

UNICHIM, 21 marzo 2024



# Evoluzione della mobilità autoveicolare verso la completa elettrificazione

*Massimo Manni – ENI R&D Fluids for Mobility*

# Indice degli argomenti

---



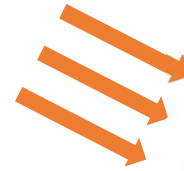
- ✓ *Spinta verso l'elettrificazione*
- ✓ *Evoluzione del mercato EV*
- ✓ *Gli elementi cardine per la completa elettrificazione:*
  - *Tipologia di ricarica*
  - *Le infrastrutture di ricarica*
  - *Tipologia e autonomia delle batterie*
- ✓ *Problematiche connesse alle EV*
- ✓ *Fluidi per EV : lubrificanti e fluidi di raffreddamento*

# I DRIVER DELL'EVOLUZIONE DELLA MOBILITA' AUTOVEICOLARE



CO<sub>2</sub>

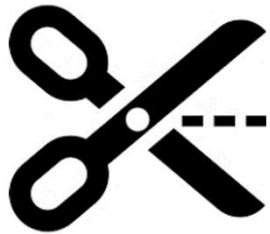
**WARMING !**



Climate conference

COP tra i paesi leader

Nuove legislazioni



**Emissioni**

PM, PN, CO, HC, NO<sub>x</sub>



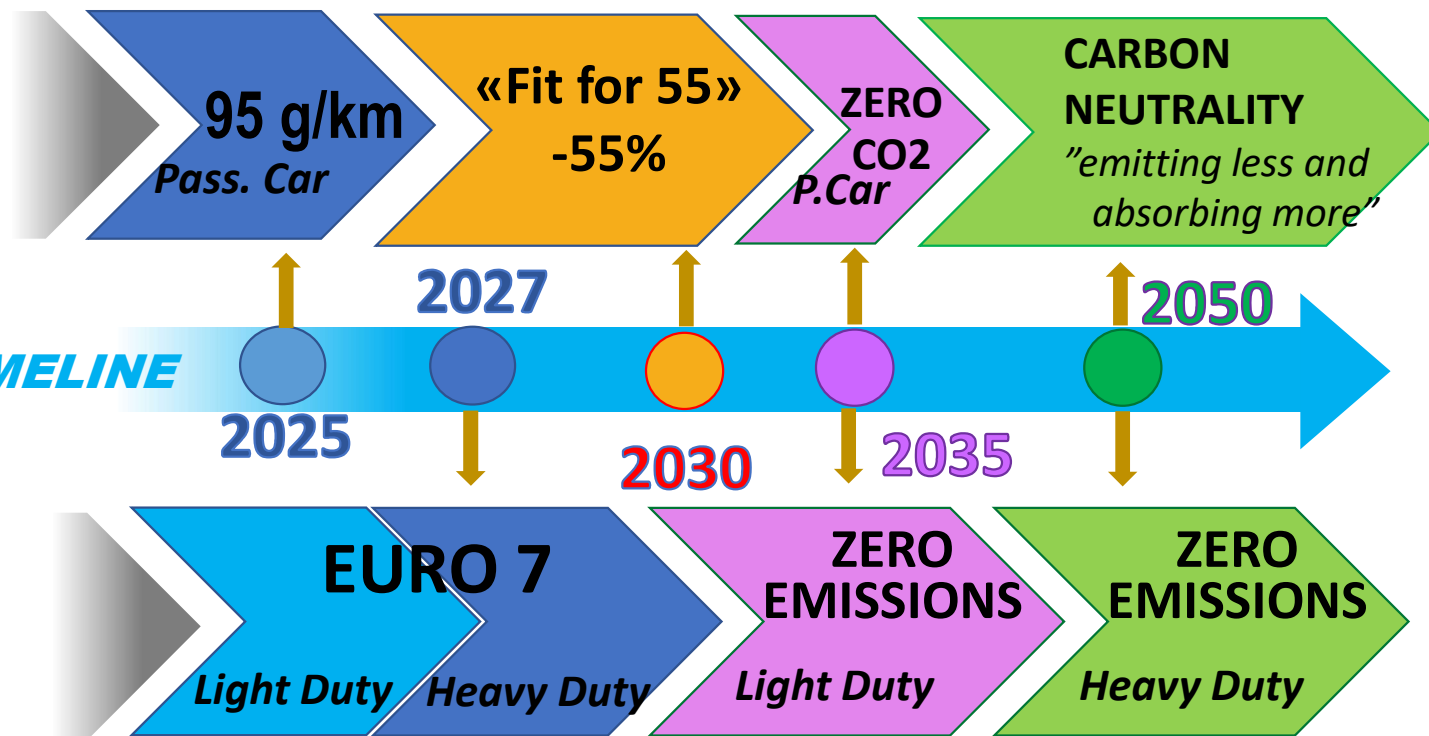
# I DRIVER DELL'EVOLUZIONE DELLA MOBILITA' AUTOVEICOLARE



CO<sub>2</sub>

NORMATIVA EUROPEA

TIMELINE



Emissioni  
PM, PN, CO, HC, NO<sub>x</sub>

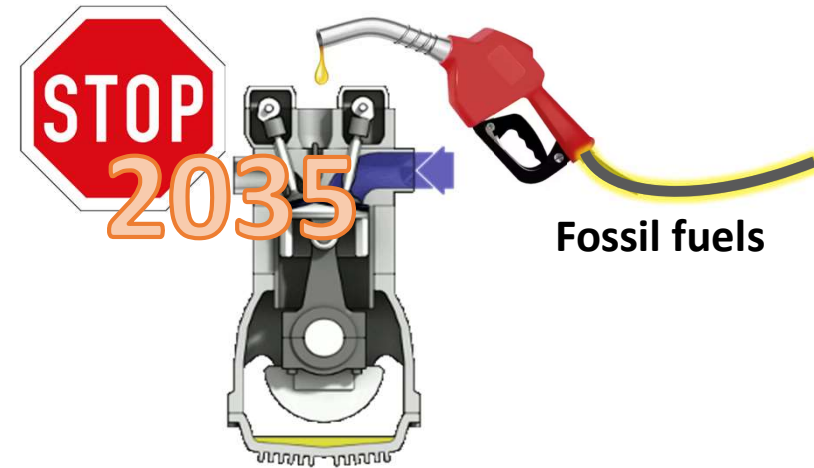
Secondo quanto stabilito dall'UE dal 2035 potranno essere immatricolati solo autoveicoli «zero emissions» in termini di CO<sub>2</sub>. Si dibatte sugli altri inquinanti.

La carbon neutrality impone l'elettricità come fonte energetica primaria per tutti i settori dell'economia e della società.

## LA SPINTA VERSO L'ELETTRIFICAZIONE

Il regolamento dell'UE impone che dal 2035 non si potranno più immatricolare in Europa auto alimentate a combustibili di origine fossile.

Accettata deroga chiesta dalla Germania per gli E-fuel ma non quella dell'Italia per i biocarburanti.



### Considerazioni su emissioni e costi in vista del 2035 :

Veicoli elettrici a batteria o fuel cell nel cui ciclo di vita si utilizza energia da fonti rinnovabili

Fuel sintetici prodotti con sola energia da fonti rinnovabili che riemettono la stessa quantità di CO<sub>2</sub> precedentemente impiegata nella sintesi.

Idrogeno prodotto con sola energia rinnovabile

|                             | CO <sub>2</sub> | NO <sub>x</sub> | CO/HC | PM/PN | Costo |
|-----------------------------|-----------------|-----------------|-------|-------|-------|
| <b>E-vehicles</b>           | 😊               | 😊               | 😊     | 😊     | 😊     |
| <b>E-fuel</b>               | 😊               | 😞               | 😞     | 😐     | 😞     |
| <b>H<sub>2</sub> in ICE</b> | 😊               | 😞               | 😊     | 😊     | 😐     |

# INCENTIVAZIONE DELL'ELETTRIFICAZIONE

Motorizzazione Italiana : classificazione autoveicoli in base alle emissioni di CO<sub>2</sub>

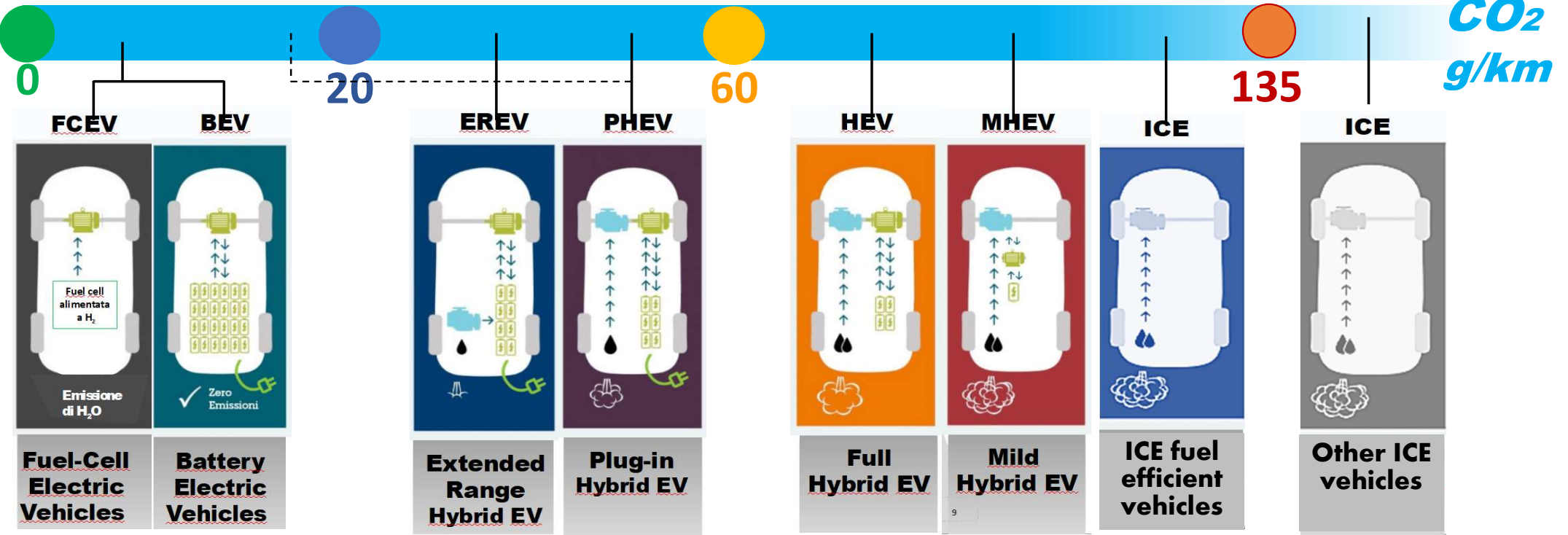
**Gruppo I**

**Gruppo II**

**Gruppo III**

← incentivi

CO<sub>2</sub> →



# Andamento del mercato delle vetture elettriche

Il **2023** ha registrato un **record di 9 milioni** di immatricolazioni di auto **totalmente elettriche a livello mondiale**, con un incremento del 29% rispetto ai 7 milioni del 2022. (considerando anche le PHEV si sono sfiorati i 14 milioni)

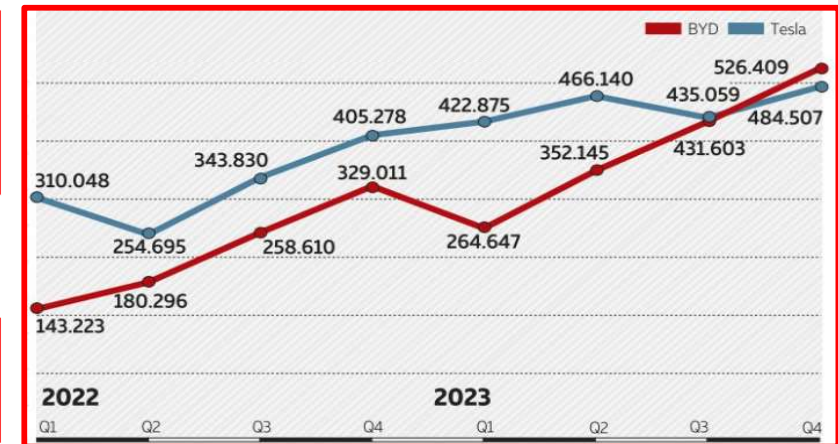


**TESLA** ha dominato il mercato con **1,8 milioni** di vetture elettriche consegnate nel 2023 (+38% rispetto al 2022) seguita da **BYD** che ha sfiorato **1,6 milioni** (+73%)

Nell'ultimo trimestre 2023 **TESLA** ha consegnato 484.507 vetture elettriche.



Nello stesso trimestre **BYD** ha superato **TESLA** con 526.409 vetture elettriche vendute



Gli analisti prevedono 2,2 milioni di consegne da parte di **TESLA** nel 2024, ma se **BYD** mantenesse il ritmo attuale balzerebbe in testa con 2,8 milioni.



Il 2023 si è chiuso con oltre **1,5 milioni** di auto elettriche vendute in Europa, con aumento del 37% rispetto al 2022.

Solo **46'642** sono le vetture elettriche vendute in Italia (4,2% del mercato)

## Immatricolazione di BEV in Italia nel 2023

- 1. Tesla Model Y:** 8.587 unità
- 2. Tesla Model 3:** 7.385 unità
- 3. Fiat 500 Elettrica:** 4.749 unità
- 4. Smart Fortwo:** 4.639 unità
- 5. Dacia Spring:** 2.267 unità
- 6. Audi Q4 e-tron:** 2.147 unità
- 7. Renault Megane E-Tech:** 2.109 unità
- 8. Peugeot e-208:** 2.045 unità
- 9. MG4:** 2.033 unità
- 10. Renault Twingo:** 1.697 unità





# Lo scenario del mercato fino al 2035

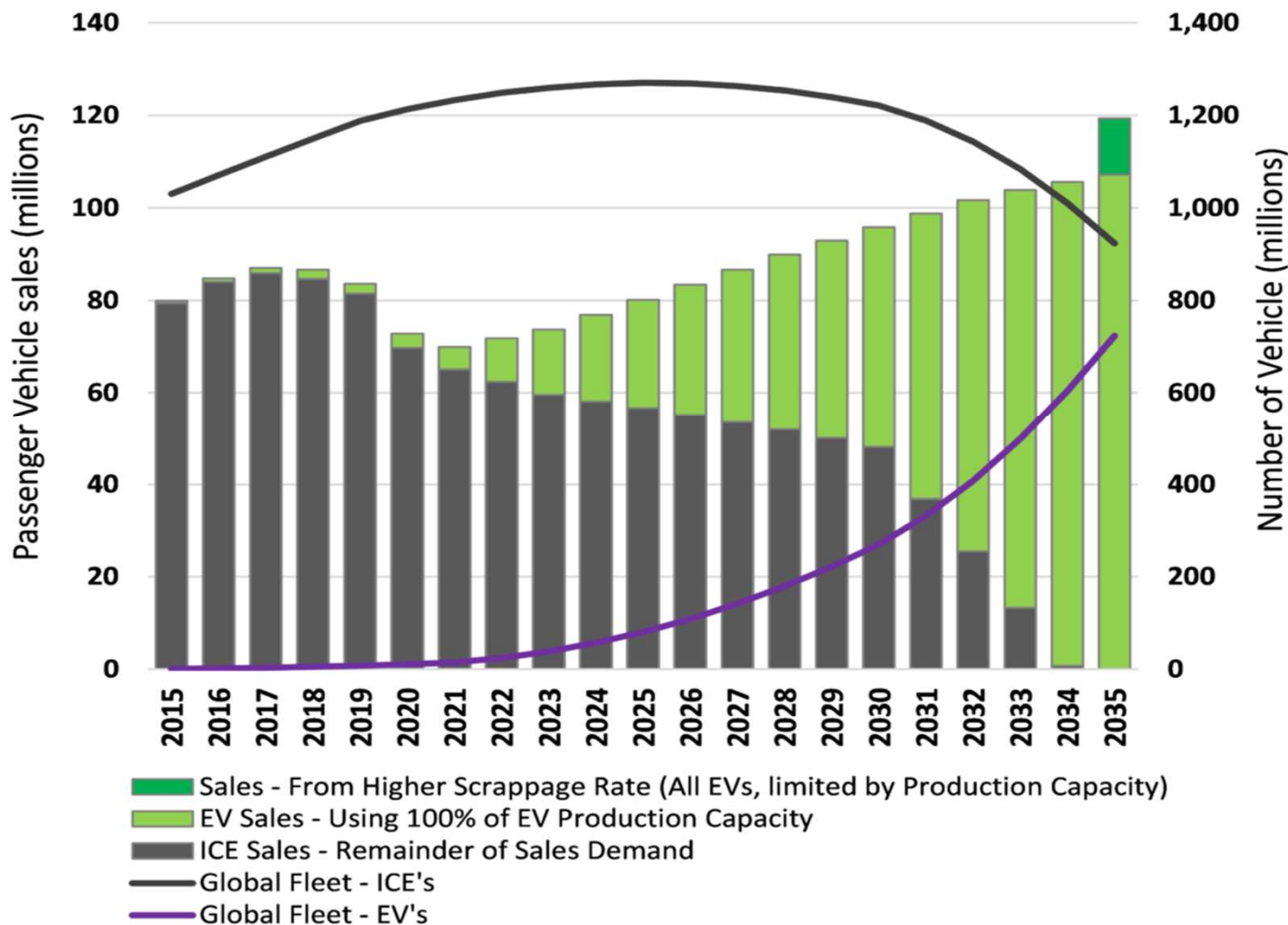


## IL MERCATO EUROPEO DEL PASSENGER CAR NEGLI ANNI 2021-2035



\* Esclusi dall'analisi i passenger car con motore diesel, presto non più in produzione, previsti in caduta libera sul mercato.

**Global Passenger Vehicles: Annual Sales & Fleet Size**  
(Millions of Vehicles)



## PROGETTI DI PRODUZIONE IN ITALIA

---

**Adolfo Urso, ministro del Made-in-Italy, ha avviato contatti con Tesla per una possibile factory in Italia.**

**BYD riferisce di essere stata contattata da Urso, a nome del governo italiano, per un impianto di produzione in Italia. Contatti anche con altri OEMs cinesi (Chery e SAIC)**

**In tutti i casi la condizione posta dal governo è l'impiego di componenti "made in Italy".**

**Stellantis, dopo la joint venture con Total Energies e Mercedes (prima fabbrica europea di batterie da 13,4 GW in Francia) aprirà nel 2026 una gigafactory a Termoli che impiegherà circa 2.000 lavoratori e produrrà 40 GWh di batterie entro il 2030.**

**Gigafactory per la produzione di batterie a Ivrea sui terreni ex Olivetti : circa 3.000 posti di lavoro , oltre a 10mila di indotto. Capacità produttiva prevista fino a 45 GWh**

**in provincia di Caserta factory per la produzione di batterie al litio per auto elettriche nell'area industriale ex Whirlpool-Indesit. Capacità a regime di 2,5 GWh e 675 posti di lavoro.**

**Possibile factory anche nella motor valley emiliana**

**Microlino 2.0 "quadriciclo" elettrico verrà realizzato in Italia dalla [Micro Mobility System](#), azienda svizzera, in collaborazione con l'italiana [Cecomp](#)**

## «Fun to drive»

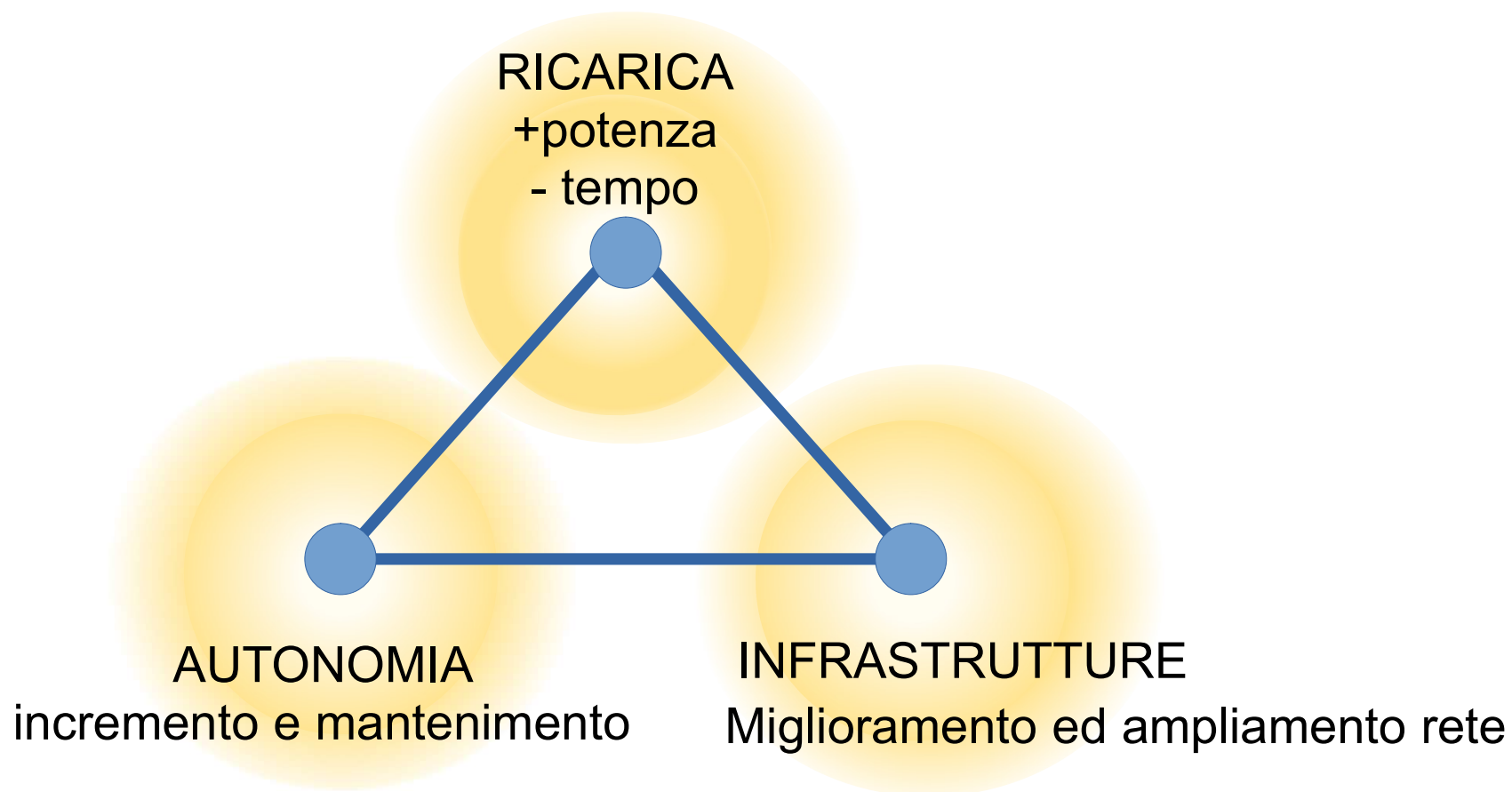
Oltre ad essere «zero emissioni», avere costi di esercizio bassi ed una limitata necessità di manutenzione, i veicoli elettrici presentano una particolare caratteristica: il «fun to drive»



La coppia massima, che in un motore termico si raggiunge oltre i 2000 giri/min, in un motore elettrico si ha in fase di spunto. Pertanto la vettura è particolarmente scattante già nella partenza da fermo e non necessita del cambio. Un rapporto di riduzione corto rende la vettura ancora più scattante ma limita la velocità massima. Viceversa, un rapporto più lungo garantisce una velocità massima più elevata a discapito dell'accelerazione. Dove è necessario conciliare le due massime prestazioni si ricorre al cambio a 2 marce (Porsche Taycan). Il funzionamento della vettura elettrica è molto fluido in qualunque condizione.

## GLI ELEMENTI CARDINE DELLA COMPLETA ELETTRIFICAZIONE

---



# Standard di ricarica

## Ricarica standard (indiretta in corrente alternata)

La stazione di ricarica fornisce corrente alternata al veicolo sul quale è installato un convertitore AC/DC (Onboard-Charger) che la converte in corrente continua per alimentare la batteria.

A seconda della stazione di ricarica, del cavo di ricarica e dell'Onboard-Charger, si possono raggiungere potenze di ricarica da pochi kW ad un massimo che può raggiungere circa 40 kW.

**PRO** : sono economiche, non richiedendo un'elettronica di conversione e sono quindi molto utilizzate per la carica privata.

**CONTRO** : utili per ricarica notturna o in caso di impiego limitato della vettura ma non nelle percorrenze medio-lunghe

## Ricarica rapida (diretta in corrente continua)

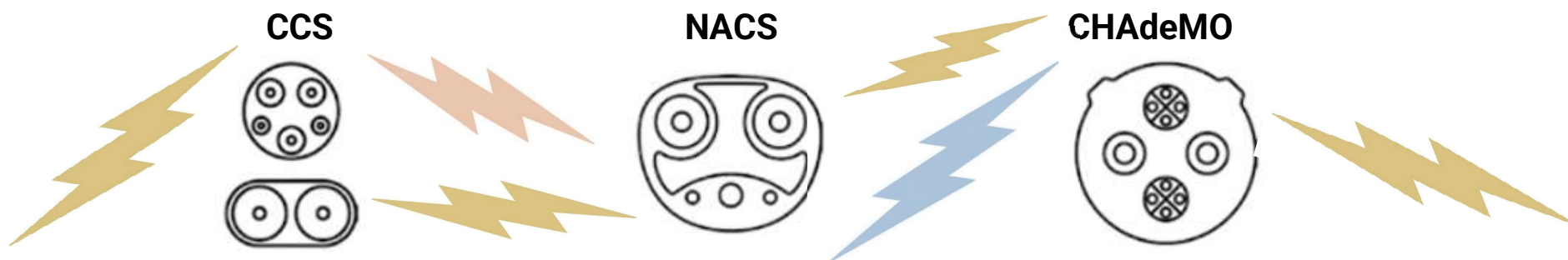
Possono essere trasmesse potenze di ricarica fino a 500 kW (High Power Charging, HPC), con tempi di ricarica anche molto brevi (rapida o ultrarapida). La conversione AC/DC avviene nella stazione di ricarica, dove è installata l'elettronica di potenza.

**PRO** : è ideale per la ricarica durante viaggi lunghi con brevi pause di ricarica, ad esempio nelle stazioni di servizio autostradali

**CONTRO** : è complessa e costosa e adatta quindi solo all'uso pubblico

- Standard di ricarica rapida presenti:**
- **CCS (Combined Charging System)** «Combo 2»
  - **CHAdeMO** (CHArgé de MOve)
  - **NACS** (North American Charging Standard)

## La guerra degli Standard



In tutto il mondo, si contavano nel 2023 circa 81.000 caricabatterie rapidi DC che utilizzano il connettore CCS, rispetto ai 45.000 NACS. In minoranza i caricabatterie CHAdeMO.

IL CCS può garantire potenze di ricarica fino a **450kW**, il NACS arriva a potenze anche di **1MW**.  
Il NACS, che ha ottenuto il riconoscimento del SAE come standard di ricarica, è in forte espansione in USA e CANADA, nonostante il governo USA sostenga il CCS per maggiore neutralità.  
In Europa il 90% dei caricatori fast e ultrafast in DC e del parco veicoli utilizza il sistema di ricarica CCS.  
TESLA sui modelli destinati all'Europa ha utilizzato dal 2018 la presa con standard CCS per passare più di recente al NACS con la possibilità di utilizzare un adattatore per i caricatori CCS.  
Cresce sempre più il numero di costruttori europei e giapponesi che passano allo standard NACS.

Il CHAdeMO, il cui nome deriva in realtà dal giapponese "Chademo ikaga desuka" (お茶でもいかがですか), utilizzato principalmente da Nissan e Mitsubishi, è uno standard di ricarica DC che offre una potenza di ricarica fino a **50 kW** e per tale motivo è sempre meno impiegato. Giappone e Cina stanno tuttavia sviluppando insieme nuove versioni che supportano potenze molto più elevate.

# La rete di ricarica in Italia

In Italia circolano attualmente oltre 200'000 vetture elettriche ...



## LE INFRASTRUTTURE DI RICARICA IN ITALIA

IN ITALIA SONO PRESENTI  
AL 30 SETTEMBRE 2023

**47.228** punti di ricarica  
a uso pubblico  
per veicoli elettrici

| SLOW                 | FAST                        | ULTRAFAST             |
|----------------------|-----------------------------|-----------------------|
| 41.144               | 2.375                       | 3.396                 |
| Potenza ≤ 43 kW (AC) | Potenza tra 44 e 99 kW (DC) | Potenza ≥ 100 kW (DC) |

Le installazioni di nuovi punti di ricarica continuano a crescere

**+2.018** punti di ricarica  
nel Q3 2023

**+14.452** punti di ricarica  
negli ultimi 12 mesi



## Rete autostradale

Sulle autostrade italiane sono presenti al 31 Dic. 2023 **932 punti di ricarica** il 61% dei quali con

potenza superiore ai **150 kW**

Quasi 1/3 delle aree di servizio autostradali è dotato di strutture di ricarica



**Punti di ricarica presenti al 31 dicembre 2023 : 50.678 per 60 milioni di abitanti (0,08 %)**

**Robbio, (PV) : 600 punti di ricarica pubblica per 5900 abitanti ( 10%)**

## BATTERIE CON ELETTROLITA LIQUIDO

### BATTERIE AGLI IONI DI LITIO (Li-ion)

- Attualmente la tecnologia di batterie più diffusa

**PRO:** densità energetica elevata (capacità di immagazzinare una grande quantità di energia in uno spazio relativamente piccolo); elevata efficienza, (bassa perdita di energia sotto forma di calore)

**CONTRO** sono sensibili a temperatura (calo di efficienza) e danni meccanici (minore sicurezza)

### BATTERIE AL LITIO FERRO FOSFATO (LiFePO<sub>4</sub>)

sono sempre più diffuse nelle auto elettriche.

**CONTRO** hanno una densità di energia inferiore rispetto alle batterie Li-ion,

**PRO** sono meno sensibili alla temperatura, più sicure e più durature

Ancora sperimentali le batterie al litio-metallo (**Li-Metal**) utilizzano un anodo di litio metallico al posto dell'anodo di grafite e presentano più alta densità, e le batterie agli ioni di sodio (**Na-ion**) che utilizzano il sodio al posto del litio come materiale attivo per l'elettrodo. (costo contenuto ma con densità più basse)



# BATTERIE CON ELETTROLITA SOLIDO

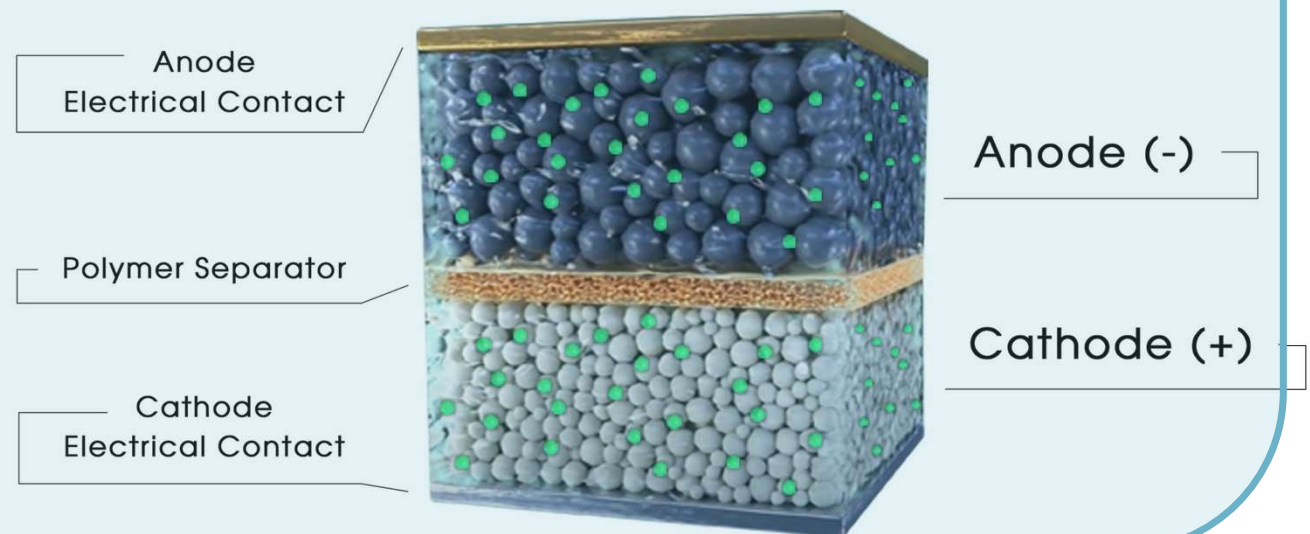
Pronte per l'uso commerciale entro il 2027-2028

## PRO :

- densità energetiche pari anche a 2,5 volte quelle di una batteria agli ioni di litio.
- maggiore tolleranza alle alte tensioni e alle temperature e quindi adatte alla ricarica veloce : la velocità di ricarica è 4-5 volte superiore alle batterie attuali ( **10 minuti** dal 10 all'80% della carica)
- Maggiore sicurezza
- Elevata autonomia (da 1000 a 1200km)

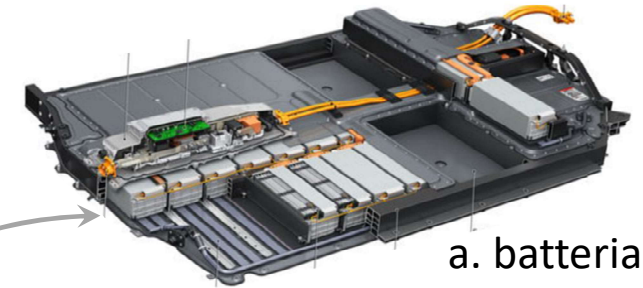
## CONTRO

- Scarsa durata attuale



# ESIGENZE DEL SISTEMA DI TRAZIONE ELETTRICA

- a. **Pacco Batterie:** accumula e fornisce energia in corrente continua
- b. **Unità di controllo/inverter:** genera corrente alternata per alimentare il motore e controlla quest'ultimo.
- c. **Motore elettrico AC:** trasforma l'energia elettrica in meccanica
- d. **Riduttore:** riduce la velocità di rotazione del motore ed aumenta la coppia



a. batteria

**RAFFREDDAMENTO**

**RAFFREDDAMENTO**



b. Power electronics / inverter



Picture: GKN



c. E-Motor

**RAFFREDDAMENTO**

**LUBRIFICAZIONE**

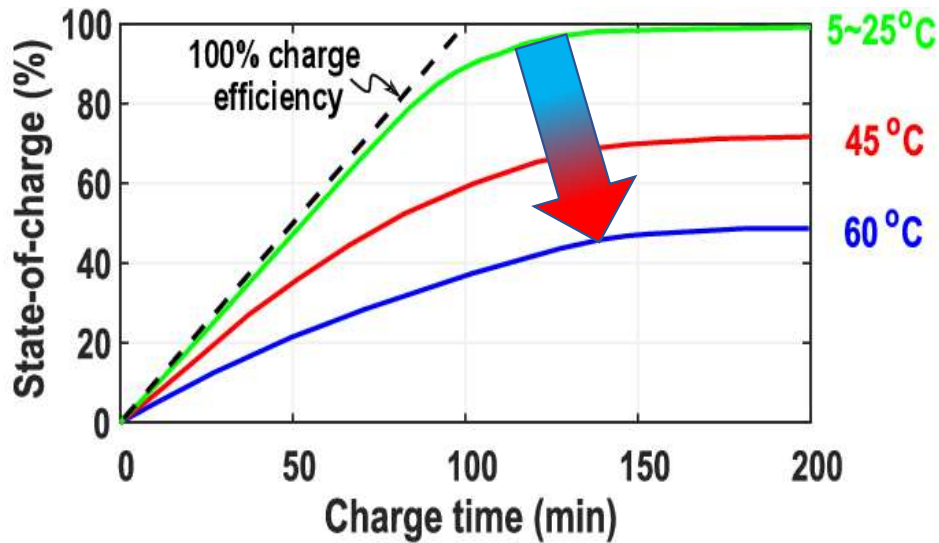
**LUBRIFICAZIONE**



d. Reduction gear

# Effetto della temperatura

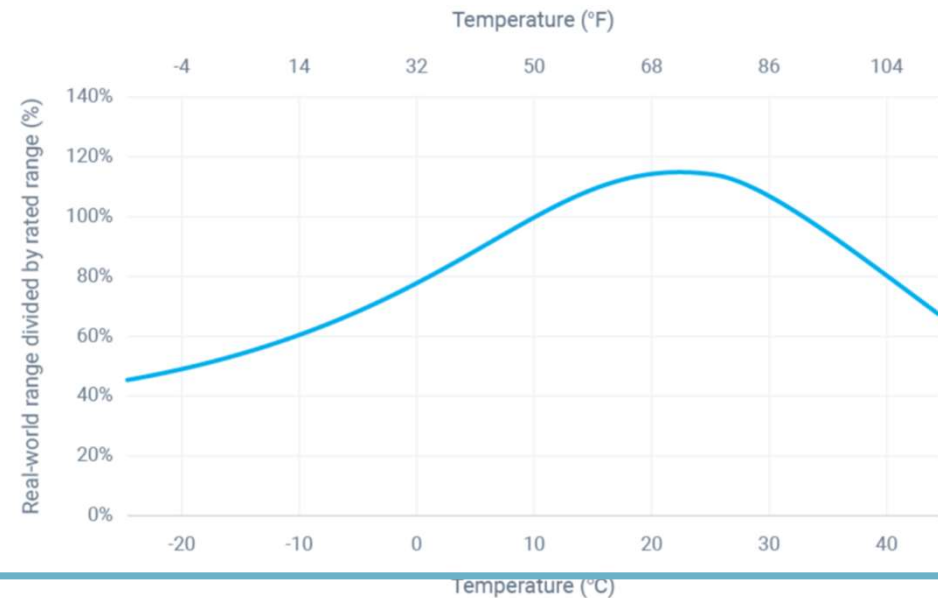
Durante la ricarica veloce l'aumentare della temperatura limita lo stato della carica



Il componente critico dell'inverter, è l'IGBT (insulated gate bipolar transistor) che a temperature prossime a 150° può subire danni e va quindi raffreddato

L'autonomia della batteria varia al variare della temperatura assumendo un andamento prima crescente, con picco massimo intorno ai 20° C, e poi decrescente

Real-world range vs. rated range

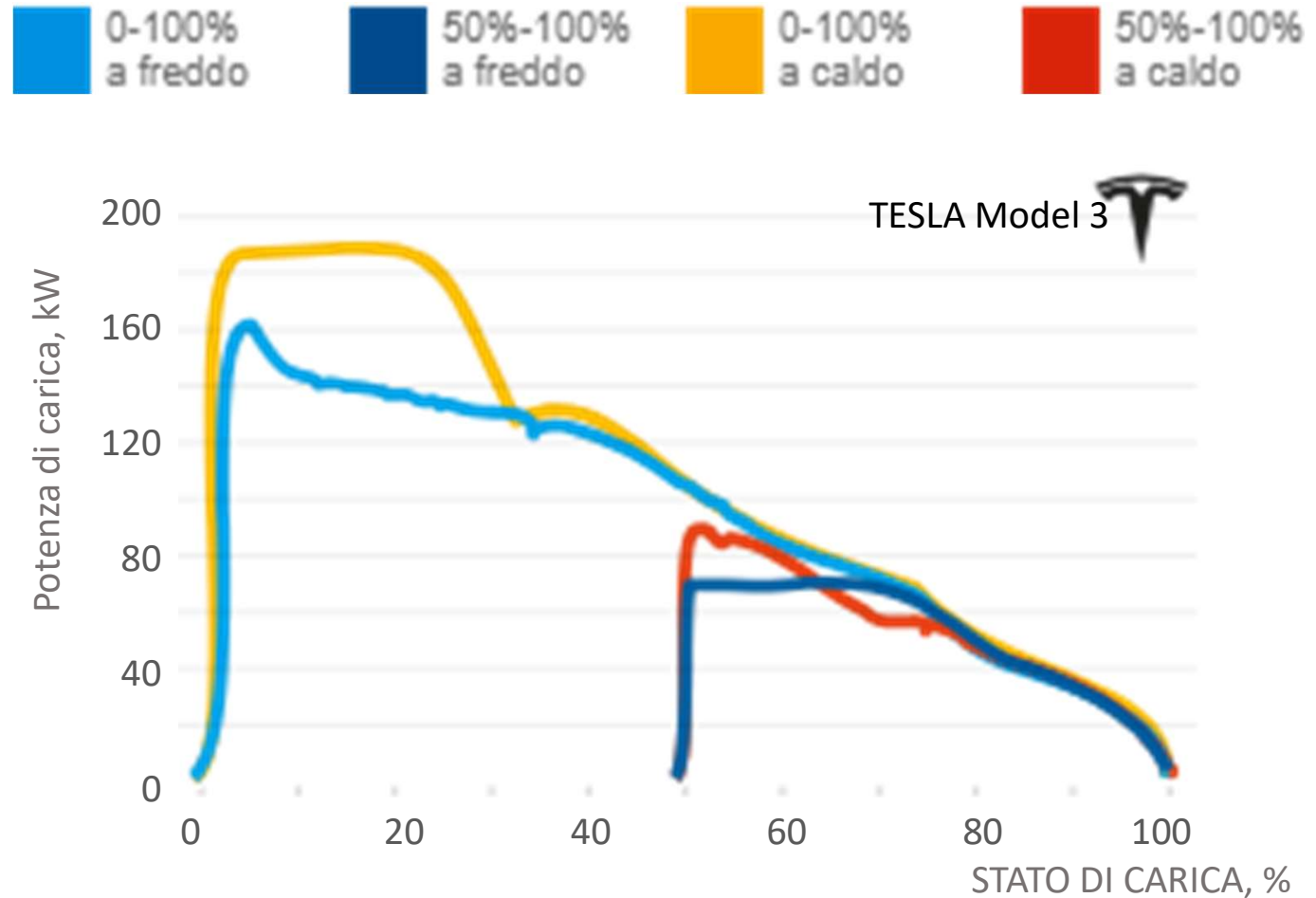


# La ricarica veloce

Prove pubblicate da Quattroruote hanno evidenziato che la potenza massima di ricarica si ha **solo avviando la ricarica a batteria scarica.**

Le ricariche dal 50% in su, hanno mostrato potenze di ricarica ben più basse.

Inoltre la massima carica in entrambi i casi si ottiene ad una temperatura **di 25-30 °C**, piuttosto che a batteria **fredda.**



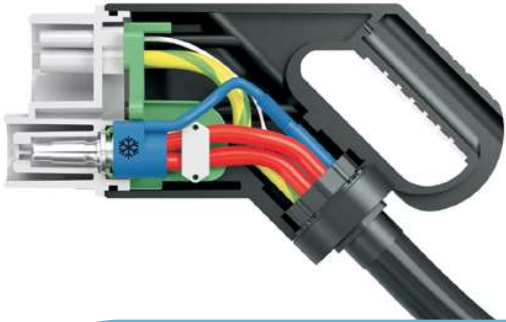
# Il raffreddamento del sistema di ricarica veloce

Il maggiore ostacolo nella ricarica veloce è costituito dalle **elevate temperature** raggiunte per effetto Joule in particolare nel cavo di ricarica che richiede un adeguato raffreddamento.



- Il fluido refrigerante più usato resta la miscela acqua glicole ma diversi fluidi sono in fase di sperimentazione al fine di trovare il modo di asportare elevate quantità di calore:
- Perfluoro(2-methyl-3-pentanone)  $\text{CF}_3\text{CF}_2\text{CCF}(\text{CF}_3)_2$  - commercialmente noto come NOVEC1230 - È stato usato con buoni risultati nel circuito di raffreddamento del cavo e del connettore.
- Possibile uso di fluidi con dispersione di nanoparticelle
- dimethyl-silicone-oil utilizzato anche come carrier di nanoparticelle
- in fase sperimentale anche l'uso di azoto liquido e idrogeno liquido

# L'uso di fluidi bi-fase



Per ridurre significativamente i tempi di ricarica l'intensità della corrente deve passare dagli attuale **500 A ad almeno 2000 A** attraverso un raffreddamento più efficiente, ottenibile con sistemi bi-fase, anche detti PCM (Phase-change material), nei quali il passaggio di fase determina elevato assorbimento di calore.

Esperimenti effettuati da Ford e Purdue University con un circuito di raffreddamento con impiego di **HFE-7100** pompato in una intercapedine anulare del cavo di ricarica. HFE-7100 è Methyl Perfluoroisobutyl Ether un fluido che presenta basso punto di ebollizione ed elevato calore latente di evaporazione.

Sono state raggiunti in questo modo intensità di corrente fino a **2438 A, valori quindi pari a 4 volte maggiori rispetto ai valori standard attuali**

Con impiego di batterie appropriate questo sistema porterebbe a una ricarica in **5 minuti**

## HFE-7100

**Molecular Wt. 250**

**Boiling Point (°C) 61**

**Freeze Point (°C) -135**

**Liquid Density (g/ml) 1.52**

**Surface Tension (dynes/cm) 13.6**

**Solubility of Solvent in Water (ppmw) 12**

**Solubility of Water in Solvent (ppmw) 95**

**Vapor Pressure (mmHg) 202**

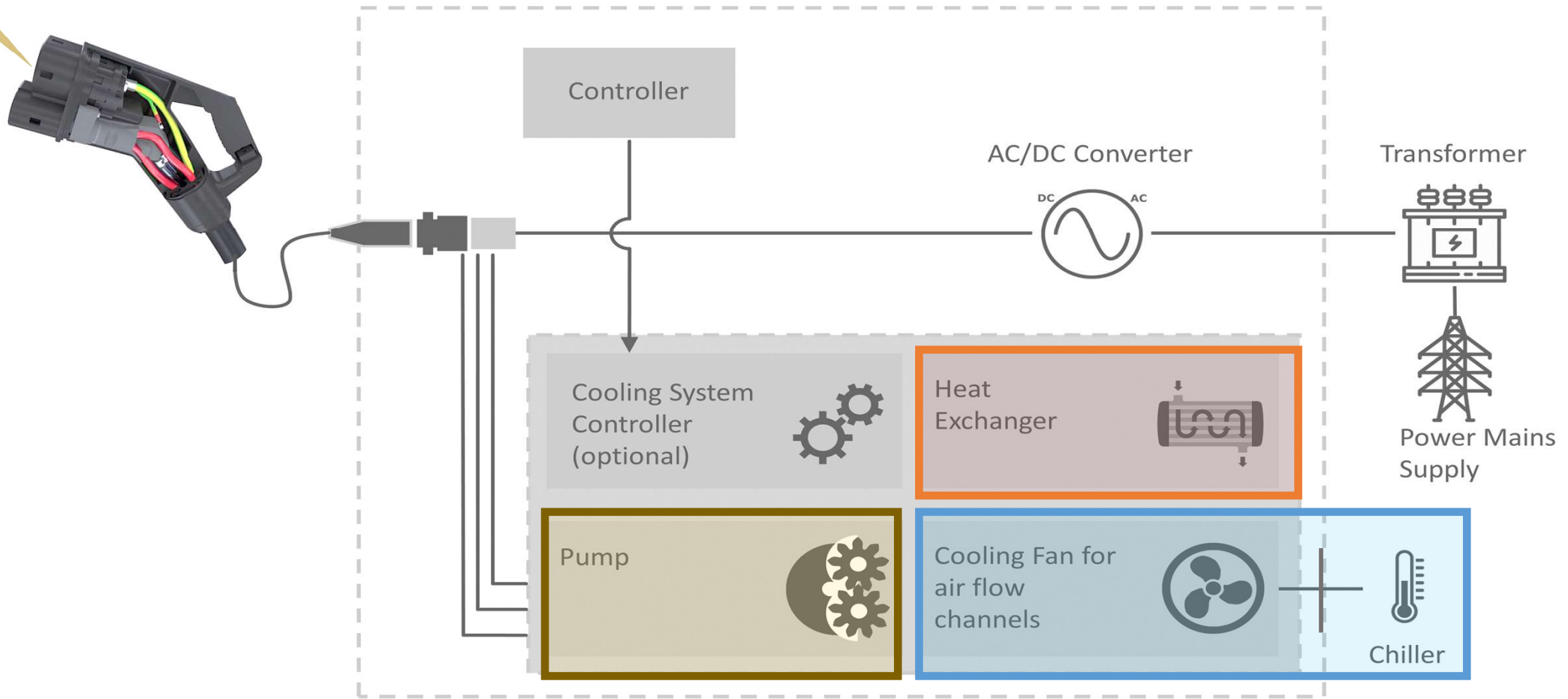
**Kinematic Viscosity (cSt) 0.38**

**Heat of Vapor. (cal/g @ boiling point) 30**

**Specific Heat (cal/g°C) 0.28**

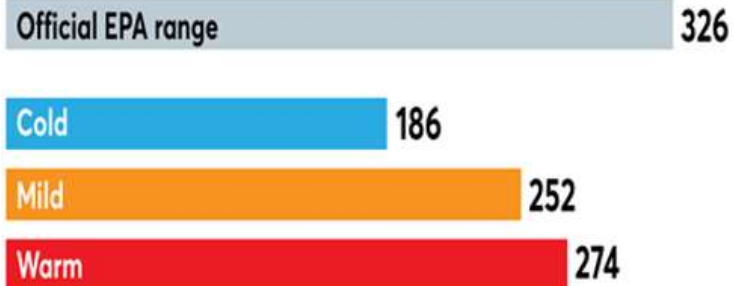
# IL Circuito di raffreddamento

Schema del sistema di raffreddamento del cavo di ricarica



# NECESSITA' DI CONTROLLO DELLA TEMPERATURA DELLA BATTERIA

## Tesla Model Y



## Perdita di autonomia

(in miglia)

Test CR effettuati in:

Febbraio (-8°C)

Aprile (18°C)

Agosto (29°C)

La temperatura ideale di esercizio della batteria al Litio è tra 20 e 40°C

## IN CONDIZIONI DI BASSA

### TEMPERATURA AMBIENTALE:



- rallenta il movimento degli ioni e degli elettroni all'interno della batteria, causando perdita di efficienza e carica lenta.
- La batteria tende a scaricarsi più velocemente : sotto zero il calo di efficienza si traduce in una perdita di autonomia anche del 40%.
- A tale riduzione contribuisce la necessità di riscaldare l'abitacolo .

## IN CONDIZIONI DI ALTA

### TEMPERATURA AMBIENTALE :



- Sopra i 45° ,considerati una temperatura limite d'esercizio, c'è il rischio di deterioramento di alcuni componenti.
- Con il surriscaldamento oltre i 70° aumenta il pericolo di incendio di elementi infiammabili come gli elettroliti.
- L'esigenza di raffreddamento dell'abitacolo consuma l'energia della batteria stessa e ciò riduce l'autonomia.
- La ricarica diventa problematica e richiede l'attivazione del raffreddamento a vettura ferma.



## PROBLEMATICHE

### Tesla bloccate per gelo in Usa

Con il clima molto rigido la batteria necessita di preriscaldamento prima del collegamento al Supercharger, il che richiede un dispendio di energia tra 7,5 e 12 kWh.

Normalmente una vettura parcheggiata consuma circa l'**1%** al giorno dell'energia immagazzinata nella batteria, ma se è inserito l'antifurto la perdita sale notevolmente (**anche fino al 15%**).

Quando lo stato di carica è basso, viene interrotto il pre-condizionamento e anche la ricarica. **Risultato: a seguito della nevicata e del clima gelido le vetture in carica o posteggiate durante la notte sono risultate scariche e immobilizzate al mattino seguente**

Nel contempo molti supercharger sono divenuti inagibili per le conseguenze del freddo estremo su cavi di ricarica, connettori e altri componenti critici di un Supercharger.

**Risultato : le vetture in carica durante la notte sono risultate scariche e inutilizzabili al mattino seguente**



# IL SISTEMA DI RAFFREDDAMENTO

## RAFFREDDAMENTO **diretto** della batteria

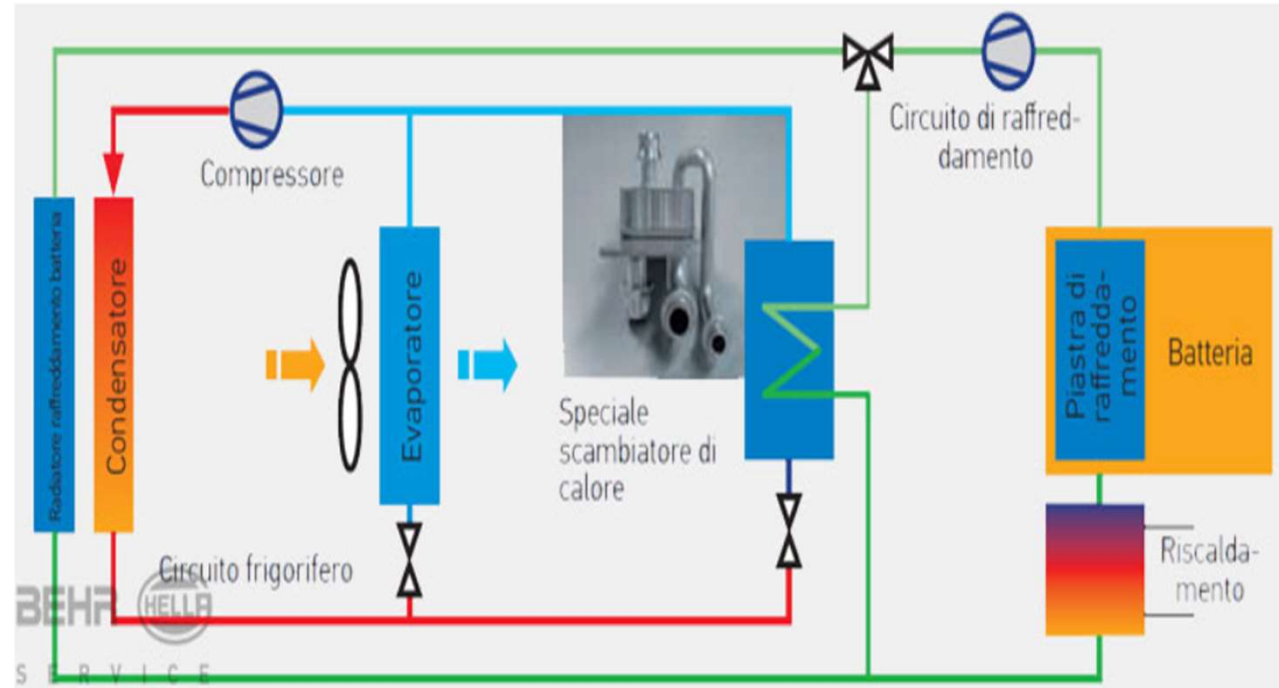
Sistemi ad aria poco efficienti nel raffreddamento e senza possibilità di riscaldamento

## RAFFREDDAMENTO **indiretto** della batteria

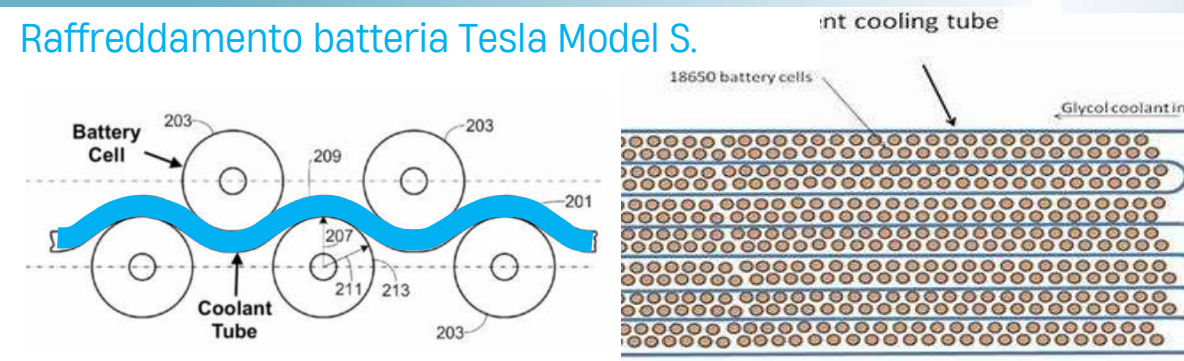
(con riscaldamento)

Il raffreddamento del blocco batterie è indiretto perché si ottiene con il liquido (circuito verde) che viene poi raffreddato in uno scambiatore sul circuito refrigerante.

A bassa temperatura, il liquido può essere rapidamente scaldato.



## Raffreddamento batteria Tesla Model S.



## Raffreddamento batteria per immersione



# fluidi per veicoli elettrici : Thermal management fluids



«Thermal management fluids» hanno lo scopo di asportare calore e proteggere tutti i dispositivi elettrici ed elettronici (motore elettrico, batterie, inverter, centralina).

- Il fluido più usato resta la miscela acqua/glicole etilenico o propilenico
- Possibile impiego di fluidi bi-fase
- L'uso di nanoparticelle di ossido di metallo disperse nel fluido di base, ha dimostrato un significativo miglioramento della conducibilità termica.
- Effetti ancora migliori sono stati dimostrati con l'uso di nanotubi di grafite e di silice
- L'aggiunta di nanografene ha aumentato del 35-40% l'efficienza di raffreddamento, rispetto ai refrigeranti tradizionali come il polietilenglicole.

**Caratteristiche di alcuni «Thermal management fluids»**

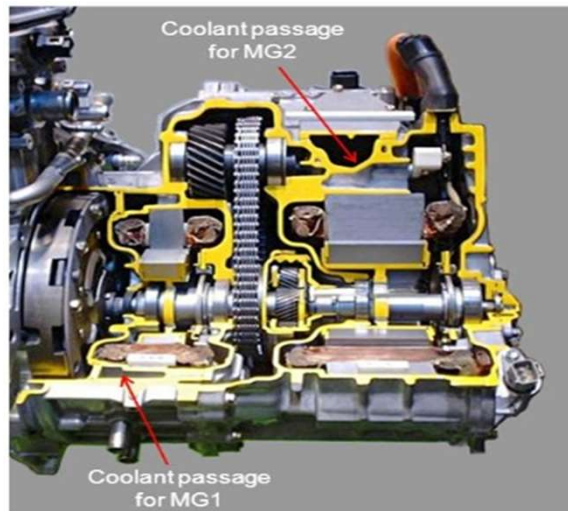
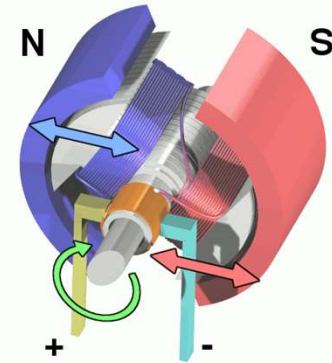
| Coolant Chemistry                       | Freezing Pt. (°C) | Flash Pt. (°C) | Viscosity $\text{kg}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$ | Thermal Conductivity $\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ | Specific Heat $\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ | Density $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ |
|---|-------------------|----------------|---|---|---|---------------------------------------|
| Aromatic (DEB)                          | < -80             | 57             | 0.001   | 0.14  | 1700  | 860                                   |
| Silicate-ester (Coolanol 25R)           | < -50             | > 175          | 0.009   | 0.132   | 1750  | 900                                   |
| Aliphatic (PAO)                         | < -50             | > 175          | 0.009   | 0.137   | 2150  | 770                                   |
| Silicone (Syltherm XLT)                 | < -110            | 46             | 0.0014  | 0.11  | 1600  | 850                                   |
| Fluorocarbon (FC-77)                    | < -100            | None           | 0.0011  | 0.06  | 1100  | 1800                                  |
| EG/Water (50:50 v/v)                    | -37.8             | None           | 0.0038  | 0.37  | 3285  | 1087                                  |
| PG/Water 50:50 (v/v)                    | -35               | None           | 0.0064  | 0.36  | 3400  | 1062                                  |
| Methanol/Water 40:60 (wt./wt.)          | -40               | 29             | 0.002   | 0.4   | 3560  | 935                                   |
| Ethanol/Water 44:56 (wt./wt.)           | -32               | 27             | 0.003   | 0.38  | 3500  | 927                                   |
| Potassium Formate/Water 40:60 (wt./wt.) | -35               | None           | 0.0022  | 0.53  | 3200  | 1250                                  |
| Ga-In-Sn                                | -10               | None           | 0.0022  | 39  | 365   | 6363                                  |

# RUOLO DEL LUBRIFICANTE

I sistemi di trasmissione necessitano di essere lubrificati



I motori elettrici a corrente alternata hanno l'esigenza di essere raffreddati per asportare il calore prodotto per effetto Joule negli avvolgimenti.



Se il sistema di trazione e quello di trasmissione sono integrati nella stessa scatola, allora il lubrificante deve provvedere al raffreddamento dei motori elettrici e nel contempo anche alla lubrificazione degli ingranaggi di trasmissione, dei cuscinetti e delle boccole.

# fluidi per veicoli elettrici : lubrificante



Fluido per la lubrificazione e la protezione degli ingranaggi dei riduttori e dei cuscinetti in grado anche di favorire l'asportazione del calore dal motore elettrico e dagli altri dispositivi interessati.

Il punto di partenza per lo sviluppo di prodotti appropriati è costituito dagli attuali oli ATF. Vanno tuttavia considerati nuovi requisiti relativi alla compatibilità con i sistemi elettrici.

Auspicabile l'assenza di zolfo per evitare la formazione di dannosi solfuri di rame

Downloaded from SAE International by DARIO PASINI, Thursday, January 11, 2024



**SURFACE VEHICLE  
INFORMATION REPORT**

J3200™

OCT2022

Issued

2022-10

Fluid for Automotive Electrified Drivetrains

La SAE J3200, emessa alla fine del 2022, è un documento informativo che mostra le esigenze derivanti dal contatto del lubrificante con il motore elettrico e fornisce indicazioni sui requisiti richiesti al lubrificante. Vengono infine consigliate le procedure di analisi per la valutazione dei requisiti dell'olio.

# SAE J3200 : requisiti dell'olio



## OSSIDAZIONE

Gli avvolgimenti dei motori elettrici generano temperature superiori a quelle delle trasmissioni dei veicoli ICE. Richiesta **maggiore stabilità all'ossidazione**.

## USURA

i motori dei veicoli elettrici generano una coppia elevata a bassa velocità e operano a velocità superiori rispetto alle trasmissioni convenzionali e hanno **nuove esigenze di protezione dall'usura**

## PROPRIETA' TERMICHE

L'efficienza del motore elettrico è in parte legata alla capacità di **raffreddare la bobina del magnete**, e quindi alle proprietà termiche dell'olio

## TRATTENIMENTO ARIA

Il funzionamento a velocità angolari elevate preoccupa per il fenomeno dell'intrappolamento dell'aria nell'olio che influisce su lubrificazione e scambio termico

## PROPRIETA' ELETTRICHE

La conducibilità deve essere ben bilanciata in quanto se troppo alta può provocare **cortocircuiti**, se troppo bassa favorisce **l'accumulo di cariche statiche** accelerando il degrado del fluido per ossidazione a causa dell'arco elettrico.

## CORROSIONE

La dissoluzione del metallo ed il suo trasferimento in altri punti possono portare all'apertura dei circuiti e alla formazione di **cortocircuiti**.

## COMPATIBILITA' CON I MATERIALI

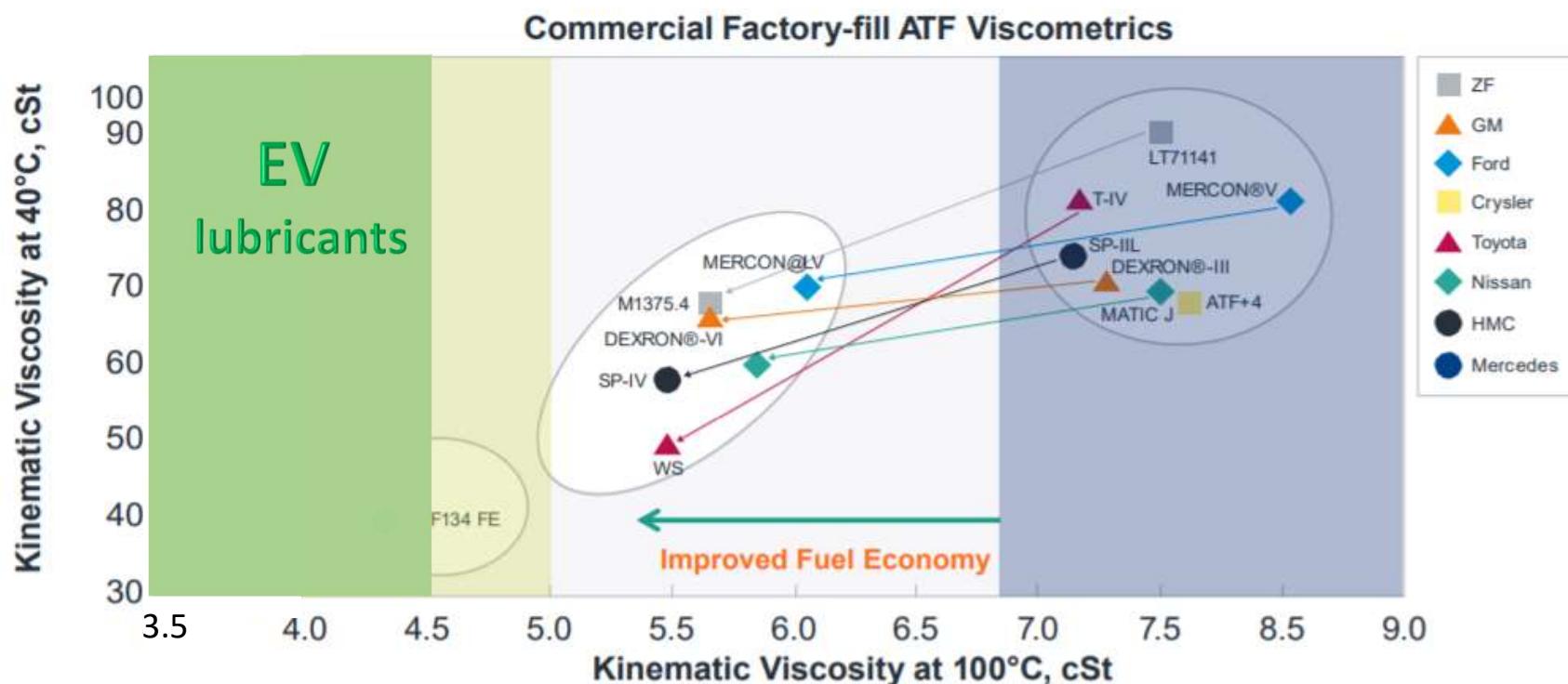
il lubrificante non deve degradare le caratteristiche di resistenza e flessibilità dei materiali non metallici, rendendoli deboli o fragili

## TREND DI RIDUZIONE DEGLI ATTRITI IN OLI PER TRASMISSIONE

Di recente molti OEMs sono passati da prodotti ATF convenzionali, con  $kv@100$  superiori a 6.8 cSt, ad oli con  $kv@100$  di circa 5.5 cSt, e in qualche caso anche 4.5 cSt.

Con l'elettrificazione si sta consolidando la tendenza verso una riduzione delle viscosità fino a 3.5 cSt.

L'uso di additivi «Friction Reducer» si rende possibile laddove non sono presenti sincronizzatori, frizioni a bagno d'olio e differenziali a slittamento limitato.



# ENI: impegno verso l'elettrificazione



Sempre più estesa la rete di car sharing che fa uso delle vetture elettriche XEV Yo-Yo dove si sta sperimentando l'adozione del sistema di "battery swapping" che prevede la sostituzione delle batterie scariche con batterie cariche in pochi minuti.

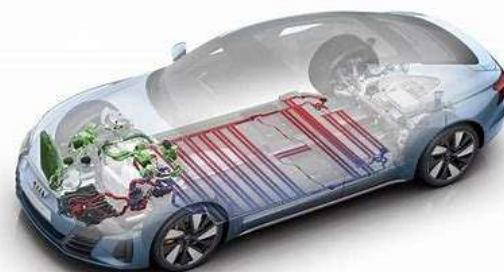


Allo studio oli lubrificanti trasmissione compatibili con le esigenze dei motori elettrici.

BeCharge, compagnia di Plenitude, ha ottenuto un appalto da 100 M€ per la costruzione, entro il 2025, della più vasta rete di stazioni di ricarica veloce in Europa.



La ricerca Eni si impegnerà nello sviluppo di fluidi innovativi per il thermal management delle colonnine di ricarica e dell'equipaggiamento elettrico ed elettronico delle BEV.

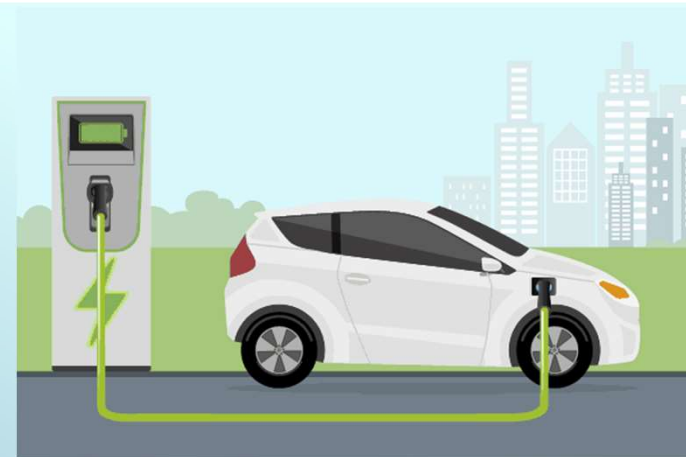




massimo.manni@eni.com



*Io viaggio in elettrico....*



*Grazie per l'attenzione*

**BACK-UP**

# SAE J3200

Downloaded from SAE International by DARIO PASINI, Thursday, January 11, 2024



|   |        |         |
|---|--------|---------|
| <b>SURFACE VEHICLE<br/>INFORMATION REPORT</b> | J3200™ | OCT2022 |
|   | Issued | 2022-10 |
| Fluid for Automotive Electrified Drivetrains  |        |         |

**Non si tratta di una specifica ma di un documento informativo.**

**Poiché lo schema di BEV più diffuso prevede che l'olio che lubrifica la trasmissione del veicolo elettrico sia in contatto con il motore elettrico, la SAE J3200 mostra le esigenze derivanti da questo contatto e fornisce indicazioni sui requisiti richiesti ai lubrificanti per trasmissioni di veicoli elettrici .**

**Vengono infine consigliate le procedure di analisi per la valutazione dei requisiti dell'olio.**<sup>35</sup>

# SAE J3200 : requisiti dell'olio

## OSSIDAZIONE

Gli avvolgimenti dei motori elettrici generano temperature superiori a quelle delle trasmissioni dei veicoli ICE.

**E' allora richiesta al lubrificante una maggiore stabilità all'ossidazione .**

Le metodologie di prova esistenti per la valutazione dell'ossidazione, comunemente usati per i fluidi del sistema powertrain convenzionale, come ATF, MTF e oli per assi , sono attualmente considerati sufficienti per valutare le prestazioni dei lubrificanti per motori elettrici.

La SAE J3200 si raccomanda di valutare le variazioni delle proprietà elettriche e termiche del fluido ossidato.



## USURA

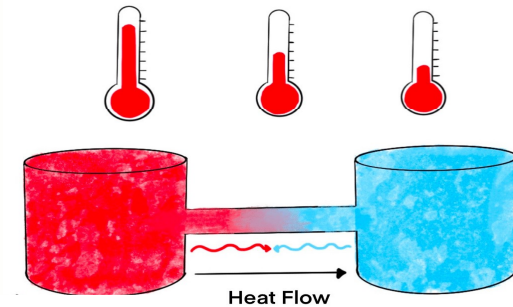
Le macchine dei veicoli elettrici generano una coppia elevata a bassa velocità e operano a velocità superiori rispetto alle trasmissioni convenzionali. Queste nuove condizioni operative non sono coperte dagli attuali requisiti di protezione dall'usura e possono richiedere nuovi metodi di prova.

# SAE J3200 : requisiti dell'olio

## PROPRIETA' TERMICHE

Anche se la proprietà di trasmettere il calore è una caratteristica dei lubrificanti convenzionali essa viene considerata molto più importante per gli oli EV rispetto ai tradizionali.

**L'efficienza del motore elettrico è in parte legata alla capacità di raffreddare la bobina del magnete, che dipende da viscosità, densità, capacità termica specifica (\*) e conducibilità termica (\*\*)** del fluido. Le caratteristiche dipendono dalla composizione dell'olio di base del lubrificante e non sono influenzate in modo significativo dal pacchetto di additivi lubrificanti.



\*La capacità termica specifica è la quantità di calore necessaria per modificare la temperatura di un'unità di una sostanza (ad esempio, 1 g) da un'unità di temperatura (ad esempio, 1 K). Questo dipende dal tipo di materiale e dal suo stato fisico (fase) e varia leggermente tra diversi tipi di olio base.

\*\*La conducibilità termica è una misura di come il calore fluisce facilmente attraverso un materiale, cioè è il reciproco della resistività. Questo valore dipende dalle caratteristiche molecolari individuali quindi varia tra i diversi tipi di olio base.

## G SAE J3200 : requisiti dell'olio

### TRATTENIMENTO ARIA

Il funzionamento a velocità angolari elevate solleva preoccupazioni circa il fenomeno dell'intrappolamento dell'aria nell'olio.

Il problema esiste anche nei propulsori convenzionali, ma i propulsori elettrificati in genere hanno pozzetti più piccoli, tempi di residenza più bassi, pressioni più basse e velocità dell'albero molto più elevate, il che significa che il rischio di aerazione può essere maggiore e con effetti più gravi.

L'intrappolamento dell'aria incrementa il volume e modifica le capacità di trasferimento del calore, e la lubrificazione.

L'aerazione fornisce anche un contatto più intimo tra il fluido e l'ossigeno disponibile, aumentando la velocità con cui l'ossidazione può verificarsi e il fluido può degradarsi.

L'aerazione è un fenomeno complesso e dinamico e che la SAE J3200 consiglia di valutare sui lubrificanti finiti. Ogni additivo ha il potenziale per modificare le prestazioni di aerazione, al pari della configurazione meccanica di tutto il sistema.



# SAE J3200 : requisiti dell'olio

## PROPRIETA' ELETTRICHE

Ai fluidi utilizzati nei veicoli elettrici si richiedono proprietà di **isolamento elettrico** per prevenire qualsiasi contatto con i componenti elettrici e/o elettronici del veicolo.

La **conducibilità elettrica** di un lubrificante è una misura di come la carica fluisce facilmente attraverso un materiale, cioè è il reciproco della resistività.

La capacità di trasportare cariche dipende dal numero e dalla mobilità delle specie polari presenti nel lubrificante. Mentre le basi idrocarburiche sono mezzi isolanti, gli additivi dell'olio possono aumentare o diminuire la conducibilità dell'olio:

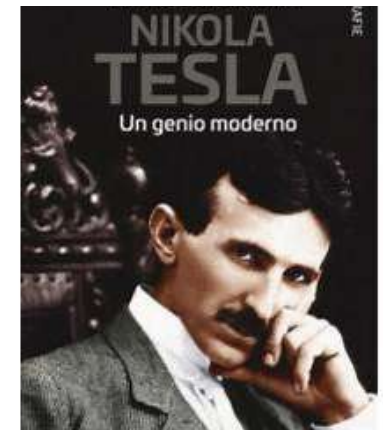
La conducibilità deve essere ben bilanciata in quanto se è troppo alta può provocare cortocircuiti o perdite di corrente pericolose. Se è troppo bassa, le cariche statiche possono accumularsi nel sistema e si può avere degrado del fluido per ossidazione a causa dell'arco elettrico.

La **costante dielettrica**, è una misura di quanta energia (capacità) un materiale isolante può immagazzinare in un campo elettrico, e non varia molto tra oli a base di idrocarburi.

Il **fattore di dissipazione** è una misura di quanto efficientemente, o inefficientemente, un isolante immagazzina energia in un campo elettrico, ed è legata alla conducibilità.

La **tensione di rottura dielettrica** è una misura della resistenza di un isolante alla formazione di un percorso conduttivo attraverso il materiale. Questa caratteristica va considerata nella generazione e distribuzione di alte potenze tipiche di trasformatori, regolatori, reattori, interruttori, quadri, ecc. La contaminazione dell'acqua può ridurre questo valore.

| Diminuisce la conducibilità | Aumenta la conducibilità    |
|-----------------------------|-----------------------------|
| Fosfolipidi                 | ZDDP                        |
| Salicilati di Calcio        | MoDTC                       |
| Alchilsolfonati di Calcio   | Alchilsolfonati di Magnesio |
| Liquidi ionici              | PIB succinimide             |
| Acido stearico              |                             |



# SAE J3200 : requisiti dell'olio

## CORROSIONE

Anche questo fenomeno riguarda già i motori convenzionali dove il rame è presente in boccole, cuscinetti e rondelle ma nei motori elettrici assume un'importanza maggiore.

Gli avvolgimenti del motore elettrico sono realizzati in filo di rame isolato e tenuto in posizione da vari materiali polimerici.

**La dissoluzione del metallo ed il suo trasferimento in altri punti possono portare all'apertura dei circuiti e alla formazione di cortocircuiti.**

Un cortocircuito degli avvolgimenti dovuto al deterioramento dell'isolamento o alla corrosione del filo di rame provocherebbe un guasto irreversibile.



**Una valutazione accurata della corrosione in queste condizioni è opportuna per cui la SAE J3200 raccomanda le procedure e i protocolli per valutare la protezione dell'E-motor e dell'elettronica inclusa**



# SAE J3200 : requisiti dell'olio

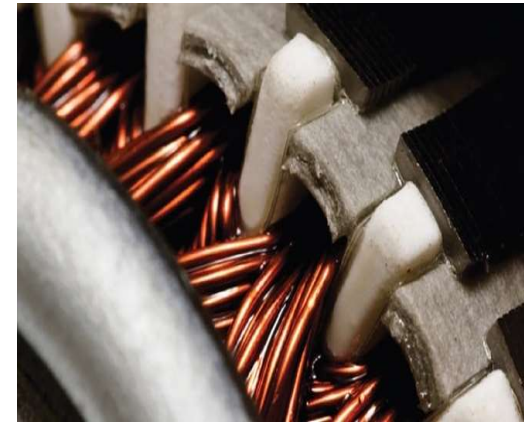
## COMPATIBILITA' CON I MATERIALI

L'accoppiamento di un motore elettrico con il gruppo di riduzione porta il lubrificante a contatto con una varietà di materiali non metallici come plastica dura e materiali flessibili che servono a tenere in posizione porzioni di motore, avvolgimenti o connettori elettrici.

**Occorre evitare che il lubrificante possa degradare le caratteristiche di resistenza e flessibilità del materiale, che può diventare debole o fragile.**

Queste proprietà possono essere valutate efficacemente utilizzando prove di trazione che consentano di creare una curva sforzo-deformazione.

Per le trasmissioni convenzionali, le specifiche del lubrificante prevedono di valutare la compatibilità dell'olio con gli elastomeri usati per la tenuta. Nel caso dei fluidi per l'e-mobility, è opportuna la valutazione preventiva della compatibilità del lubrificante con i comuni componenti dei motori elettrici.



# SAE J3200

## METODI DI ANALISI RACCOMANDATI



| ELECTRICAL PROPERTIES   |  |   |                                 |
|---|--|---|---------------------------------|
| Test Method(s)  | Measured Properties  | Recommended Equipment   | Units                           |
| ASTM D1169<br>IEC 60247 (or equivalent,<br>Flucon procedure)                          | Electrical conductivity of the fluid<br>from 20 to 150 °C  | Tettex 2830 / 2831,<br>Flucon Epsilon+                                  | μS/m                            |
| ASTM D1169<br>IEC 60247 (or equivalent,<br>Flucon procedure)                          | Relative permittivity (dielectric<br>constant) of the fluid from 20 to<br>150 °C                               | Tettex 2830 / 2831,<br>Flucon Epsilon+                                  | unitless                        |
| ASTM D1169<br>IEC 60247 (or equivalent,<br>Flucon procedure)                          | Dissipation factor, 20 to 150 °C   | Tettex 2830 / 2831,<br>Flucon Epsilon+                                  | unitless                        |
| ASTM D1816<br>ASTM D877<br>IEC 60156  | Dielectric breakdown strength<br>(breakdown voltage) at 20 °C  | Megger, Bauer, or<br>equivalent   | kV/mm or MV/m                   |
| HEAT TRANSFER PROPERTIES  |  |   |                                 |
| Test Method(s)  | Measured Properties  | Recommended Equipment   | Units                           |
| ASTM E1269<br>ASTM E2716<br>ASTM D7896  | Specific heat capacity,<br>20 to 150 °C  | Differential scanning<br>calorimeter, modulated<br>DSC, Flucon Lambda   | J/(g K)                         |
| ASTM D7896  | Thermal conductivity,<br>20 to 150 °C  | Flucon Lambda   | W/(m · K)                       |
| COPPER CORROSION AND CONDUCTIVE DEPOSIT PROPERTIES                                    |  |   |                                 |
| Test Method(s)  | Measured Properties  | Recommended Equipment   | Units                           |
| Wire Corrosion Test<br>US Army MilSpec /<br>FTM XXXX (TBD)<br>ASTM Subcommittee 9     | Rate of copper wire corrosion  | Wire corrosion test -<br>WCT Tannas Co. /<br>Lubrizon<br>Patent pending | Radius change in<br>Angstroms   |
| Conductive Deposit Test<br>US Army MilSpec /<br>FTM XXXX (TBD)<br>ASTM Subcommittee 9 | Rate of change in resistance of<br>copper traces over time, both in<br>the fluid and vapor states at<br>150 °C | Conductive cepsit test<br>CDT - Tannas Co.<br>Patent pending            | Rate of change in<br>resistance |
| Extended ASTM D130:<br>Needs addendum or new<br>method<br>ASTM Subcommittee 5         | Copper strip corrosion levels<br>measured after exposure at<br>150 °C  | Per standard  | ppm copper<br>visual rating     |
| Vapor Phase Copper Test<br>New method<br>ASTM Subcommittee 5                          | Extension of copper corrosion in<br>response to vapor conditions at<br>100 °C                                  | Test method lists parts<br>to assemble                                  | Visual rating from<br>chart     |

# SAE J3200

## METODI DI ANALISI RACCOMANDATI



| OXIDATION PROPERTIES   |   |                                    |  |
|--|---|------------------------------------|--|
| Test Method(s)   | Measured Properties   | Recommended Equipment              | Units  |
| Aluminum Beaker Oxidation<br>Ford Method BJ 110-04<br>(1992)   | Extent of oxidation determined by:<br>- Oil viscosity increase<br>- Change in acid number<br>- Differential IR<br>- Insoluble content<br>- Cu and Pb degradation  | Per standard                       | % viscosity increase<br>g KOH/g oil<br>change in IR<br>absorbance<br>g insolubles<br>ppm Cu/Pb |
| CEC L-48 Oxidation<br>Stability (DKA)  | Extent of oxidation determined by:<br>- Oil viscosity increase<br>- Differential IR<br>- Sludge rating  | Per standard                       | % viscosity increase<br>FTIR Peak Area<br>Increase (PAI)<br>sludge rating                      |
| ASTM D5704<br>L-60-1 Oxidation Test  | Extent of oxidation determined by:<br>- Oil viscosity increase<br>- C5 (pentane) and toluene<br>insolubles<br>- Carbon/varnish on gear<br>- Sludge on gear<br>- Cu degradation  | Per standard                       | % viscosity increase<br>g insolubles<br>carbon/varnish rating<br>sludge rating<br>ppm Cu       |
| JIS K 2514<br>Indiana Stirring Oxidation<br>Stability Test (ISOT)  | Extent of oxidation determined by:<br>- Oil viscosity increase<br>- Change in acid number<br>- Lacquer and sludge formation   | Per standard                       | Viscosity ratio<br>g KOH/g oil<br>visual rating  |
| MATERIAL COMPATIBILITY   |   |                                    |  |
| Test Method(s)   | Measured Properties   | Recommended Equipment              | Units  |
| Tests are being developed.<br>Basis for tests may be<br>related to:<br>Modified ASTM D638 (for<br>plastics)<br>ASTM D412 (for<br>elastomers)<br>ISO 527(for plastics)<br>IEC 60819-2 (for insulating<br>paper) | Structural (rigid or flexible)<br>materials:<br><br>Changes in tensile properties<br>resulting from exposure to fluid.<br><br>Rigid materials: PA6, PA46, PA66,<br>PPS, epoxy ester, phenolic<br>molding compound, cyanoacrylate<br>adhesive, Polypropylene (PP),<br>polyethylene terephthalate<br>polyester (PET), Plastic PBT.<br><br>Flexible materials: Polyester<br>braided fabric, Aramid polymer<br>paper, Insulating paper. | No tests specified at this<br>time |  |
| Insulated Magnet Wire:<br>Test methods are being<br>developed. Some OEM and<br>proprietary.  | Changes in insulating properties<br>resulting from exposure to fluid.<br>Coated* copper wire, 0.125 mm<br>and 0.5 mm dia.<br>*Coatings: Mod. Polyurethane,<br>Polyester imide, THEIC-mod.<br>Polyester imide, A200 polyamide<br>imide, PA, PP, PEEK, PPS.   | No tests specified at this<br>time |  |

# SAE J3200

## METODI DI ANALISI RACCOMANDATI



| HIGH-SPEED AERATION PROPERTIES  |   |                                      |               |
|---|---|--------------------------------------|---------------|
| Test Method(s)  | Measured Properties   | Recommended Equipment                | Units         |
| DEXRON® Aeration Test, SAE Paper 2004-01-2914, A New Method of Measuring Aeration and Deaeration of Fluids  | Fluid is aerated using a chain-driven pump in a non-pressurized sump. Fluid density is measured via a Coriolis mass flowmeter. Fluids are evaluated at three temperatures by comparing aerated and unaerated densities, as well as aeration and deaeration times. Can be used to compare new and used fluid in a single test. | Pump                                 | Density, time |
| Caterpillar Oil Aeration Test (COAT), ASTM D8047 Standard Test Method for Evaluation of Engine Oil Aeration Resistance in a Caterpillar C13 Direct-Injected Turbocharged Automotive Diesel Engine | This 50-hour engine test evaluates aeration performance of a lubricant when run on a Caterpillar C13 engine at high idle conditions. The aeration is calculated throughout the test by using continuously measured lubricant density. It is run at 90 °C for 50 hours, with density changes calculated throughout the test.   | Caterpillar C13 engine, per standard | Density       |
| ASTM D892 Standard Test Method for Foaming Characteristics of Lubricating Oils  | Volume of foam produced is measured after a specific time and temperature are obtained.   | Per standard                         | Volume        |
| ASTM D6082 Standard Test Method for High Temperature Foaming Characteristics of Lubricating Oils  | Volume increase is measured after heating and cooling cycle.  | Per standard                         | Volume        |

**In aggiunta ai test raccomandati vengono poi riportati altri test considerati utili per valutare la condizione di oli nuovi e usati, espressi in ulteriori tabelle.**

# CLASSIFICAZIONE VISCOSIMETRICA OLI TRANSMISSIONE SAE J306

La SAE J306 è stata aggiornata nel 2019 con l'introduzione di nuovi gradi estivi



| SAE Viscosity Grade | Maximum Temperature for Viscosity of 150,000 cP (°C) <sup>1</sup> | Kinematic Viscosity at 100°C (cSt) <sup>2</sup> Minimum <sup>3</sup> | Kinematic Viscosity at 100°C (cSt) <sup>2</sup> Maximum |
|---------------------|---|--|---|
| 70W                 | -55   | 3.8  | -   |
| 75W                 | -40   | 3.8  | -   |
| 80W                 | -26   | 8.5  | -   |
| 85W                 | -12   | 11.0   | -   |
| 65                  | -   | 3.8  | <5.0  |
| 70                  | -   | 5.0  | <6.5  |
| 75                  | -   | 6.5  | <8.5  |
| 80                  | -   | 8.5  | <11.0   |
| 85                  | -   | 11.0   | <13.5   |
| 90                  | -   | 13.5   | <18.5   |
| 110                 | -   | 18.5   | <24.0   |
| 140                 | -   | 24.0   | <32.5   |
| 190                 | -   | 32.5   | <41.0   |
| 250                 | -   | 41.0   | -   |