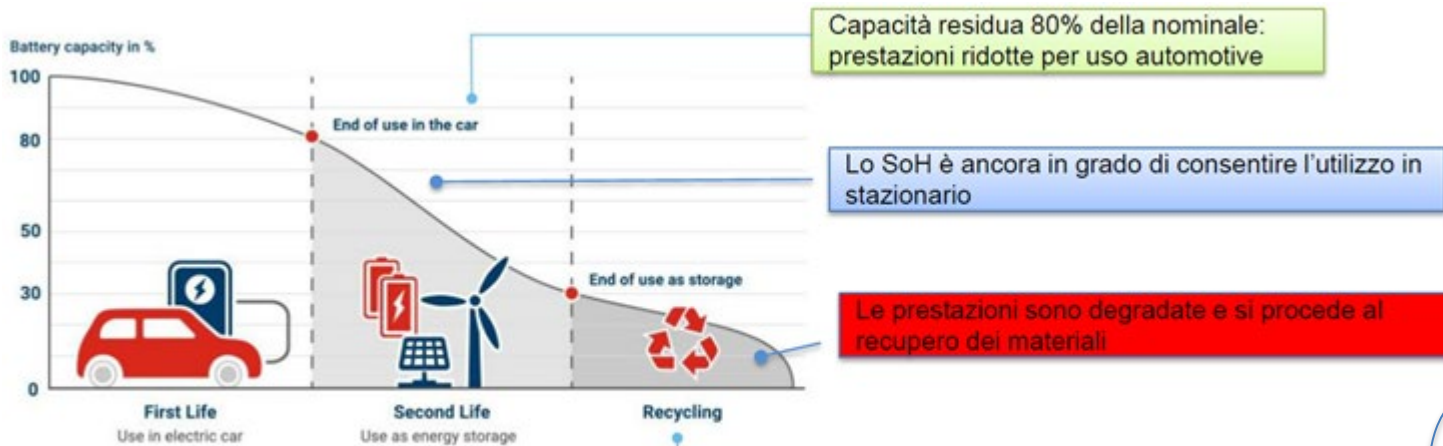
- Sensing
- Self-healing

Cross-cutting areas

- Manufacturability
- Recyclability



Uso, riuso, riciclo delle batterie



Il riuso ed il recupero dei materiali contribuiranno a ridurre la domanda di materie prime riducendo l'impatto sul territorio

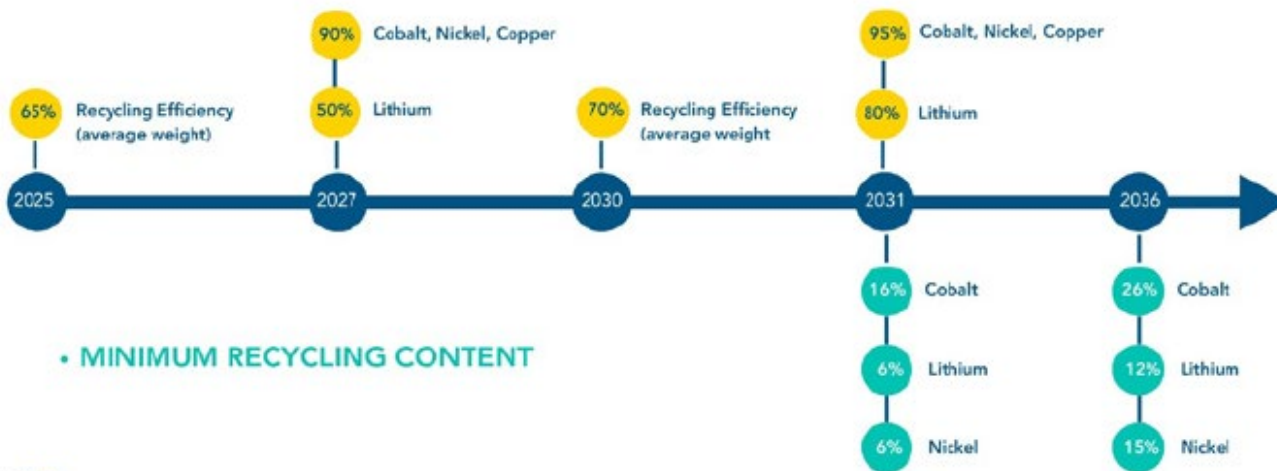
Dal nuovo regolamento europeo sulle batterie

*... facilitare la
preparazione per il
riutilizzo, per il cambio di
destinazione ovvero la
rifabbricazione della
batteria ...*

Il nuovo regolamento europeo sulle batterie

EU BATTERY REGULATION TARGETS

• RECOVERY TARGET



• MINIMUM RECYCLING CONTENT

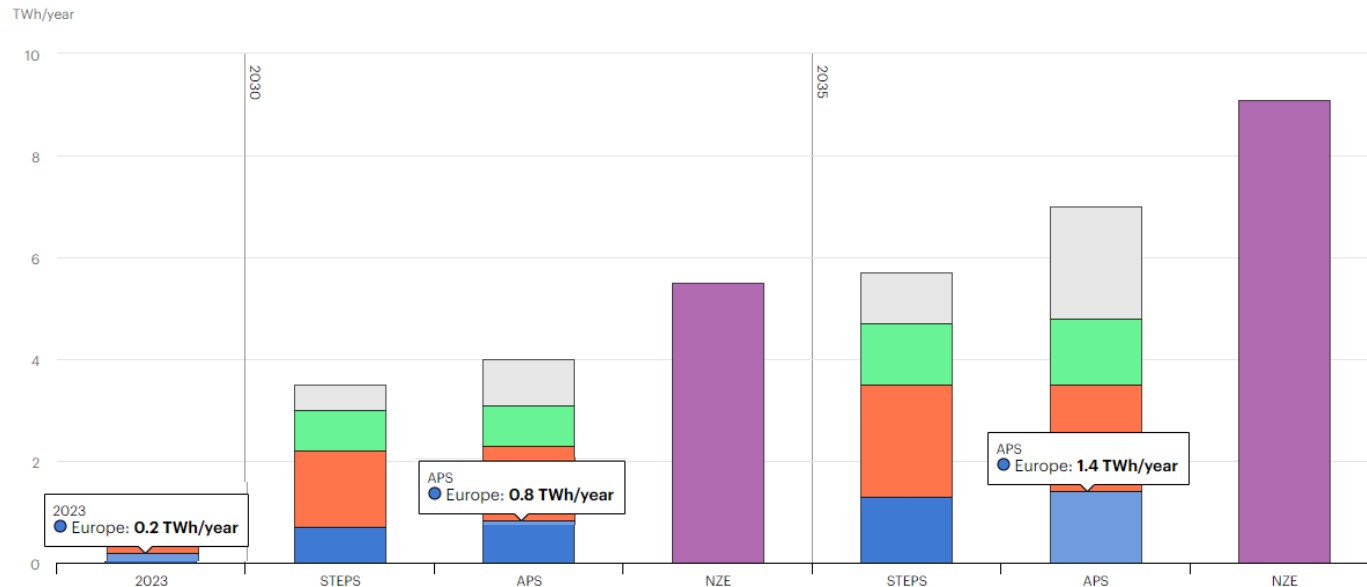


** percentuale di cobalto, litio o nichel presente nei materiali attivi delle batterie immesse nel mercato europeo che è stata recuperata dai rifiuti della fabbricazione delle batterie o dai rifiuti post-consumo*

Domanda di batterie

Electric vehicles battery demand by region, 2023-2035

Open ↗

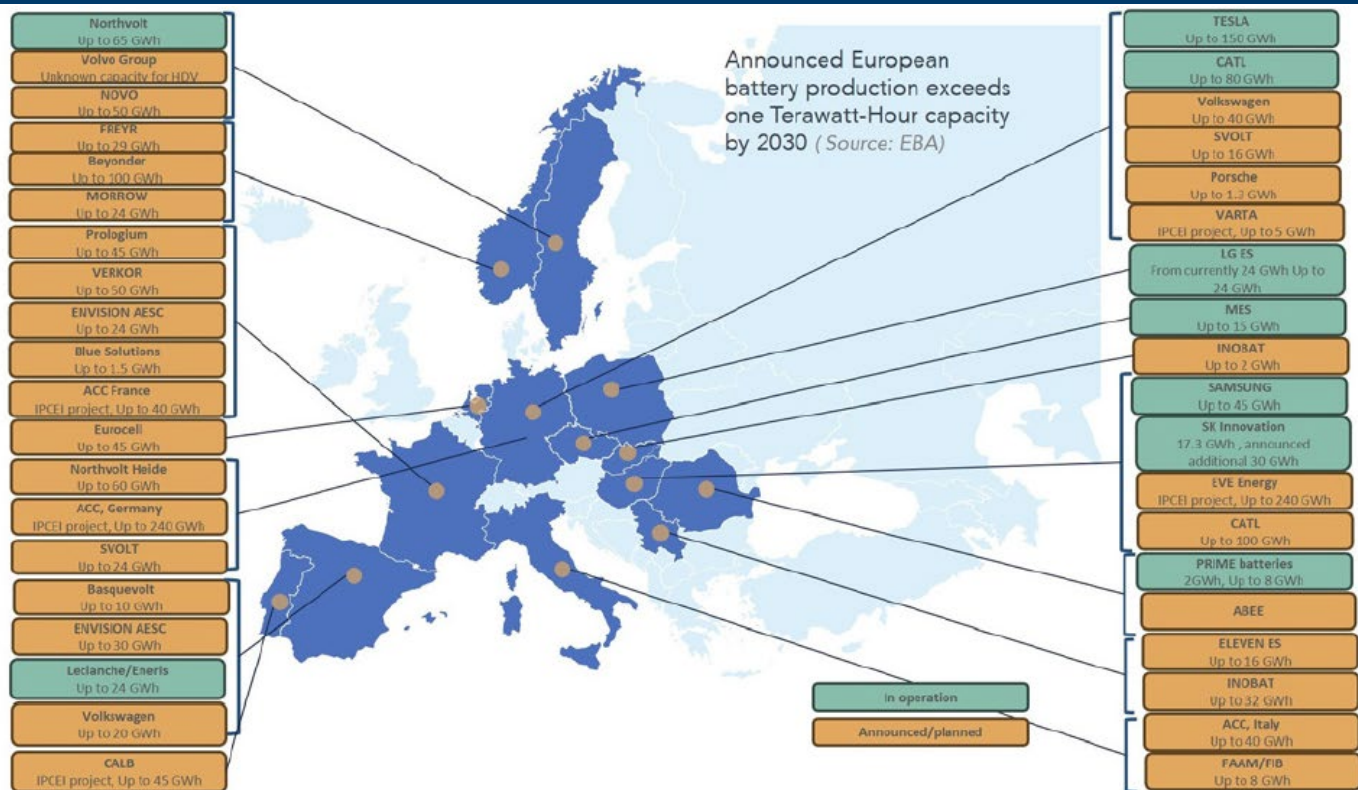


[Outlook for battery and energy demand – Global EV Outlook 2024 – Analysis - IEA](#)

IEA. Licence: CC BY 4.0

● Europe ● China ● United States ● Other ● Global

Giga fabbriche di batterie



<https://bepassociation.eu/our-work/sria/>

Principali progetti sull'accumulo elettrochimico

Rds

RICERCA DI SISTEMA

Partnership

ENEA, CNR, RSE

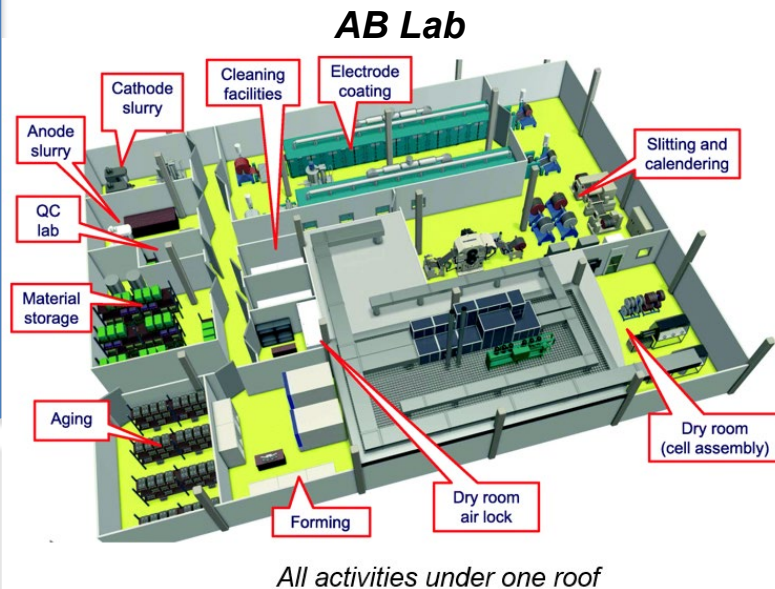


**Italian Energy Materials
Acceleration Platform -
IEMAP**

Partnership

1 coordinatore (ENEA)

3 partners (CNR, RSE, IIT)



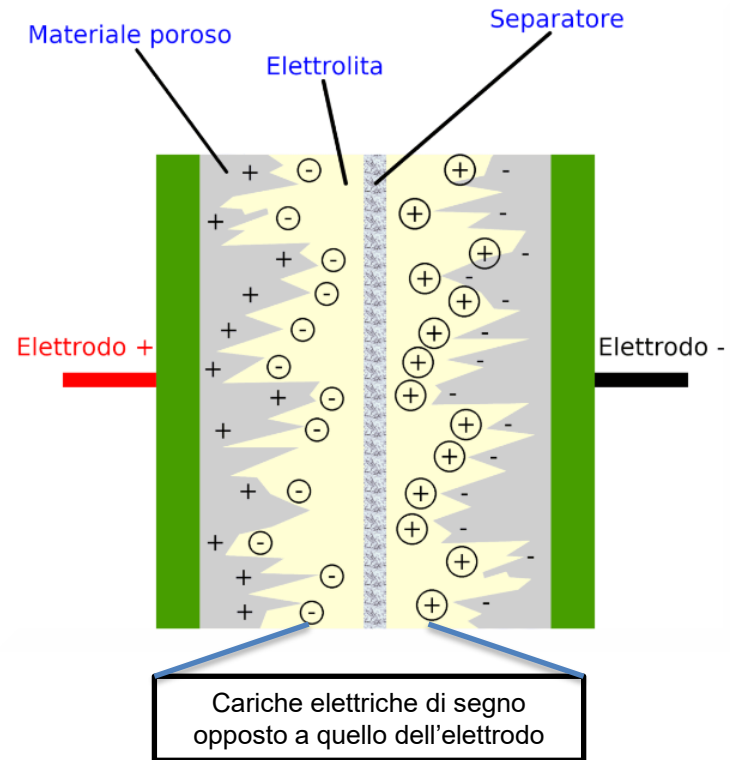
Progetto **IPCEI EuBatIn**
(12 Stati Membri, più di 40
partecipanti diretti)

ENEA è coinvolta in:

- ❖ sviluppo di materiali elettrodi ed elettroliti
- ❖ costruzione di un impianto pilota flessibile e multipurpose: Advanced Battery Lab, che si porrà tra la scala di laboratorio e quella industriale. Sarà possibile condurre l'intero processo di produzione delle batterie.
- ❖ sostenibilità e cicli vita, design per riciclo, riuso e 2^a vita, tecniche di riciclo

Supercodensatori - 1

- Definizione legata alla capacità di accumulo (milioni di volte più capaci rispetto ai condensatori)
- Principio di funzionamento
 - accumulo energia $\leftrightarrow$ cariche elettrostatiche, no reazione chimica
 - minima distanza e ampia superficie $\rightarrow$ capacità elevata



[Il Supercondensatore: teoria e pratica - Fare Elettronica](#)

Supercodensatori - 2

Pregi rispetto batterie

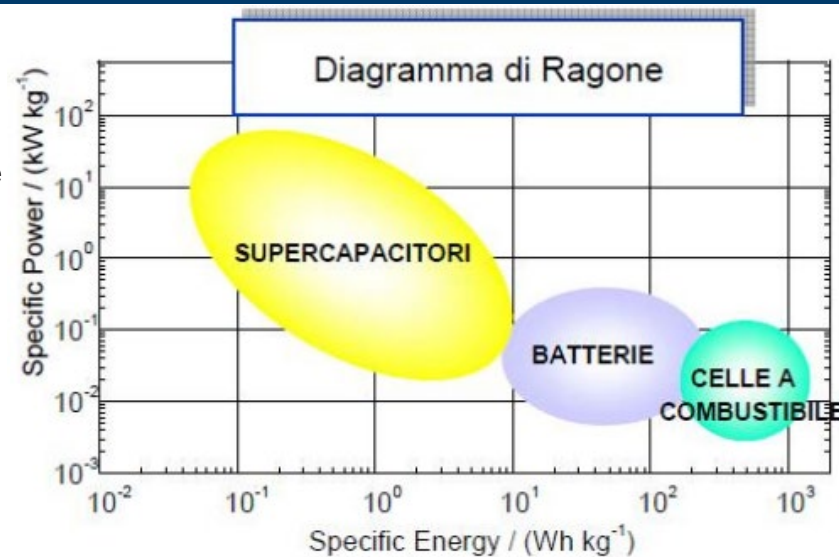
- tempi di carica/scarica molto rapidi (sec) $\leftrightarrow$ potenze elevate
- non reazione elettrochimiche $\rightarrow$ no usura $\rightarrow$ vita maggiore (centinaia di migliaia di cicli SC contro migliaia di cicli batterie)
- non richiesta alcun tipo di manutenzione
- campo di temperatura: SC $-40 +70$ °C; batterie $-20 +55$ °C
- maggiore sicurezza (no litio, cobalto, non reazioni chimiche)
- maggiore sostenibilità processo produttivo (no litio, non cobalto)

Difetti rispetto batterie

- capacità inferiori alle batterie

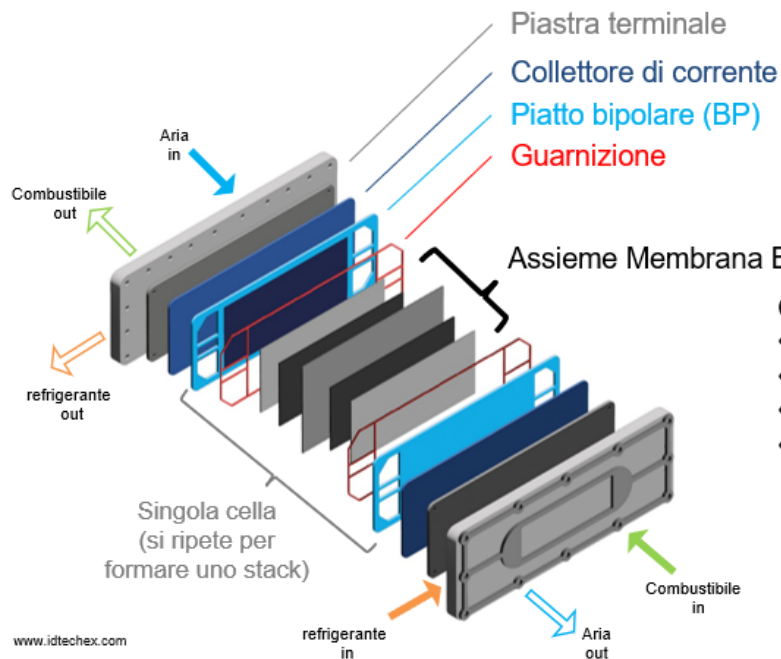
Impiego di SC nella mobilità

- Applicazioni di alta potenza e bassa energia (es. ricarica flash TPL, movimentazione materiali)
- Sistemi misti batterie (soprattutto al piombo) + SC (le batterie al litio hanno meno necessità di essere assistite in potenza, complessità del sistema batterie + SC + elettronica $\rightarrow$ ingombri e costi $\rightarrow$ soluzione non molto diffusa a livello commerciale/industriale)



Celle (pile) a combustibile

Componenti principali

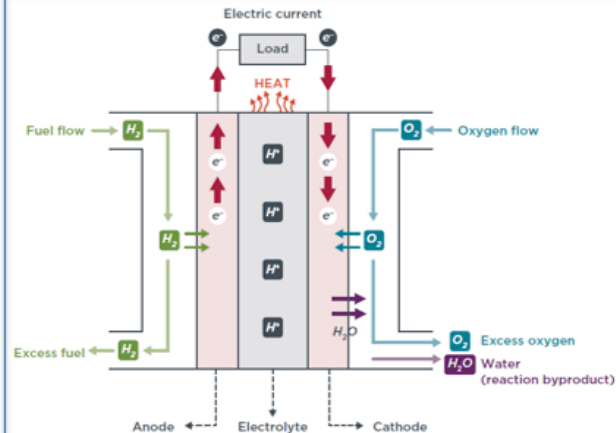


www.ballard.com

Composto da:

- Strato Diffusivo dei Gas (GDL)
- Strato Microporoso (MPL)
- Strato Catalitico (CL)
- Membrana elettrolitica

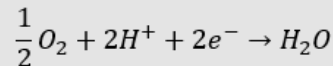
Funzionamento PEMFC



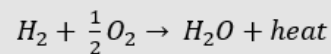
Ossidazione
(Anodo)



Riduzione
(Catodo)



Reazione
complessiva



<https://doi.org/10.3390/en16176129>

I colori dell'idrogeno



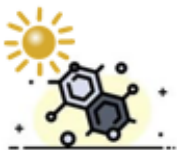
Conversione
Termochimiche

- Reforming
- Gassificazione
- Pirolisi
- Cicli Termochimici



Conversione
Elettrochimica

- Elettrolisi



Conversione
Fotocatalitica

- Elettrolisi



Conversione
Biologica

- Digestione

I colori dell'idrogeno



Accumulo dell'idrogeno

Tecniche di accumulo H_2

Compresso	Liquido	Idruri Metallici
350 bar 700 bar	-253°C	Pesanti ma compatti


Criocompresso
(soluzione a p e T
intermedie)

- 4 tipi di serbatoi: Tipo I, Tipo II, Tipo III e Tipo IV, in funzione del materiale costituente e pressioni del gas.
Serbatoio di tipo I economico ma peso elevato.
Serbatoio di tipo IV peso più basso ma costo doppio rispetto al tipo I.
- L'accumulo allo stato liquido dell'idrogeno impone l'utilizzo di serbatoi criogenici termicamente «super» isolati che fanno aumentare il peso e volume del sistema completo, vanificando in parte i benefici della liquefazione
- In alternativa, è possibile stoccare l'idrogeno utilizzando idruri metallici. Le molecole di idrogeno sono chimicamente legate alla struttura del composto metallico (principalmente leghe di magnesio) e rimangono stabili e non pericolose in questi sistemi a bassa pressione ($1 \div 25$ bar). Fondamentale per l'impiego veicolare: peso e velocità di accumulo/rilascio dell' H_2

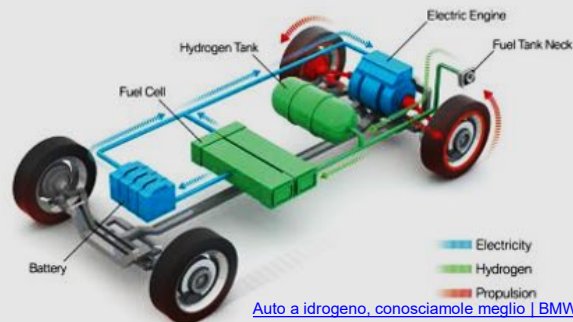
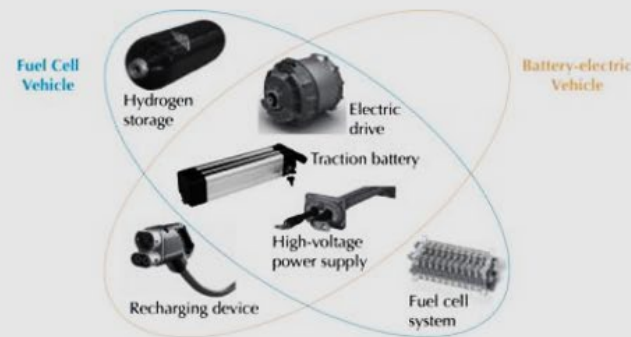
Auto a celle a combustibile

Model	Launch Date	Stack Power [kW]	Fuel Economy [km/kg] (MPGe)	Tank Capacity [kg] @700 Bar (wt%)	Range [km] (EPA)
Daimler GLC FC Hybrid SUV Plug-in	2018	141.6	120 km/kg	4.4	478 + 51 (battery)
Honda Clarity	2016	103	118 km/kg	5	589
Hyundai ix35	2014	100	105 km/kg	5.64	594
Hyundai Nexo	2022	120	119 km/kg	6.33	756
Toyota Mirai	2021	128	116 km/kg	5.6	650

<https://doi.org/10.3390/en16176129>



www.toyota.it



[Auto a idrogeno, conosciamole meglio | BMW.com](https://www.bmw.com/it/ricerca-e-sviluppo/tecnologie/veicoli-a-idrogeno)

Autocarri e autobus a celle a combustibile

Heavy
Duty

<i>Model</i>	Stack Power [kW]	Battery Size [kWh]	Tank Capacity [kg] @350 Bar (wt%)	Range [km]
Hyundai-Xcient	190	72	31	400
Daimler-GenH2	300	70	80 liquid	1,000
DAF-VDL	60	82	40	400
Kenworth T680 FCEV	310	200	58.8	724
MAN	100	120	34	400
Nikola TRE	200	164	70	805
Scania	90	56	33	500

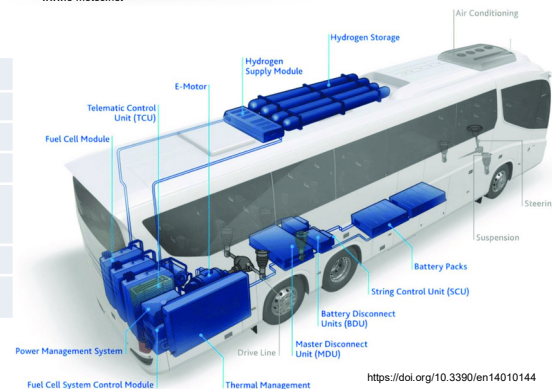


www.e-motec.net

BUS

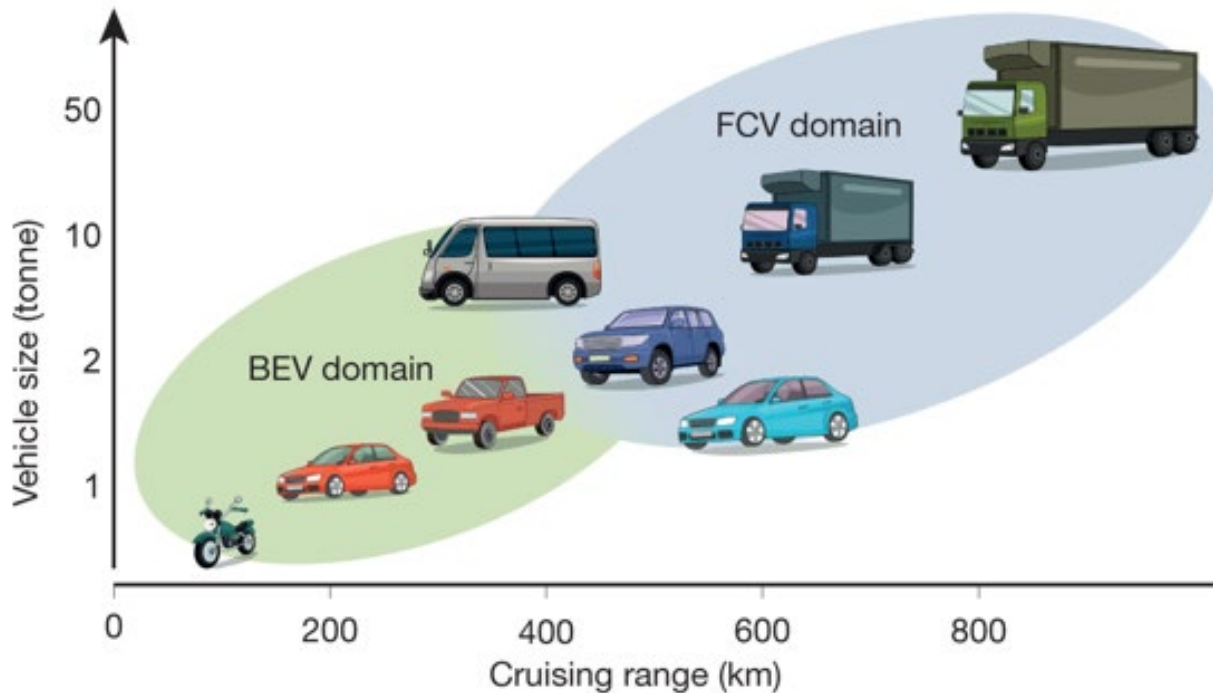
				[miglia]	km
ACT ZEBA	120	17.4	40	204	328
SL AFCB	150	11	50	260	418
UC Irvine AFCB	150	11	50	244	393
Businova	30	132	28	190	306
Streetdeck FCEV (double-decker)	85	48	30	200–265	322 – 426
H2. City Gold	60	29–44	37.5	250	402
Urbino 12hydrogen	70	30	37.5	220	354

<https://doi.org/10.3390/en16176129>



<https://doi.org/10.3390/en14010144>

Applicazioni terrestri stradali



Applicazione per:

- Più vasto range di potenze
- Autonomie maggiori
- Taglie maggiori
- Necessità di rifornimento più rapido
- Durata di vita (cicli di lavoro)

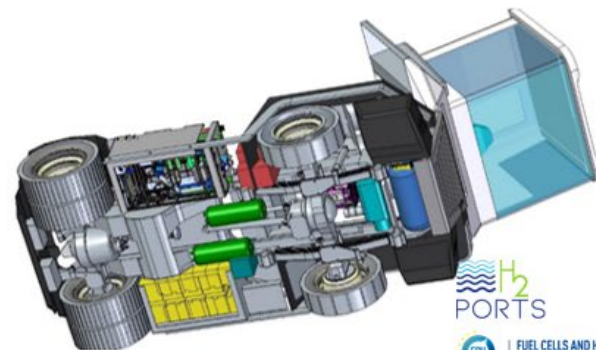
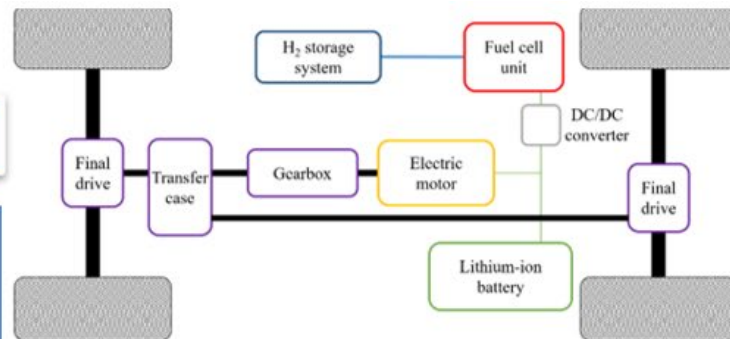
La complementarità delle tecnologie permette di coprire tutto il range delle applicazioni terrestri stradali

Esempio di trattore portuale a celle a combustibile

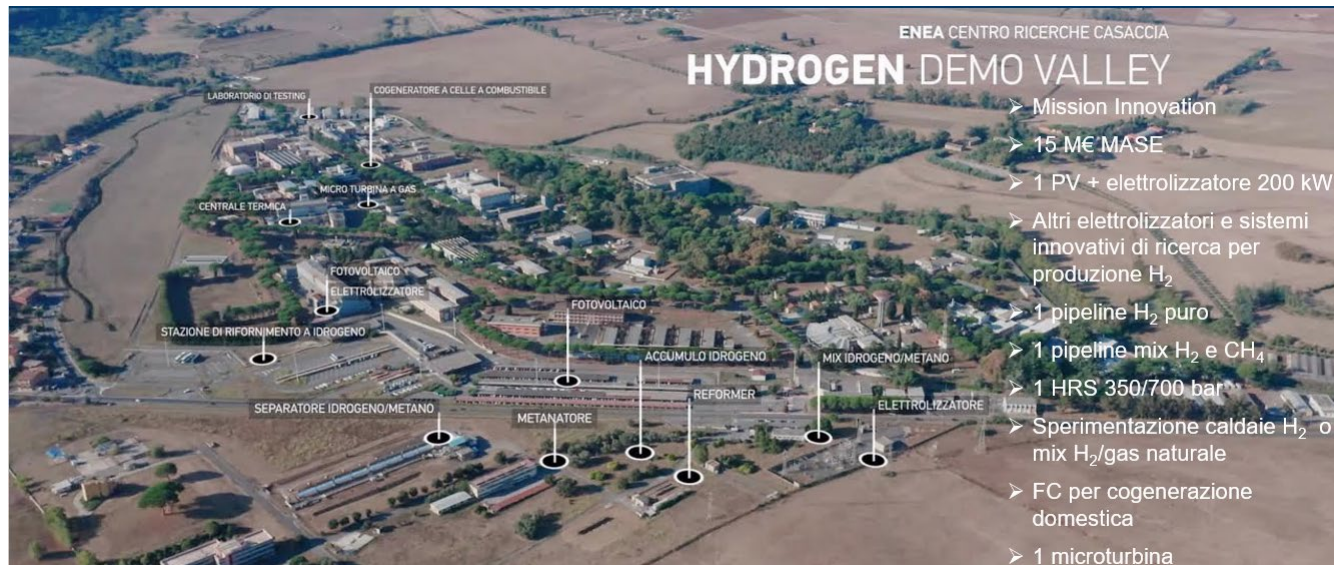


4x4 FC Yard Truck

- Progetto H2Ports
- Partners: ATENA, Grimaldi Group, Ballard, National Hydrogen Centre, Fundacion Valenciaport
- Propulsore ibrido a celle a combustibile e batterie litio-ioni
- 12 chilogrammi di idrogeno, 6 h funzionamento continuo
- 501 t/y CO₂ e 5 t/y di NO_x evitate
- (minore impiego dei sistemi di ventilazione all'interno delle navi)



Principali progetti sull'idrogeno



Piano Operativo della Ricerca (POR) sull'idrogeno

- PNRR M2C2-3.5 “Ricerca e sviluppo sull'idrogeno”
- ENEA realizzatore, CNR e RSE co-realizzatori
- Tecnologie per la produzione di idrogeno verde e pulito
- Tecnologie di stoccaggio, trasporto e trasformazione in derivati ed e-fuel
- Celle a combustibile per applicazioni stazionarie e di mobilità

Progetto IPCEI HY2TECH

(15 Stati Membri, 35 aziende)

- sviluppo componenti; produzione, stoccaggio, trasporto e distribuzione dell'idrogeno
- celle a combustibile
- power train a fuel cell
- integrazione in diverse applicazioni della mobilità

Francesco Vellucci
francesco.vellucci@enea.it



1101 0110 1100
0101 0010 1101
0001 0110 1110
1101 0010 1101
1111 1010 0000

