



Auto elettriche e batterie: stato dell'arte

corso di formazione - Sala Donatori – Rettorato

Il ciclo di vita delle batterie e le nuove certificazioni

Giovanni Dotelli, dip. Chimica, Materiali e Ingegneria Chimica «G.Natta» (CMIC), Politecnico di Milano

Milano, 18 09 2023

Green Deal Europeo



Green Deal

fare dell'Europa il primo continente al mondo a impatto climatico zero

Tutti i 27 Stati membri hanno assunto l'impegno di fare dell'UE il primo continente a impatto climatico zero entro il 2050

Per raggiungere questo traguardo si sono impegnati a ridurre le emissioni di almeno il 55% entro il 2030 rispetto ai livelli del 1990

Rendere i trasporti sostenibili per tutti

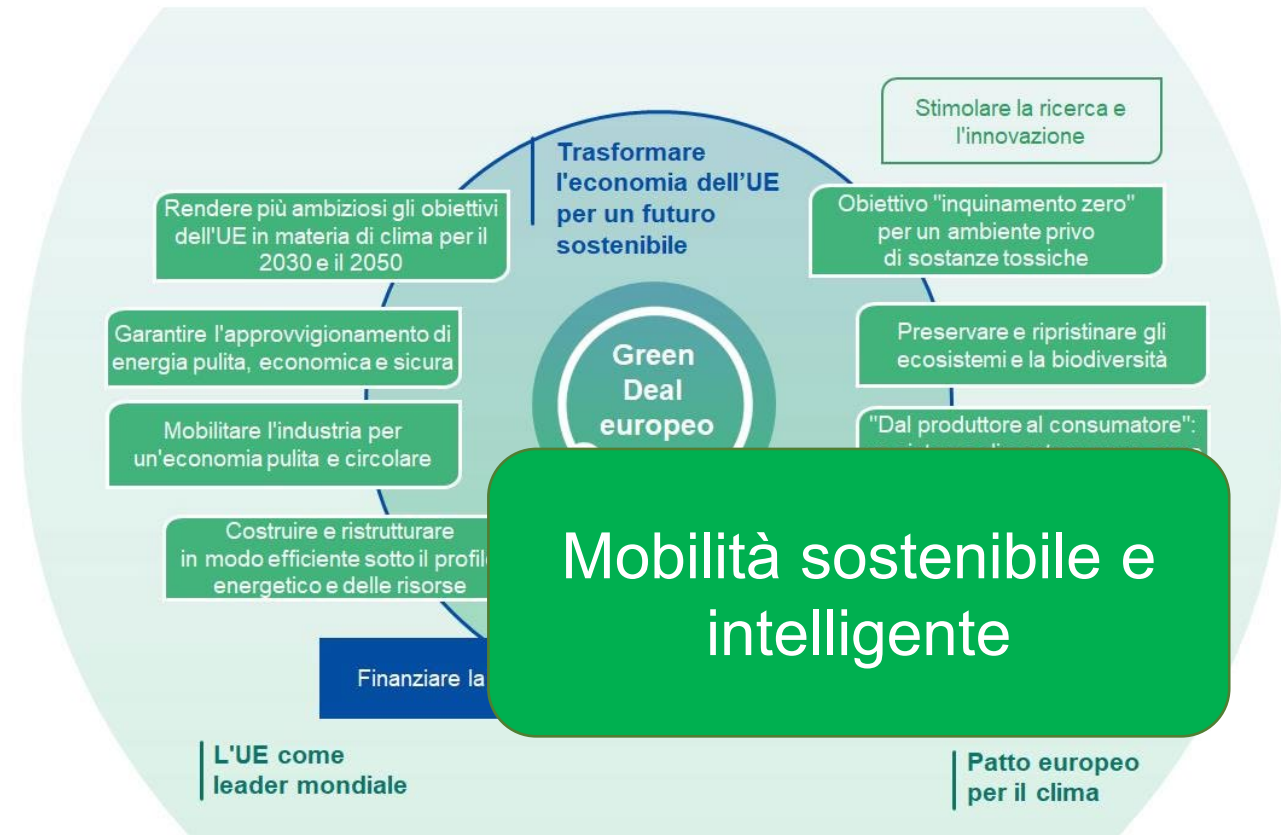
https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_it

Green Deal Europeo

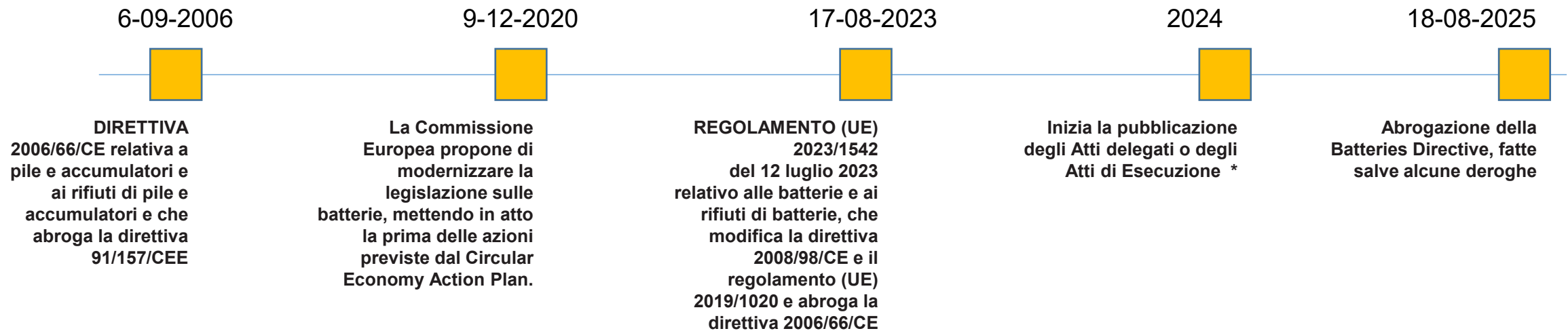
📄 Riduzione del 55% delle emissioni delle automobili entro il 2030

📄 Riduzione del 50% delle emissioni dei furgoni entro il 2030

📄 Zero emissioni prodotte dalle automobili nuove entro il 2035



Legislazione sulle batterie



* https://commission.europa.eu/law/law-making-process/adopting-eu-law/implementing-and-delegated-acts_it

“Batteries Directive”

DIRETTIVA 2006/66/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 6 settembre 2006 relativa a pile e accumulatori e ai rifiuti di pile e accumulatori e che abroga la direttiva 91/157/CEE Batteries Directive

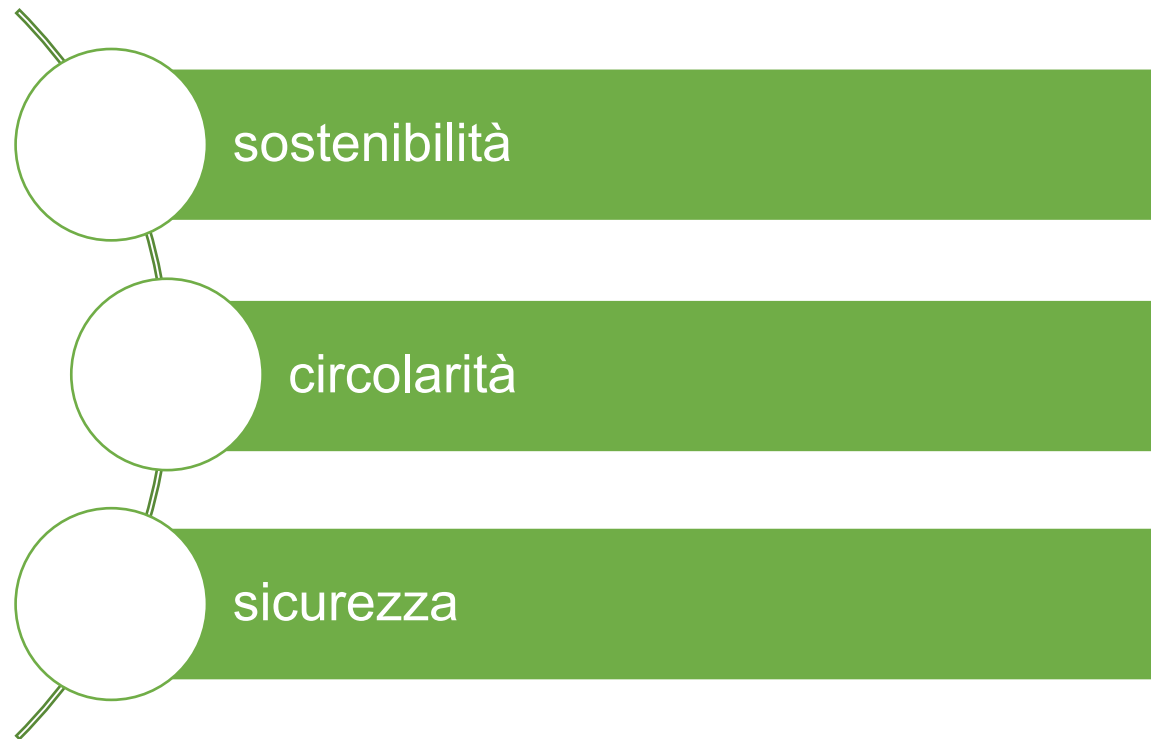
Nota anche come “Batteries Directive” è stata adottata nel 2006 e soggetta a numerose revisioni:

- Direttiva 2008/12/CE del Parlamento europeo e del Consiglio dell'11 marzo 2008 L 76 39 19.3.2008
- Direttiva 2008/103/CE del Parlamento europeo e del Consiglio del 19 novembre 2008 L 327 7 5.12.2008
- Direttiva 2013/56/UE del Parlamento europeo e del Consiglio del 20 novembre 2013 L 329 5 10.12.2013
- Direttiva (UE) 2018/849 del Parlamento europeo e del Consiglio del 30 maggio 2018 L 150 93 14.6.2018

https://environment.ec.europa.eu/topics/waste-and-recycling/batteries-and-accumulators_en

“Batteries Regulation”

REGOLAMENTO (UE) 2023/1542 DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 12 luglio 2023 relativo alle batterie e ai rifiuti di batterie, che modifica la direttiva 2008/98/CE e il regolamento (UE) 2019/1020 e abroga la direttiva 2006/66/CE









https://european-union.europa.eu/institutions-law-budget/law/types-legislation_it

<https://www.consilium.europa.eu/en/press/press-releases/2023/07/10/council-adopts-new-regulation-on-batteries-and-waste-batteries/>

“Batteries Regulation”

Il presente regolamento si applica a tutte le categorie di batterie:

-  batterie portatili
-  batterie per l'avviamento, l'illuminazione o l'accensione (batterie per autoveicoli)
-  batterie per mezzi di trasporto leggeri
-  **batterie per veicoli elettrici**
-  batterie industriali
-  batterie incorporate o aggiunte a prodotti o specificamente progettate per essere incorporate o aggiunte ad altri prodotti

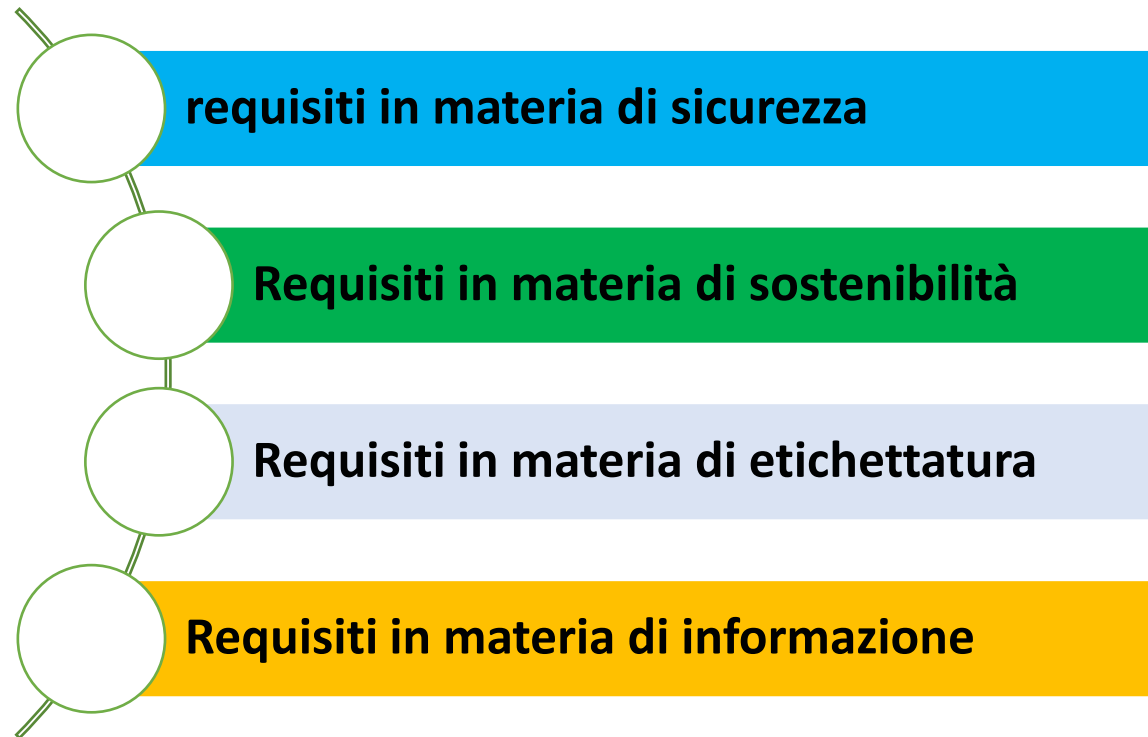
“Batteries Regulation”

- 🇪🇺 disciplina le batterie lungo tutto il loro ciclo di vita
- 🇪🇺 fissa obiettivi di raccolta dei rifiuti
- 🇪🇺 fissa un obiettivo per il recupero del litio
- 🇪🇺 fissa dei livelli minimi obbligatori di contenuto riciclato
- 🇪🇺 fissa un obiettivo di efficienza del riciclaggio
- 🇪🇺 introduce una etichettatura
- 🇪🇺 introduce il «Passaporto» della batteria

https://environment.ec.europa.eu/news/new-law-more-sustainable-circular-and-safe-batteries-enters-force-2023-08-17_en
<https://www.consilium.europa.eu/it/press/press-releases/2023/07/10/council-adopts-new-regulation-on-batteries-and-waste-batteries/>

“Batteries Regulation”

Le batterie sono immesse sul mercato o messe in servizio solo se rispettano



“Batteries Regulation”

Le batterie sono immesse sul mercato o messe in servizio solo se rispettano



Restrizioni relative alle sostanze



* https://environment.ec.europa.eu/topics/waste-and-recycling/end-life-vehicles_en

Restrizioni relative alle sostanze

| RESTRIZIONE SULLE SOSTANZE | |
|--|---|
| Colonna 1 Denominazione della sostanza o del gruppo di sostanze | Colonna 2 Restrizioni |
| 1. Mercurio N. CAS 7439-97-6 N. CE 231-106-7 e suoi composti | Le batterie, anche incorporate in apparecchi, mezzi di trasporto leggeri o altri veicoli, non contengono più dello 0,0005 % di mercurio (espresso come mercurio metallico) in peso. |
| 2. Cadmio N. CAS 7440-43-9 N. CE 231-152-8 e suoi composti | Le batterie portatili, anche incorporate in apparecchi, mezzi di trasporto leggeri o altri veicoli, non contengono più dello 0,002 % di cadmio (espresso come cadmio metallico) in peso. |
| 3. Piombo N. CAS 7439-92-1 N. CE 231-100-4 e suoi composti | 1. A decorrere dal 18 agosto 2024, le batterie portatili, anche incorporate in apparecchi, non contengono più dello 0,01 % di piombo (espresso come piombo metallico) in peso. 2. La restrizione di cui al punto 1 non si applica alle pile zinco-aria a bottone portatili fino al 18 agosto 2028. |

«batteria portatile»: la batteria sigillata, con peso pari o inferiore a 5 kg, non progettata specificamente per uso industriale e che non è né una batteria per veicoli elettrici, né una batteria per mezzi di trasporto leggeri, né una batteria per autoveicoli;

End-of-Life Vehicle Regulation



Proposal for a Regulation on circularity requirements for vehicle design and on management of end-of-life vehicles
13 luglio 2023

https://environment.ec.europa.eu/topics/waste-and-recycling/end-life-vehicles/end-life-vehicles-regulation_en

https://environment.ec.europa.eu/publications/proposal-regulation-circularity-requirements-vehicle-design-and-management-end-life-vehicles_it

“Batteries Regulation”

Le batterie sono immesse sul mercato o messe in servizio solo se rispettano



Cos'è l'impronta di carbonio

- EN ISO 14067: 2018 Greenhouse gases - Carbon footprint of products - Requirements and guidelines for quantification
- carbon footprint of a product (CFP):
 - sum of GHG emissions and GHG removals in a product system, expressed as CO2 equivalents and based on a life cycle assessment using the single impact category of climate change
- "impronta di carbonio": la somma delle emissioni di gas a effetto serra e degli assorbimenti di gas a effetto serra in un sistema di prodotto, espressa in equivalenti di biossido di carbonio (CO2) e basata su uno studio dell'impronta ambientale di prodotto (**PEF, Product Environmental Footprint**) che utilizza la categoria di impatto unica dei cambiamenti climatici;

Proposta di REGOLAMENTO DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO relativo alle batterie e ai rifiuti di batterie, che abroga la direttiva 2006/66/CE e modifica il regolamento (UE) 2019/1020

Impronta di carbonio

Dichiarazione dell'impronta di carbonio contenente almeno le informazioni seguenti:

- 📄 Fabbricante
- 📄 Modello di batteria
- 📄 Posizione geografica dello stabilimento di fabbricazione
- 📄 Impronta di carbonio
- 📄 Numero identificativo della dichiarazione di conformità UE
- 📄 Link di accesso pubblico allo studio a supporto dell'impronta di carbonio

Impronta di carbonio - roadmap

- 👣 Entro il **18 febbraio 2024** la Commissione adotta un atto delegato al fine di integrare il presente regolamento stabilendo la metodologia per il calcolo e la verifica dell'impronta di carbonio della batteria
- 👣 Rules for the calculation of the Carbon Footprint of Electric Vehicle Batteries (CFBEV)
[https://eplca.jrc.ec.europa.eu/permalink/battery/GRB-CBF_CarbonFootprintRules-EV_June_2023.pdf]

Impronta di carbonio - roadmap

- 👣 l'impronta di carbonio della batteria è calcolata come kg di biossido di carbonio equivalente per un kWh dell'energia totale fornita dalla batteria durante la sua vita utile prevista;
- 👣 l'impronta di carbonio della batteria è differenziata in base alla fase del ciclo di vita (acquisizione delle materie prime e pre-lavorazione; fabbricazione del prodotto; distribuzione; fine vita e riciclaggio)
- 👣 la dichiarazione dell'impronta di carbonio si applica a partire dal **18 febbraio 2025** o 12 mesi dopo la data di entrata in vigore dell'atto delegato o dell'atto di esecuzione

Classe di prestazione - roadmap

- 👣 Entro il **18 febbraio 2025** la Commissione adotta un atto delegato per stabilire le classi di prestazione relative all'impronta di carbonio e un atto di esecuzione che stabilisce i formati per l'etichettatura
- 👣 I requisiti riguardanti la classe di prestazione relativa all'impronta di carbonio si applicano a decorrere dal **18 agosto 2026** o 18 mesi dopo la data di entrata in vigore dell'atto delegato o dell'atto di esecuzione

Soglia massimo - roadmap

- 👣 Entro il **18 agosto 2026** la Commissione adotta un atto delegato per determinare la soglia massima dell'impronta di carbonio durante il ciclo di vita
- 👣 il valore dichiarato dell'impronta di carbonio durante il ciclo di vita per il pertinente modello di batteria per stabilimento di fabbricazione è inferiore alla soglia massima stabilita nell'atto delegato
- 👣 Il requisito relativo alla soglia massima dell'impronta di carbonio durante il ciclo di vita si applica a decorrere dal **18 febbraio 2028** o 18 mesi dopo la data di entrata in vigore dell'atto delegato

Contenuto di riciclato



Entro il **18 agosto 2026**, la Commissione adotta un atto delegato per definire la metodologia per il calcolo e la verifica della percentuale di **cobalto, litio o nichel** presente nei materiali attivi e recuperata dai rifiuti della fabbricazione delle batterie o dai rifiuti post-consumo e della percentuale di **piombo** presente nella batteria e recuperata dai rifiuti, e stabilire il formato della documentazione.

Contenuto di riciclato



dal **18 agosto 2028** o 24 mesi dopo la data di entrata in vigore dell'atto delegato le batterie per veicoli elettrici sono accompagnate da una documentazione contenente informazioni sulla percentuale di **cobalto, litio o nichel** presente nei materiali attivi e che è stata recuperata dai rifiuti della fabbricazione delle batterie o dai rifiuti post-consumo, e sulla percentuale di **piombo** presente nella batteria e che è stata recuperata dai rifiuti, per ciascun modello di batteria per anno e stabilimento di fabbricazione

Contenuto di riciclato



dal **18 agosto 2031** la documentazione tecnica deve attestare che tali batterie contengono, nei materiali attivi, la seguente percentuale minima, rispettivamente, di cobalto, litio o nichel recuperata dai rifiuti della fabbricazione delle batterie o dai rifiuti post-consumo e la percentuale minima di piombo presente nella batteria e che è stata recuperata dai rifiuti, per ciascun modello di batteria per anno e stabilimento di fabbricazione:

| Cobalto | Piombo | Litio | Nichel |
|---------|--------|-------|--------|
| 16 % | 85 % | 6 % | 6 % |

Contenuto di riciclato



dal **18 agosto 2036** la documentazione tecnica deve attestare che le batterie contengono, nei materiali attivi, la seguente percentuale minima, rispettivamente, di cobalto, litio o nichel recuperata dai rifiuti della fabbricazione delle batterie o dai rifiuti post- consumo e la percentuale minima di piombo presente nella batteria e che è stata recuperata dai rifiuti, per ciascun modello di batteria per anno e stabilimento di fabbricazione:

| Cobalto | Piombo | Litio | Nichel |
|---------|--------|-------|--------|
| 26 % | 85 % | 12 % | 15 % |

Efficienza di riciclaggio

| Obiettivi di riciclaggio entro | 31 dicembre 2025 | 31 dicembre 2030 |
|--------------------------------|--------------------|--------------------|
| Batterie al piombo-acido | 75 % di peso medio | 80 % di peso medio |
| Batterie al litio | 65 % di peso medio | 70 % di peso medio |
| Batterie al nichel-cadmio | 80 % di peso medio | 80 % di peso medio |
| Altri rifiuti di batterie | 50 % di peso medio | 50 % di peso medio |
| | | |

Recupero dei materiali

| Obiettivi di recupero entro | 31 dicembre 2027 | 31 dicembre 2031 |
|-----------------------------|------------------|------------------|
| Cobalto | 90 % | 95 % |
| Rame | 90 % | 95 % |
| Piombo | 90 % | 95 % |
| Litio | 50 % | 80 % |
| Nichel | 90 % | 95 % |

Requisiti in materia di prestazioni e durabilità

- 📄 dal **18 agosto 2024** le batterie per veicoli elettrici sono accompagnate da un documento contenente i valori dei parametri di prestazione elettrochimica e durabilità
- 📄 Per i veicoli elettrici non è richiesta una soglia minima in termini di prestazioni elettrochimiche e durabilità

Requisiti in materia di etichettatura, marcatura e informazioni

- 📄 dal **18 agosto 2025** tutte le batterie sono contrassegnate con il simbolo per la raccolta differenziata delle batterie
- 📄 dal **18 agosto 2026** o 18 mesi dopo la data di entrata in vigore dell'atto di esecuzione le batterie sono provviste di un'etichetta contenente:
 - 📄 le informazioni generali sulle batterie
 - 📄 informazioni relative alla loro capacità



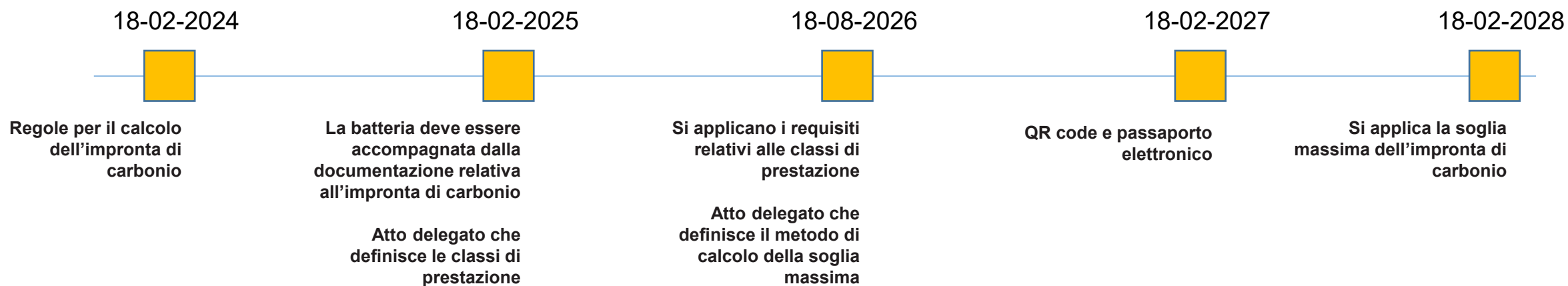
Requisiti in materia di etichettatura, marcatura e informazioni

- 📄 dal **18 febbraio 2027** tutte le batterie sono contrassegnate con un codice QR che permette di accedere al passaporto della batteria;






Legislazione sulle batterie – roadmap per i veicoli elettrici





Atti delegati: impronta di carbonio



Impronta di carbonio - metodologia

-  Product Environmental Footprint (PEF)
-  Regole specifiche: PEF Category Rules (PEFCR) per le batterie
-  Categoria di impatto: Cambiamenti Climatici
-  Metodo di caratterizzazione “Suggestions for updating the Product Environmental Footprint (PEF) method”
[<https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC115959>]
-  Le compensazioni sono escluse dal calcolo dell'impronta di carbonio


Impronta di carbonio - metodologia

-  L'unità funzionale è definita come un kWh (chilowattora) dell'energia totale fornita dal sistema a batteria durante la vita utile della batteria, misurata in kWh. L'energia totale si ottiene moltiplicando il numero di cicli per la quantità di energia fornita nell'arco di ciascun ciclo.
-  Il flusso di riferimento è il peso della batteria necessario per svolgere una funzione specifica ed è misurato in kg di batteria per kWh dell'energia totale fornita dalla batteria durante la sua vita utile. Tutti i dati quantitativi sugli elementi in ingresso e in uscita raccolti dal fabbricante per quantificare l'impronta di carbonio sono calcolati in relazione al flusso di riferimento.

Impronta di carbonio – confine del sistema

| Fase del ciclo di vita | Processi interessati |
|---|--|
| Acquisizione delle materie prime e prelaborazione | Comprende i processi di estrazione e gli altri pertinenti processi di approvvigionamento e prelaborazione, nonché il trasporto di tutti i materiali attivi fino alla fabbricazione degli elementi e dei componenti della batteria (materiali attivi, separatori, elettroliti, involucri, componenti attivi e passivi di batterie) nonché dei componenti elettrici o elettronici. |
| Fabbricazione del prodotto principale | Assemblaggio degli elementi di batteria e assemblaggio delle batterie con gli elementi di batteria o i componenti elettrici o elettronici |
| Distribuzione | Trasporto al punto di vendita |
| Fine vita e riciclaggio | Raccolta, smantellamento e riciclaggio |



Impronta di carbonio – confine del sistema

 La **fase di utilizzo** è esclusa dai calcoli relativi all'impronta di carbonio lungo il ciclo di vita in quanto non direttamente influenzabile dai fabbricanti, salvo nei casi in cui sia dimostrato che le scelte operate dai fabbricanti di batterie in fase di progettazione possano influire in modo non trascurabile sull'impatto di tale fase.


Altre iniziative - GLOBAL BATTERY ALLIANCE

-  Greenhouse Gas Rulebook – “provide guidance to facilitate the calculation of comparable greenhouse gas (GHG) footprints of lithium-ion batteries (LIB) for electric vehicles (EV)”

Timeline

-  **Opened**
19 Jun 2023 at 13:00
-  **Closes**
30 Sep 2023 at 01:00

Consultation Documents

-  [Greenhouse Gas Rulebook - Generic Rules](#)

<https://www.globalbattery.org/>

Altre iniziative - PEFCR per batterie ricaricabili

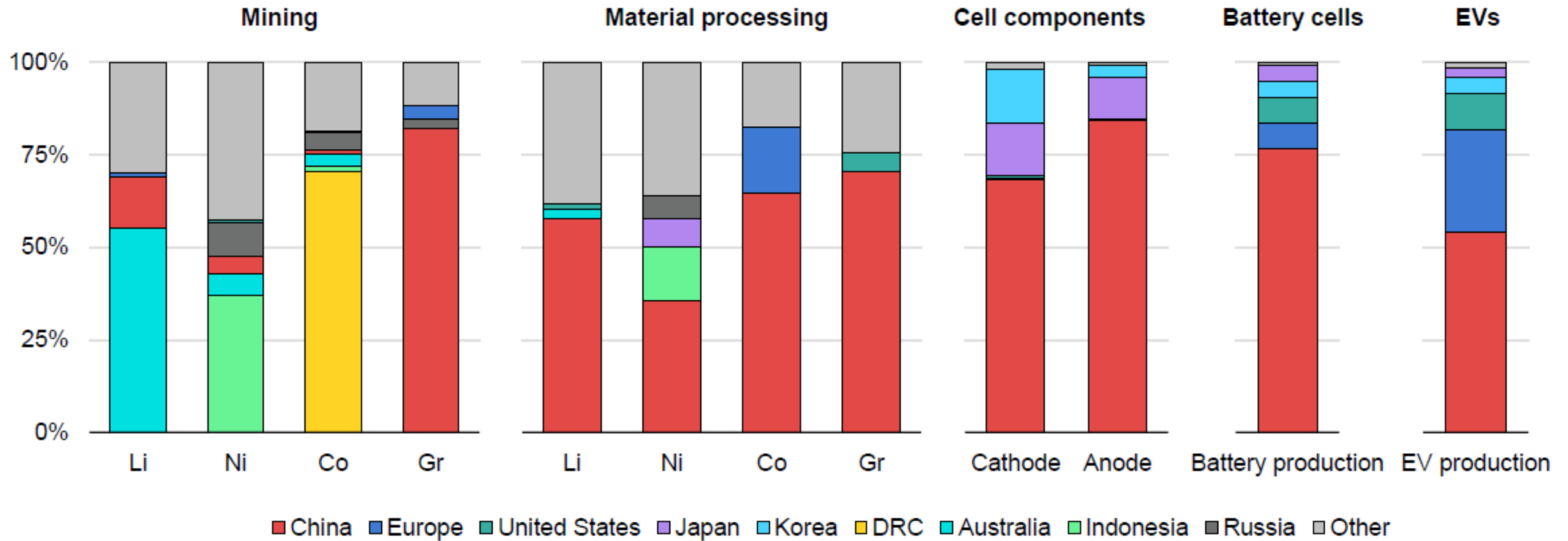
PEFCR - Product Environmental Footprint Category Rules for High Specific Energy Rechargeable Batteries for Mobile Applications



<https://rechargebatteries.org/association/rechargeable-battery-association/>

Il mercato delle batterie per veicoli elettrici

Geographical distribution of the global EV battery supply chain



Global Supply Chains of EV Batteries - IEA - <https://www.iea.org/reports/global-supply-chains-of-ev-batteries>

Chimica delle batterie per veicoli elettrici

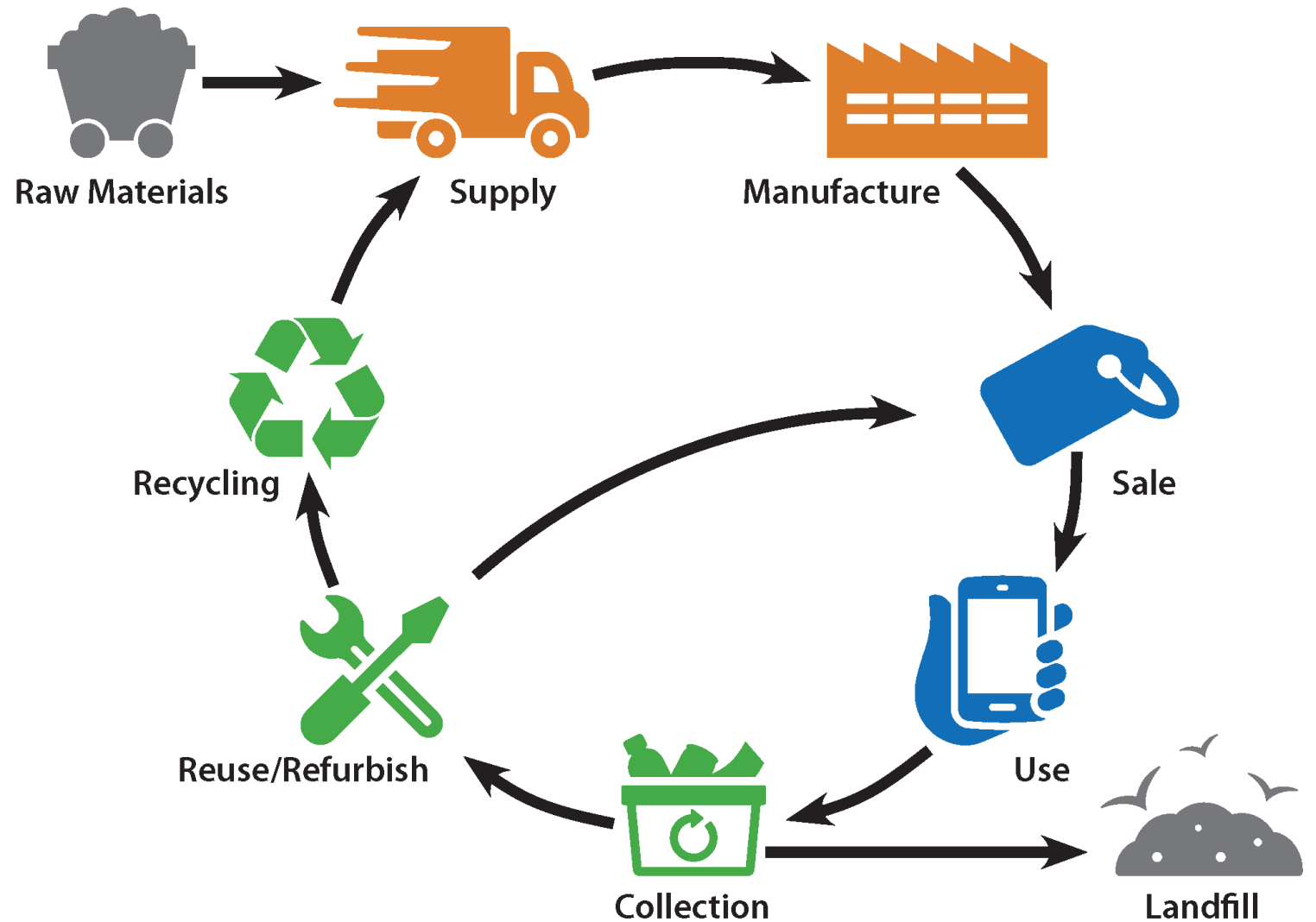
- 🔋 A definire il tipo di batteria, le prestazioni e la domanda di materie prime è la chimica del catodo
- 🔋 Nel settore automotive tre categorie di catodo sono rilevanti:
 - 🔋 lithium nickel manganese cobalt oxide (NMC);
 - 🔋 lithium nickel cobalt aluminium oxide (NCA);
 - 🔋 lithium iron phosphate (LFP).

Referenze aggiuntive

- ❑ Hans Eric Melin et al. ,Global implications of the EU battery regulation. Science 373, 384-387(2021). DOI:10.1126/science.abh1416 (<https://www.science.org/doi/10.1126/science.abh1416> visitato 20-09-23)
- ❑ European Commission, Directorate-General for Climate Action, Hill, N., Amaral, S., Morgan-Price, S. et al., Determining the environmental impacts of conventional and alternatively fuelled vehicles through LCA – Final report, Publications Office of the European Union, 2020, <https://data.europa.eu/doi/10.2834/91418>

Grazie per l'attenzione

giovanni.dotelli@polimi.it



<https://www.epa.gov/recycle/used-lithium-ion-batteries>