



Ricerca di Sistema elettrico

Scenari di recupero di materie prime e CRM dalle batterie per veicoli elettrici

Cutaia L., Chiavetta C., Porta P.L., Brunori C.,
Coronidi M., Creo C., Andriola L.

SCENARI DI RECUPERO DI MATERIE PRIME E CRM DALLE BATTERIE PER VEICOLI ELETTRICI

Cutaia L., Chiavetta C., Porta P.L., Brunori C., Coronidi M., Creo C., Andriola L. (ENEA)

Settembre 2018

Report Ricerca di Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico - ENEA

Piano Annuale di Realizzazione 2017

Area: Efficienza energetica e risparmio di energia negli usi finali elettrici e interazione con altri vettori energetici

Progetto: Mobilità elettrica sostenibile

Obiettivo: Tecnologie e infrastrutture di ricarica di veicoli elettrici. Valutazione sostenibilità tecnologie

Responsabile del Progetto: Maria Pia Valentini, ENEA

Sommario

INDICE DELLE FIGURE.....	4
INDICE DELLE TABELLE	5
INTRODUZIONE.....	6
1 QUANTIFICAZIONE DELLE MATERIE PRIME CRITICHE RECUPERABILI ANNUALMENTE DAL TRATTAMENTO DELLE BATTERIE ELETTRICHE DI TRAZIONE: POSSIBILI SCENARI AL 2030	8
1.1 LE IPOTESI DELLO STUDIO: SCENARI DI PENETRAZIONE DELLA MOBILITÀ ELETTRICA NEL PARCO AUTOVEICOLARE ITALIANO: QUANTIFICAZIONE DELLE IMMATRICOLAZIONI ANNUALI DI AUTO ELETTRICHE TRAMITE INTERPOLAZIONE DEI DATI PROPOSTI DALLO STUDIO E-MOBILITY REVOLUTION DELLA EUROPEAN HOUSE – AMBROSETTI.	9
1.2 LE IPOTESI DELLO STUDIO: LE TRE TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO CONSIDERATE NEL MODELLO PER LE BATTERIE DI TRAZIONE ED I QUANTITATIVI DI LITIO, NICHEL, MANGANESE E COBALTO IN ESSE CONTENUTE	13
1.3 LE IPOTESI DELLO STUDIO: L’EVOLUZIONE TECNOLOGICA DEI PROCESSI DI RICICLO E L’ANDAMENTO PREVISTO PER LE PERCENTUALI DI RACCOLTA	17
1.4 I RISULTATI DELL’ANALISI: I FLUSSI DI MATERIE PRIME SECONDE RESI DISPONIBILI DAL RICICLAGGIO DELLE BATTERIE ELETTRICHE DI TRAZIONE SECONDO IL MODELLO REALIZZATO NELLO STUDIO	19
2 VALUTAZIONE ECONOMICA PRELIMINARE DELLA FATTIBILITÀ DI UNA FILIERA ITALIANA DEL RICICLAGGIO DELLE BATTERIE ELETTRICHE PER AUTO-TRAZIONE.....	23
2.1 I DATI DI INPUT ALLA VALUTAZIONE ECONOMICA DEL SISTEMA DI RICICLAGGIO IPOTIZZATO DALLO STUDIO	23
2.2 I RISULTATI DELLA VALUTAZIONE ECONOMICA DI SCREENING DEL SISTEMA DI RICICLAGGIO IPOTIZZATO DALLO STUDIO.....	24
3 QUANTIFICAZIONE MONETARIA DELLE ESTERNALITÀ EVITATE DAL SISTEMA DI RICICLAGGIO DELLE BATTERIE IPOTIZZATO PER LO SCENARIO ACCELERATO DI PENETRAZIONE DELLA MOBILITÀ ELETTRICA	27
3.1 LA DETERMINAZIONE DELLE ESTERNALITÀ AMBIENTALI IN UN’OTTICA DI CICLO DI VITA.....	27
3.2 INVENTARIO DEI MATERIALI	28
3.3 GLI IMPATTI AMBIENTALI GENERATI DAI PROCESSI DI ESTRAZIONE: UN FOCUS SU GLOBAL WARMING POTENTIAL E RESOURCE DEPLETION POTENTIAL	32
3.4 LA MONETIZZAZIONE DEGLI IMPATTI E LA VALUTAZIONE DELLE ESTERNALITÀ AMBIENTALI DELLO SCENARIO DI RECUPERO DELLE BATTERIE 33	
4 CONCLUSIONI.....	36
RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI.....	38
ALLEGATO I – INVENTARIO DEI FLUSSI PER I PROCESSI DI PRODUZIONE DI COBALTO, NICHEL, MANGANESE, LITIO E GRAFITE	40
ALLEGATO II – INVENTARIO DEI FLUSSI CHE CONTRIBUISCONO AL VALORE TOTALE DI IMPATTO PER L’INDICATORE GLOBAL WARMING POTENTIAL DI COBALTO, NICHEL, MANGANESE, LITIO E GRAFITE.....	57
ALLEGATO III – INVENTARIO DEI FLUSSI CHE CONTRIBUISCONO AL VALORE TOTALE DI IMPATTO PER L’INDICATORE RESOURCE DEPLETION POTENTIAL DI COBALTO, NICHEL, MANGANESE, LITIO E GRAFITE.....	61
ALLEGATO IV – CATEGORIE DI IMPATTO DEL METODO DI VALUTAZIONE DI IMPATTO AMBIENTALE <i>ILCD 2011 MIDPOINT+ V1.10</i>	72

Indice delle figure

Figura 1: Scenari di penetrazione dei mezzi elettrici nel parco italiano al 2025 e al 2030	11
Figura 2: Grafico di immatricolazione annuale delle auto elettriche considerando lo scenario inerziale	12
Figura 3: Grafico di immatricolazione annuale delle auto elettriche considerando lo scenario medio	12
Figura 4: Grafico di immatricolazione annuale delle auto elettriche considerando lo scenario accelerato...	13
Figura 5: Timeline della commercializzazione delle nuove tecnologie delle batterie per EV	14
Figura 6: Elementi presenti nelle diverse batterie per ogni kWh.....	16
Figura 7: Elementi presenti nelle diverse batterie per ogni kWh.....	16
Figura 8: Alcune delle più significative materie prime utilizzate nel settore dei veicoli elettrici e i potenziali flussi derivanti dal riciclaggio di questi nell'UE.....	17
Figura 9: Elementi presenti nelle diverse batterie per ogni kWh.....	20
Figura 10: Materiali riciclati dalla batteria da 40 kWh della nuova Nissan Leaf (NCM 622)	20
Figura 11: Flusso totale di materiali in input e output al processo di estrazione di cobalto in un'ottica di LCA	29
Figura 12: Flusso totale di materiali in input e output al processo di estrazione di nichel in un'ottica di LCA	29
Figura 13: Flusso totale di materiali in input e output al processo di estrazione di litio in un'ottica di LCA ..	30
Figura 14: Flusso totale di materiali in input e output al processo di estrazione di manganese in ottica di LCA	30
Figura 15: Flusso totale di materiali in input e output al processo di estrazione di grafite in ottica di LCA...	31
Figura 16: Grafico dei valori di impatto per l'indicatore Global Warming Potential.....	32
Figura 17: Flusso totale di materiali in input e output al processo di estrazione di grafite in ottica di LCA...	33

Indice delle tabelle

Tabella 1: Valori di immatricolazione annuale calcolati sulla base dello scenario inerziale	12
Tabella 2: Valori di immatricolazione annuale calcolati sulla base dello scenario medio	12
Tabella 3: Valori di immatricolazione annuale calcolati sulla base dello scenario accelerato	13
Tabella 4: Quantitativi per unità di batteria considerata nell’analisi per ognuna delle tre tecnologie considerate	14
Tabella 5: Valori di immatricolazione annuale calcolati sulla base dello scenario accelerato	15
Tabella 6: Valori di immatricolazione annuale calcolati sulla base dello scenario accelerato	15
Tabella 7: Valori di immatricolazione annuale calcolati sulla base dello scenario accelerato	15
Tabella 8: Parametri di efficienza di riciclaggio e di percentuale di batterie recuperate in ambito storage per il Litio nello scenario accelerato	19
Tabella 9: Parametri di efficienza di riciclaggio e di percentuale di batterie recuperate in ambito storage per il Manganese nello scenario accelerato	19
Tabella 10: Parametri di efficienza di riciclaggio e di percentuale di batterie recuperate in ambito storage per il Cobalto ed il Nichel nello scenario accelerato	19
Tabella 11: Flussi in kg di materie prime seconde ottenibili secondo le ipotesi dello scenario inerziale	21
Tabella 12: Flussi in kg di materie prime seconde ottenibili secondo le ipotesi dello scenario medio	21
Tabella 13: Flussi in kg di materie prime seconde ottenibili secondo le ipotesi dello scenario accelerato	21
Tabella 14: Flussi in tonnellate di materie prime seconde ottenibili riciclando il 90% delle materie prime contenute nelle batterie elettriche senza riutilizzo in ambito storage	22
Tabella 15: Quantitativi totali in tonnellate ottenibili secondo lo scenario <i>inerziale</i>	23
Tabella 16: Quantitativi totali in tonnellate ottenibili secondo lo scenario <i>accelerato</i>	23
Tabella 17: Valori minimi e massimi di mercato delle materie prime seconde	24
Tabella 18: Ricavi minimi e massimi riferiti allo scenario inerziale	25
Tabella 19: Ricavi minimi e massimi riferiti allo scenario inerziale, includendo la valorizzazione economica della grafite.....	25
Tabella 20: Ricavi minimi e massimi riferiti allo scenario inerziale	25
Tabella 21: Ricavi minimi e massimi riferiti allo scenario inerziale, includendo la valorizzazione economica della grafite.....	25
Tabella 22: Costi minimi e massimi di trattamento delle batterie per lo scenario inerziale	26
Tabella 23: Costi minimi e massimi di trattamento delle batterie per lo scenario accelerato	26
Tabella 24: Flusso totale di materiali in input e output al processo di estrazione di cobalto in un’ottica di LCA	29
Tabella 25: Flusso totale di materiali in input e output al processo di estrazione di nichel in un’ottica di LCA	29
Tabella 26: Flusso totale di materiali in input e output al processo di estrazione di Litio in un’ottica di LCA	30
Tabella 27: Flusso totale di materiali in input e output al processo di estrazione di manganese in ottica di LCA.....	30
Tabella 28: Flusso totale di materiali in input e output al processo di estrazione di grafite in un’ottica di LCA	31
Tabella 29: Valori di impatto per l’indicatore Global Warming Potential espressi in kg di CO ₂ eq.....	32
Tabella 30: Valori di impatto per l’indicatore Resource Depletion Potential espressi in kg di antimonio eq.	33
Tabella 31: Storico del valore delle quote di carbonio secondo l’EU Emission Trading Scheme (ETS)	34
Tabella 32: Monetizzazione delle esternalità legate al consumo delle risorse espresse in dollari	35
Tabella 33: Monetizzazione delle esternalità legate all’emissione di gas serra espresse in dollari	35

Introduzione

Lo studio prevede una valutazione quantitativa delle materie prime contenute nel catodo delle batterie di trazione (Litio, Manganese, Cobalto e Nichel) già presenti e che verranno immesse nel parco auto italiano nel periodo 2010-2030, che alla fine della loro vita utile potrebbero rappresentare una preziosa fonte di materie prime seconde per la fabbricazione di nuove batterie o per venire sfruttate in altri ambiti produttivi. Lo studio intende porre particolare attenzione sulle materie prime critiche tra quelle presenti nel catodo e realizzare valutazioni di carattere economico al fine di fornire una stima di massima della fattibilità del sistema di riciclaggio ipotizzato.

Il modello realizzato restituisce innanzitutto i valori delle materie prime critiche potenzialmente ottenibili dal riciclaggio delle batterie elettriche di trazione immesse nel parco mezzi privato nel periodo 2010-2030. Oltre a ciò l'analisi, sulla base di alcune ipotesi volte a tenere in considerazione l'efficienza dei sistemi di riciclaggio per le diverse materie prime oggetto di studio e l'andamento delle percentuali di riutilizzo in ambito storage delle batterie nell'orizzonte temporale considerato, offre in output dei valori di materie prime riciclate economicamente sfruttabili sul mercato delle materie prime seconde. Per definire i quantitativi di batterie immesse sul mercato nel periodo considerato (da cui calcolare i suddetti valori annuali di output del modello), l'analisi prende a riferimento per la definizione degli scenari di penetrazione della mobilità elettrica nel parco auto italiano, lo studio strategico *"e-Mobility Revolution. Gli impatti sulle filiere industriali italiane e sul Sistema-Paese: quale Agenda per l'Italia"* realizzato da The European House – Ambrosetti per conto di Enel e presentato al 43° Forum *"Lo scenario di oggi e di domani per le strategie competitive"* (settembre 2017). Oltre a riportare i dati sulle immatricolazioni dal 2010 al 2016, gli scenari elaborati dalla Ambrosetti prevedono valori per i soli anni 2020, 2025 e 2030. Data la cadenza annuale che si intendeva fornire ai valori di output di questo studio, i valori annuali di input (auto immatricolate per ognuno degli anni considerati dal lavoro) sono stati calcolati tramite interpolazione dei dati disponibili. Questo processo di interpolazione dei dati è stato effettuato su tre dei cinque scenari previsti dalla Ambrosetti (di cui si daranno maggiori dettagli nella sezione che tratta le ipotesi alla base del modello realizzato), in maniera tale da valutare i quantitativi di batterie elettriche di trazione immesse nel contesto italiano di anno in anno in un ambito inerziale che prevede una scarsa penetrazione dell'auto elettrica nel parco auto italiano, in uno medio ed infine in uno accelerato che prevede una crescita importante dei numeri della mobilità elettrica in Italia, ipotizzando incentivi ed investimenti a supporto della diffusione della stessa. Partendo dai dati di immatricolato ipotizzati nei tre diversi scenari considerati, sono stati quantificati i volumi di materie prime critiche riciclabili come materie seconde in un'analisi di medio periodo (dal 2019 al 2038) che ha restituito valori con intervallo annuale.

L'analisi, coerentemente con quanto prodotto nello studio relativo all'anno precedente prende come riferimento tecnologico la Nissan LEAF sia nella sua versione attualmente circolante con batteria LMO di 24 kWh di potenza, che nella versione che prevede il ricorso ad una batteria NMC 662 di 40 kWh di potenza (ipotizzata come auto di riferimento dall'anno 2020). Oltre a ciò il modello realizzato per la quantificazione dei flussi di materie prime critiche in uscita dallo stock del parco macchine elettrico circolante in Italia prevede il ricorso dal 2025 ad un terzo sistema di accumulo rappresentato dalla tecnologia indicata come NMC 811, attualmente in fase di sperimentazione, che come le batterie NMC 662 ricorre a Litio, Nichel, Manganese e Cobalto, ma con una diversa distribuzione in massa. Maggiori dettagli sulle ipotesi alla base della scelta del modello di auto elettrica preso come riferimento dello studio e sulle tecnologie dei sistemi di accumulo considerati nell'analisi verranno forniti in un'apposita sezione del presente report.

Il modello previsionale sui flussi di materie prime critiche in uscita a fine vita delle batterie è funzione dunque di tre scenari di penetrazione proposti dallo studio della Ambrosetti, dei diversi modelli di batterie che verranno presi come riferimento tecnologico in tre differenti periodi dell'orizzonte temporale considerato e di altri parametri descritti dettagliatamente nella sezione dedicata alle ipotesi dello studio che intendono considerare la vita utile delle batterie nel loro ciclo di vita primario nell'ambito della trazione veicolare e del loro riutilizzo come sistemi di accumulo (entrambe ipotizzate pari ad 8 anni). Come già detto, oltre a ciò sono stati introdotti parametri indicizzati annualmente che tengano conto dei quantitativi di batterie recuperabili e dell'efficienza di recupero dei sistemi di riciclaggio dei minerali in esse contenuti.

Lo studio evidenzia come lo sviluppo di un efficiente sistema di raccolta e riciclaggio delle batterie esauste potrebbe rappresentare un'opportunità per la creazione di un mercato nazionale di tali materie prime.

Evitare l'esportazione delle batterie a fine vita a favore di un operatore che le ricicli al di fuori del territorio nazionale (principalmente Cina), mantenendo invece, tramite una specifica industria del riciclaggio, parte della catena del loro valore in Italia permetterebbe peraltro la creazione di occupazione ed una generale riduzione degli impatti generati dai trasporti lungo il ciclo di vita delle batterie. A supporto di queste considerazioni è stata effettuata anche una valutazione della fattibilità economica del sistema di riciclaggio ipotizzato, valutando contestualmente l'andamento dei costi e dei ricavi in funzione dei volumi di batterie trattate, sulla base dei flussi di materiali ottenuti dallo scenario inerziale e accelerato e prendendo a riferimento dei valori minimi e massimi di mercato delle materie prime seconde nel medio-lungo termine (2019-2038). Ad integrazione della valutazione economica, è stata inclusa anche una stima in termini monetari delle principali esternalità ambientali del sistema analizzato. In conclusione le evidenze legate all'analisi di scenario dello studio si propongono come strumento di supporto per la valutazione della fattibilità della creazione di un'industria del riciclo delle batterie nell'ambito di una più ampia strategia nazionale per la raccolta, il trattamento ed il recupero delle stesse. I valori calcolati e tabellati nel report rappresentano i quantitativi minimi e massimi di disponibilità annuale di litio, nichel, manganese e cobalto fino all'anno 2038 sulla base dei quali effettuare una valutazione costi-benefici degli investimenti legati alla creazione di un settore specifico per il riciclo di tali rifiuti, tenendo bene a mente che in ogni caso per tali rifiuti deve essere necessariamente previsto un processo di smaltimento. Il set di informazioni riportato in questo report può essere dunque considerato utile materiale di supporto nella definizione di una strategia nazionale per lo sfruttamento dell'elevato valore residuo delle batterie di trazione a fine vita, in un'ottica di implementazione dell'economia circolare e dell'uso efficiente delle risorse.

1 Quantificazione delle materie prime critiche recuperabili annualmente dal trattamento delle batterie elettriche di trazione: possibili scenari al 2030

Capire al momento quale sarà il destino delle batterie elettriche di trazione al termine della loro vita utile è complesso, date le molte opzioni disponibili e lo sviluppo tecnologico rapido delle batterie a ioni di litio, che variano per materiali, dimensioni, forma e quantità degli elementi catodici. La gerarchia delle opzioni include il riutilizzo nell'applicazione originale, l'uso a cascata in altre applicazioni, la rigenerazione o ristrutturazione, il riciclaggio e, infine, lo smaltimento. La Direttiva 2006/66/CE del Parlamento europeo (Allegato III) stabilisce che almeno il 50% in peso di materiali delle batterie debba essere riciclato. La direttiva permette di mandare fuori dai confini nazionali le batterie da riciclare, purché siano rispettate certe norme di sicurezza l'esportazione può avvenire anche in Paesi al di fuori della Comunità europea. In Italia in effetti la prassi seguita è quella dell'esportazione, abbiamo infatti numerosi centri di raccolta con buone percentuali di recupero delle batterie usate ma non ci sono impianti di riciclaggio. Finora le batterie a ioni di litio, nonostante siano state sviluppate procedure di riciclaggio dei materiali strategici di cui sono costituite, non sono generalmente applicate e le batterie vengono smaltite senza essere riciclate. Questo perché il prezzo attuale sul mercato dei materiali non è sufficientemente elevato da rendere conveniente il riciclo, a differenza di quanto avviene per altre tecnologie. Un altro aspetto da considerare, è che la vita attesa di una batteria a ioni di litio per EV è superiore a quella del veicolo (spesso pari all'80% della capacità). Si potrebbero sviluppare quindi procedure per il suo riutilizzo in altre applicazioni (ossia una seconda vita a cascata in altre applicazioni), in particolare in applicazioni a supporto del sistema elettrico come l'alimentazione stazionaria e il livellamento del carico di rete. Molte case automobiliste, tra cui BMW, Nissan, Renault ed altre, hanno proposto, almeno finché gli impianti di trattamento non siano a regime, di utilizzare le batterie per l'energy storage, cioè un riutilizzo come stoccaggio della rete, allungando la vita delle batterie potenzialmente per un altro decennio. I sistemi di stoccaggio a griglia utilizzano batterie che non funzionano più per alimentare le auto elettriche, ma che possedendo ancora tra il 70 e l'80% della capacità di alimentazione originaria, possono essere riutilizzate in modo efficiente per questo servizio. Joe Romm su ThinkReport sottolinea che la possibilità di riutilizzare le batterie delle auto elettriche in effetti potrebbe avere due grandi vantaggi: primo, queste batterie usate possono offrire uno stoccaggio di elettricità più economico per le rinnovabili rispetto a quello oggi disponibile. Secondo, se le batterie usate hanno un valore, allora i produttori possono caricare meno il costo per le loro auto, perché possono fare la differenza rivendendo la batteria in seguito, rendendole ancora più convenienti. Si potrebbe aggiungere a queste due considerazioni anche la riduzione dell'impatto ambientale complessivo di questi prodotti. L'analisi di Creation Inn, una società di consulenza specializzata in energy storage e in economia circolare, prevede che almeno il 60% delle batterie dei veicoli elettrici servirà in soluzioni di secondo utilizzo prima che vengano inviate al riciclaggio. Probabilmente il dato è sovrastimato, infatti le nuove linee guida sia in Europa che in Cina assicurano che almeno il 50% delle batterie esauste vengano avviate al riciclaggio, ma è anche vero che molte case automobilistiche stanno prendendo accordi perché una buona parte delle batterie vengano, almeno nei primi periodi, mandati al riutilizzo per l'accumulo. La Nissan Leaf, ad esempio, ha preso accordi affinché le batterie a fine vita vadano a fare da tampone per le luci della Amsterdam arena. Come abbiamo appunto detto precedentemente, alla fine dell'utilizzo della batteria in un'auto elettrica la sua capacità residua la rende disponibile per una seconda vita, con un uso differente dalla prima ma che può allungare la sua attività per altri 5/10 anni, a seconda della destinazione. Arrivata nuovamente al fine vita si troverà come unica strada percorribile quella del riciclo. A livello globale le percentuali di batterie a ioni di litio esauste riciclate al momento sono intorno al 5%, ma in diversi Paesi si stanno muovendo sia a livello legislativo che finanziario per la costruzione di impianti che possano gestire i flussi previsti per i prossimi anni. In particolare in Cina all'inizio del 2018 sono state condotte molte ricerche sul riciclaggio, che coprono una vasta gamma di tecnologie tra cui il pre-trattamento come lo smontaggio, la triturazione e le operazioni di segregazione, nonché tecnologie di recupero come pirometallurgia, idrometallurgia, estrazione con solvente ed elettro-raffinazione. Anche le infrastrutture industriali sono progredite, con alcune aziende che riciclano le batterie a ioni di litio su scala commerciale. In alcuni casi, tuttavia, il litio non viene recuperato o viene recuperato con impurità che lo rendono non adatto per il riutilizzo nella produzione di batterie. Gli studi hanno rilevato risparmi di risorse derivanti dal riciclo e

la potenziale significativa riduzione dell'impatto ambientale. L'obiettivo degli sforzi di riciclaggio al momento è sui materiali catodici, in quanto costituiscono un'alta percentuale della massa totale e del costo della batteria, inoltre contengono anche metalli critici di grande interesse.

Lo studio ha come obiettivo principale la quantificazione (dal 2019 al 2038) dei flussi di materie prime contenute nel catodo delle batterie elettriche di trazione (Litio, Manganese, Cobalto, Nichel) potenzialmente recuperabili annualmente tramite processi di riciclaggio. I materiali della batteria che vengono riciclati sono infatti quasi esclusivamente quelli catodici, ovvero quelli che a livello economico hanno un più alto valore. Non ci sono informazioni sul riciclo dell'anodo, in quanto ad oggi i processi di trattamento distruggono la grafite. Solo attraverso processi meccanici si riesce ad ottenere che l'anodo non perda i suoi componenti, ma non si sono trovati dati su come venga trattato e che tipo di riutilizzo si faccia della grafite. L'unico recupero di grafite flakes di alta qualità potrebbe avvenire nella produzione di acciaio Kish, tecnicamente è possibile, ma non praticato al momento. I materiali recuperati sono principalmente quelli trattati in questo documento. I flussi di materie prime seconde sono stati calcolati prendendo come riferimento tre differenti scenari di penetrazione della mobilità elettrica (un worst case scenario definito identificato come *inerziale*, un best case scenario identificato come *accelerato* ed uno scenario *medio*, intermedio tra i due) ottenuti tramite interpolazione dei dati di penetrazione al 2030 della mobilità elettrica nel parco auto italiano, proposti dallo studio e-Mobility Revolution della European House – Ambrosetti (di cui si darà maggiore dettaglio nel paragrafo che segue del presente documento). A tali dati di immatricolazione calcolati con cadenza annuale dal 2010 al 2030 sono stati combinati anche dati specifici riguardanti la tipologia di batteria attualmente utilizzata (NMO, Nichel-Ossido di Manganese) dal veicolo di riferimento dell'analisi (Nissan LEAF), oltre alla tecnologia che verrà implementata nell'immediato futuro (batteria NMC 622, dall'anno 2019) e quella a cui si è ipotizzato che la Nissan possa ricorrere per le auto prodotte nel quinquennio 2025-2030 (NMC 811). Per un dettaglio delle ipotesi alla base della scelta della Nissan Leaf come veicolo di riferimento per la modellizzazione del parco auto italiano si rimanda al report che si riferisce alle attività dell'annualità 2017 del presente progetto. La combinazione, dunque, dei suddetti dati di immatricolazione e di quelli rappresentativi della tecnologia di accumulo utilizzata per le batterie di trazione hanno costituito i dati di input del modello per la quantificazione dello stock di materie prime catodiche (Litio, Nichel, Manganese e Cobalto) presenti nelle batterie del parco auto italiano nel periodo 2010-2030. Tali valori calcolati annualmente sono poi stati utilizzati per definire i flussi di rilascio di materie prime seconde a valle dei processi di raccolta delle batterie e di riciclaggio delle stesse. I quantitativi di Litio, Nichel, Manganese e Cobalto disponibili di anno in anno secondo il modello sono funzione, oltre che dei dati di input appena descritti, anche dell'efficienza di recupero delle tecnologie di riciclaggio utilizzate e della capacità di raccolta e invio a recupero delle batterie stesse. Tali dati definiti anno per anno nel modello e le ipotesi alla base delle scelte dei valori utilizzati sono più dettagliatamente descritti nei paragrafi che seguono.

1.1 Le ipotesi dello studio: scenari di penetrazione della mobilità elettrica nel parco autoveicolare italiano: quantificazione delle immatricolazioni annuali di auto elettriche tramite interpolazione dei dati proposti dallo studio e-Mobility Revolution della European House – Ambrosetti.

Per definire i quantitativi di materie prime da rendere disponibili al mercato delle materie prime seconde tramite riciclaggio delle batterie elettriche di trazione, il modello definito nello studio utilizza, tra i vari dati di input, il numero di mezzi elettrici immatricolati anno per anno dal 2010 al 2030. Tali dati sono stati calcolati tramite interpolazione di stime realizzate dalla European House – Ambrosetti nel 2017. Più nel dettaglio l'analisi descritta in questo report prende a riferimento per la definizione degli scenari di penetrazione della mobilità elettrica nel parco auto italiano, lo studio strategico "e-Mobility Revolution. Gli impatti sulle filiere industriali italiane e sul Sistema-Paese: quale Agenda per l'Italia" realizzato appunto dalla The European House – Ambrosetti per conto di Enel (settembre 2017). Di seguito si darà descrizione delle ipotesi tramite cui la European House – Ambrosetti ha realizzato le proprie stime al fine di definire in maniera chiara le ipotesi tramite cui è stata realizzata la definizione dei valori annuali di immatricolazione di mezzi elettrici per

i tre scenari considerati nel nostro studio. Per realizzare le proprie stime la Ambrosetti ha definito scenari che considerano esclusivamente il comparto degli autoveicoli con l'esclusione, quindi, dei segmenti relativi agli altri mezzi di trasporto a quattro o due ruote (veicoli commerciali, autobus e motocicli).

Gli scenari delineati si riferiscono a due milestone temporali di riferimento:

- il 2025, emerso dalle interviste effettuate dalla Ambrosetti con gli operatori di mercato e gli esperti e da un'analisi critica della letteratura di riferimento, quale anno "spartiacque" per il lancio dell'auto elettrica e di tendenziale parità tecnologica tra propulsione elettrica e a motore termico.
- il 2030, indicato dai rappresentanti del settore automotive coinvolti nell'iniziativa e dagli altri esperti intervistati dalla Ambrosetti quale orizzonte temporale di riferimento per raggiungere una produzione di massa, abilitata anche dall'allineamento dei costi per il cliente finale tra auto elettrica e altre modalità di propulsione.

A livello metodologico, per stimare il tasso di penetrazione nei periodi intermedi (2016-2025 e 2025-2030), nello studio e-Mobility Revolution è stata applicata una curva di evoluzione tecnologica basata sulle indicazioni degli operatori di mercato intervistati e calcolata sulla percentuale di autoveicoli elettrici sul totale delle nuove immatricolazioni in ciascun anno, per risalire all'ammontare dello stock nei due anni in esame. In merito ai volumi complessivi, è stato fatto riferimento all'attuale parco auto italiano (37 milioni di autoveicoli al 2016): in considerazione della graduale transizione dalla cultura del "possesso" a quella dell'"utilizzo", è presumibile che il parco auto complessivo subisca una diminuzione nei prossimi anni. Tuttavia, non essendoci previsioni certe su questo fenomeno, è stato assunto che lo stock nazionale di autoveicoli resti invariato, anche alla luce della stabilità registrata negli ultimi 15 anni.

Nel complesso nello studio della Ambrosetti, sono stati elaborati quattro scenari di sviluppo (*basso*, *medio*, *alto* e *accelerato*) più uno *inerziale*. Nello studio descritto in questo report, per ottenere un andamento con cadenza annuale delle immatricolazioni al 2030 sono stati utilizzati come fonte di dati tre dei cinque scenari sopracitati e più precisamente l'*inerziale* (come *worst case scenario* della penetrazione della tecnologia elettrica nel parco auto italiano), lo scenario *medio* e quello *accelerato*, che considera delle condizioni molto favorevoli (*best case scenario*) alla diffusione delle auto elettriche (es: incentivi, realizzazione di infrastrutture di supporto). Di seguito vengono dati maggiori dettagli delle caratteristiche e delle assunzioni di ciascuno dei tre scenari dello studio della Ambrosetti utilizzato nella nostra analisi:

- *Scenario inerziale*: è stato calcolato a partire dalla proiezione del tasso medio annuo di crescita composto del periodo 2005-2016 in Italia (+30,4%). In questo scenario si attendono 133.000 autoveicoli elettrici in Italia al 2025 (pari allo 0,4% del parco circolante nazionale) e mezzo milione al 2030 (pari a circa l'1% del parco circolante nazionale);
- *Scenario medio*: è stato considerato il parere della maggior parte degli operatori di mercato intervistati che concorda sul fatto al 2030 il 30% del venduto sarà elettrico. In tale scenario gli autoveicoli elettrici in circolazione potrebbero arrivare ad 1 milione nel 2025 (pari al 3% del parco circolante nazionale) e a 3 milioni nel 2030 (8%);
- *Scenario accelerato*: tale scenario considera una penetrazione nel medio-lungo periodo molto favorevole alla diffusione delle autovetture elettriche, anche in considerazione delle strategie delle maggiori case produttrici. Questo scenario "accelerato" potrebbe portare a 3 milioni di autoveicoli elettrici al 2025 (8% del parco circolante nazionale) e a 9 milioni al 2030 (24%).

Nella figura di seguito viene dato un dettaglio dei numeri della mobilità elettrica in Italia previsti dallo studio.

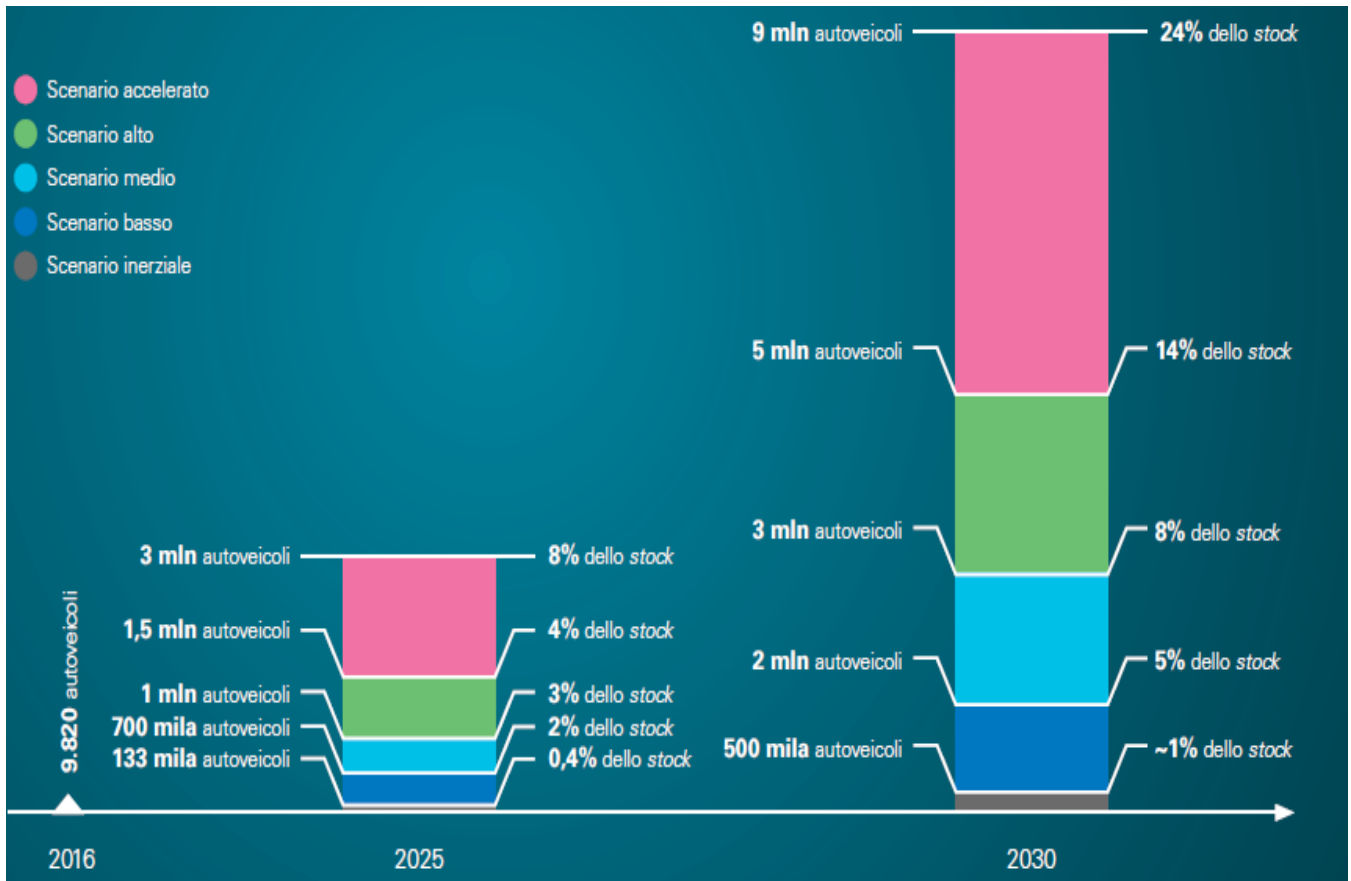


Figura 1: Scenari di penetrazione dei mezzi elettrici nel parco italiano al 2025 e al 2030

Fonte: The European House Ambrosetti, 2017

Tramite interpolazione dei dati di immatricolazione per gli anni 2025 e 2030 dei tre scenari appena descritti e considerando contestualmente lo storico sui dati di mezzi elettrici immatricolati dal 2010 al 2016, sono stati ricavate le proiezioni delle immatricolazioni di mezzi elettrici che si avrebbero annualmente nei tre casi considerati, di cui si riportano grafici e tabelle di seguito. Per coerenza con lo studio della Ambrosetti, a partire dalle cui stime sono stati calcolati valori in tabella, i tre scenari analizzati nel nostro studio sono anch'essi denominati *inerziale*, *medio* e *accelerato*.

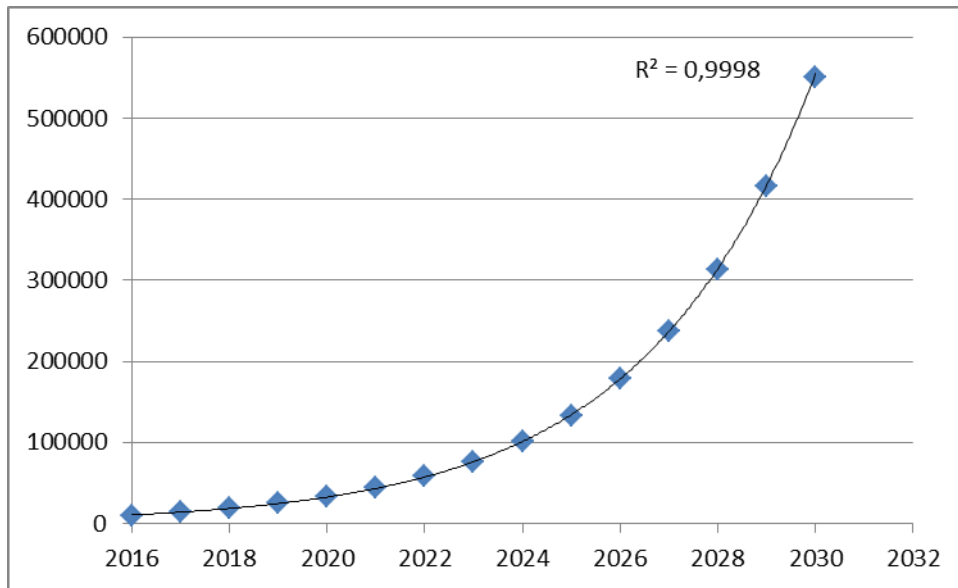


Figura 2: Grafico di immatricolazione annuale delle auto elettriche considerando lo scenario inerziale

Sc.Inerziale	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
N° batterie	640	760	1420	2470	3990	6130	9820	14115	18676	24809

2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
32892	43598	57790	76601	101536	133000	178398	236468	313442	415472	550713

Tabella 1: Valori di immatricolazione annuale calcolati sulla base dello scenario inerziale

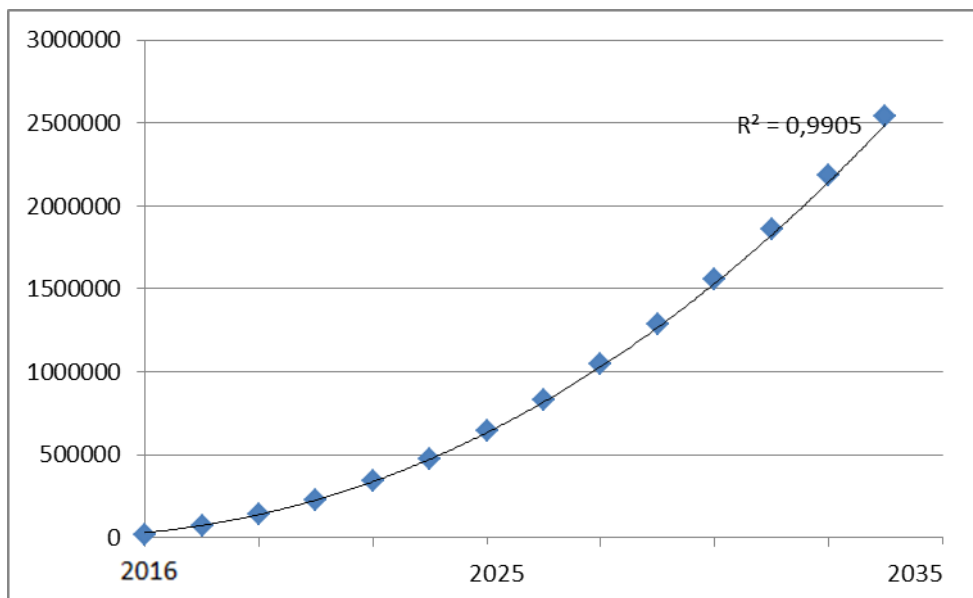


Figura 3: Grafico di immatricolazione annuale delle auto elettriche considerando lo scenario medio

Sc.Medio	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
N° batterie	640	760	1420	2470	3990	6130	9820	18627	74692	140310

2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
228811	341202	478334	640954	829722	1045237	1288045	1558649	1857518	2185088	2541771

Tabella 2: Valori di immatricolazione annuale calcolati sulla base dello scenario medio

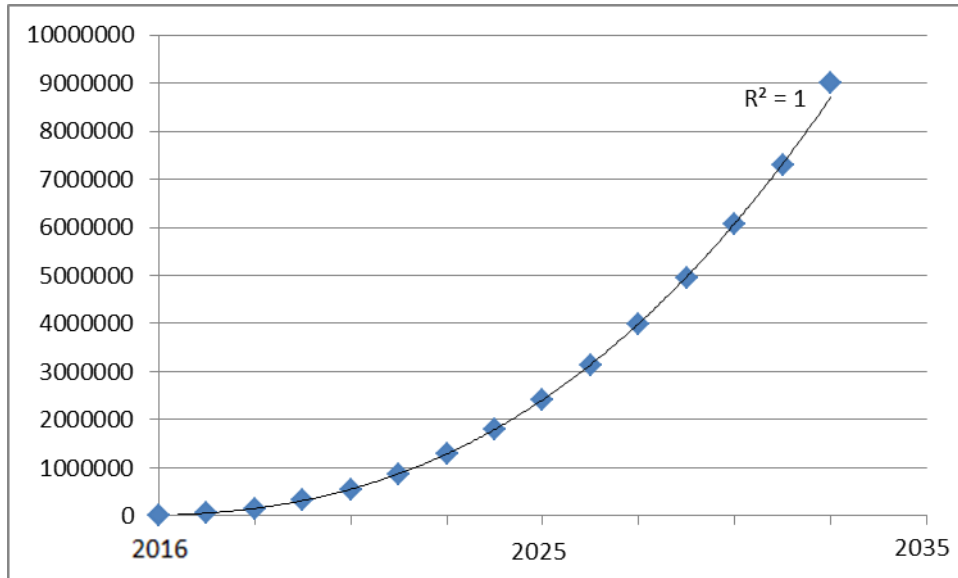


Figura 4: Grafico di immatricolazione annuale delle auto elettriche considerando lo scenario accelerato

Sc.Accelerato	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
N° batterie	640	760	1420	2470	3990	6130	9820	55459	153273	315291

2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
551677	871381	1282499	1792481	2408264	3136370	3982970	4953937	6054887	7291208	9000000

Tabella 3: Valori di immatricolazione annuale calcolati sulla base dello scenario accelerato

1.2 Le ipotesi dello studio: le tre tecnologie di riferimento considerate nel modello per le batterie di trazione ed i quantitativi di Litio, Nichel, Manganese e Cobalto in esse contenute

L'innovazione tecnologica nel campo delle batterie di trazione al momento è indubbiamente un aspetto caratterizzante dei veicoli elettrici. Le ricerche nel campo dei sistemi di accumulo cercano contestualmente di ridurre il peso del pacco batterie in un'ottica di riduzione dei consumi e di accrescere la capacità di accumulo al fine di aumentare l'autonomia dei veicoli elettrici. In questa sezione del report si offre una descrizione dei quantitativi di materie prime del catodo analizzate nel presente studio per le tre tecnologie di batterie considerate nel modello, senza entrare nel dettaglio di tali tecnologie. Un maggiore approfondimento in tal senso è offerto nel documento *Analisi dei flussi e studio dei mercati reali e finanziari delle materie prime presenti negli autoveicoli elettrici e nelle colonnine di ricarica - 2018* che descrive l'altra parte delle attività del progetto, in cui si danno più specifiche informazioni sulla tecnologia di riferimento oggi sul mercato e tra quelle in fase di sviluppo maggiormente mature per un loro utilizzo nelle versioni commerciali dei veicoli elettrici nel brevissimo (2019) e nel medio periodo (2025, vedi anche Figura 5).

Le batterie considerate nel modello sono:

- le attuali batterie di trazione della Nissan Leaf agli ioni di litio di 24 kWh di capacità che utilizzano la cosiddetta tecnologia LMO agli ossidi di manganese (di cui sono stati calcolati i quantitativi delle materie prime che la compongono nella precedente annualità del progetto), per i veicoli immatricolati tra il 2010 ed il 2018;
- le batterie agli ioni di litio con tecnologia NMC 622 e capacità di 40 kWh (contenenti cioè 6 parti di nichel, 2 parte di manganese e 2 di cobalto) utilizzata nella nuova versione della Nissan Leaf sono

state definite nel modello della nostra simulazione come batterie di riferimento per i veicoli che verranno immatricolati dal 2019 al 2025;

- infine le batterie agli ioni di litio con cosiddetta tecnologia NMC 811 (8 parti di nichel, 1 parte di manganese e 1 di cobalto) che nel modello si ipotizza abbiano capacità pari a 50 kWh e che verranno utilizzate nelle auto immatricolate dal 2026 al 2030.

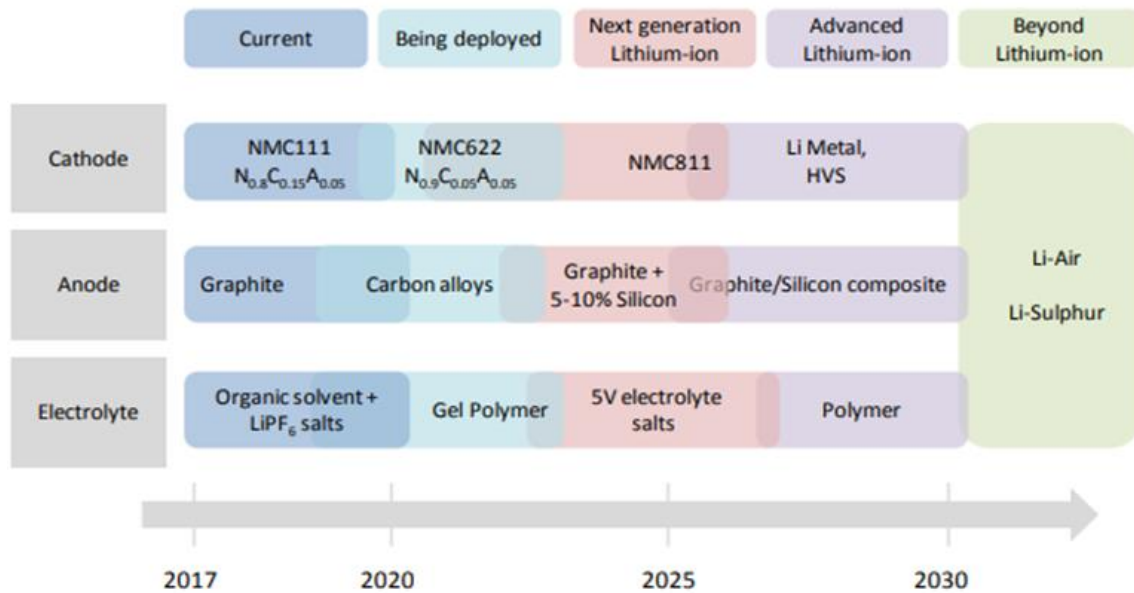


Figura 5: Timeline della commercializzazione delle nuove tecnologie delle batterie per EV

Fonte: "Global EV Outlook 2018", 2018

Una volta definite le tecnologie di riferimento, nel modello sono stati inseriti come dati di input i quantitativi di Litio, Nichel, Manganese e Cobalto per pacco batterie montato su ogni veicolo immatricolato. Tali quantitativi per le tre tecnologie considerate sono quelli riportati in Tabella 4.

CRM	LMO	NMC 622	NMC 811
Litio	2	5,2	5,5
Manganese	13	8	4,5
Cobalto	0	7,6	4,5
Nichel	0	24,4	37,5

Tabella 4: Quantitativi per unità di batteria considerata nell'analisi per ognuna delle tre tecnologie considerate (kg)

La definizione dei quantitativi di Litio e Manganese contenuti nelle batterie della Nissan Leaf che ricorre alla tecnologia LMO era stata oggetto delle attività della precedente annualità del progetto ed erano stati ottenuti dal confronto tra i valori proposti dal database Ecoinvent 3. (di cui si riportano i valori dei dataset utilizzati) ed i dati calcolati da uno studio dell'EMPA (Swiss Federal Laboratories for Materials Science and Technology), entrambi già citati nel report *Banca dati di mezzi ed infrastrutture per l'analisi di scenario della mobilità urbana* relativo al 2017, a cui si rimanda per maggiori approfondimenti.

Specifiche tecniche Batteria Nissan Leaf		
Tipo di batteria	Ioni di litio	
Numero di moduli	48 per cella, 192 celle totali	
Anodo	Grafite	
Catodo	Litio Manganese	
Voltaggio nominale	403,2	V
Capacità totale	360	V
Capacità totale	24	kWh
Power output	90	kW
Dimensioni	1570,5x1188x264,9	mm
Peso	295	kg

Tabella 5: Valori di immatricolazione annuale calcolati sulla base dello scenario accelerato

Li-ion Cell (1kg)	Unit	Quantity
chemical factory, organics	Pcs	4E-10
electricity, medium voltage	MJ	0,38
extrusion, plastic film	kg	0,073
aluminium, wrought alloy	kg	0,016
anode, graphite, for lithium-ion battery	kg	0,4
battery separator	kg	0,05
cathode, LiMn2O4, for lithium-ion battery	kg	0,33
ethylene carbonate	kg	0,16
lithium hexafluorophosphate	kg	0,019
polyethylene, low density, granulate	kg	0,073
used Li-ion battery (Waste)	kg	0,05
heat, district or industrial, natural gas	MJ	0,065
nitrogen, liquid	kg	0,01
sheet rolling, aluminium	kg	0,016

Tabella 6: Valori di immatricolazione annuale calcolati sulla base dello scenario accelerato

Cathode, lithium-ion battery, lithium manganese oxide (1 kg)		
Carbon black, at plant/GLO U	kg	0,026
Sheet rolling, aluminium/RER U	kg	0,393
Sodium hydroxide, 50% in H2O, production mix, at plant/RER U	kg	0,130
Water, deionised, at plant/CH U	kg	0,200
Transport, freight, rail/RER U	tkm	0,758
Heat, natural gas, at industrial furnace >100kW/RER U	MJ	0,646
Latex, at plant/RER S	kg	0,010
Transport, lorry >16t, fleet average/RER U	tkm	0,126
Chemical plant, organics/RER/I U	p	4E-10
Aluminium, production mix, wrought alloy, at plant/RER U	kg	0,393
Electricity, medium voltage, at grid/CN U	kWh	0,002
Lithium manganese oxide, at plant/GLO U	kg	0,623

Tabella 7: Valori di immatricolazione annuale calcolati sulla base dello scenario accelerato

Per quanto riguarda le due tecnologie NMC 622 e NMC 811 delle batterie prese come riferimento nel modello per le auto che verranno immatricolate rispettivamente nel periodo 2019-2025 e nel periodo 2026-2030, non avendo a disposizione un dettaglio dei quantitativi delle materie prime che contengono, queste sono state calcolate a partire dalle percentuali dei diversi minerali proposte dall' OECD/IEA nel *Global EV Outlook 2018, Towards cross-modal electrification* del 2018 di cui si riporta alla Figura 5 una tabella riassuntiva.

kg/kWh	Li	Ni	Co	Mn
NCA	0.10	0.67	0.13	0.00
NMC 111	0.15	0.40	0.40	0.37
NMC 433	0.14	0.47	0.35	0.35
NMC 532	0.14	0.59	0.23	0.35
NMC 622	0.13	0.61	0.19	0.20
NMC 811	0.11	0.75	0.09	0.09
LFP	0.10			

Figura 6: Elementi presenti nelle diverse batterie per ogni kWh

Fonte: OECD/IEA 2018, “Global EV Outlook 2018, Towards cross-modal electrification”, IEA, Clean energy, Electric vehicles initiative, 2018

Essendo i valori proposti in tabella riferiti all’unità di energia che la batteria è in grado di immagazzinare, si è fatto ricorso ai valori di capacità della batteria riportati nella scheda tecnica della Nissan Leaf sul proprio sito (Figura 6).

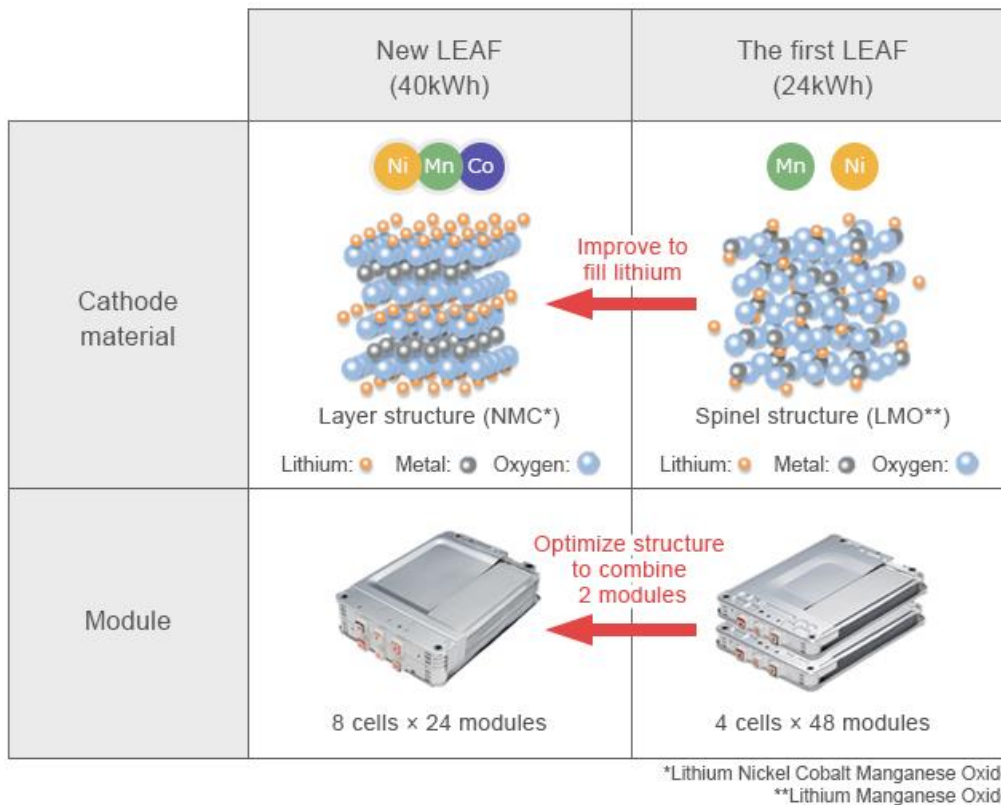


Figura 7: Elementi presenti nelle diverse batterie per ogni kWh

Fonte: Sito Nissan: <https://www.nissan.it/veicoli/veicoli-nuovi/leaf.html>

Quanto al valore di capacità della versione NMC 811, che costituisce la tecnologia di riferimento per il periodo 2026-2030 nel modello previsionale realizzato nello studio, si è ipotizzato che rimanga pari a quello della batteria con tecnologia NMC 622, ovvero 40 kWh.

1.3 Le ipotesi dello studio: l'evoluzione tecnologica dei processi di riciclo e l'andamento previsto per le percentuali di raccolta

Il modello costruito per valutare i flussi di materie prime seconde in uscita dalla stock costituito dalle batterie del parco elettrico italiano si compone da un lato di tutti i dati di input descritti nei paragrafi 2.1 e 2.2 e dall'altro dei parametri funzione dell'efficienza di raccolta, recupero e riciclo delle batterie del sistema di gestione ipotizzato. Nel documento *Analisi dei flussi e studio dei mercati reali e finanziari delle materie prime presenti negli autoveicoli elettrici e nelle colonnine di ricarica - 2018* si desume come per ogni differente tipologia di batteria ci siano diverse materie prime (es. litio, cobalto, grafite, neodimio, praseodimio, disprosio, ect). Alcune di queste sono utilizzate nei rivestimenti o negli accessori, quelle utilizzate all'interno delle celle devono avere caratteristiche particolari, per questo hanno solitamente un valore economico molto alto e difficilmente trovano un sostituto che dia le stesse prestazioni. È importante notare come i consumi di queste materie prime saranno quelli che più risentiranno in futuro dell'aumento della domanda dei veicoli elettrici (Figura 8).

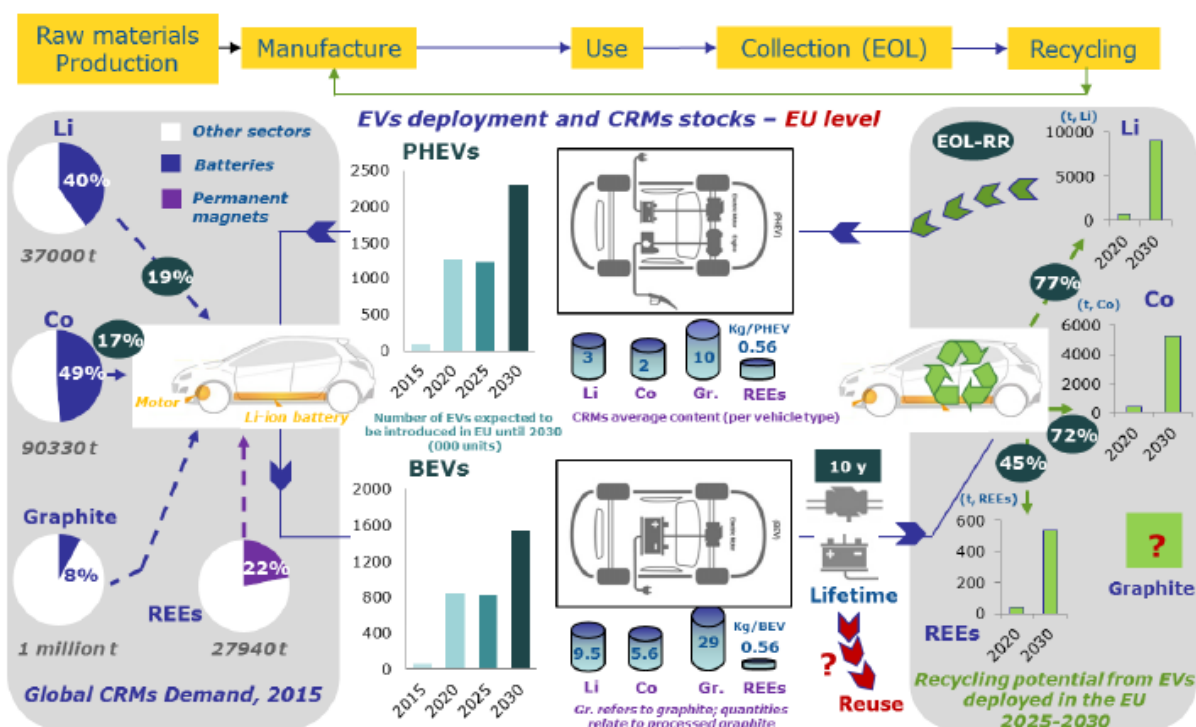


Figura 8: Alcune delle più significative materie prime utilizzate nel settore dei veicoli elettrici e i potenziali flussi derivanti dal riciclaggio di questi nell'UE

Fonte: "Commission Staff Working Document. Report on Critical Raw Materials and the Circular Economy", 2018

I metalli all'interno delle batterie possono essere riciclati, per cui oltre ai mercati delle materie prime è necessario considerare quello delle materie prime seconde, che soprattutto per litio e cobalto sta sviluppando un'industria interessante, come è avvenuto con il piombo delle vecchie batterie.

Capire la strada giusta per le batterie al termine della loro vita è complesso, date le molte opzioni disponibili e lo sviluppo tecnologico rapido delle batterie a ioni di litio, che variano per materiali, dimensioni, forma e quantità degli elementi catodici. La direttiva 2006/66/CE del Parlamento europeo (Allegato III) permette di mandare fuori dai confini nazionali le batterie da riciclare, purché siano rispettate certe norme di sicurezza, l'esportazione può avvenire anche in Paesi al di fuori della Comunità europea. In Italia, attualmente, la prassi seguita è quella dell'esportazione, abbiamo infatti numerosi centri di raccolta con buone percentuali di recupero delle batterie usate ma non ci sono impianti di riciclaggio. Questo perché il prezzo attuale sul mercato dei materiali non è sufficientemente elevato da rendere conveniente il riciclo, a differenza di quanto avviene per altre tecnologie. Francisco Carranza, responsabile Energy service di Nissan, afferma che il

problema fondamentale è che mentre il costo del riciclaggio completo di una batteria scende a 1 € al chilo, il valore delle materie prime che possono essere recuperate è solo un terzo di quello. Un altro aspetto da considerare, è che la vita attesa di una batteria a ioni di litio per EV è superiore a quella del veicolo (spesso pari all'80% della capacità). Si potrebbero sviluppare quindi procedure per il suo riutilizzo in altre applicazioni (ossia una seconda vita a cascata in altre applicazioni), in particolare in applicazioni a supporto del sistema elettrico come l'alimentazione stazionaria e il livellamento del carico di rete. Sempre nel suddetto documento si fa esplicito riferimento alla seconda vita nell'ambito dell'accumulo energetico (*storage*) delle batterie elettriche una volta esaurita la loro capacità di essere utilizzate nel campo della trazione veicolare. Molte case automobiliste, tra cui BMW, Nissan, Renault ed altre, hanno proposto, almeno finché gli impianti di trattamento non siano a regime, di utilizzare le batterie per l'energy storage, cioè un riutilizzo come stoccaggio della rete, allungando la vita delle batterie potenzialmente per ulteriori dieci anni. I sistemi di stoccaggio a griglia utilizzano batterie che non possono più essere utilizzate per alimentare le auto elettriche, ma che possedendo ancora tra il 70 e l'80% della capacità di alimentazione originaria, e che possono essere quindi utilizzate in modo efficiente per questo servizio. Joe Romm su ThinkReport sottolinea che la possibilità di riutilizzare le batterie delle auto elettriche potrebbe avere due grandi vantaggi: primo, queste batterie usate possono offrire uno stoccaggio di elettricità più economico per le rinnovabili rispetto a quello oggi disponibile; secondo, se le batterie usate hanno un valore, allora i produttori potrebbero abbassare il costo delle loro auto considerando il guadagno della vendita. Al momento la Bloomberg New Finance stima che circa il 27% delle batterie a ioni di litio per la trazione elettrica siano riutilizzate in una seconda vita. L'analisi di Creation Inn, una società di consulenza specializzata in energy storage e in economia circolare, prevede che almeno il 60% delle batterie dei veicoli elettrici sarà impiegata in soluzioni di secondo utilizzo prima che vengano inviate al riciclaggio. Probabilmente il dato è sovrastimato, infatti, le nuove linee guida sia in Europa che in Cina assicurano che almeno del 50% delle batterie esauste vengano avviate al riciclaggio, ma è anche vero che molte case automobilistiche stanno prendendo accordi perché una buona parte delle batterie vengano, almeno nei primi periodi, mandati al riutilizzo per l'accumulo. La Nissan Leaf, ad esempio, ha preso accordi perché le batterie a fine vita vadano a fare da tampone per le luci della Amsterdam arena. La strada del riuso viene prospettata anche da Giancarlo Morandi, presidente di Cobat, sottolineando che il secondo ciclo di vita determinerà molto probabilmente una riduzione considerevole dei loro costi di trattamento e recupero finali. Sono state condotte molte ricerche sul riciclaggio, che coprono una vasta gamma di tecnologie tra cui il pretrattamento come lo smontaggio, la triturazione e le operazioni di segregazione, nonché tecnologie di recupero come pirometallurgia, idrometallurgia, estrazione con solvente ed elettro-raffinazione. Anche le infrastrutture industriali sono progredite, con alcune aziende che riciclano le batterie a ioni di litio su scala commerciale. In alcuni casi, tuttavia, il litio non viene recuperato o viene recuperato con impurità che lo rendono non adatto per il riutilizzo nella produzione di batterie.

Gli studi hanno rilevato risparmi di risorse derivanti dal riciclo e la potenziale notevole riduzione dell'impatto ambientale. L'obiettivo degli sforzi di riciclaggio è sui materiali catodici, in quanto costituiscono un'alta percentuale della massa totale della batteria e del costo, inoltre contiene anche metalli critici di interesse sopra esposti. Naturalmente, gli scenari di utilizzo secondari sopra descritti ritarderebbero l'arrivo di questi materiali alle operazioni di riciclaggio a fine vita.

Sulla base delle evidenze appena elencate, sono stati definiti dei fattori che replicassero la realtà delineata da tali dati e che dessero descrizione su base annuale di come evolveranno percentuali di recupero e riciclaggio sulla base dello sviluppo previsto per le tecnologie di trattamento delle batterie, a livello italiano. Si è dunque considerata una vita utile media come batterie di trazione di 8 anni e un riutilizzo con funzione di *storage* compreso tra i 5 e i 10 anni. Un dettaglio dei fattori utilizzati è riportato nella Tabelle 8, 9 e 10. Si noti come per il riciclaggio del Litio si ipotizzi che le percentuali tendano più lentamente verso il limite del 90% (raggiunto al 2030) data la minore maturità di tecnologie adatte al suo recupero.

Litio	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
% riciclaggio	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	10%	20%	40%
% storage	5%	5%	10%	20%	30%	40%	50%	50%	50%	50%

2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038
80%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%
50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%

Tabella 8: Parametri di efficienza di riciclaggio e di percentuale di batterie recuperate in ambito storage per il Litio nello scenario accelerato

Manganese	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
% riciclaggio	50%	50%	60%	70%	80%	90%	90%	90%	90%	90%
% storage	5%	5%	10%	20%	30%	40%	50%	50%	50%	50%

2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038
80%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%
50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%

Tabella 9: Parametri di efficienza di riciclaggio e di percentuale di batterie recuperate in ambito storage per il Manganese nello scenario accelerato

Cobalto/Nichel	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038
% riciclaggio	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%
% storage	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%

Tabella 10: Parametri di efficienza di riciclaggio e di percentuale di batterie recuperate in ambito storage per il Cobalto ed il Nichel nello scenario accelerato

Si sottolinea come alla base del modello ci sia l'ipotesi che in un periodo ragionevolmente breve (5-10 anni) il nostro paese si doti di un efficiente sistema di raccolta, recupero e riciclaggio delle batterie elettriche. Questa ipotesi è diretta conseguenza del fatto che l'obiettivo dello studio è proprio indagare le potenzialità offerte da tale ipotetico scenario in termini di flussi di materie prime seconde e anche in termini di opportunità economiche legate al loro sfruttamento. È giustificabile in tal senso la rapida crescita nel modello dei fattori funzione dell'efficienza di recupero e riciclaggio delle batterie fino ad arrivare a un valore limite. I due plateau che questi fattori raggiungono, rispettivamente pari al 50% e al 90%, sono espressione del limite definito dalle linee guida sul tema sia in Europa che in Cina che assicurano che almeno la metà delle batterie verranno riciclate e da quanto stabilito dalla direttiva 2006/66/CE del Parlamento Europeo (Allegato III) che stabilisce che almeno il 50% in peso di materiali delle batterie debba essere riciclato nel primo caso, e di un limite tecnico di efficienza legato alla complessità nella progettazione di una linea di processo per il riciclo delle batterie nel secondo caso: questa infatti dovrà essere sufficientemente flessibile da poter lavorare tipologie di batterie che potranno avere caratteristiche anche molto diverse data la rapida e poco prevedibile evoluzione delle tecnologie di batterie attualmente in fase prototipale che riusciranno a raggiungere un livello industriale di sviluppo. In tal senso un approccio di eco-progettazione delle batterie che si improntato su un *design for recycling* potrebbe favorire ancor più elevati livelli di efficienza (> 90%) nella produzione di materie prime seconde.

1.4 I risultati dell'analisi: i flussi di materie prime seconde resi disponibili dal riciclaggio delle batterie elettriche di trazione secondo il modello realizzato nello studio

Sulla base di tutte delle ipotesi precedentemente descritte, sono stati calcolati anno per anno dal 2019 al 2038 i quantitativi di materie prime seconde ottenibili dalle batterie a fine della loro vita utile, sia nel caso questa sia stata limitata all'ambito dell'autotrazione che nel caso in cui si sia estesa di ulteriori 8 anni nell'ambito dello storage di energia.

I quantitativi presenti per ogni kWh nella batteria sono quelli evidenziati nella tabella (Figura 9: Elementi presenti nelle diverse batterie per ogni kWh Figura 9).

kg/kWh	Li	Ni	Co	Mn
NCA	0.10	0.67	0.13	0.00
NMC 111	0.15	0.40	0.40	0.37
NMC 433	0.14	0.47	0.35	0.35
NMC 532	0.14	0.59	0.23	0.35
NMC 622	0.13	0.61	0.19	0.20
NMC 811	0.11	0.75	0.09	0.09
LFP	0.10			

Figura 9: Elementi presenti nelle diverse batterie per ogni kWh

Fonte: "Global EV Outlook 2018, Towards cross-modal electrification", 2018

In figura un semplice diagramma che riporta i quantitativi recuperati da una batteria LMC 622 a fine vita.

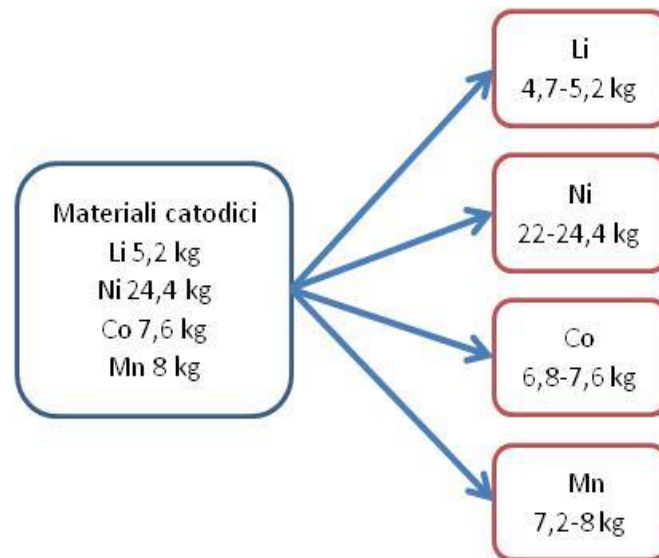


Figura 10: Materiali riciclati dalla batteria da 40 kWh della nuova Nissan Leaf (NCM 622)

Nelle tre tabelle che seguono i flussi di materie prime seconde recuperabili dallo stock di batterie immesse nel mercato nel periodo 2010-2030 per i tre scenari di penetrazione della mobilità elettrica nel contesto italiano, lo scenario *inerziale*, quello *medio* e quello definito *accelerato*, che ad oggi appare il più probabile dato i crescenti investimenti nella mobilità elettrica da parte delle case automobilistiche e la recente dichiarazione del governo italiano di voler introdurre importanti incentivi per favorire l'acquisto di auto elettriche nei prossimi anni. I risultati sono riportati in kg e tengono conto del *delay* dei flussi in uscita legato alla seconda vita delle batterie dopo l'utilizzo nel settore automotive, che è funzione delle percentuali di recupero in ambito storage elencate nelle tabelle al paragrafo precedente.

<i>Sc. Inerziale</i>	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
Litio	4	7	25	80	1,8E+02	3,9E+02	7,1E+02	1,9E+03	1,3E+04	3,5E+04
Manganese	445	831	2890	9337	2,2E+04	5,0E+04	8,7E+04	1,1E+05	9,2E+04	1,2E+05
Cobalto	0	0	0	0	0	0	0	0	8,5E+04	1,1E+05
Nichel	0	0	0	0	0	0	0	0	2,7E+05	3,6E+05

2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038
9,2E+04	1,4E+05	1,8E+05	2,4E+05	3,4E+05	4,6E+05	6,4E+05	8,5E+05	1,1E+06	1,5E+06
1,7E+05	2,3E+05	3,1E+05	4,2E+05	2,7E+05	4,7E+05	5,7E+05	7,5E+05	1,0E+06	1,3E+06
1,5E+05	2,0E+05	2,6E+05	3,5E+05	2,7E+05	3,6E+05	5,6E+05	7,5E+05	9,9E+05	1,3E+06
4,8E+05	6,3E+05	8,4E+05	1,1E+06	2,2E+06	3,0E+06	4,3E+06	5,7E+06	7,5E+06	9,9E+06

Tabella 11: Flussi in kg di materie prime seconde ottenibili secondo le ipotesi dello scenario inerziale

<i>Sc. Medio</i>	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
Litio	4	7	25	80	184	393	931	7505	7,3E+04	2,4E+05
Manganese	445	831	2890	9337	2,2E+04	4,9E+04	1,1E+05	4,4E+05	5,1E+05	8,3E+05
Cobalto	0	0	0	0	0	0	0	0	4,8E+05	7,8E+05
Nichel	0	0	0	0	0	0	0	0	1,54E+06	2,51E+06

2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038
7,1E+05	1,1E+06	1,5E+06	1,9E+06	2,6E+06	3,3E+06	4,2E+06	5,1E+06	6,2E+06	7,4E+06
1,2E+06	1,7E+06	2,3E+06	3,0E+06	2,1E+06	3,0E+06	3,7E+06	4,6E+06	5,7E+06	6,9E+06
1,2E+06	1,6E+06	2,2E+06	2,8E+06	2,1E+06	2,6E+06	3,6E+06	4,5E+06	5,6E+06	6,8E+06
3,7E+06	5,3E+06	7,0E+06	9,1E+06	1,8E+07	2,2E+07	2,8E+07	3,4E+07	4,1E+07	4,8E+07

Tabella 12: Flussi in kg di materie prime seconde ottenibili secondo le ipotesi dello scenario medio

<i>Sc. Accelerato</i>	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
Litio	4	7	25	80	184	393	2773	1,5E+04	1,6E+05	5,7E+05
Manganese	445	831	2890	9337	2,2E+04	4,9E+04	3,3E+05	9,0E+05	1,1E+06	2,0E+06
Cobalto	0	0	0	0	0	0	0	0	1,1E+06	1,9E+06
Nichel	0	0	0	0	0	0	0	0	3,5E+06	6,1E+06

2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038
1,8E+06	3,0E+06	4,2E+06	5,6E+06	7,8E+06	1,0E+07	1,3E+07	1,6E+07	2,0E+07	2,4E+07
3,1E+06	4,6E+06	6,5E+06	8,7E+06	6,7E+06	9,0E+06	1,1E+07	1,4E+07	1,8E+07	2,2E+07
3,0E+06	4,4E+06	6,1E+06	8,2E+06	6,4E+06	8,1E+06	1,1E+07	1,4E+07	1,8E+07	2,2E+07
9,6E+06	1,4E+07	2,0E+07	2,6E+07	5,3E+07	6,7E+07	8,7E+07	1,1E+08	1,3E+08	1,6E+08

Tabella 13: Flussi in kg di materie prime seconde ottenibili secondo le ipotesi dello scenario accelerato

Per completezza nella tabella che segue si riportano i quantitativi di materie prime seconde potenzialmente recuperabili di anno in anno espressi in tonnellate se non ci fosse un riutilizzo in ambito storage. Si tratta del quantitativo di Litio, Manganese, Cobalto e Nichel contenuto nelle batterie che di anno in anno può accedere al mercato delle materie prime seconde (90% del totale) secondo le ipotesi del modello costruito nello studio e serve a dare un'idea del potenziale di materie prima sfruttabili dal trattamento delle batterie elettriche di trazione senza ricorrere all'estensione della vita utile. Si tratta di un prospetto che potrebbe

rappresentare un supporto alle decisioni per valutare con un approccio costi-benefici quale sia la strategia più conveniente di smaltimento delle batterie esauste.

Max Potenziale	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
Litio	1,4	2,6	4,4	7,2	11,0	17,7	99,8	275,9	567,5	993,0
Manganese	8,9	16,6	28,9	46,7	71,7	114,9	648,9	1793,3	3688,9	6454,6
Cobalto	0	0	0	0	0	0	0	0	2156,6	3773,5
Nichel	0	0	0	0	0	0	0	0	6923,8	12114,8

2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038
1568,5	2308,5	3226,5	4334,9	5645,5	7169,3	8917,1	10898,8	13124,2	15602,6
10195,2	15005,2	20972,0	28176,7	36695,5	46600,7	57961,1	70842,2	85307,1	101416,6
5960,2	8772,3	12260,6	16472,5	21452,8	27243,5	33884,9	41415,4	49871,9	59289,7
19135,5	28163,7	39362,9	52885,5	68874,7	87466,0	108788,5	132965,3	160114,9	190351,2

Tabella 14: Flussi in tonnellate di materie prime seconde ottenibili riciclando il 90% delle materie prime contenute nelle batterie elettriche senza riutilizzo in ambito storage

2 Valutazione economica preliminare della fattibilità di una filiera italiana del riciclaggio delle batterie elettriche per auto-trazione

Lo studio oggetto di questo rapporto prevede anche una valutazione di massima della fattibilità economica della filiera del riciclaggio ipotizzata per le batterie elettriche di trazione esauste. La stima tiene conto dei quantitativi totali di materie prime seconde ottenuti secondo i due soli scenari *inerziale* ed *accelerato* nell’arco temporale considerato dallo studio. Per lo scenario definito come *medio* non sono state dunque effettuate considerazioni di carattere economico. I quantitativi totali di Litio, Manganese Nichel e Cobalto recuperati per i due scenari approfonditi in questa sezione del report sono stati rispettivamente moltiplicati per un valore massimo ed uno minimo di mercato delle materie prime seconde, entrambi desunti dal già più volte citato report *Analisi dei flussi e studio dei mercati reali e finanziari delle materie prime presenti negli autoveicoli elettrici e nelle colonnine di ricarica - 2018*. Questo ha dunque permesso di calcolare un valore minimo ed uno massimo dei ricavi ottenibili dal sistema di riciclaggio ipotizzato nello studio.

A ciò è stata aggiunta anche una quantificazione dei ricavi ottenibili dall’ipotetica commercializzazione della grafite recuperata dall’anodo sul mercato delle materie prime seconde. Si tratta di un’ipotesi forte, dato che al momento non esistono tecnologie mature per il recupero di questo minerale dalle batterie elettriche. In virtù di ciò i ricavi sono stati espressi sia includendo i vantaggi economici derivanti dalla valorizzazione della grafite, sia considerando unicamente le materie prime contenute nel catodo su cui finora si è focalizzato lo studio. Parallelamente sia per lo scenario *inerziale* che *accelerato* sono stati calcolati i costi minimi e massimi legati al trattamento delle batterie partendo da un costo di trattamento per tonnellata di batterie trattate. Va detto che i costi sono stati calcolati senza tenere conto dei costi di ammortamento degli impianti e che sia costi che ricavi non sono stati attualizzati tramite un tasso di sconto. Si tratta dunque di una valutazione preliminare che necessita certamente di essere affinata, ma che può dare una visione di massima della fattibilità economica del sistema ipotizzato nello studio.

2.1 I dati di input alla valutazione economica del sistema di riciclaggio ipotizzato dallo studio

Nelle due tabelle che seguono sono riportati i quantitativi di Litio, Manganese, Nichel e Cobalto espressi in tonnellate ottenibili dalla filiera di riciclaggio delle batterie elettriche di trazione ipotizzato dal modello proposto sia per lo scenario *inerziale* (Tabella 15) che per quello *accelerato* (Tabella 16).

Tot. recuperato in ton	
Litio	10.729
Manganese	10.508
Cobalto	9.708
Nichel	34.815

Tabella 15: Quantitativi totali ottenibili secondo lo scenario *inerziale* (t)

Tot. recuperato in ton	
Litio	107.009
Manganese	108.549
Cobalto	104.056
Nichel	687.688

Tabella 16: Quantitativi totali ottenibili secondo lo scenario *accelerato* (t)

Tali flussi di materiali sono stati moltiplicati per entrambi i valori della forchetta della loro valutazione di mercato discussa diffusamente nel report *Analisi dei flussi e studio dei mercati reali e finanziari delle materie prime presenti negli autoveicoli elettrici e nelle colonnine di ricarica - 2018* che descrive l'altra parte del progetto. In questa valutazione preliminare tali valori delle materie prime seconde sono stati considerati assimilabili a quelli che questi minerali hanno sul mercato delle materie prime. I valori di minimo e di massimo, espressi in dollari per tonnellata, sono stati definiti seguendo le loro oscillazioni sul mercato nell'ultimo anno. I quantitativi di grafite sono stati invece calcolati a partire dalle valutazioni presentate nel report della prima annualità del progetto (2017) in cui era stata effettuata una determinazione delle materie prime contenute nella batteria con tecnologia LMO che la Nissan Leaf ha utilizzato nella sua prima fase di produzione. Il quantitativo di grafite per unità di batteria era stato valutato essere pari a 20 kg. Considerando tale dato e le forchette di valutazione economica riportate per la grafite nella Tabella 17, sono stati quantificati anche i ricavi teoricamente ottenibili dal suo riciclaggio tramite una tecnologia di recupero con un'efficienza del 90%. Tale tecnologia al momento non è disponibile sul mercato e dunque nei risultati di questa valutazione economica, vengono discussi due prospetti: uno che considera anche i vantaggi economici della valorizzazione della grafite ed uno scenario, al momento più probabile, che ipotizza che tale materiale non venga recuperato.

Prezzo \$/t	Min	Max
Litio	12.000	14.000
Manganese	1.000	3.000
Cobalto	60.000	90.000
Nichel	13.000	20.000
Grafite	4.500	7.000

Tabella 17: Valori minimi e massimi di mercato delle materie prime seconde

Per quanto concerne invece i costi di trattamento delle batterie esauste questi sono stati considerati compresi tra un valore minimo di 1.000 dollari per tonnellata di batterie trattate ed un valore massimo di 2.000 dollari per tonnellata. Il costo per tonnellata è stato calcolato per unità di batteria considerando tramite un fattore pari a 3,33 dato il peso delle batterie per le tecnologie prese a riferimento nel modello pari a 300 kg sia nel caso della tecnologia LMO che in quella NMC 622. Non avendo dati a disposizione sul peso della batteria con tecnologia NMC 811, questo è stato ipotizzato essere pari a 300 kg come per le altre due batterie ad oggi montate sulla Nissan Leaf.

2.2 I risultati della valutazione economica di screening del sistema di riciclaggio ipotizzato dallo studio

Sulla base di tutti i dati e le ipotesi discusse nel paragrafo precedente sono stati definiti i ricavi economici ottenibili dalla valorizzazione sul mercato delle materie prime secondo che il modello realizzato in questo studio prevede vengano recuperate dal sistema di riciclaggio ipotizzato. Come già detto, le valutazioni sono state limitate allo scenario *inerziale* e a quello *accelerato*, tralasciando in quest'ultima parte dello studio di effettuare considerazioni sullo scenario *medio*. Nella Tabella 18 e 19 sono riportati il valore massimo e minimo di ricavi ottenibili nel caso dello scenario inerziale considerando i valori di mercato riportati in Tabella 17, rispettivamente escludendo ed includendo i ricavi ottenibili dal riciclaggio della grafite. Il minimo ricavo ottenibile pari a circa 1 miliardo di dollari corrisponde alla vendita sul mercato delle materie prime seconde di Litio, Manganese, Cobalto e Nichel (non è quindi considerato il recupero della grafite) con un prezzo pari al minore valore previsto in Tabella 17. I massimi ricavi ottenibili valutano, invece, la valorizzazione con il massimo prezzo di mercato dei quantitativi di Litio, Manganese, Nichel, Cobalto e Grafite recuperabili secondo le ipotesi dello scenario *inerziale* e ammontano a circa 2 miliardi di dollari. Va sottolineato che la vendita della grafite genera ricavi pari a poco meno del 20% dei ricavi calcolati.

Ricavi scenario inerziale	
Minimi ricavi ottenibili	1.000 M\$
Massimi ricavi ottenibili	1.750 M\$

Tabella 18: Ricavi minimi e massimi riferiti allo scenario inerziale (milioni di dollari)

Ricavi scenario inerziale con grafite	
Minimi ricavi ottenibili	1.200 M\$
Massimi ricavi ottenibili	2.000 M\$

Tabella 19: Ricavi minimi e massimi riferiti allo scenario inerziale, includendo la valorizzazione economica della grafite (milioni di dollari)

Per lo scenario *accelerato* i ricavi vanno da un minimo di 15 miliardi di dollari considerando i soli Litio, Manganese, Nichel e Cobalto e l'ipotesi che i valori di mercato siano i minimi riportati in tabella 17, ad un massimo di 30 miliardi di dollari includendo anche i ricavi ottenibili dalla grafite e ipotizzando i massimi valori di mercato presi a riferimento.

Ricavi scenario accelerato	
Minimi ricavi ottenibili	15.000 M\$
Massimi ricavi ottenibili	25.000 M\$

Tabella 20: Ricavi minimi e massimi riferiti allo scenario accelerato (milioni di dollari)

Ricavi scenario accelerato con grafite	
Minimi ricavi ottenibili	19.000 M\$
Massimi ricavi ottenibili	30.000 M\$

Tabella 21: Ricavi minimi e massimi riferiti allo scenario accelerato, includendo la valorizzazione economica della grafite (milioni di dollari)

Del totale dei ricavi ottenuti in tutti gli scenari considerati tra il 70% ed il 75% è costituito dai proventi legati alla valorizzazione del Cobalto e del Nichel. Di fatto il passaggio alle tecnologie NMC data la presenza di cobalto nelle batterie giustifica di fatto il loro riciclo dal punto di vista economico. Sul medio periodo (fino ad almeno il 2040, secondo le nostre stime) la presenza di questi minerali nelle batterie in uscita dallo stock del parco auto italiano costituirà la principale spinta propulsiva per il riciclo delle stesse.

Al fine di dare una prima stima della fattibilità economica del sistema di riciclaggio indagato, sono stati definiti anche i costi di gestione relativi allo smaltimento delle batterie. In Tabella 22 si riportano i costi minimi e massimi per il trattamento delle batterie a fine vita secondo lo scenario *inerziale*. Si passa da un valore di costo totale di circa 670 milioni a 1,3 miliardi (esattamente il doppio coerentemente con l'ipotesi di costi minimi e massimi di trattamento per tonnellata, rispettivamente 1.000 e 2.000 dollari). Considerando i bassi volumi da trattare, lo scenario inerziale non permetterebbe di fare economie di scala e dunque si ritiene più probabile che i costi tendano verso il valore massimo indicato in tabella (1,2 miliardi). Nell'eventualità che i valori di mercato dei materiali analizzati nello studio si mantengano sull'estremo minimi della forchetta e che non si trovi un sistema efficace di riciclo della grafite, pur non considerando tutte le voci di costo il sistema non sarebbe sostenibile dal punto di vista economico. Riferendoci invece allo scenario *accelerato*, i costi di trattamento andrebbero da un massimo di 25 ad un minimo di 12,5 miliardi di dollari, valore quest'ultimo che appare più probabile in virtù delle economie di scala attivabili dai volumi in gioco nello scenario accelerato. Dunque pur con tutte le cautele del caso, dovute alla mancata contabilizzazione di costi di ammortamento, attualizzazione dei capitali, etc., il sistema di riciclaggio ipotizzato nel caso dello scenario accelerato appare con buona probabilità sostenibile dal punto di vista economico (anche non includendo la valorizzazione della grafite, con 25 miliardi di ricavi e considerando il massimo scenario di costo, improbabile considerandoli volumi di batterie trattate). Al momento, lo scenario accelerato appare il più probabile alla

luce degli investimenti previsti dalle principali case automobilistiche e degli incentivi preannunciati dal governo italiano. Questo significa che con buona probabilità il livello di penetrazione della mobilità elettrica nel parco autoveicoli del nostro paese garantirà un flusso di batterie in uscita dallo stock e da dover gestire in numero sufficiente a garantire la sostenibilità economica di un loro proficuo sistema di riciclaggio con conseguente ingresso dei materiali riciclati nel mercato delle materie prime seconde. Inoltre non dotarsi di tale sistema, prevedrebbe comunque come “opzione 0” la realizzazione quanto meno di un efficiente sistema di raccolta nel rispetto della normativa di settore. Se a valle di tale sistema di raccolta lo scenario prevedesse poi la gestione al di fuori del nostro paese, appare evidente come a fronte dei costi di raccolta e gestione non ci sarebbe come controparte il ricavo legato alla commercializzazione delle materie prime seconde.

Costi di trattamento batterie scenario inerziale	
Minimi costi gestione	670 M\$
Massimi costi di gestione	1.300 M\$

Tabella 22: Costi minimi e massimi di trattamento delle batterie per lo scenario inerziale (milioni di dollari)

Costi di trattamento batterie scenario accelerato	
Minimi costi gestione	12.500 M\$
Massimi costi di gestione	25.000 M\$

Tabella 23: Costi minimi e massimi di trattamento delle batterie per lo scenario accelerato (milioni di dollari)

Certamente questa analisi economica proposta nello studio a complemento della valutazione dei flussi di materie prime seconde meriterebbe un approfondimento per una più scrupolosa valutazione della fattibilità del sistema di riciclaggio ipotizzato. Tuttavia, considerando come molto probabile lo scenario che prevede che i prezzi di mercato delle materie prime si attestino sul valore più alto della forchetta e che il sistema sia capace di gestire un elevato numero di batterie esauste (con assestamento dei costi verso il valore inferiore proposto), i margini calcolati sembrano poter garantire la fattibilità dell’investimento pur avendo tralasciato alcune importanti voci di costo.

3 Quantificazione monetaria delle esternalità evitate dal sistema di riciclaggio delle batterie ipotizzato per lo scenario accelerato di penetrazione della mobilità elettrica

A completamento delle valutazioni di carattere economico fatte nella sezione precedente, si propone una quantificazione monetaria delle esternalità ambientali legate alla produzione delle batterie di trazione da soli materiali vergini al fine di confrontare tale scenario con quello delineato in questo lavoro che prevedere il recupero delle stesse a fine vita evitando dunque l'estrazione di parte dei materiali che le compongono.

Le esternalità si generano quando la fabbricazione di un prodotto o una determinata attività o processo influenzano il benessere di un altro individuo o della collettività senza che ciò si rifletta effettivamente sui prezzi di mercato. La presenza delle esternalità sul mercato rendono questo inefficiente poiché limitano la capacità dei prezzi di includere tutte le informazioni utili a regolare il meccanismo di domanda e offerta del dello stesso. Nello specifico, il legame tra le esternalità e lo sfruttamento delle risorse diventa, pertanto, un parametro importante per la valutazione dei potenziali danni per l'intera collettività legati al loro sfruttamento. Sono numerose le metodologie sviluppate per valutare i costi esterni da cui desumere il relativo valore monetario utile, per l'appunto, a realizzare quel confronto tra costi e benefici che permetta di valutare contestualmente costi e ricavi diretti e indiretti. I metodi più utilizzati per la monetizzazione delle esternalità si basano da un lato sul concetto della disponibilità di un individuo a pagare per un determinato bene privo di prezzo di mercato o sulla quantificazione del valore di ripristino di un determinato bene come espressione del danno causato (esternalità negativa) da un dato processo produttivo o attività. Esistono valutazioni economiche legate alle azioni da mettere in campo per evitare che un dato danno si verifichi o quantificazioni monetarie delle esternalità legate alla valutazione del rischio di perdita o deterioramento di un dato bene o risorsa connesso ad una specifica produzione o attività. Infine esistono metodi di quantificazione delle esternalità ottenibili tramite la creazione di un vero e proprio mercato, come quello creato dal sistema Emission Trading Scheme (ETS) per lo scambio di quote di carbonio. Tutti i metodi citati, compreso l'ETS, rappresentano una valutazione di massima delle esternalità legate ad una determinata attività, nel caso specifico l'attività estrattiva. Tuttavia considerarle in questa trattazione contestualmente ai costi e ricavi previsti dal modello di recupero ipotizzato, permette di dare un quadro più completo in termini economici dello scenario proposto.

La valutazione delle esternalità che segue è stata effettuata considerando il processo estrattivo di litio, manganese, cobalto, nichel e grafite e non il processo completo di produzione delle batterie, poiché al momento esistono pochi dati al riguardo e tutti carichi di un elevato livello di incertezza dato che non esiste uno standard e nemmeno una metodologia largamente accettata per la quantificazione delle esternalità e per una loro quantificazione in termini monetari. Ciò detto nella presente valutazione, si è ristretto il campo delle esternalità generate dai processi estrattivi delle materie prime considerate in questo studio a quelle legate al cambiamento climatico e alla riduzione di disponibilità delle risorse abiotiche legata al loro sfruttamento. In entrambi i casi è stato seguito un approccio di ciclo di vita che da un lato ha tenuto conto di tutte le emissioni di gas climalteranti e dall'altro del consumo di tutte le risorse abiotiche lungo tutte le fasi del ciclo di vita del processo di estrazione di ognuno dei materiali considerati. Nei successivi paragrafi verrà dato dettaglio dei metodi utilizzati per la quantificazione delle esternalità e una discussione dei principali risultati.

3.1 *La determinazione delle esternalità ambientali in un'ottica di ciclo di vita*

Per la determinazione dei flussi e dei relativi impatti ambientali connessi all'estrazione di litio, manganese, cobalto, nichel e grafite oggetto di analisi si è coerentemente fatto ricorso alla stessa banca dati utilizzata per la quantificazione dei flussi delle batterie elettriche di trazione, Ecoinvent 3.4. L'ottica di ciclo di vita si materializza nella considerazione oltre che dello specifico processo di estrazione per l'ottenimento della specifica materia prima, dei processi di raffinazione, dei trasporti e delle infrastrutture e macchinari necessari e del trattamento a fine vita degli scarti di tutti i processi suddetti. Di tutte queste fasi sono stati considerati tutti i flussi di input ed output comprese le emissioni in aria, acqua e suolo e la generazione di rifiuti. Tali

flussi sono poi stati trasformati in impatti e di tutti gli impatti calcolati in questo contesto si fa esplicito riferimento al potenziale di riscaldamento globale (Global Warming Potential, GWP) e all'impatto sulla riduzione delle risorse (Resource Depletion, ADP) che sono poi stati espressi in termini monetari attraverso l'applicazione degli approcci di seguito descritti.

Il Global Warming Potential rappresenta la quantità di CO₂ equivalente emessa per unità di prodotto, è stato calcolato utilizzando il metodo sviluppato dal Gruppo intergovernativo sul Cambiamento Climatico (Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC) che fornisce dei fattori di caratterizzazione di quelli che sono chiamati gas serra quali ad esempio l'anidride carbonica (CO₂), il protossido di azoto (N₂O), il metano (CH₄), esafluoruro di zolfo (SF₆), e altri. Tale indicatore si riferisce dunque all'impatto generato da un prodotto o processo sul cambiamento climatico esprimendo tale pressione sull'ambiente in kg di CO₂ equivalente (CO₂ eq.).

La cosiddetta Resource Depletion, ovvero riduzione della disponibilità di risorse, è espressa in chilogrammi di antimonio equivalente e quantifica il consumo di risorse abiotiche legato all'estrazione dei materiali coinvolti nel processo produttivo. I flussi di materiale estratti per ottenere un chilogrammo di sostanza sono caratterizzati in funzione dello stato attuale della risorsa e del tasso di estrazione. L'indicatore esprime dunque l'impatto generato da un prodotto o processo sulla disponibilità futura delle risorse considerando la loro disponibilità attuale e la probabile richiesta futura. Nello studio entrambi questi indicatori sono stati espressi in termini monetari sfruttando nel caso del Global Warming Potential la valutazione del mercato delle quote di emissione di CO₂ prodotta dell'emission trading scheme facendo riferimento all'anno 2018, mentre il valore economico del danno generato dalla riduzione della disponibilità di risorse è stato quantificato tramite la conversione di questo indicatore mid-point nel corrispondente indicatore end-point del metodo di valutazione di impatto RECIPE, di cui si darà breve descrizione in seguito.

3.2 *Inventario dei materiali*

La produzione delle sostanze utilizzate nei componenti delle batterie comporta l'estrazione di altri materiali, solitamente ghiaia e argilla, che possono raggiungere anche il 98% in peso sul totale estratto. Questo comporta l'escavazione di grandi quantità di materiale con potenziali impatti che vanno dalle emissioni di rumore, all'emissione in atmosfera di polveri, in caso di uso di esplosivi alla propagazione delle onde d'urto, il potenziale effetto di contaminazione delle acque, oltre ai rischi sulla salute umana e sulle specie animali. Di seguito sono riportate tabelle e grafici che riportano il rapporto tra sostanza estratta e materiali inerti; come si può vedere, per Cobalto, Litio e Nichel, questo rapporto è molto alto, mentre per il Manganese la percentuale tra materiale estratto e sostanza ottenuta è quasi alla pari. Infine per la grafite i materiali da scartare risultano essere una minima parte del totale.

Nelle tabelle e nei grafici riportati in questo paragrafo si dà evidenza di come il processo di estrazione dei materiali considerati in questo report, se considerato in un'ottica di LCA comporti un quantitativo importante di flussi in input ed output al processo il cui dettaglio è offerto nell'Allegato I di questo documento. I flussi di input ed output coinvolti nel processo di estrazione dei materiali considerati costituiscono fonte di impatto sia in termini di consumo delle risorse che in termini di aumento del potenziale di riscaldamento globale. Tramite il ricorso al software per LCA Simapro i vari flussi di input ed output sono stati opportunamente classificati e caratterizzati e così facendo è stato possibile esprimere i valori di impatto per i due indicatori considerati nella quantificazione dei costi esterni. Il dettaglio dell'impatto generato sia in termini di CO₂ equivalente, sia in termini di kg di antimonio equivalente è proposto nel paragrafo seguente.

Cobalto	kg	1,31
Altro	kg	58,6
Totale	kg	59,91

Tabella 24: Flusso totale di materiali in input e output al processo di estrazione di cobalto in un'ottica di LCA

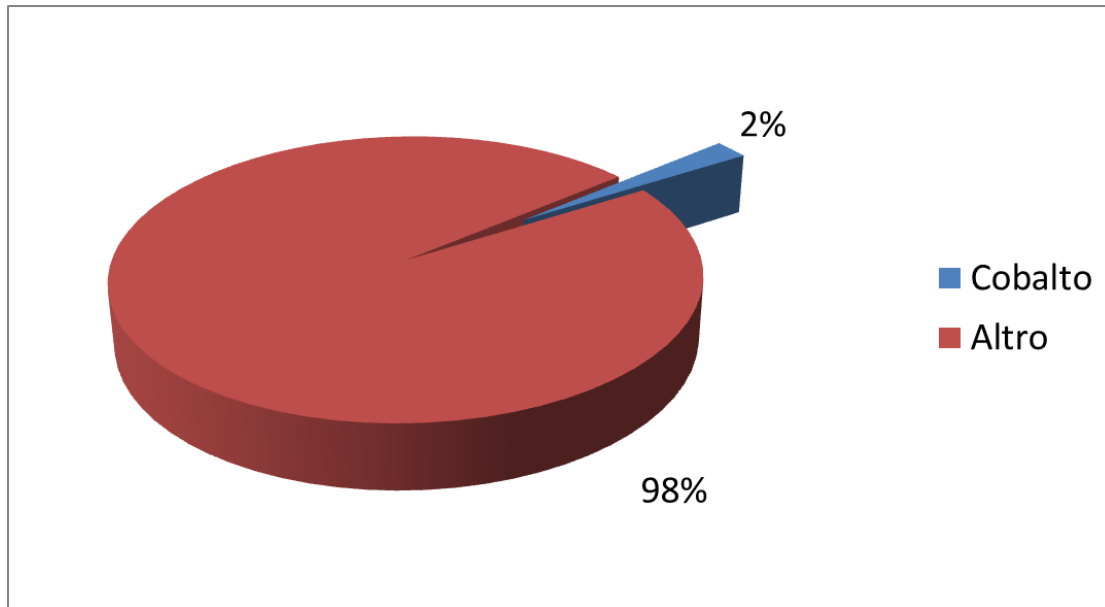


Figura 11: Flusso totale di materiali in input e output al processo di estrazione di cobalto in un'ottica di LCA

Nichel	kg	0,8
Altro	kg	37,28
Totale	kg	38,09

Tabella 25: Flusso totale di materiali in input e output al processo di estrazione di nichel in un'ottica di LCA

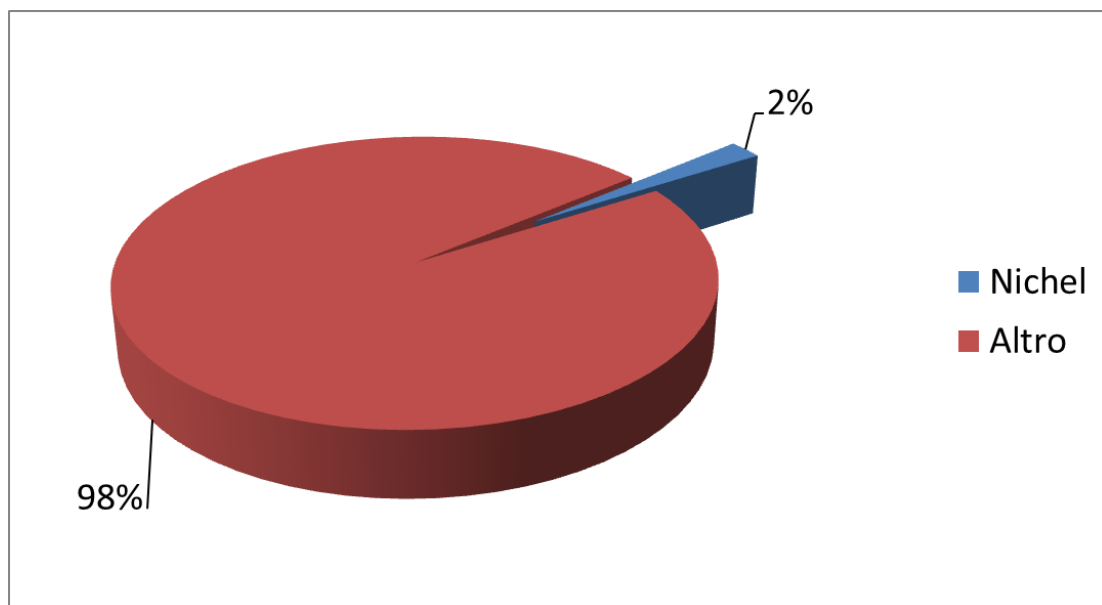


Figura 12: Flusso totale di materiali in input e output al processo di estrazione di nichel in un'ottica di LCA

Litio	kg	1,69
Altro	kg	56,53
Totale	kg	58,22

Tabella 26: Flusso totale di materiali in input e output al processo di estrazione di Litio in un’ottica di LCA

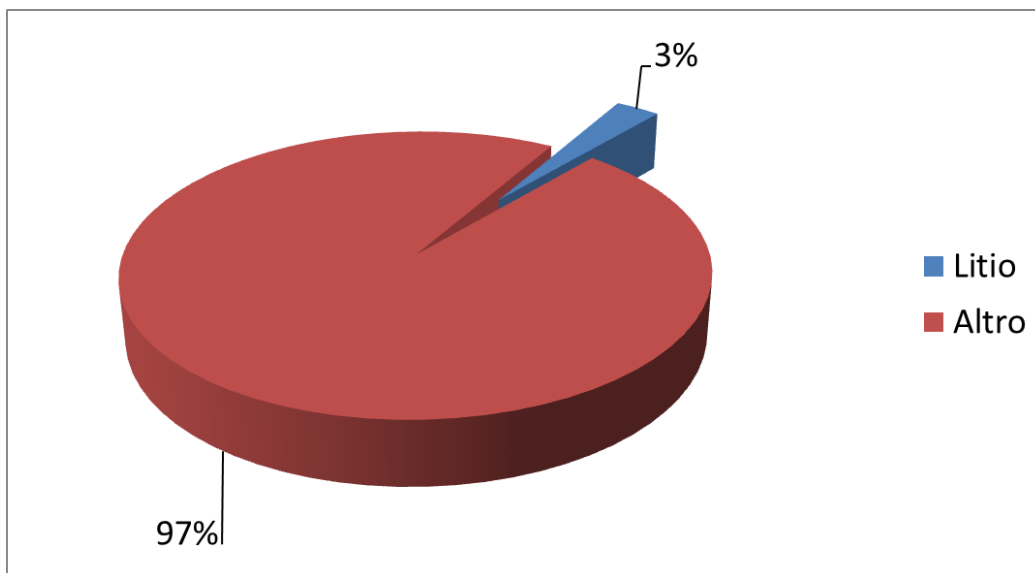


Figura 13: Flusso totale di materiali in input e output al processo di estrazione di litio in un’ottica di LCA

Manganese	kg	2,33
Altro	kg	3,59
Totale	kg	5,92

Tabella 27: Flusso totale di materiali in input e output al processo di estrazione di manganese in ottica di LCA

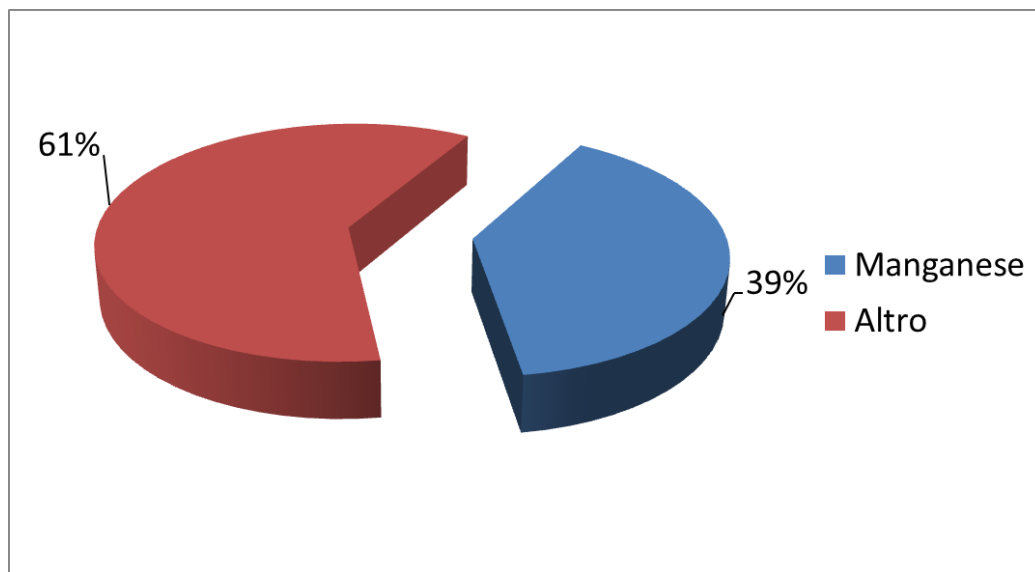


Figura 14: Flusso totale di materiali in input e output al processo di estrazione di manganese in ottica di LCA

Grafite	kg	1,05
Altro	kg	0,07
Totale	kg	1,12

Tabella 28: Flusso totale di materiali in input e output al processo di estrazione di grafite in un'ottica di LCA

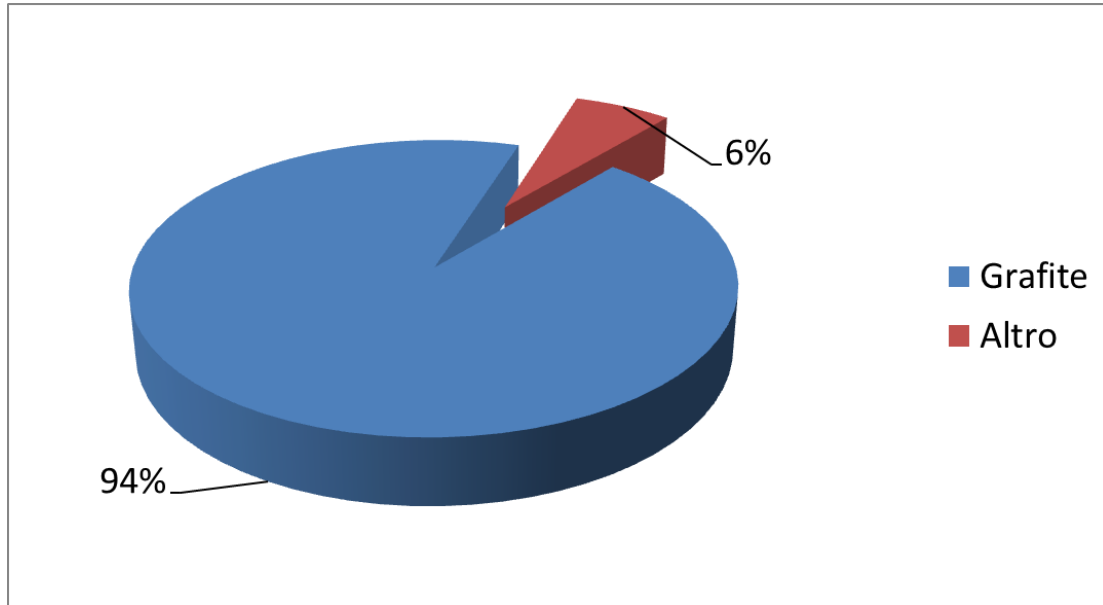


Figura 15: Flusso totale di materiali in input e output al processo di estrazione di grafite in ottica di LCA

3.3 Gli impatti ambientali generati dai processi di estrazione: un focus su Global Warming Potential e Resource Depletion Potential

Come detto in precedenza, il Potenziale di riscaldamento globale (Global Warming Potential), rappresenta il computo di tutte le emissioni di gas climalteranti associate alla fabbricazione di un prodotto o ad un processo lungo il suo ciclo di vita. Il metodo utilizzato in questa valutazione è stato l'IPCC 2007 GWP 100 anni, sviluppato dall'IPCC (Gruppo intergovernativo di esperti sul cambiamento climatico) che è il principale organismo internazionale per la valutazione dei cambiamenti climatici. La metodologia per il calcolo delle emissioni di CO₂ equivalenti prende in considerazione tutti i gas che hanno un potenziale effetto sul cambiamento climatico su un orizzonte temporale di 100 anni ed è descritta in dettaglio nel rapporto IPCC Climate Change Fourth Assessment Report: Climate Change 2007. Di seguito sono riportati i valori di GPW per chilogrammo di materiale considerato nello studio che permetteranno di calcolare i costi esterni ad essi associati. In tabella e nel grafico sono riportate le emissioni espresse in CO₂ eq. per chilo di materiale. L'inventario completo dei singoli gas che contribuiscono al valore finale espresso in tabella, sono elencati in Allegato II.

	kg CO ₂ eq
Nichel	1,12E+01
Manganese	3,52E+00
Litio	5,11E+01
Cobalto	1,03E+01
Grafite	7,52E-02

Tabella 29: Valori di impatto per l'indicatore Global Warming Potential espressi in kg di CO₂ eq.

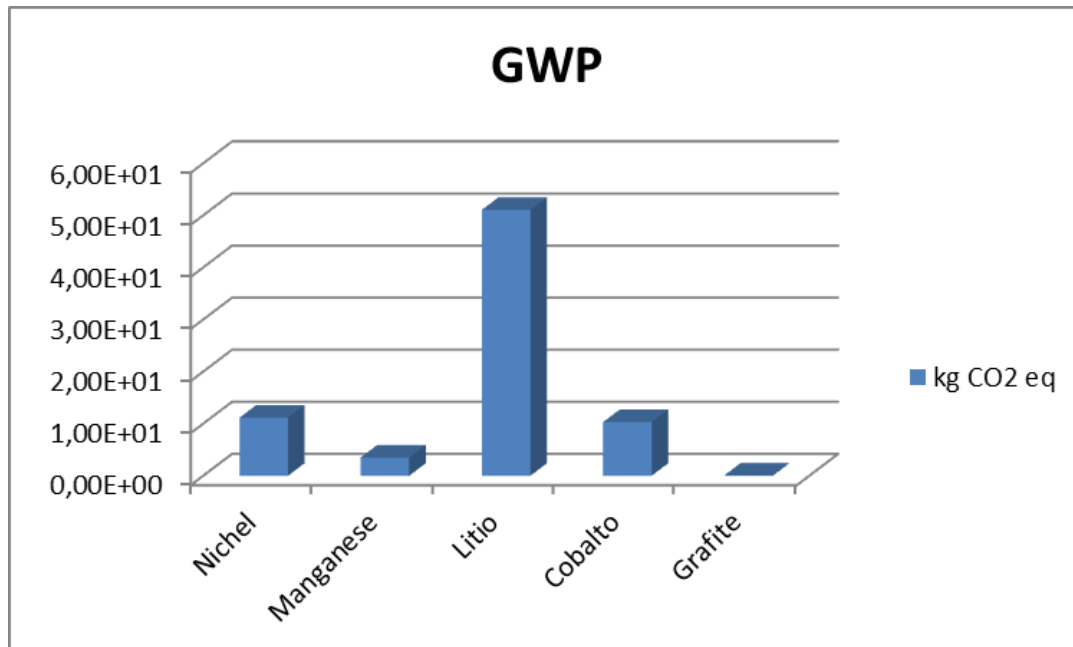


Figura 16: Grafico dei valori di impatto per l'indicatore Global Warming Potential

Sempre in un'ottica di l'analisi del ciclo di vita è stato valutato l'indicatore che si riferisce al consumo di risorse abiotiche. Questo permette, attraverso la caratterizzazione dei flussi di materia e l'uso del chilogrammo di antimonio come unità di misura comune, di ottenere un indicatore del consumo di risorse per unità di prodotto. Si possono così confrontare le diverse sostanze a parità di quantità analizzata. La tabella e il grafico seguenti riportano i risultati per un chilo di materiale, mentre le tabelle di inventario per singolo flusso sono riportate in Allegato III. Per il calcolo del Global Warming Potential (GWP) e della Resource Depletion sono

state utilizzate le categorie d’impatto presenti nel metodo ILCD 2011 Midpoint+ V1.10. Questo metodo comprende una serie di indicatori definiti nel documento *“Recommendations for Life Cycle Impact Assessment in the European context”*, redatto dal JRC, nel quale le categorie di impatto presenti nei diversi modelli sono state confrontate con l’obiettivo di individuare quelle con un grado di affidabilità più alto. Nell’Allegato IV è riportata la lista degli indicatori compresi nel metodo, il riferimento bibliografico e l’unità di misura.

	kg Sb eq
Manganese	9,43E-05
Nichel	5,76E-03
Cobalto	3,39E-02
Litio	2,60E-02
Grafite	2,13E-06

Tabella 30: Valori di impatto per l’indicatore Resource Depletion Potential espressi in kg di antimonio eq.

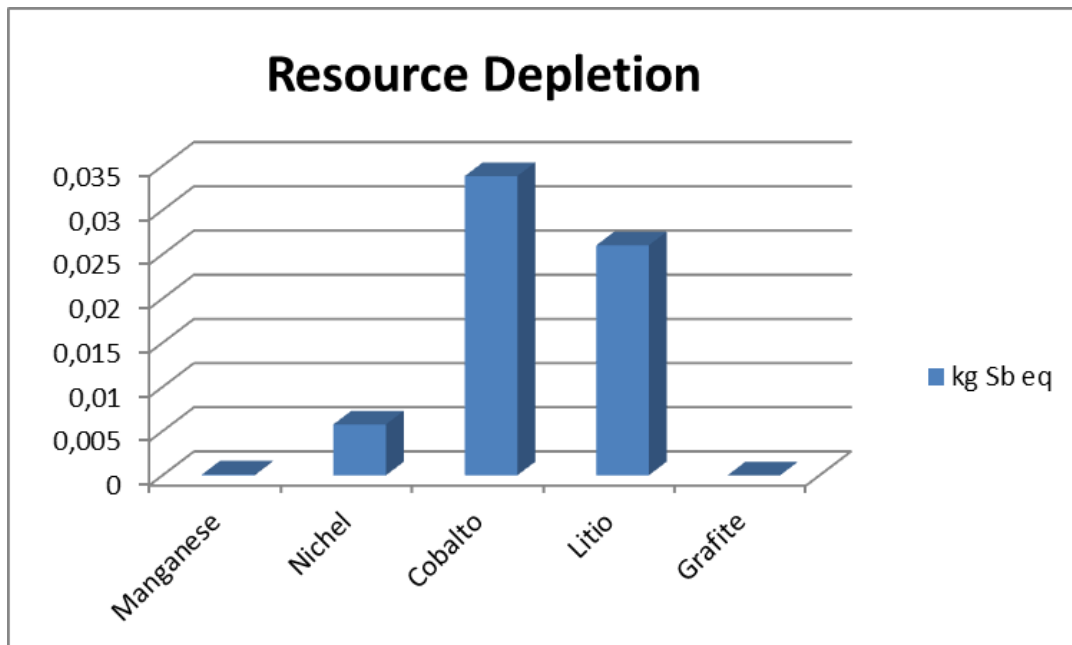


Figura 17: Flusso totale di materiali in input e output al processo di estrazione di grafite in ottica di LCA

3.4 La monetizzazione degli impatti e la valutazione delle esternalità ambientali dello scenario di recupero delle batterie

I valori di impatto precedentemente descritti vengono in questa sezione del report espressi in termini monetari al fine di includere i risultati dell’analisi in una più ampia valutazione di carattere economico che contempli anche le esternalità generate sull’ambiente dalla produzione dei materiali che compongono le batterie di trazione.

Per quanto riguarda l’indicatore di impatto sul cambiamento climatico (GWP), per stimare il valore monetario dell’esternalità riguardante le emissioni dei gas climalteranti espresse in termini di CO₂ equivalente è stato utilizzato il prezzo medio annuo della quota di emissione di CO₂ valevole nell’ambito dell’EU ETS per compensare 1 ton/CO₂ equivalente (GSE, 2017). Nella tabella 31 è riportato il valore delle quote secondo l’EUA (European Union Allowances) ed è interessante notare che nel 2018, il prezzo medio annuo di 1 EUA è stato di 15,88 € in forte crescita rispetto all’anno precedente (5,83 €). Dei valori riportati in tabella si è scelto

di utilizzare il più recente (2018) e tale valore è stato convertito in dollari secondo il cambio medio euro/dollaro del 2018 (<https://www.money.it/Cambio-Euro-Dollaro-Storico-dal-1999-al-2019>) pari a 1,14 dollari per euro.

EUA European Union Allowances	
Anno	Prezzo medio
2014	5,96 €
2015	7,68 €
2016	5,35 €
2017	5,83 €
2018	15,88 €

Tabella 31: Storico del valore delle quote di carbonio secondo l'EU Emission Trading Scheme (ETS)

Fonte: Sendeco2 (2019) <https://www.sendeco2.com/it/prezzi-co2>

Per quanto concerne invece la valutazione della riduzione delle risorse abiotiche è stato utilizzato il metodo ReCiPe 2016 Endpoint (E) V1.02. Il metodo comprende 17 indicatori con i relativi fattori di caratterizzazione, questi vengono aggregati tramite un fattore di pesatura ottenendo come risultato 3 categorie di danno (indicatori LCA di tipo endpoint): Salute umana (Human Health), Ecosistema (Ecosystem) e Risorse (Resources). Se le prime due categorie di danno sono espresse rispettivamente in *DALY* (unità di misura che misura la potenziale riduzione nell'aspettativa di vita legata all'azione di un determinato agente) e in *Numero di specie perse/anno* (tramite cui si tiene in conto della perdita di biodiversità), la categoria Resources fornisce come risultato il valore economico del danno legato alla perdita di risorse direttamente espresso in *dollari americani*.

Utilizzando dunque i due metodi sopracitati sono stati quantificate in termini monetari (in dollari americani, coerentemente con quanto fatto nell'analisi economica dei flussi di materia discussa nella sezione precedente del report), da un lato le esternalità che si avrebbero nel caso in cui si dovessero produrre da materie prime tutti i quantitativi di litio, manganese, cobalto, nichel e grafite necessari per la produzione delle batterie da immettere sul mercato italiano secondo quanto previsto dallo scenario accelerato e dall'altro le esternalità legate alla produzione dei soli materiali vergini necessari nello scenario di recupero delle batterie ipotizzato. Prevedendo il recupero dei materiali dalle batterie esauste secondo quanto dettagliatamente descritto nelle precedenti sezioni del presente report, lo scenario ipotizzato di una industria del recupero prevede dunque un abbattimento delle esternalità legato appunto all'evitata produzione come materie prime vergini di parte dei materiali necessari a produrre le batterie elettriche di trazione. Sia nel quantificare le esternalità legate alla produzione delle batterie da sole materie prime vergini che nel caso in cui vengano utilizzate materie prime seconde, sono stati trascurati gli impatti ambientali (e dunque le relative esternalità) legati alla produzione delle batterie come prodotto finito, alla loro distribuzione e allo smaltimento dei rifiuti generati nel processo, nonché gli impatti legati ai trasporti e al consumo di energia e produzione rifiuti legato al riciclaggio delle stesse.

Nelle Tabelle 32 e 33 sono riportati i principali risultati del processo di monetizzazione degli impatti operato nello studio.

Impatto del consumo delle risorse	Scenario materie prime vergini	Scenario riciclaggio batterie	Esternalità evitate
Manganese	44.818.000	22.107.000	22.711.000
Litio	883.965.000	464.489.000	419.475.000
Cobalto	473.322.000	236.849.000	236.473.000
Nichel	1.750.168.000	922.681.000	827.487.000
Grafite	257.870	25.790	232.080
TOTALE	3.152.531.000	1.646.152.000	1.506.378.000

Tabella 32: Monetizzazione delle esternalità legate al consumo delle risorse espresse in dollari americani

Impatto emissioni di gas climalteranti	Scenario materie prime vergini	Scenario riciclaggio batterie	Esternalità evitate
Manganese	208.605.000	109.614.000	98.991.000
Litio	13.650.000	6.733.000	6.917.000
Cobalto	38.836.000	19.433.000	19.403.000
Nichel	294.906.000	155.473.000	139.433.000
Grafite	64.380	6.440	57.940
TOTALE	556.061.000	291.259.000	264.802.000

Tabella 33: Monetizzazione delle esternalità legate all'emissione di gas serra espresse in dollari americani

Le esternalità totali imputabili allo scenario di riciclaggio ipotizzato nello studio per lo scenario accelerato ammontano a poco meno di 2 miliardi di dollari (circa 8% dei costi totali) che seppur aggiunti ai costi massimi calcolati nel precedente paragrafo per tale scenario, non rendono insostenibile l'investimento data l'elevata quota di ricavi generata. In totale, il sistema di riciclaggio eviterebbe la generazione di esternalità pari a poco meno di 1 miliardo e 800 milioni dati dalla somma delle esternalità ottenute dalla monetizzazione degli impatti prodotti dal consumo delle risorse e da quello imputabile alle emissioni di gas serra.

Il computo delle esternalità per essere esaustivo dovrebbe comprendere anche la monetizzazione dei danni arrecati dal sistema oggetto di analisi alla salute umana e agli ecosistemi. Tuttavia, come già detto, al momento non esistono metodologie solide e universalmente accettate dalla comunità scientifica per la monetizzazione degli impatti generati da un prodotto o processo. Essendo stato definito un mercato delle quote di CO₂ (EU ETS) i dati monetari del danno generato dall'emissione di gas climalteranti possono essere considerati maggiormente affidabili. Tuttavia, data l'importanza dei processi estrattivi delle materie prime considerate nello studio oggetto di questo report, si è proceduto con la quantificazione economica anche del danno prodotto da tali processi sulla disponibilità futura di risorse.

4 Conclusioni

Nello studio è stata realizzata una quantificazione dei flussi di materie prime seconde ottenibili anno per anno, tra il 2010 ed il 2038, da un sistema di riciclaggio dei materiali catodici (lito, manganese, nichel e cobalto) delle batterie elettriche di trazione che giungono a fine vita utile, secondo tre differenti scenari di penetrazione della mobilità elettrica nel parco autoveicoli italiano. In particolare l'analisi ha riguardato la valutazione degli scenari di penetrazione della mobilità elettrica in Italia tra il 2019 ed il 2030, ed il conseguente flusso di batterie per autotrazione elettrica che entrano nel mercato del riciclo tra il 2019 ed il 2038 (come esito delle immatricolazioni 2030). Tale analisi previsionale è stata completata da una valutazione di massima della fattibilità economica del sistema di riciclaggio ipotizzato che ha delineato l'andamento dei ricavi legati alla commercializzazione delle materie prime seconde recuperate a fronte dei costi di trattamento, includendo anche una stima monetaria delle esternalità ambientali.

I risultati dello studio si propongono come elemento di supporto alle decisioni per la valutazione delle potenzialità derivanti dalla implementazione di una filiera di trattamento delle batterie elettriche per autotrazione. Pur considerando il margine di incertezza intrinsecamente legato ai risultati di uno studio previsionale, alcuni andamenti tendenziali sembrano poter costituire elementi sulla base dei quali prendere in considerazione l'implementazione del sistema proposto. Alla luce degli investimenti previsti dalle principali case automobilistiche e degli incentivi preannunciati dal governo italiano per la mobilità sostenibile, lo scenario di maggiore penetrazione degli autoveicoli elettrici (nello studio, scenario *accelerato*) appare il più probabile dei tre analizzati. Dunque nei prossimi anni assisteremo con buona probabilità al crescere dello stock di materie prime per le batterie di trazione immagazzinato nei mezzi circolanti, materie prime che potrebbero rientrare nel mercato delle materie seconde secondo l'andamento previsto dallo studio. Si tratta di un quantitativo di batterie da trattare e di potenziali materie prime seconde da riciclare che raggiungerebbe la massa critica individuata di 4.000 t/a di batterie (report *Analisi dei flussi e studio dei mercati reali e finanziari delle materie prime presenti negli autoveicoli elettrici e nelle colonnine di ricarica – 2018*) già dal 2027 - per lo scenario *accelerato* - pur avendo considerato il delay delle batterie in ingresso a trattamento legato al loro utilizzo in ambito storage a fine della vita utile nel settore dell'autotrazione. L'analisi, oltre ad aver evidenziato come siano raggiungibili i volumi necessari per la fattibilità tecnica di un sistema di riciclaggio, ha dato evidenza di come con buona probabilità sia garantita la fattibilità economica dello stesso. Considerando, come già detto, lo scenario *accelerato* come il più probabile, le economie di scala attivabili dai volumi di batterie da smaltire faranno tendere i costi di trattamento verso i valori più bassi considerati nello studio (1.000 \$/t) e questo potrebbe garantire la sopravvivenza economica del sistema anche considerando il valore minimo di ricavo calcolato per lo scenario accelerato. Pur non includendo nella valutazione il riciclaggio della grafite, al momento non convenientemente recuperabile, gli andamenti tendenziali dei costi delle materie prime (soprattutto per il Cobalto) sembra tenderanno negli anni ai valori massimi, dando una concreta possibilità allo scenario che configura i livelli massimi di ricavo di essere quello su cui ci si assesterà nel medio termine. Difficile prevedere cosa succederà dopo il 2040 (lo studio si ferma infatti all'analisi dei flussi in uscita al 2038) dato che la tecnologia di produzione delle batterie dovrebbe superare il ricorso agli ioni di litio anche nella sua versione più innovativa (NMC 811) con un più bassa percentuale di Cobalto. In ogni caso fino a quell'anno i materiali in arrivo a trattamento garantirebbero la profittabilità di un sistema di riciclaggio, che una volta a regime potrebbe meglio assorbire anche la necessità di modifiche tecniche, per il trattamento di innovativi sistemi di accumulo, e un conseguente diverso meccanismo di remunerazione.

Non va infine dimenticato che lo scenario zero con cui confrontare tutti gli scenari finora discussi, non può essere considerato quello di non gestione delle batterie a fine vita. Se finora, dati i bassi volumi in gioco e una normativa carente, il problema del trattamento delle batterie a fine vita è stato considerato differibile o delegabile a paesi terzi interessati al recupero dei materiali in esse contenuti (principalmente Cina), in breve tempo la gestione delle batterie esauste rappresenterà un problema e contestualmente un'opportunità. Il problema sarà costituito quanto meno dalla necessità per il nostro paese di dotarsi un sistema di raccolta, con tutte le difficoltà tecniche connesse ed i costi di gestione ad esso legati. L'opportunità sarà invece rappresentata dalla possibilità di creare in Italia un sistema di raccolta e riciclo delle batterie a fine vita, da cui provvedere al recupero delle materie prime seconde con volumi in linea con quanto contabilizzato da questo studio. Tali volumi che permetterebbero la creazione di una filiera di produzione di materie prime

seconde non altrimenti producibili nel nostro paese, con conseguente creazione di posti di lavoro ad essa dedicati. Esportare le batterie e delegare il trattamento e riciclo delle stesse a paesi terzi causerebbe l'importante perdita di valore su cui il nostro paese investirà, anche con sistemi incentivanti di iniziativa pubblica, andando ad aumentare nei prossimi anni lo stock di mezzi elettrici circolanti. Stock che può costituire un considerevole giacimento di materie prime seconde, in grado sul lungo termine di supportare l'alimentazione di filiere di fabbricazione di prodotti ad alto valore aggiunto come le batterie da materiali riciclati o garantire flussi di materiali ad altri settori strategici per il nostro paese e l'Europa (ceramica e vetro, litio; metallurgico, manganese, cobalto, nichel). In tal senso il set di informazioni generato da questo studio può essere dunque considerato un utile elemento di supporto nella definizione di una strategia nazionale per lo sfruttamento dell'elevato valore residuo delle batterie di trazione a fine vita, in un'ottica di implementazione dell'economia circolare e dell'uso efficiente delle risorse.

Riferimenti bibliografici

Analisi dei flussi e studio dei mercati reali e finanziari delle materie prime presenti negli autoveicoli elettrici e nelle colonnine di ricarica, Cinigeo, 2018

Ecoinvent database 3.4, 2018

e-Mobility Revolution. Gli impatti sulle filiere industriali italiane e sul Sistema-Paese: quale Agenda per l'Italia” realizzato da ENEL e The European House – Ambrosetti, 2017

Enea, 2019. <http://old.enea.it/com/web/convegni/conv126/conv126d.pdf>

European Commission, 2017. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions Europe on the Move. An agenda for a socially fair transition towards clean, competitive and connected mobility for all. COM/2017/0283 final

European Commission, 2018. Commission Staff Working Document. Report on Critical Raw Materials and the Circular Economy. Brussels, 16.1.2018. SWD(2018) 36 final

European Commission, 2018. Commission staff working document. Report on Raw Materials for Battery Applications. Brussels, 17.5.2018. SWD(2018) 245 final

European Commission – Joint Research Centre (JRC) – Institute for Environment and Sustainability (IES), 2011. Recommendations for Life Cycle Impact Assessment in the European context. EUR 24571 EN. Luxemburg.

GSE, 2017. RAPPORTO SULLE ASTE DI QUOTE EUROPEE DI EMISSIONE 2017. https://www.gse.it/documenti_site/Documenti%20GSE/Rapporti%20ASTE%20CO2/RAPPORTO_GSE_ASTI_TRIM_2017.PDF

Goedkoop M.J., Heijungs R, Huijbregts M., De Schryver A.;Struijs J., Van Zelm R, ReCiPe, A life cycle impact assessment method which comprises harmonised category indicators at the midpoint and the endpoint level; First edition Report I: Characterisation; 6 January 2009

<https://www.money.it/Cambio-Euro-Dollaro-Storico-dal-1999-al-2019>

IVL, 2019. <https://www.ivl.se/english/startpage/pages/our-focus-areas/environmental-engineering-and-sustainable-production/lca/eps.html>

M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, IPCC, 2007: Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, UK, 976pp.

Notter D.A., Contribution of Li-Ion Batteries to the Environmental Impact of Electric Vehicles Environmental Science Technology, 44(17), pp 6550-6556, 2010

OECD/IEA 2018, “Global EV Outlook 2018, Towards cross-modal electrification”, IEA, Clean energy, Electric vehicles initiative, 2018

Sendeco2, 2019. <https://www.sendeco2.com/it/prezzi-co2>

Sito Nissan: <https://www.nissan.it/veicoli/veicoli-nuovi/leaf.html>

Verdi K., 2005. Sistemi di gestione integrata dei rifiuti solidi urbani. Tesi di stage. A.P.A.T. Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i Servizi Tecnici. http://www.isprambiente.gov.it/contentfiles/00001100/1146-katia-verde.zip/at_download/file

Allegato I – Inventario dei flussi per i processi di produzione di cobalto, nichel, manganese, litio e grafite

Cobalto			
		kg	%
Gravel	kg	4,84E+01	80,75
Calcite	kg	4,06E+00	6,77
Coal, hard	kg	1,88E+00	3,15
Clay, unspecified	kg	1,52E+00	2,54
Cobalt	kg	1,31E+00	2,18
Oil, crude	kg	1,01E+00	1,69
Coal, brown	kg	6,64E-01	1,11
Gangue, bauxite	kg	3,62E-01	0,60
Carbon dioxide, in air	kg	2,66E-01	0,44
Gypsum	kg	1,33E-01	0,22
Iron	kg	8,95E-02	0,15
Oxygen	kg	6,86E-02	0,11
Sodium chloride	kg	3,86E-02	0,06
Aluminium	kg	3,41E-02	0,06
Nitrogen	kg	2,91E-02	0,05
Shale	kg	1,03E-02	0,02
Fluorspar	kg	9,33E-03	0,02
Barite	kg	4,37E-03	0,01
TiO ₂ , 54% in ilmenite, 2.6% in crude ore	kg	3,06E-03	0,01
Peat	kg	2,93E-03	0,00
Basalt	kg	2,86E-03	0,00
Copper, 0.99% in sulfide, Cu 0.36% and Mo 8.2E-3% in crude ore	kg	2,66E-03	0,00
Copper, Cu 0.38%, Au 9.7E-4%, Ag 9.7E-4%, Zn 0.63%, Pb 0.014%, in ore	kg	2,41E-03	0,00
Phosphorus, 18% in apatite, 4% in crude ore	kg	2,30E-03	0,00
Chromium	kg	1,97E-03	0,00
Copper, 0.52% in sulfide, Cu 0.27% and Mo 8.2E-3% in crude ore	kg	1,84E-03	0,00
Magnesite	kg	1,78E-03	0,00
Copper, 1.18% in sulfide, Cu 0.39% and Mo 8.2E-3% in crude ore	kg	1,49E-03	0,00
Clay, bentonite	kg	1,33E-03	0,00
Kaolinite	kg	1,31E-03	0,00
Nickel, 1.98% in silicates, 1.04% in crude ore	kg	1,27E-03	0,00
Copper, 0.59% in sulfide, Cu 0.22% and Mo 8.2E-3% in crude ore	kg	1,06E-03	0,00
Copper, 2.19% in sulfide, Cu 1.83% and Mo 8.2E-3% in crude ore	kg	7,55E-04	0,00
Zinc	kg	7,28E-04	0,00
Manganese	kg	6,25E-04	0,00
Dolomite	kg	6,00E-04	0,00
Fluorine	kg	5,75E-04	0,00
Argon	kg	5,39E-04	0,00
TiO ₂ , 95% in rutile, 0.40% in crude ore	kg	4,71E-04	0,00

Zirconium	kg	4,57E-04	0,00
Sodium sulfate	kg	4,46E-04	0,00
Lead	kg	4,04E-04	0,00
Potassium chloride	kg	3,95E-04	0,00
Zinc, Zn 0.63%, Au 9.7E-4%, Ag 9.7E-4%, Cu 0.38%, Pb 0.014%, in ore	kg	3,78E-04	0,00
Lead, Pb 0.014%, Au 9.7E-4%, Ag 9.7E-4%, Zn 0.63%, Cu 0.38%, in ore	kg	2,91E-04	0,00
Copper, 1.42% in sulfide, Cu 0.81% and Mo 8.2E-3% in crude ore	kg	2,34E-04	0,00
TiO ₂ , 54% in ilmenite, 18% in crude ore	kg	2,24E-04	0,00
Nickel, 1.13% in sulfide, Ni 0.76% and Cu 0.76% in crude ore	kg	2,16E-04	0,00
Phosphorus	kg	1,85E-04	0,00
Talc	kg	1,39E-04	0,00
Copper, Cu 3.2E+0%, Pt 2.5E-4%, Pd 7.3E-4%, Rh 2.0E-5%, Ni 2.3E+0% in ore	kg	1,22E-04	0,00
Copper, 1.13% in sulfide, Cu 0.76% and Ni 0.76% in crude ore	kg	1,11E-04	0,00
Nickel, Ni 2.3E+0%, Pt 2.5E-4%, Pd 7.3E-4%, Rh 2.0E-5%, Cu 3.2E+0% in ore	kg	8,84E-05	0,00
Carbon, organic, in soil or biomass stock	kg	8,60E-05	0,00
Copper, 0.97% in sulfide, Cu 0.36% and Mo 4.1E-2% in crude ore	kg	7,41E-05	0,00
Fluorine, 4.5% in apatite, 3% in crude ore	kg	4,53E-05	0,00
Molybdenum, 0.016% in sulfide, Mo 8.2E-3% and Cu 0.27% in crude ore	kg	4,40E-05	0,00
Sulfur	kg	3,98E-05	0,00
Molybdenum, 0.022% in sulfide, Mo 8.2E-3% and Cu 0.36% in crude ore	kg	3,59E-05	0,00
Metamorphous rock, graphite containing	kg	3,29E-05	0,00
Sand	kg	3,15E-05	0,00
Molybdenum, 0.025% in sulfide, Mo 8.2E-3% and Cu 0.39% in crude ore	kg	2,98E-05	0,00
Nickel, Ni 3.7E-2%, Pt 4.8E-4%, Pd 2.0E-4%, Rh 2.4E-5%, Cu 5.2E-2% in ore	kg	2,48E-05	0,00
Cadmium	kg	2,43E-05	0,00
Molybdenum, 0.022% in sulfide, Mo 8.2E-3% and Cu 0.22% in crude ore	kg	2,37E-05	0,00
Molybdenum, 0.010% in sulfide, Mo 8.2E-3% and Cu 1.83% in crude ore	kg	2,19E-05	0,00
Uranium	kg	1,99E-05	0,00
Copper, Cu 5.2E-2%, Pt 4.8E-4%, Pd 2.0E-4%, Rh 2.4E-5%, Ni 3.7E-2% in ore	kg	1,74E-05	0,00
Tin	kg	1,18E-05	0,00
Colemanite	kg	9,62E-06	0,00
Molybdenum	kg	8,45E-06	0,00
Molybdenum, 0.014% in sulfide, Mo 8.2E-3% and Cu 0.81% in crude ore	kg	4,80E-06	0,00
Nickel, Ni 2.5E+0%, in mixed ore	kg	3,26E-06	0,00
Zinc, Zn 3.1%, in mixed ore	kg	3,04E-06	0,00
Silver, Ag 9.7E-4%, Au 9.7E-4%, Zn 0.63%, Cu 0.38%, Pb 0.014%, in ore	kg	2,97E-06	0,00
Kieserite	kg	2,91E-06	0,00
Borax	kg	2,50E-06	0,00
Chrysotile	kg	1,19E-06	0,00
Ulexite	kg	1,09E-06	0,00
Copper, Cu 6.8E-1%, in mixed ore	kg	9,05E-07	0,00
Carnallite	kg	7,62E-07	0,00
Silver, 0.007% in sulfide, Ag 0.004%, Pb, Zn, Cd, In	kg	5,90E-07	0,00

Strontium	kg	4,53E-07	0,00
Indium	kg	4,04E-07	0,00
Anhydrite	kg	3,79E-07	0,00
Lead, Pb 3.6E-1%, in mixed ore	kg	3,54E-07	0,00
Bromine	kg	2,60E-07	0,00
Spodumene	kg	2,45E-07	0,00
Tantalum	kg	2,35E-07	0,00
Copper, Cu 0.2%, in mixed ore	kg	1,97E-07	0,00
Olivine	kg	1,30E-07	0,00
Platinum, Pt 4.8E-4%, Pd 2.0E-4%, Rh 2.4E-5%, Ni 3.7E-2%, Cu 5.2E-2% in ore	kg	1,14E-07	0,00
Silver, Ag 4.2E-3%, Au 1.1E-4%, in ore	kg	7,77E-08	0,00
Perlite	kg	7,10E-08	0,00
Cobalt, Co 5.0E-2%, in mixed ore	kg	6,65E-08	0,00
Gold, Au 9.7E-4%, Ag 9.7E-4%, Zn 0.63%, Cu 0.38%, Pb 0.014%, in ore	kg	5,87E-08	0,00
Iodine	kg	5,59E-08	0,00
Palladium, Pd 2.0E-4%, Pt 4.8E-4%, Rh 2.4E-5%, Ni 3.7E-2%, Cu 5.2E-2% in ore	kg	4,84E-08	0,00
Palladium, Pd 7.3E-4%, Pt 2.5E-4%, Rh 2.0E-5%, Ni 2.3E+0%, Cu 3.2E+0% in ore	kg	2,79E-08	0,00
Cinnabar	kg	1,59E-08	0,00
Gold, Au 6.7E-4%, in ore	kg	1,11E-08	0,00
Gold	kg	1,06E-08	0,00
Gold, Au 4.9E-5%, in ore	kg	1,04E-08	0,00
Platinum, Pt 2.5E-4%, Pd 7.3E-4%, Rh 2.0E-5%, Ni 2.3E+0%, Cu 3.2E+0% in ore	kg	9,56E-09	0,00
Rhodium, Rh 2.4E-5%, Pt 4.8E-4%, Pd 2.0E-4%, Ni 3.7E-2%, Cu 5.2E-2% in ore	kg	5,71E-09	0,00
Silver, Ag 5.4E-3%, in mixed ore	kg	5,35E-09	0,00
Gold, Au 7.1E-4%, in ore	kg	5,15E-09	0,00
Feldspar	kg	4,99E-09	0,00
Lithium	kg	4,42E-09	0,00
Gold, Au 1.3E-4%, Ag 4.6E-5%, in ore	kg	3,56E-09	0,00
Gold, Au 4.3E-4%, in ore	kg	2,08E-09	0,00
Gold, Au 1.1E-4%, Ag 4.2E-3%, in ore	kg	2,07E-09	0,00
Silver, Ag 4.6E-5%, Au 1.3E-4%, in ore	kg	1,27E-09	0,00
Silver, Ag 2.1E-4%, Au 2.1E-4%, in ore	kg	7,85E-10	0,00
Gold, Au 2.1E-4%, Ag 2.1E-4%, in ore	kg	7,71E-10	0,00
Rhodium, Rh 2.0E-5%, Pt 2.5E-4%, Pd 7.3E-4%, Ni 2.3E+0%, Cu 3.2E+0% in ore	kg	7,63E-10	0,00
Diatomite	kg	3,59E-10	0,00
Gold, Au 9.7E-5%, Ag 7.6E-5%, in ore	kg	2,88E-10	0,00
Silver, Ag 1.8E-6%, in mixed ore	kg	2,43E-10	0,00
Gold, Au 1.8E-4%, in mixed ore	kg	2,35E-10	0,00
Silver, Ag 7.6E-5%, Au 9.7E-5%, in ore	kg	2,26E-10	0,00
Palladium, Pd 1.6E-6%, in mixed ore	kg	2,18E-10	0,00
Rhenium	kg	1,21E-10	0,00
Granite	kg	8,63E-11	0,00
Gold, Au 6.8E-4%, Ag 1.5E-4%, in ore	kg	7,96E-11	0,00
Platinum, Pt 4.7E-7%, in mixed ore	kg	6,30E-11	0,00

Gold, Au 5.4E-4%, Ag 1.5E-5%, in ore	kg	5,86E-11	0,00
Stibnite	kg	3,73E-11	0,00
Rhodium, Rh 1.6E-7%, in mixed ore	kg	2,14E-11	0,00
Sodium nitrate	kg	1,95E-11	0,00
Silver, Ag 1.5E-4%, Au 6.8E-4%, in ore	kg	1,79E-11	0,00
Cerium	kg	1,79E-11	0,00
Silver, 3.2ppm in sulfide, Ag 1.2ppm, Cu and Te, in crude ore	kg	1,72E-11	0,00
Gold, Au 1.0E-7%, in mixed ore	kg	1,37E-11	0,00
Lanthanum	kg	5,36E-12	0,00
Neodymium	kg	2,95E-12	0,00
Tellurium	kg	2,58E-12	0,00
Silver, Ag 1.5E-5%, Au 5.4E-4%, in ore	kg	1,64E-12	0,00
Gallium	kg	3,33E-13	0,00
Praseodymium	kg	3,13E-13	0,00
Samarium	kg	2,23E-13	0,00
Gadolinium	kg	1,12E-13	0,00
Europium	kg	4,48E-14	0,00
Krypton	kg	8,91E-16	0,00
Xenon	kg	1,05E-16	0,00

Nichel			
		kg	%
Gravel	kg	2,81E+01	73,81
Calcite	kg	3,34E+00	8,78
Coal, hard	kg	2,27E+00	5,96
Clay, unspecified	kg	8,28E-01	2,17
Oil, crude	kg	6,37E-01	1,67
Nickel, 1.13% in sulfide, Ni 0.76% and Cu 0.76% in crude ore	kg	6,26E-01	1,64
Coal, brown	kg	5,74E-01	1,51
Carbon dioxide, in air	kg	3,27E-01	0,86
Copper, 1.13% in sulfide, Cu 0.76% and Ni 0.76% in crude ore	kg	3,22E-01	0,84
Gangue, bauxite	kg	2,19E-01	0,57
Copper, Cu 3.2E+0%, Pt 2.5E-4%, Pd 7.3E-4%, Rh 2.0E-5%, Ni 2.3E+0% in ore	kg	2,00E-01	0,52
Nickel, Ni 2.3E+0%, Pt 2.5E-4%, Pd 7.3E-4%, Rh 2.0E-5%, Cu 3.2E+0% in ore	kg	1,44E-01	0,38
Sodium chloride	kg	8,42E-02	0,22
Iron	kg	7,14E-02	0,19
Gypsum	kg	6,92E-02	0,18
Oxygen	kg	6,39E-02	0,17
Nitrogen	kg	4,67E-02	0,12
Fluorspar	kg	3,10E-02	0,08
Nickel, Ni 2.5E+0%, in mixed ore	kg	2,75E-02	0,07
Aluminium	kg	2,06E-02	0,05

TiO ₂ , 54% in ilmenite, 2.6% in crude ore	kg	9,98E-03	0,03
Copper, Cu 6.8E-1%, in mixed ore	kg	7,62E-03	0,02
Phosphorus, 18% in apatite, 4% in crude ore	kg	6,32E-03	0,02
Peat	kg	5,92E-03	0,02
Shale	kg	5,43E-03	0,01
Nickel, Ni 3.7E-2%, Pt 4.8E-4%, Pd 2.0E-4%, Rh 2.4E-5%, Cu 5.2E-2% in ore	kg	3,41E-03	0,01
Barite	kg	3,15E-03	0,01
Copper, Cu 5.2E-2%, Pt 4.8E-4%, Pd 2.0E-4%, Rh 2.4E-5%, Ni 3.7E-2% in ore	kg	2,39E-03	0,01
Basalt	kg	2,05E-03	0,01
Copper, 0.99% in sulfide, Cu 0.36% and Mo 8.2E-3% in crude ore	kg	1,68E-03	0,00
Fluorine	kg	1,58E-03	0,00
TiO ₂ , 95% in rutile, 0.40% in crude ore	kg	1,54E-03	0,00
Chromium	kg	1,53E-03	0,00
Zirconium	kg	1,49E-03	0,00
Sodium sulfate	kg	1,49E-03	0,00
Copper, Cu 0.38%, Au 9.7E-4%, Ag 9.7E-4%, Zn 0.63%, Pb 0.014%, in ore	kg	1,49E-03	0,00
Magnesite	kg	1,17E-03	0,00
Copper, 0.52% in sulfide, Cu 0.27% and Mo 8.2E-3% in crude ore	kg	1,14E-03	0,00
Clay, bentonite	kg	1,04E-03	0,00
Nickel, 1.98% in silicates, 1.04% in crude ore	kg	9,83E-04	0,00
Copper, 1.18% in sulfide, Cu 0.39% and Mo 8.2E-3% in crude ore	kg	9,33E-04	0,00
Argon	kg	8,66E-04	0,00
Zinc	kg	7,73E-04	0,00
TiO ₂ , 54% in ilmenite, 18% in crude ore	kg	7,31E-04	0,00
Kaolinite	kg	7,03E-04	0,00
Copper, 0.59% in sulfide, Cu 0.22% and Mo 8.2E-3% in crude ore	kg	6,66E-04	0,00
Cobalt, Co 5.0E-2%, in mixed ore	kg	5,61E-04	0,00
Manganese	kg	5,00E-04	0,00
Phosphorus	kg	4,70E-04	0,00
Copper, 2.19% in sulfide, Cu 1.83% and Mo 8.2E-3% in crude ore	kg	4,64E-04	0,00
Dolomite	kg	4,51E-04	0,00
Lead	kg	4,29E-04	0,00
Zinc, Zn 0.63%, Au 9.7E-4%, Ag 9.7E-4%, Cu 0.38%, Pb 0.014%, in ore	kg	2,33E-04	0,00
Potassium chloride	kg	2,16E-04	0,00
Lead, Pb 0.014%, Au 9.7E-4%, Ag 9.7E-4%, Zn 0.63%, Cu 0.38%, in ore	kg	1,80E-04	0,00
Copper, 1.42% in sulfide, Cu 0.81% and Mo 8.2E-3% in crude ore	kg	1,44E-04	0,00
Fluorine, 4.5% in apatite, 3% in crude ore	kg	1,17E-04	0,00
Carbon, organic, in soil or biomass stock	kg	1,04E-04	0,00
Talc	kg	8,91E-05	0,00
Copper, 0.97% in sulfide, Cu 0.36% and Mo 4.1E-2% in crude ore	kg	5,92E-05	0,00
Palladium, Pd 7.3E-4%, Pt 2.5E-4%, Rh 2.0E-5%, Ni 2.3E+0%, Cu 3.2E+0% in ore	kg	4,55E-05	0,00
Molybdenum, 0.016% in sulfide, Mo 8.2E-3% and Cu 0.27% in crude ore	kg	2,73E-05	0,00
Cadmium	kg	2,58E-05	0,00
Sulfur	kg	2,29E-05	0,00

Molybdenum, 0.022% in sulfide, Mo 8.2E-3% and Cu 0.36% in crude ore	kg	2,21E-05	0,00
Uranium	kg	2,03E-05	0,00
Sand	kg	1,89E-05	0,00
Metamorphous rock, graphite containing	kg	1,87E-05	0,00
Molybdenum, 0.025% in sulfide, Mo 8.2E-3% and Cu 0.39% in crude ore	kg	1,86E-05	0,00
Platinum, Pt 4.8E-4%, Pd 2.0E-4%, Rh 2.4E-5%, Ni 3.7E-2%, Cu 5.2E-2% in ore	kg	1,56E-05	0,00
Platinum, Pt 2.5E-4%, Pd 7.3E-4%, Rh 2.0E-5%, Ni 2.3E+0%, Cu 3.2E+0% in ore	kg	1,56E-05	0,00
Molybdenum, 0.022% in sulfide, Mo 8.2E-3% and Cu 0.22% in crude ore	kg	1,49E-05	0,00
Molybdenum, 0.010% in sulfide, Mo 8.2E-3% and Cu 1.83% in crude ore	kg	1,35E-05	0,00
Tin	kg	9,12E-06	0,00
Colemanite	kg	7,74E-06	0,00
Molybdenum	kg	6,76E-06	0,00
Palladium, Pd 2.0E-4%, Pt 4.8E-4%, Rh 2.4E-5%, Ni 3.7E-2%, Cu 5.2E-2% in ore	kg	6,64E-06	0,00
Zinc, Zn 3.1%, in mixed ore	kg	3,08E-06	0,00
Molybdenum, 0.014% in sulfide, Mo 8.2E-3% and Cu 0.81% in crude ore	kg	2,95E-06	0,00
Kieserite	kg	2,90E-06	0,00
Chrysotile	kg	2,06E-06	0,00
Silver, Ag 1.8E-6%, in mixed ore	kg	2,05E-06	0,00
Palladium, Pd 1.6E-6%, in mixed ore	kg	1,84E-06	0,00
Silver, Ag 9.7E-4%, Au 9.7E-4%, Zn 0.63%, Cu 0.38%, Pb 0.014%, in ore	kg	1,83E-06	0,00
Borax	kg	1,65E-06	0,00
Rhodium, Rh 2.0E-5%, Pt 2.5E-4%, Pd 7.3E-4%, Ni 2.3E+0%, Cu 3.2E+0% in ore	kg	1,25E-06	0,00
Spodumene	kg	8,17E-07	0,00
Rhodium, Rh 2.4E-5%, Pt 4.8E-4%, Pd 2.0E-4%, Ni 3.7E-2%, Cu 5.2E-2% in ore	kg	7,83E-07	0,00
Ulexite	kg	7,10E-07	0,00
Silver, 0.007% in sulfide, Ag 0.004%, Pb, Zn, Cd, In	kg	6,26E-07	0,00
Platinum, Pt 4.7E-7%, in mixed ore	kg	5,31E-07	0,00
Carnallite	kg	4,75E-07	0,00
Strontium	kg	4,62E-07	0,00
Indium	kg	4,29E-07	0,00
Lead, Pb 3.6E-1%, in mixed ore	kg	3,59E-07	0,00
Tantalum	kg	2,21E-07	0,00
Copper, Cu 0.2%, in mixed ore	kg	1,99E-07	0,00
Rhodium, Rh 1.6E-7%, in mixed ore	kg	1,80E-07	0,00
Bromine	kg	1,53E-07	0,00
Anhydrite	kg	1,36E-07	0,00
Gold, Au 1.0E-7%, in mixed ore	kg	1,16E-07	0,00
Silver, Ag 4.2E-3%, Au 1.1E-4%, in ore	kg	7,37E-08	0,00
Perlite	kg	6,84E-08	0,00
Olivine	kg	4,99E-08	0,00
Gold, Au 9.7E-4%, Ag 9.7E-4%, Zn 0.63%, Cu 0.38%, Pb 0.014%, in ore	kg	3,62E-08	0,00
Iodine	kg	3,21E-08	0,00
Cinnabar	kg	2,62E-08	0,00

Cobalt	kg	2,04E-08	0,00
Gold, Au 6.7E-4%, in ore	kg	1,05E-08	0,00
Gold	kg	1,01E-08	0,00
Gold, Au 4.9E-5%, in ore	kg	9,87E-09	0,00
Lithium	kg	5,43E-09	0,00
Silver, Ag 5.4E-3%, in mixed ore	kg	5,43E-09	0,00
Gold, Au 7.1E-4%, in ore	kg	4,88E-09	0,00
Gold, Au 1.3E-4%, Ag 4.6E-5%, in ore	kg	3,38E-09	0,00
Feldspar	kg	3,13E-09	0,00
Gold, Au 4.3E-4%, in ore	kg	1,97E-09	0,00
Gold, Au 1.1E-4%, Ag 4.2E-3%, in ore	kg	1,97E-09	0,00
Silver, Ag 4.6E-5%, Au 1.3E-4%, in ore	kg	1,21E-09	0,00
Silver, Ag 2.1E-4%, Au 2.1E-4%, in ore	kg	7,43E-10	0,00
Gold, Au 2.1E-4%, Ag 2.1E-4%, in ore	kg	7,30E-10	0,00
Diatomite	kg	3,11E-10	0,00
Gold, Au 9.7E-5%, Ag 7.6E-5%, in ore	kg	2,73E-10	0,00
Gold, Au 1.8E-4%, in mixed ore	kg	2,38E-10	0,00
Silver, Ag 7.6E-5%, Au 9.7E-5%, in ore	kg	2,14E-10	0,00
Rhenium	kg	7,86E-11	0,00
Gold, Au 6.8E-4%, Ag 1.5E-4%, in ore	kg	7,54E-11	0,00
Gold, Au 5.4E-4%, Ag 1.5E-5%, in ore	kg	5,55E-11	0,00
Granite	kg	5,09E-11	0,00
Stibnite	kg	3,23E-11	0,00
Silver, Ag 1.5E-4%, Au 6.8E-4%, in ore	kg	1,69E-11	0,00
Silver, 3.2ppm in sulfide, Ag 1.2ppm, Cu and Te, in crude ore	kg	1,64E-11	0,00
Sodium nitrate	kg	1,59E-11	0,00
Cerium	kg	1,14E-11	0,00
Lanthanum	kg	3,42E-12	0,00
Tellurium	kg	2,46E-12	0,00
Neodymium	kg	1,88E-12	0,00
Silver, Ag 1.5E-5%, Au 5.4E-4%, in ore	kg	1,55E-12	0,00
Gallium	kg	2,24E-13	0,00
Praseodymium	kg	1,99E-13	0,00
Samarium	kg	1,42E-13	0,00
Gadolinium	kg	7,13E-14	0,00
Europium	kg	2,86E-14	0,00
Krypton	kg	7,30E-16	0,00
Xenon	kg	8,57E-17	0,00

Manganese				
			kg	%
Manganese	Raw	kg	2,33E+00	39,39

Gravel	Raw	kg	1,15E+00	19,37
Coal, hard	Raw	kg	9,33E-01	15,77
Coal, brown	Raw	kg	4,35E-01	7,36
Iron	Raw	kg	4,19E-01	7,08
Calcite	Raw	kg	3,29E-01	5,55
Oil, crude	Raw	kg	1,80E-01	3,04
Carbon dioxide, in air	Raw	kg	7,61E-02	1,29
Clay, unspecified	Raw	kg	1,88E-02	0,32
Dolomite	Raw	kg	1,81E-02	0,31
Gangue, bauxite	Raw	kg	1,19E-02	0,20
Oxygen	Raw	kg	7,17E-03	0,12
Nitrogen	Raw	kg	3,03E-03	0,05
Peat	Raw	kg	2,58E-03	0,04
Aluminium	Raw	kg	1,12E-03	0,02
Gypsum	Raw	kg	9,44E-04	0,02
Barite	Raw	kg	9,01E-04	0,02
Chromium	Raw	kg	8,04E-04	0,01
Sodium chloride	Raw	kg	6,57E-04	0,01
Nickel, 1.98% in silicates, 1.04% in crude ore	Raw	kg	4,97E-04	0,01
Clay, bentonite	Raw	kg	3,75E-04	0,01
Magnesite	Raw	kg	2,11E-04	0,00
Shale	Raw	kg	1,99E-04	0,00
Basalt	Raw	kg	1,90E-04	0,00
Copper, 0.99% in sulfide, Cu 0.36% and Mo 8.2E-3% in crude ore	Raw	kg	1,14E-04	0,00
Copper, Cu 0.38%, Au 9.7E-4%, Ag 9.7E-4%, Zn 0.63%, Pb 0.014%, in ore	Raw	kg	1,05E-04	0,00
Copper, 0.52% in sulfide, Cu 0.27% and Mo 8.2E-3% in crude ore	Raw	kg	8,82E-05	0,00
Zinc	Raw	kg	8,01E-05	0,00
Copper, 1.18% in sulfide, Cu 0.39% and Mo 8.2E-3% in crude ore	Raw	kg	7,92E-05	0,00
TiO ₂ , 54% in ilmenite, 2.6% in crude ore	Raw	kg	7,22E-05	0,00
Copper, 0.59% in sulfide, Cu 0.22% and Mo 8.2E-3% in crude ore	Raw	kg	5,83E-05	0,00
Argon	Raw	kg	5,62E-05	0,00
Carbon, organic, in soil or biomass stock	Raw	kg	4,77E-05	0,00
Lead	Raw	kg	4,45E-05	0,00
Fluorspar	Raw	kg	4,13E-05	0,00
Kaolinite	Raw	kg	3,71E-05	0,00
Copper, 2.19% in sulfide, Cu 1.83% and Mo 8.2E-3% in crude ore	Raw	kg	3,26E-05	0,00
Copper, 0.97% in sulfide, Cu 0.36% and Mo 4.1E-2% in crude ore	Raw	kg	1,66E-05	0,00
Zinc, Zn 0.63%, Au 9.7E-4%, Ag 9.7E-4%, Cu 0.38%, Pb 0.014%, in ore	Raw	kg	1,65E-05	0,00
Uranium	Raw	kg	1,47E-05	0,00
Phosphorus, 18% in apatite, 4% in crude ore	Raw	kg	1,39E-05	0,00
Lead, Pb 0.014%, Au 9.7E-4%, Ag 9.7E-4%, Zn 0.63%, Cu 0.38%, in ore	Raw	kg	1,27E-05	0,00
Potassium chloride	Raw	kg	1,18E-05	0,00
TiO ₂ , 95% in rutile, 0.40% in crude ore	Raw	kg	1,11E-05	0,00

Zirconium	Raw	kg	1,08E-05	0,00
Copper, 1.42% in sulfide, Cu 0.81% and Mo 8.2E-3% in crude ore	Raw	kg	1,01E-05	0,00
Nickel, 1.13% in sulfide, Ni 0.76% and Cu 0.76% in crude ore	Raw	kg	8,85E-06	0,00
Sand	Raw	kg	7,96E-06	0,00
Talc	Raw	kg	6,16E-06	0,00
TiO ₂ , 54% in ilmenite, 18% in crude ore	Raw	kg	5,33E-06	0,00
Copper, 1.13% in sulfide, Cu 0.76% and Ni 0.76% in crude ore	Raw	kg	4,55E-06	0,00
Colemanite	Raw	kg	4,41E-06	0,00
Copper, Cu 3.2E+0%, Pt 2.5E-4%, Pd 7.3E-4%, Rh 2.0E-5%, Ni 2.3E+0% in ore	Raw	kg	4,40E-06	0,00
Fluorine	Raw	kg	3,48E-06	0,00
Nickel, Ni 2.3E+0%, Pt 2.5E-4%, Pd 7.3E-4%, Rh 2.0E-5%, Cu 3.2E+0% in ore	Raw	kg	3,18E-06	0,00
Cadmium	Raw	kg	2,67E-06	0,00
Phosphorus	Raw	kg	2,65E-06	0,00
Molybdenum, 0.016% in sulfide, Mo 8.2E-3% and Cu 0.27% in crude ore	Raw	kg	2,11E-06	0,00
Molybdenum	Raw	kg	1,89E-06	0,00
Molybdenum, 0.025% in sulfide, Mo 8.2E-3% and Cu 0.39% in crude ore	Raw	kg	1,58E-06	0,00
Molybdenum, 0.022% in sulfide, Mo 8.2E-3% and Cu 0.36% in crude ore	Raw	kg	1,55E-06	0,00
Borax	Raw	kg	1,50E-06	0,00
Molybdenum, 0.022% in sulfide, Mo 8.2E-3% and Cu 0.22% in crude ore	Raw	kg	1,30E-06	0,00
Sodium sulfate	Raw	kg	1,18E-06	0,00
Metamorphous rock, graphite containing	Raw	kg	1,09E-06	0,00
Sulfur	Raw	kg	9,52E-07	0,00
Molybdenum, 0.010% in sulfide, Mo 8.2E-3% and Cu 1.83% in crude ore	Raw	kg	9,47E-07	0,00
Tin	Raw	kg	8,22E-07	0,00
Ulexite	Raw	kg	7,71E-07	0,00
Fluorine, 4.5% in apatite, 3% in crude ore	Raw	kg	6,56E-07	0,00
Nickel, Ni 3.7E-2%, Pt 4.8E-4%, Pd 2.0E-4%, Rh 2.4E-5%, Cu 5.2E-2% in ore	Raw	kg	4,03E-07	0,00
Copper, Cu 5.2E-2%, Pt 4.8E-4%, Pd 2.0E-4%, Rh 2.4E-5%, Ni 3.7E-2% in ore	Raw	kg	2,83E-07	0,00
Zinc, Zn 3.1%, in mixed ore	Raw	kg	2,42E-07	0,00
Molybdenum, 0.014% in sulfide, Mo 8.2E-3% and Cu 0.81% in crude ore	Raw	kg	2,07E-07	0,00
Kieserite	Raw	kg	1,60E-07	0,00
Silver, Ag 9.7E-4%, Au 9.7E-4%, Zn 0.63%, Cu 0.38%, Pb 0.014%, in ore	Raw	kg	1,30E-07	0,00
Nickel, Ni 2.5E+0%, in mixed ore	Raw	kg	1,20E-07	0,00
Silver, 0.007% in sulfide, Ag 0.004%, Pb, Zn, Cd, In	Raw	kg	6,49E-08	0,00
Indium	Raw	kg	4,45E-08	0,00
Copper, Cu 6.8E-1%, in mixed ore	Raw	kg	3,32E-08	0,00
Carnallite	Raw	kg	3,31E-08	0,00
Strontium	Raw	kg	3,28E-08	0,00
Lead, Pb 3.6E-1%, in mixed ore	Raw	kg	2,82E-08	0,00
Chrysotile	Raw	kg	2,02E-08	0,00
Tantalum	Raw	kg	1,91E-08	0,00
Copper, Cu 0.2%, in mixed ore	Raw	kg	1,57E-08	0,00
Bromine	Raw	kg	1,12E-08	0,00
Anhydrite	Raw	kg	7,91E-09	0,00

Cobalt	Raw	kg	7,16E-09	0,00
Silver, Ag 4.2E-3%, Au 1.1E-4%, in ore	Raw	kg	6,37E-09	0,00
Perlite	Raw	kg	5,20E-09	0,00
Olivine	Raw	kg	3,92E-09	0,00
Gold, Au 9.7E-4%, Ag 9.7E-4%, Zn 0.63%, Cu 0.38%, Pb 0.014%, in ore	Raw	kg	2,57E-09	0,00
Cobalt, Co 5.0E-2%, in mixed ore	Raw	kg	2,44E-09	0,00
Iodine	Raw	kg	2,20E-09	0,00
Platinum, Pt 4.8E-4%, Pd 2.0E-4%, Rh 2.4E-5%, Ni 3.7E-2%, Cu 5.2E-2% in ore	Raw	kg	1,85E-09	0,00
Palladium, Pd 7.3E-4%, Pt 2.5E-4%, Rh 2.0E-5%, Ni 2.3E+0%, Cu 3.2E+0% in ore	Raw	kg	1,00E-09	0,00
Gold, Au 6.7E-4%, in ore	Raw	kg	9,13E-10	0,00
Gold	Raw	kg	8,74E-10	0,00
Gold, Au 4.9E-5%, in ore	Raw	kg	8,56E-10	0,00
Palladium, Pd 2.0E-4%, Pt 4.8E-4%, Rh 2.4E-5%, Ni 3.7E-2%, Cu 5.2E-2% in ore	Raw	kg	7,86E-10	0,00
Spodumene	Raw	kg	6,71E-10	0,00
Silver, Ag 5.4E-3%, in mixed ore	Raw	kg	4,27E-10	0,00
Gold, Au 7.1E-4%, in ore	Raw	kg	4,23E-10	0,00
Platinum, Pt 2.5E-4%, Pd 7.3E-4%, Rh 2.0E-5%, Ni 2.3E+0%, Cu 3.2E+0% in ore	Raw	kg	3,44E-10	0,00
Cinnabar	Raw	kg	3,16E-10	0,00
Gold, Au 1.3E-4%, Ag 4.6E-5%, in ore	Raw	kg	2,92E-10	0,00
Feldspar	Raw	kg	2,42E-10	0,00
Diatomite	Raw	kg	1,77E-10	0,00
Gold, Au 4.3E-4%, in ore	Raw	kg	1,71E-10	0,00
Gold, Au 1.1E-4%, Ag 4.2E-3%, in ore	Raw	kg	1,70E-10	0,00
Lithium	Raw	kg	1,19E-10	0,00
Silver, Ag 4.6E-5%, Au 1.3E-4%, in ore	Raw	kg	1,04E-10	0,00
Rhodium, Rh 2.4E-5%, Pt 4.8E-4%, Pd 2.0E-4%, Ni 3.7E-2%, Cu 5.2E-2% in ore	Raw	kg	9,26E-11	0,00
Silver, Ag 2.1E-4%, Au 2.1E-4%, in ore	Raw	kg	6,44E-11	0,00
Gold, Au 2.1E-4%, Ag 2.1E-4%, in ore	Raw	kg	6,33E-11	0,00
Rhodium, Rh 2.0E-5%, Pt 2.5E-4%, Pd 7.3E-4%, Ni 2.3E+0%, Cu 3.2E+0% in ore	Raw	kg	2,75E-11	0,00
Gold, Au 9.7E-5%, Ag 7.6E-5%, in ore	Raw	kg	2,36E-11	0,00
Rhenium	Raw	kg	1,92E-11	0,00
Gold, Au 1.8E-4%, in mixed ore	Raw	kg	1,87E-11	0,00
Silver, Ag 7.6E-5%, Au 9.7E-5%, in ore	Raw	kg	1,85E-11	0,00
Stibnite	Raw	kg	1,84E-11	0,00
Granite	Raw	kg	1,12E-11	0,00
Silver, Ag 1.8E-6%, in mixed ore	Raw	kg	8,92E-12	0,00
Palladium, Pd 1.6E-6%, in mixed ore	Raw	kg	8,00E-12	0,00
Gold, Au 6.8E-4%, Ag 1.5E-4%, in ore	Raw	kg	6,54E-12	0,00
Gold, Au 5.4E-4%, Ag 1.5E-5%, in ore	Raw	kg	4,81E-12	0,00
Platinum, Pt 4.7E-7%, in mixed ore	Raw	kg	2,31E-12	0,00
Sodium nitrate	Raw	kg	2,10E-12	0,00
Silver, Ag 1.5E-4%, Au 6.8E-4%, in ore	Raw	kg	1,47E-12	0,00
Silver, 3.2ppm in sulfide, Ag 1.2ppm, Cu and Te, in crude ore	Raw	kg	1,41E-12	0,00

Rhodium, Rh 1.6E-7%, in mixed ore	Raw	kg	7,85E-13	0,00
Cerium	Raw	kg	6,08E-13	0,00
Gold, Au 1.0E-7%, in mixed ore	Raw	kg	5,04E-13	0,00
Tellurium	Raw	kg	2,12E-13	0,00
Lanthanum	Raw	kg	1,82E-13	0,00
Silver, Ag 1.5E-5%, Au 5.4E-4%, in ore	Raw	kg	1,34E-13	0,00
Neodymium	Raw	kg	1,00E-13	0,00
Gallium	Raw	kg	8,69E-14	0,00
Praseodymium	Raw	kg	1,06E-14	0,00
Samarium	Raw	kg	7,59E-15	0,00
Gadolinium	Raw	kg	3,80E-15	0,00
Europium	Raw	kg	1,52E-15	0,00
Krypton	Raw	kg	1,46E-16	0,00
Xenon	Raw	kg	1,71E-17	0,00

Litio			
		kg	%
Gravel	kg	1,35E+01	23,11
Coal, hard	kg	1,34E+01	23,05
Sodium chloride	kg	1,09E+01	18,80
Calcite	kg	7,47E+00	12,83
Coal, brown	kg	4,83E+00	8,30
Oil, crude	kg	2,31E+00	3,97
Lithium	kg	1,69E+00	2,91
Carbon dioxide, in air	kg	1,44E+00	2,47
Clay, unspecified	kg	8,58E-01	1,47
Spodumene	kg	4,39E-01	0,75
Gangue, bauxite	kg	4,05E-01	0,70
Iron	kg	3,63E-01	0,62
Oxygen	kg	2,11E-01	0,36
Nitrogen	kg	9,88E-02	0,17
Clay, bentonite	kg	9,23E-02	0,16
Aluminium	kg	3,81E-02	0,07
Peat	kg	2,17E-02	0,04
Chromium	kg	1,90E-02	0,03
Barite	kg	1,72E-02	0,03
Nickel, 1.98% in silicates, 1.04% in crude ore	kg	1,14E-02	0,02
Gypsum	kg	1,08E-02	0,02
Zinc	kg	8,24E-03	0,01
Copper, 0.99% in sulfide, Cu 0.36% and Mo 8.2E-3% in crude ore	kg	7,32E-03	0,01
Basalt	kg	7,10E-03	0,01
Copper, Cu 0.38%, Au 9.7E-4%, Ag 9.7E-4%, Zn 0.63%, Pb 0.014%, in ore	kg	6,30E-03	0,01
Copper, 0.52% in sulfide, Cu 0.27% and Mo 8.2E-3% in crude ore	kg	4,68E-03	0,01

Lead	kg	4,58E-03	0,01
Copper, 1.18% in sulfide, Cu 0.39% and Mo 8.2E-3% in crude ore	kg	3,87E-03	0,01
Magnesite	kg	3,39E-03	0,01
Copper, 0.59% in sulfide, Cu 0.22% and Mo 8.2E-3% in crude ore	kg	2,77E-03	0,00
Manganese	kg	2,55E-03	0,00
Shale	kg	2,51E-03	0,00
Fluorspar	kg	2,41E-03	0,00
Dolomite	kg	1,92E-03	0,00
Copper, 2.19% in sulfide, Cu 1.83% and Mo 8.2E-3% in crude ore	kg	1,89E-03	0,00
Argon	kg	1,83E-03	0,00
TiO ₂ , 54% in ilmenite, 2.6% in crude ore	kg	1,12E-03	0,00
Zinc, Zn 0.63%, Au 9.7E-4%, Ag 9.7E-4%, Cu 0.38%, Pb 0.014%, in ore	kg	9,87E-04	0,00
Lead, Pb 0.014%, Au 9.7E-4%, Ag 9.7E-4%, Zn 0.63%, Cu 0.38%, in ore	kg	7,61E-04	0,00
Nickel, 1.13% in sulfide, Ni 0.76% and Cu 0.76% in crude ore	kg	6,69E-04	0,00
Copper, 1.42% in sulfide, Cu 0.81% and Mo 8.2E-3% in crude ore	kg	5,86E-04	0,00
Phosphorus, 18% in apatite, 4% in crude ore	kg	5,18E-04	0,00
Copper, 1.13% in sulfide, Cu 0.76% and Ni 0.76% in crude ore	kg	3,44E-04	0,00
Carbon, organic, in soil or biomass stock	kg	3,38E-04	0,00
Kaolinite	kg	3,23E-04	0,00
Copper, 0.97% in sulfide, Cu 0.36% and Mo 4.1E-2% in crude ore	kg	3,00E-04	0,00
Cadmium	kg	2,75E-04	0,00
Potassium chloride	kg	2,38E-04	0,00
Copper, Cu 3.2E+0%, Pt 2.5E-4%, Pd 7.3E-4%, Rh 2.0E-5%, Ni 2.3E+0% in ore	kg	2,29E-04	0,00
TiO ₂ , 95% in rutile, 0.40% in crude ore	kg	1,73E-04	0,00
Zirconium	kg	1,68E-04	0,00
Nickel, Ni 2.3E+0%, Pt 2.5E-4%, Pd 7.3E-4%, Rh 2.0E-5%, Cu 3.2E+0% in ore	kg	1,65E-04	0,00
Colemanite	kg	1,64E-04	0,00
Uranium	kg	1,47E-04	0,00
Fluorine	kg	1,30E-04	0,00
Chrysotile	kg	1,15E-04	0,00
Molybdenum, 0.016% in sulfide, Mo 8.2E-3% and Cu 0.27% in crude ore	kg	1,12E-04	0,00
Talc	kg	1,05E-04	0,00
Sand	kg	1,01E-04	0,00
Sodium sulfate	kg	9,34E-05	0,00
Molybdenum, 0.022% in sulfide, Mo 8.2E-3% and Cu 0.36% in crude ore	kg	9,01E-05	0,00
TiO ₂ , 54% in ilmenite, 18% in crude ore	kg	8,19E-05	0,00
Tin	kg	7,90E-05	0,00
Molybdenum, 0.025% in sulfide, Mo 8.2E-3% and Cu 0.39% in crude ore	kg	7,71E-05	0,00
Phosphorus	kg	6,57E-05	0,00
Molybdenum, 0.022% in sulfide, Mo 8.2E-3% and Cu 0.22% in crude ore	kg	6,19E-05	0,00
Molybdenum, 0.010% in sulfide, Mo 8.2E-3% and Cu 1.83% in crude ore	kg	5,50E-05	0,00
Metamorphous rock, graphite containing	kg	3,76E-05	0,00
Molybdenum	kg	3,42E-05	0,00

Zinc, Zn 3.1%, in mixed ore	kg	3,35E-05	0,00
Sulfur	kg	2,87E-05	0,00
Borax	kg	1,80E-05	0,00
Fluorine, 4.5% in apatite, 3% in crude ore	kg	1,63E-05	0,00
Nickel, Ni 2.5E+0%, in mixed ore	kg	1,37E-05	0,00
Molybdenum, 0.014% in sulfide, Mo 8.2E-3% and Cu 0.81% in crude ore	kg	1,20E-05	0,00
Ulexite	kg	8,82E-06	0,00
Tantalum	kg	8,70E-06	0,00
Silver, Ag 9.7E-4%, Au 9.7E-4%, Zn 0.63%, Cu 0.38%, Pb 0.014%, in ore	kg	7,76E-06	0,00
Silver, 0.007% in sulfide, Ag 0.004%, Pb, Zn, Cd, In	kg	6,68E-06	0,00
Nickel, Ni 3.7E-2%, Pt 4.8E-4%, Pd 2.0E-4%, Rh 2.4E-5%, Cu 5.2E-2% in ore	kg	5,70E-06	0,00
Strontium	kg	5,10E-06	0,00
Kieserite	kg	4,71E-06	0,00
Indium	kg	4,58E-06	0,00
Copper, Cu 5.2E-2%, Pt 4.8E-4%, Pd 2.0E-4%, Rh 2.4E-5%, Ni 3.7E-2% in ore	kg	3,99E-06	0,00
Carnallite	kg	3,93E-06	0,00
Lead, Pb 3.6E-1%, in mixed ore	kg	3,91E-06	0,00
Copper, Cu 6.8E-1%, in mixed ore	kg	3,81E-06	0,00
Silver, Ag 4.2E-3%, Au 1.1E-4%, in ore	kg	2,88E-06	0,00
Copper, Cu 0.2%, in mixed ore	kg	2,17E-06	0,00
Cinnabar	kg	1,41E-06	0,00
Anhydrite	kg	1,16E-06	0,00
Perlite	kg	6,74E-07	0,00
Gold, Au 6.7E-4%, in ore	kg	4,18E-07	0,00
Gold	kg	4,01E-07	0,00
Olivine	kg	3,99E-07	0,00
Gold, Au 4.9E-5%, in ore	kg	3,92E-07	0,00
Cobalt, Co 5.0E-2%, in mixed ore	kg	2,80E-07	0,00
Gold, Au 7.1E-4%, in ore	kg	1,94E-07	0,00
Gold, Au 9.7E-4%, Ag 9.7E-4%, Zn 0.63%, Cu 0.38%, Pb 0.014%, in ore	kg	1,53E-07	0,00
Gold, Au 1.3E-4%, Ag 4.6E-5%, in ore	kg	1,34E-07	0,00
Bromine	kg	1,05E-07	0,00
Cobalt	kg	9,40E-08	0,00
Gold, Au 4.3E-4%, in ore	kg	7,82E-08	0,00
Gold, Au 1.1E-4%, Ag 4.2E-3%, in ore	kg	7,70E-08	0,00
Silver, Ag 5.4E-3%, in mixed ore	kg	5,91E-08	0,00
Palladium, Pd 7.3E-4%, Pt 2.5E-4%, Rh 2.0E-5%, Ni 2.3E+0%, Cu 3.2E+0% in ore	kg	5,21E-08	0,00
Silver, Ag 4.6E-5%, Au 1.3E-4%, in ore	kg	4,79E-08	0,00
Silver, Ag 2.1E-4%, Au 2.1E-4%, in ore	kg	2,95E-08	0,00
Gold, Au 2.1E-4%, Ag 2.1E-4%, in ore	kg	2,90E-08	0,00
Platinum, Pt 4.8E-4%, Pd 2.0E-4%, Rh 2.4E-5%, Ni 3.7E-2%, Cu 5.2E-2% in ore	kg	2,61E-08	0,00
Iodine	kg	2,13E-08	0,00
Platinum, Pt 2.5E-4%, Pd 7.3E-4%, Rh 2.0E-5%, Ni 2.3E+0%, Cu 3.2E+0% in ore	kg	1,79E-08	0,00
Feldspar	kg	1,20E-08	0,00

Palladium, Pd 2.0E-4%, Pt 4.8E-4%, Rh 2.4E-5%, Ni 3.7E-2%, Cu 5.2E-2% in ore	kg	1,11E-08	0,00
Gold, Au 9.7E-5%, Ag 7.6E-5%, in ore	kg	1,08E-08	0,00
Silver, Ag 7.6E-5%, Au 9.7E-5%, in ore	kg	8,49E-09	0,00
Gold, Au 6.8E-4%, Ag 1.5E-4%, in ore	kg	3,00E-09	0,00
Gold, Au 1.8E-4%, in mixed ore	kg	2,59E-09	0,00
Gold, Au 5.4E-4%, Ag 1.5E-5%, in ore	kg	2,20E-09	0,00
Diatomite	kg	1,94E-09	0,00
Rhodium, Rh 2.0E-5%, Pt 2.5E-4%, Pd 7.3E-4%, Ni 2.3E+0%, Cu 3.2E+0% in ore	kg	1,43E-09	0,00
Rhodium, Rh 2.4E-5%, Pt 4.8E-4%, Pd 2.0E-4%, Ni 3.7E-2%, Cu 5.2E-2% in ore	kg	1,31E-09	0,00
Silver, Ag 1.8E-6%, in mixed ore	kg	1,02E-09	0,00
Palladium, Pd 1.6E-6%, in mixed ore	kg	9,18E-10	0,00
Silver, Ag 1.5E-4%, Au 6.8E-4%, in ore	kg	6,72E-10	0,00
Silver, 3.2ppm in sulfide, Ag 1.2ppm, Cu and Te, in crude ore	kg	6,23E-10	0,00
Platinum, Pt 4.7E-7%, in mixed ore	kg	2,66E-10	0,00
Rhenium	kg	2,58E-10	0,00
Stibnite	kg	2,01E-10	0,00
Granite	kg	1,63E-10	0,00
Tellurium	kg	9,35E-11	0,00
Rhodium, Rh 1.6E-7%, in mixed ore	kg	9,01E-11	0,00
Silver, Ag 1.5E-5%, Au 5.4E-4%, in ore	kg	6,15E-11	0,00
Gold, Au 1.0E-7%, in mixed ore	kg	5,79E-11	0,00
Sodium nitrate	kg	5,77E-11	0,00
Cerium	kg	4,57E-11	0,00
Lanthanum	kg	1,37E-11	0,00
Neodymium	kg	7,54E-12	0,00
Gallium	kg	1,67E-12	0,00
Praseodymium	kg	8,00E-13	0,00
Samarium	kg	5,71E-13	0,00
Gadolinium	kg	2,86E-13	0,00
Europium	kg	1,15E-13	0,00
Krypton	kg	1,73E-15	0,00
Xenon	kg	2,03E-16	0,00

Grafite			
		kg	%
Metamorphous rock, graphite containing	kg	1,05E+00	93,76

Gravel	kg	3,41E-02	3,04
Coal, hard	kg	1,39E-02	1,24
Oil, crude	kg	1,18E-02	1,05
Coal, brown	kg	4,81E-03	0,43
Carbon dioxide, in air	kg	1,83E-03	0,16
Calcite	kg	1,23E-03	0,11
Iron	kg	1,20E-03	0,11
Gangue, bauxite	kg	3,78E-04	0,03
Clay, unspecified	kg	2,51E-04	0,02
Nitrogen	kg	1,42E-04	0,01
Oxygen	kg	1,02E-04	0,01
Barite	kg	4,88E-05	0,00
Aluminium	kg	3,55E-05	0,00
Peat	kg	2,96E-05	0,00
Sodium chloride	kg	2,59E-05	0,00
Gypsum	kg	2,46E-05	0,00
Clay, bentonite	kg	1,72E-05	0,00
Chromium	kg	1,43E-05	0,00
Magnesite	kg	1,20E-05	0,00
Nickel, 1.98% in silicates, 1.04% in crude ore	kg	9,88E-06	0,00
Manganese	kg	8,94E-06	0,00
Zinc	kg	5,13E-06	0,00
Shale	kg	4,61E-06	0,00
Dolomite	kg	3,71E-06	0,00
Copper, 0.99% in sulfide, Cu 0.36% and Mo 8.2E-3% in crude ore	kg	3,25E-06	0,00
Copper, Cu 0.38%, Au 9.7E-4%, Ag 9.7E-4%, Zn 0.63%, Pb 0.014%, in ore	kg	3,07E-06	0,00
Basalt	kg	2,93E-06	0,00
Copper, 1.18% in sulfide, Cu 0.39% and Mo 8.2E-3% in crude ore	kg	2,90E-06	0,00
Copper, 0.52% in sulfide, Cu 0.27% and Mo 8.2E-3% in crude ore	kg	2,89E-06	0,00
Lead	kg	2,85E-06	0,00
Argon	kg	2,63E-06	0,00
TiO ₂ , 54% in ilmenite, 2.6% in crude ore	kg	2,53E-06	0,00
Carbon, organic, in soil or biomass stock	kg	2,44E-06	0,00
Copper, 0.59% in sulfide, Cu 0.22% and Mo 8.2E-3% in crude ore	kg	2,20E-06	0,00
Kaolinite	kg	1,32E-06	0,00
Fluorspar	kg	1,22E-06	0,00
Copper, 0.97% in sulfide, Cu 0.36% and Mo 4.1E-2% in crude ore	kg	1,06E-06	0,00
Copper, 2.19% in sulfide, Cu 1.83% and Mo 8.2E-3% in crude ore	kg	9,25E-07	0,00
Phosphorus, 18% in apatite, 4% in crude ore	kg	6,30E-07	0,00
Zinc, Zn 0.63%, Au 9.7E-4%, Ag 9.7E-4%, Cu 0.38%, Pb 0.014%, in ore	kg	4,81E-07	0,00
Potassium chloride	kg	4,05E-07	0,00
TiO ₂ , 95% in rutile, 0.40% in crude ore	kg	3,90E-07	0,00
Zirconium	kg	3,79E-07	0,00
Lead, Pb 0.014%, Au 9.7E-4%, Ag 9.7E-4%, Zn 0.63%, Cu 0.38%, in ore	kg	3,71E-07	0,00

Nickel, 1.13% in sulfide, Ni 0.76% and Cu 0.76% in crude ore	kg	3,43E-07	0,00
Copper, 1.42% in sulfide, Cu 0.81% and Mo 8.2E-3% in crude ore	kg	2,87E-07	0,00
Tin	kg	2,16E-07	0,00
TiO ₂ , 54% in ilmenite, 18% in crude ore	kg	1,88E-07	0,00
Copper, 1.13% in sulfide, Cu 0.76% and Ni 0.76% in crude ore	kg	1,77E-07	0,00
Cadmium	kg	1,71E-07	0,00
Copper, Cu 3.2E+0%, Pt 2.5E-4%, Pd 7.3E-4%, Rh 2.0E-5%, Ni 2.3E+0% in ore	kg	1,67E-07	0,00
Uranium	kg	1,67E-07	0,00
Phosphorus	kg	1,62E-07	0,00
Fluorine	kg	1,58E-07	0,00
Molybdenum	kg	1,21E-07	0,00
Nickel, Ni 2.3E+0%, Pt 2.5E-4%, Pd 7.3E-4%, Rh 2.0E-5%, Cu 3.2E+0% in ore	kg	1,21E-07	0,00
Sand	kg	9,59E-08	0,00
Talc	kg	7,55E-08	0,00
Molybdenum, 0.016% in sulfide, Mo 8.2E-3% and Cu 0.27% in crude ore	kg	6,93E-08	0,00
Molybdenum, 0.025% in sulfide, Mo 8.2E-3% and Cu 0.39% in crude ore	kg	5,78E-08	0,00
Molybdenum, 0.022% in sulfide, Mo 8.2E-3% and Cu 0.22% in crude ore	kg	4,92E-08	0,00
Sodium sulfate	kg	4,92E-08	0,00
Colemanite	kg	4,52E-08	0,00
Molybdenum, 0.022% in sulfide, Mo 8.2E-3% and Cu 0.36% in crude ore	kg	4,40E-08	0,00
Fluorine, 4.5% in apatite, 3% in crude ore	kg	3,99E-08	0,00
Molybdenum, 0.010% in sulfide, Mo 8.2E-3% and Cu 1.83% in crude ore	kg	2,69E-08	0,00
Sulfur	kg	2,16E-08	0,00
Borax	kg	1,66E-08	0,00
Nickel, Ni 3.7E-2%, Pt 4.8E-4%, Pd 2.0E-4%, Rh 2.4E-5%, Cu 5.2E-2% in ore	kg	1,56E-08	0,00
Copper, Cu 5.2E-2%, Pt 4.8E-4%, Pd 2.0E-4%, Rh 2.4E-5%, Ni 3.7E-2% in ore	kg	1,10E-08	0,00
Zinc, Zn 3.1%, in mixed ore	kg	9,72E-09	0,00
Ulexite	kg	8,64E-09	0,00
Nickel, Ni 2.5E+0%, in mixed ore	kg	7,44E-09	0,00
Kieserite	kg	6,41E-09	0,00
Molybdenum, 0.014% in sulfide, Mo 8.2E-3% and Cu 0.81% in crude ore	kg	5,88E-09	0,00
Silver, 0.007% in sulfide, Ag 0.004%, Pb, Zn, Cd, In	kg	4,16E-09	0,00
Silver, Ag 9.7E-4%, Au 9.7E-4%, Zn 0.63%, Cu 0.38%, Pb 0.014%, in ore	kg	3,78E-09	0,00
Indium	kg	2,85E-09	0,00
Copper, Cu 6.8E-1%, in mixed ore	kg	2,06E-09	0,00
Carnallite	kg	1,74E-09	0,00
Lead, Pb 3.6E-1%, in mixed ore	kg	1,13E-09	0,00
Tantalum	kg	9,97E-10	0,00
Strontium	kg	8,48E-10	0,00
Chrysotile	kg	8,07E-10	0,00
Copper, Cu 0.2%, in mixed ore	kg	6,29E-10	0,00
Bromine	kg	4,50E-10	0,00
Anhydrite	kg	3,70E-10	0,00

Silver, Ag 4.2E-3%, Au 1.1E-4%, in ore	kg	3,36E-10	0,00
Cobalt	kg	2,59E-10	0,00
Olivine	kg	1,71E-10	0,00
Cobalt, Co 5.0E-2%, in mixed ore	kg	1,52E-10	0,00
Perlite	kg	1,30E-10	0,00
Iodine	kg	8,44E-11	0,00
Gold, Au 9.7E-4%, Ag 9.7E-4%, Zn 0.63%, Cu 0.38%, Pb 0.014%, in ore	kg	7,48E-11	0,00
Platinum, Pt 4.8E-4%, Pd 2.0E-4%, Rh 2.4E-5%, Ni 3.7E-2%, Cu 5.2E-2% in ore	kg	7,17E-11	0,00
Gold, Au 6.7E-4%, in ore	kg	4,76E-11	0,00
Gold	kg	4,56E-11	0,00
Gold, Au 4.9E-5%, in ore	kg	4,46E-11	0,00
Palladium, Pd 7.3E-4%, Pt 2.5E-4%, Rh 2.0E-5%, Ni 2.3E+0%, Cu 3.2E+0% in ore	kg	3,81E-11	0,00
Palladium, Pd 2.0E-4%, Pt 4.8E-4%, Rh 2.4E-5%, Ni 3.7E-2%, Cu 5.2E-2% in ore	kg	3,05E-11	0,00
Spodumene	kg	2,80E-11	0,00
Gold, Au 7.1E-4%, in ore	kg	2,20E-11	0,00
Silver, Ag 5.4E-3%, in mixed ore	kg	1,71E-11	0,00
Gold, Au 1.3E-4%, Ag 4.6E-5%, in ore	kg	1,53E-11	0,00
Diatomite	kg	1,41E-11	0,00
Platinum, Pt 2.5E-4%, Pd 7.3E-4%, Rh 2.0E-5%, Ni 2.3E+0%, Cu 3.2E+0% in ore	kg	1,31E-11	0,00
Cinnabar	kg	1,15E-11	0,00
Gold, Au 1.1E-4%, Ag 4.2E-3%, in ore	kg	8,98E-12	0,00
Gold, Au 4.3E-4%, in ore	kg	8,90E-12	0,00
Feldspar	kg	7,15E-12	0,00
Silver, Ag 4.6E-5%, Au 1.3E-4%, in ore	kg	5,45E-12	0,00
Lithium	kg	4,49E-12	0,00
Rhodium, Rh 2.4E-5%, Pt 4.8E-4%, Pd 2.0E-4%, Ni 3.7E-2%, Cu 5.2E-2% in ore	kg	3,59E-12	0,00
Silver, Ag 2.1E-4%, Au 2.1E-4%, in ore	kg	3,36E-12	0,00
Gold, Au 2.1E-4%, Ag 2.1E-4%, in ore	kg	3,30E-12	0,00
Rhenium	kg	2,13E-12	0,00
Stibnite	kg	1,47E-12	0,00
Gold, Au 9.7E-5%, Ag 7.6E-5%, in ore	kg	1,23E-12	0,00
Rhodium, Rh 2.0E-5%, Pt 2.5E-4%, Pd 7.3E-4%, Ni 2.3E+0%, Cu 3.2E+0% in ore	kg	1,04E-12	0,00
Silver, Ag 7.6E-5%, Au 9.7E-5%, in ore	kg	9,66E-13	0,00
Gold, Au 1.8E-4%, in mixed ore	kg	7,51E-13	0,00
Silver, Ag 1.8E-6%, in mixed ore	kg	5,54E-13	0,00
Granite	kg	5,48E-13	0,00
Palladium, Pd 1.6E-6%, in mixed ore	kg	4,97E-13	0,00
Gold, Au 6.8E-4%, Ag 1.5E-4%, in ore	kg	3,41E-13	0,00
Gold, Au 5.4E-4%, Ag 1.5E-5%, in ore	kg	2,51E-13	0,00
Platinum, Pt 4.7E-7%, in mixed ore	kg	1,44E-13	0,00
Silver, Ag 1.5E-4%, Au 6.8E-4%, in ore	kg	7,65E-14	0,00
Silver, 3.2ppm in sulfide, Ag 1.2ppm, Cu and Te, in crude ore	kg	7,60E-14	0,00
Sodium nitrate	kg	5,19E-14	0,00
Rhodium, Rh 1.6E-7%, in mixed ore	kg	4,88E-14	0,00

Gold, Au 1.0E-7%, in mixed ore	kg	3,13E-14	0,00
Tellurium	kg	1,14E-14	0,00
Silver, Ag 1.5E-5%, Au 5.4E-4%, in ore	kg	7,01E-15	0,00
Gallium	kg	6,79E-15	0,00
Cerium	kg	6,17E-15	0,00
Lanthanum	kg	1,85E-15	0,00
Neodymium	kg	1,02E-15	0,00
Praseodymium	kg	1,08E-16	0,00
Samarium	kg	7,70E-17	0,00
Gadolinium	kg	3,85E-17	0,00
Krypton	kg	1,61E-17	0,00
Europium	kg	1,54E-17	0,00
Xenon	kg	1,89E-18	0,00

Allegato II – Inventario dei flussi che contribuiscono al valore totale di impatto per l'indicatore Global Warming Potential di cobalto, nichel, manganese, litio e grafite

Cobalto
Substance

Total of all compartments	kg CO2 eq	1,03E+01
Carbon dioxide, fossil	kg CO2 eq	9,27E+00
Methane, fossil	kg CO2 eq	5,96E-01
Dinitrogen monoxide	kg CO2 eq	4,62E-01
Carbon dioxide, biogenic	kg CO2 eq	1,89E-01
Sulfur hexafluoride	kg CO2 eq	2,19E-02
Methane, tetrafluoro-, CFC-14	kg CO2 eq	1,70E-02
Carbon dioxide, land transformation	kg CO2 eq	1,04E-02
Methane, biogenic	kg CO2 eq	9,63E-03
Ethane, hexafluoro-, HFC-116	kg CO2 eq	2,15E-03
Ethane, 1,2-dichloro-1,1,2,2-tetrafluoro-, CFC-114	kg CO2 eq	8,37E-04
Methane, bromotrifluoro-, Halon 1301	kg CO2 eq	3,58E-04
Methane, chlorodifluoro-, HCFC-22	kg CO2 eq	2,11E-04
Ethane, 1,1-difluoro-, HFC-152a	kg CO2 eq	7,43E-05
Methane, tetrachloro-, CFC-10	kg CO2 eq	4,03E-05
Methane, bromochlorodifluoro-, Halon 1211	kg CO2 eq	2,13E-05
Methane, trifluoro-, HFC-23	kg CO2 eq	1,31E-05
Methane, dichloro-, HCC-30	kg CO2 eq	5,83E-06
Ethane, 1,1,1,2-tetrafluoro-, HFC-134a	kg CO2 eq	5,50E-06
Methane, dichlorodifluoro-, CFC-12	kg CO2 eq	2,99E-06
Ethane, 1,1,2-trichloro-1,2,2-trifluoro-, CFC-113	kg CO2 eq	2,39E-06
Methane, monochloro-, R-40	kg CO2 eq	1,71E-06
Methane	kg CO2 eq	1,65E-06
Methane, dichloro-, HCC-30	kg CO2 eq	1,65E-06
Chloroform	kg CO2 eq	9,31E-07
Ethane, 1,1,1-trichloro-, HCFC-140	kg CO2 eq	7,27E-07
Ethane, 2-chloro-1,1,1,2-tetrafluoro-, HCFC-124	kg CO2 eq	1,68E-07
Methane, trichlorofluoro-, CFC-11	kg CO2 eq	1,46E-08
Methane, dichlorofluoro-, HCFC-21	kg CO2 eq	4,19E-10
Nitrogen fluoride	kg CO2 eq	6,90E-12
Methane, bromo-, Halon 1001	kg CO2 eq	3,05E-13
Carbon dioxide, in air	kg CO2 eq	-2,66E-01

Nichel		
Substance		
Total of all compartments	kg CO2 eq	1,12E+01
Carbon dioxide, fossil	kg CO2 eq	1,00E+01
Methane, fossil	kg CO2 eq	6,90E-01
Dinitrogen monoxide	kg CO2 eq	3,95E-01
Carbon dioxide, biogenic	kg CO2 eq	3,12E-01
Methane, biogenic	kg CO2 eq	1,32E-02
Sulfur hexafluoride	kg CO2 eq	1,22E-02
Carbon dioxide, land transformation	kg CO2 eq	1,00E-02
Methane, tetrafluoro-, CFC-14	kg CO2 eq	9,65E-03
Ethane, hexafluoro-, HFC-116	kg CO2 eq	1,26E-03
Ethane, 1,2-dichloro-1,1,2,2-tetrafluoro-, CFC-114	kg CO2 eq	8,81E-04
Methane, chlorodifluoro-, HCFC-22	kg CO2 eq	3,14E-04
Ethane, 1,1-difluoro-, HFC-152a	kg CO2 eq	2,47E-04

Methane, bromotrifluoro-, Halon 1301	kg CO2 eq	2,36E-04
Methane, tetrachloro-, CFC-10	kg CO2 eq	6,95E-05
Methane, bromochlorodifluoro-, Halon 1211	kg CO2 eq	5,30E-05
Methane, trifluoro-, HFC-23	kg CO2 eq	3,06E-05
Methane, dichlorodifluoro-, CFC-12	kg CO2 eq	6,26E-06
Ethane, 1,1,1,2-tetrafluoro-, HFC-134a	kg CO2 eq	5,78E-06
Methane, dichloro-, HCC-30	kg CO2 eq	4,09E-06
Ethane, 1,1,2-trichloro-1,2,2-trifluoro-, CFC-113	kg CO2 eq	2,50E-06
Methane, monochloro-, R-40	kg CO2 eq	1,49E-06
Methane, dichloro-, HCC-30	kg CO2 eq	1,08E-06
Methane	kg CO2 eq	1,06E-06
Chloroform	kg CO2 eq	1,00E-06
Ethane, 1,1,1-trichloro-, HCFC-140	kg CO2 eq	6,31E-07
Ethane, 2-chloro-1,1,1,2-tetrafluoro-, HCFC-124	kg CO2 eq	1,83E-07
Methane, trichlorofluoro-, CFC-11	kg CO2 eq	3,41E-08
Methane, dichlorofluoro-, HCFC-21	kg CO2 eq	9,82E-10
Nitrogen fluoride	kg CO2 eq	5,66E-12
Methane, bromo-, Halon 1001	kg CO2 eq	3,05E-13
Carbon dioxide, in air	kg CO2 eq	-3,27E-01

Manganese		
Substance		
Total of all compartments	kg CO2 eq	3,52E+00
Carbon dioxide, fossil	kg CO2 eq	3,19E+00
Methane, fossil	kg CO2 eq	2,67E-01
Carbon dioxide, biogenic	kg CO2 eq	7,60E-02
Dinitrogen monoxide	kg CO2 eq	3,53E-02
Sulfur hexafluoride	kg CO2 eq	1,22E-02
Methane, biogenic	kg CO2 eq	5,43E-03
Carbon dioxide, land transformation	kg CO2 eq	5,06E-03
Ethane, 1,2-dichloro-1,1,2,2-tetrafluoro-, CFC-114	kg CO2 eq	6,34E-04
Methane, tetrafluoro-, CFC-14	kg CO2 eq	5,49E-04
Ethane, hexafluoro-, HFC-116	kg CO2 eq	7,43E-05
Methane, bromotrifluoro-, Halon 1301	kg CO2 eq	7,14E-05
Methane, chlorodifluoro-, HCFC-22	kg CO2 eq	6,21E-05
Methane, bromochlorodifluoro-, Halon 1211	kg CO2 eq	9,10E-06
Ethane, 1,1,1,2-tetrafluoro-, HFC-134a	kg CO2 eq	3,67E-06
Ethane, 1,1,2-trichloro-1,2,2-trifluoro-, CFC-113	kg CO2 eq	1,56E-06
Methane, dichloro-, HCC-30	kg CO2 eq	1,20E-06
Methane, monochloro-, R-40	kg CO2 eq	8,87E-07
Methane, tetrachloro-, CFC-10	kg CO2 eq	7,90E-07
Methane, trifluoro-, HFC-23	kg CO2 eq	6,08E-07
Methane, dichlorodifluoro-, CFC-12	kg CO2 eq	5,38E-07
Chloroform	kg CO2 eq	4,10E-07
Ethane, 1,1,1-trichloro-, HCFC-140	kg CO2 eq	3,76E-07
Ethane, 1,1-difluoro-, HFC-152a	kg CO2 eq	3,48E-07
Methane, dichloro-, HCC-30	kg CO2 eq	3,30E-07

Ethane, 2-chloro-1,1,1,2-tetrafluoro-, HCFC-124	kg CO2 eq	1,49E-07
Methane	kg CO2 eq	5,84E-08
Methane, trichlorofluoro-, CFC-11	kg CO2 eq	6,75E-10
Methane, dichlorofluoro-, HCFC-21	kg CO2 eq	1,95E-11
Nitrogen fluoride	kg CO2 eq	1,13E-12
Methane, bromo-, Halon 1001	kg CO2 eq	1,43E-13
Carbon dioxide, in air	kg CO2 eq	-7,61E-02

Litio		
Substance		
Total of all compartments	kg CO2 eq	5,11E+01
Carbon dioxide, fossil	Air	kg CO2 eq 4,65E+01
Methane, fossil	Air	kg CO2 eq 3,93E+00
Carbon dioxide, biogenic	Air	kg CO2 eq 1,30E+00
Dinitrogen monoxide	Air	kg CO2 eq 4,12E-01
Sulfur hexafluoride	Air	kg CO2 eq 1,50E-01
Methane, biogenic	Air	kg CO2 eq 7,87E-02
Carbon dioxide, land transformation	Air	kg CO2 eq 6,30E-02
Methane, tetrafluoro-, CFC-14	Air	kg CO2 eq 1,88E-02
Methane, trifluoro-, HFC-23	Air	kg CO2 eq 9,28E-03
Ethane, 1,2-dichloro-1,1,2,2-tetrafluoro-, CFC-114	Air	kg CO2 eq 6,22E-03
Ethane, hexafluoro-, HFC-116	Air	kg CO2 eq 5,90E-03
Methane, tetrachloro-, CFC-10	Air	kg CO2 eq 4,18E-03
Methane, chlorodifluoro-, HCFC-22	Air	kg CO2 eq 2,39E-03
Methane, dichlorodifluoro-, CFC-12	Air	kg CO2 eq 1,70E-03
Methane, bromotrifluoro-, Halon 1301	Air	kg CO2 eq 9,02E-04
Methane, bromochlorodifluoro-, Halon 1211	Air	kg CO2 eq 1,36E-04
Chloroform	Air	kg CO2 eq 9,59E-05
Ethane, 1,1,1,2-tetrafluoro-, HFC-134a	Air	kg CO2 eq 6,78E-05
Ethane, 1,1,2-trichloro-1,2,2-trifluoro-, CFC-113	Air	kg CO2 eq 4,49E-05
Ethane, 1,1-difluoro-, HFC-152a	Air	kg CO2 eq 1,97E-05
Methane, dichloro-, HCC-30	Water	kg CO2 eq 1,54E-05
Methane, monochloro-, R-40	Air	kg CO2 eq 1,19E-05
Methane, trichlorofluoro-, CFC-11	Air	kg CO2 eq 1,03E-05
Methane, dichloro-, HCC-30	Air	kg CO2 eq 5,19E-06
Ethane, 1,1,1-trichloro-, HCFC-140	Air	kg CO2 eq 5,05E-06
Methane	Air	kg CO2 eq 4,34E-06
Ethane, 2-chloro-1,1,1,2-tetrafluoro-, HCFC-124	Air	kg CO2 eq 1,83E-06
Methane, dichlorofluoro-, HCFC-21	Air	kg CO2 eq 2,98E-07
Nitrogen fluoride	Air	kg CO2 eq 1,34E-11
Methane, bromo-, Halon 1001	Air	kg CO2 eq 2,07E-12
Carbon dioxide, in air	Raw	kg CO2 eq -1,44E+00

Grafite		
Substance		
Total of all compartments	kg CO2 eq	7,52E-02
Carbon dioxide, fossil	kg CO2 eq	6,99E-02

Methane, fossil	kg CO2 eq	4,09E-03
Carbon dioxide, biogenic	kg CO2 eq	2,02E-03
Dinitrogen monoxide	kg CO2 eq	7,68E-04
Sulfur hexafluoride	kg CO2 eq	1,30E-04
Carbon dioxide, land transformation	kg CO2 eq	6,30E-05
Methane, biogenic	kg CO2 eq	5,26E-05
Methane, tetrafluoro-, CFC-14	kg CO2 eq	1,77E-05
Ethane, 1,2-dichloro-1,1,2,2-tetrafluoro-, CFC-114	kg CO2 eq	7,20E-06
Methane, bromotrifluoro-, Halon 1301	kg CO2 eq	4,14E-06
Ethane, hexafluoro-, HFC-116	kg CO2 eq	2,56E-06
Methane, chlorodifluoro-, HCFC-22	kg CO2 eq	2,19E-06
Methane, bromochlorodifluoro-, Halon 1211	kg CO2 eq	1,07E-07
Ethane, 1,1,1,2-tetrafluoro-, HFC-134a	kg CO2 eq	6,66E-08
Methane, dichloro-, HCC-30	kg CO2 eq	6,65E-08
Ethane, 1,1,2-trichloro-1,2,2-trifluoro-, CFC-113	kg CO2 eq	3,85E-08
Methane, trifluoro-, HFC-23	kg CO2 eq	3,14E-08
Methane, tetrachloro-, CFC-10	kg CO2 eq	2,97E-08
Methane, dichlorodifluoro-, CFC-12	kg CO2 eq	1,52E-08
Ethane, 1,1-difluoro-, HFC-152a	kg CO2 eq	1,17E-08
Methane, monochloro-, R-40	kg CO2 eq	9,10E-09
Chloroform	kg CO2 eq	4,56E-09
Ethane, 1,1,1-trichloro-, HCFC-140	kg CO2 eq	3,86E-09
Ethane, 2-chloro-1,1,1,2-tetrafluoro-, HCFC-124	kg CO2 eq	3,52E-09
Methane, dichloro-, HCC-30	kg CO2 eq	3,50E-09
Methane	kg CO2 eq	6,18E-10
Methane, trichlorofluoro-, CFC-11	kg CO2 eq	3,49E-11
Methane, dichlorofluoro-, HCFC-21	kg CO2 eq	1,01E-12
Nitrogen fluoride	kg CO2 eq	1,25E-13
Methane, bromo-, Halon 1001	kg CO2 eq	1,47E-15
Carbon dioxide, in air	kg CO2 eq	-1,83E-03

Allegato III – Inventario dei flussi che contribuiscono al valore totale di impatto per l'indicatore Resource Depletion Potential di cobalto, nichel, manganese, litio e grafite

Nichel		
Substance		
Total of all compartments	kg Sb eq	5,76E-03
Nickel, 1.13% in sulfide, Ni 0.76% and Cu 0.76% in crude ore	kg Sb eq	2,62E-03

Copper, 1.13% in sulfide, Cu 0.76% and Ni 0.76% in crude ore	kg Sb eq	8,04E-04
Nickel, Ni 2.3E+0%, Pt 2.5E-4%, Pd 7.3E-4%, Rh 2.0E-5%, Cu 3.2E+0% in ore	kg Sb eq	6,03E-04
Copper, Cu 3.2E+0%, Pt 2.5E-4%, Pd 7.3E-4%, Rh 2.0E-5%, Ni 2.3E+0% in ore	kg Sb eq	4,99E-04
Palladium, Pd 7.3E-4%, Pt 2.5E-4%, Rh 2.0E-5%, Ni 2.3E+0%, Cu 3.2E+0% in ore	kg Sb eq	4,26E-04
Indium	kg Sb eq	2,38E-04
Platinum, Pt 4.8E-4%, Pd 2.0E-4%, Rh 2.4E-5%, Ni 3.7E-2%, Cu 5.2E-2% in ore	kg Sb eq	1,42E-04
Platinum, Pt 2.5E-4%, Pd 7.3E-4%, Rh 2.0E-5%, Ni 2.3E+0%, Cu 3.2E+0% in ore	kg Sb eq	1,42E-04
Fluorspar	kg Sb eq	8,13E-05
Palladium, Pd 2.0E-4%, Pt 4.8E-4%, Rh 2.4E-5%, Ni 3.7E-2%, Cu 5.2E-2% in ore	kg Sb eq	6,22E-05
Cadmium	kg Sb eq	2,86E-05
Zirconium	kg Sb eq	2,45E-05
Silver, Ag 9.7E-4%, Au 9.7E-4%, Zn 0.63%, Cu 0.38%, Pb 0.014%, in ore	kg Sb eq	1,54E-05
Nickel, Ni 3.7E-2%, Pt 4.8E-4%, Pd 2.0E-4%, Rh 2.4E-5%, Cu 5.2E-2% in ore	kg Sb eq	1,42E-05
Lead	kg Sb eq	6,44E-06
Copper, Cu 5.2E-2%, Pt 4.8E-4%, Pd 2.0E-4%, Rh 2.4E-5%, Ni 3.7E-2% in ore	kg Sb eq	5,97E-06
Silver, 0.007% in sulfide, Ag 0.004%, Pb, Zn, Cd, In	kg Sb eq	5,27E-06
Copper, 0.99% in sulfide, Cu 0.36% and Mo 8.2E-3% in crude ore	kg Sb eq	4,20E-06
Nickel, 1.98% in silicates, 1.04% in crude ore	kg Sb eq	4,11E-06
Uranium	kg Sb eq	4,08E-06
Copper, Cu 0.38%, Au 9.7E-4%, Ag 9.7E-4%, Zn 0.63%, Pb 0.014%, in ore	kg Sb eq	3,72E-06
Copper, 0.52% in sulfide, Cu 0.27% and Mo 8.2E-3% in crude ore	kg Sb eq	2,85E-06
Zinc	kg Sb eq	2,82E-06
Lead, Pb 0.014%, Au 9.7E-4%, Ag 9.7E-4%, Zn 0.63%, Cu 0.38%, in ore	kg Sb eq	2,69E-06
Tantalum	kg Sb eq	2,55E-06
Copper, 1.18% in sulfide, Cu 0.39% and Mo 8.2E-3% in crude ore	kg Sb eq	2,33E-06
Molybdenum, 0.016% in sulfide, Mo 8.2E-3% and Cu 0.27% in crude ore	kg Sb eq	1,94E-06
Copper, 0.59% in sulfide, Cu 0.22% and Mo 8.2E-3% in crude ore	kg Sb eq	1,66E-06
Molybdenum, 0.022% in sulfide, Mo 8.2E-3% and Cu 0.36% in crude ore	kg Sb eq	1,57E-06
Molybdenum, 0.025% in sulfide, Mo 8.2E-3% and Cu 0.39% in crude ore	kg Sb eq	1,32E-06
Gold, Au 9.7E-4%, Ag 9.7E-4%, Zn 0.63%, Cu 0.38%, Pb 0.014%, in ore	kg Sb eq	1,30E-06
Copper, 2.19% in sulfide, Cu 1.83% and Mo 8.2E-3% in crude ore	kg Sb eq	1,16E-06
Molybdenum, 0.022% in sulfide, Mo 8.2E-3% and Cu 0.22% in crude ore	kg Sb eq	1,06E-06
Tin	kg Sb eq	1,05E-06
Molybdenum, 0.010% in sulfide, Mo 8.2E-3% and Cu 1.83% in crude ore	kg Sb eq	9,59E-07
Zinc, Zn 0.63%, Au 9.7E-4%, Ag 9.7E-4%, Cu 0.38%, Pb 0.014%, in ore	kg Sb eq	8,50E-07
Silver, Ag 4.2E-3%, Au 1.1E-4%, in ore	kg Sb eq	6,20E-07
Aluminium	kg Sb eq	5,21E-07
Molybdenum	kg Sb eq	4,80E-07
Phosphorus, 18% in apatite, 4% in crude ore	kg Sb eq	3,92E-07
Gold, Au 6.7E-4%, in ore	kg Sb eq	3,79E-07
Gold	kg Sb eq	3,63E-07
Copper, 1.42% in sulfide, Cu 0.81% and Mo 8.2E-3% in crude ore	kg Sb eq	3,59E-07
Gold, Au 4.9E-5%, in ore	kg Sb eq	3,55E-07
Coal, hard	kg Sb eq	3,38E-07
Gas, natural/m3	kg Sb eq	2,92E-07
Oil, crude	kg Sb eq	2,10E-07
Molybdenum, 0.014% in sulfide, Mo 8.2E-3% and Cu 0.81% in crude ore	kg Sb eq	2,10E-07
Gold, Au 7.1E-4%, in ore	kg Sb eq	1,76E-07
Copper, 0.97% in sulfide, Cu 0.36% and Mo 4.1E-2% in crude ore	kg Sb eq	1,48E-07

Gold, Au 1.3E-4%, Ag 4.6E-5%, in ore	kg Sb eq	1,22E-07
Iron	kg Sb eq	1,19E-07
Talc	kg Sb eq	1,05E-07
Strontium	kg Sb eq	8,18E-08
Gold, Au 4.3E-4%, in ore	kg Sb eq	7,09E-08
Gold, Au 1.1E-4%, Ag 4.2E-3%, in ore	kg Sb eq	7,08E-08
Sodium chloride	kg Sb eq	4,68E-08
Carbon, organic, in soil or biomass stock	kg Sb eq	4,62E-08
Silver, Ag 5.4E-3%, in mixed ore	kg Sb eq	4,57E-08
Coal, brown	kg Sb eq	4,43E-08
Chromium	kg Sb eq	2,99E-08
Phosphorus	kg Sb eq	2,92E-08
Gold, Au 2.1E-4%, Ag 2.1E-4%, in ore	kg Sb eq	2,63E-08
Sodium sulfate	kg Sb eq	1,48E-08
Manganese	kg Sb eq	1,18E-08
Zinc, Zn 3.1%, in mixed ore	kg Sb eq	1,12E-08
Silver, Ag 4.6E-5%, Au 1.3E-4%, in ore	kg Sb eq	1,02E-08
Gold, Au 9.7E-5%, Ag 7.6E-5%, in ore	kg Sb eq	9,83E-09
Sulfur	kg Sb eq	8,96E-09
Gold, Au 1.8E-4%, in mixed ore	kg Sb eq	8,57E-09
Silver, Ag 2.1E-4%, Au 2.1E-4%, in ore	kg Sb eq	6,26E-09
Gas, mine, off-gas, process, coal mining/m3	kg Sb eq	6,21E-09
Lead, Pb 3.6E-1%, in mixed ore	kg Sb eq	5,39E-09
Gold, Au 6.8E-4%, Ag 1.5E-4%, in ore	kg Sb eq	2,72E-09
Rhenium	kg Sb eq	2,51E-09
Gold, Au 5.4E-4%, Ag 1.5E-5%, in ore	kg Sb eq	2,00E-09
Silver, Ag 7.6E-5%, Au 9.7E-5%, in ore	kg Sb eq	1,80E-09
Cobalt	kg Sb eq	5,22E-10
Copper, Cu 0.2%, in mixed ore	kg Sb eq	4,99E-10
Peat	kg Sb eq	3,95E-10
Silver, Ag 1.5E-4%, Au 6.8E-4%, in ore	kg Sb eq	1,43E-10
Silver, 3.2ppm in sulfide, Ag 1.2ppm, Cu and Te, in crude ore	kg Sb eq	1,38E-10
Lithium	kg Sb eq	7,22E-11
Iodine	kg Sb eq	7,13E-11
Tellurium	kg Sb eq	1,77E-11
Silver, Ag 1.5E-5%, Au 5.4E-4%, in ore	kg Sb eq	1,31E-11
Perlite	kg Sb eq	2,65E-12
Cerium	kg Sb eq	6,49E-15
Lanthanum	kg Sb eq	1,94E-15
Gallium	kg Sb eq	1,41E-15
Neodymium	kg Sb eq	1,07E-15
Praseodymium	kg Sb eq	1,13E-16
Gadolinium	kg Sb eq	4,06E-17
Europium	kg Sb eq	1,63E-17

Manganese
Substance

Total of all compartments	kg Sb eq	9,43E-05
Manganese	kg Sb eq	5,48E-05
Indium	kg Sb eq	2,47E-05
Uranium	kg Sb eq	2,96E-06
Cadmium	kg Sb eq	2,96E-06
Nickel, 1.98% in silicates, 1.04% in crude ore	kg Sb eq	2,08E-06
Silver, Ag 9.7E-4%, Au 9.7E-4%, Zn 0.63%, Cu 0.38%, Pb 0.014%, in ore	kg Sb eq	1,09E-06
Iron	kg Sb eq	6,95E-07
Lead	kg Sb eq	6,67E-07
Silver, 0.007% in sulfide, Ag 0.004%, Pb, Zn, Cd, In	kg Sb eq	5,46E-07
Zinc	kg Sb eq	2,92E-07
Copper, 0.99% in sulfide, Cu 0.36% and Mo 8.2E-3% in crude ore	kg Sb eq	2,86E-07
Copper, Cu 0.38%, Au 9.7E-4%, Ag 9.7E-4%, Zn 0.63%, Pb 0.014%, in ore	kg Sb eq	2,64E-07
Copper, 0.52% in sulfide, Cu 0.27% and Mo 8.2E-3% in crude ore	kg Sb eq	2,2E-07
Tantalum	kg Sb eq	2,2E-07
Copper, 1.18% in sulfide, Cu 0.39% and Mo 8.2E-3% in crude ore	kg Sb eq	1,98E-07
Lead, Pb 0.014%, Au 9.7E-4%, Ag 9.7E-4%, Zn 0.63%, Cu 0.38%, in ore	kg Sb eq	1,91E-07
Zirconium	kg Sb eq	1,77E-07
Molybdenum, 0.016% in sulfide, Mo 8.2E-3% and Cu 0.27% in crude ore	kg Sb eq	1,5E-07
Copper, 0.59% in sulfide, Cu 0.22% and Mo 8.2E-3% in crude ore	kg Sb eq	1,46E-07
Coal, hard	kg Sb eq	1,39E-07
Molybdenum	kg Sb eq	1,34E-07
Molybdenum, 0.025% in sulfide, Mo 8.2E-3% and Cu 0.39% in crude ore	kg Sb eq	1,12E-07
Molybdenum, 0.022% in sulfide, Mo 8.2E-3% and Cu 0.36% in crude ore	kg Sb eq	1,1E-07
Fluorspar	kg Sb eq	1,08E-07
Tin	kg Sb eq	9,45E-08
Molybdenum, 0.022% in sulfide, Mo 8.2E-3% and Cu 0.22% in crude ore	kg Sb eq	9,26E-08
Gold, Au 9.7E-4%, Ag 9.7E-4%, Zn 0.63%, Cu 0.38%, Pb 0.014%, in ore	kg Sb eq	9,25E-08
Copper, 2.19% in sulfide, Cu 1.83% and Mo 8.2E-3% in crude ore	kg Sb eq	8,15E-08
Gas, natural/m3	kg Sb eq	7,08E-08
Molybdenum, 0.010% in sulfide, Mo 8.2E-3% and Cu 1.83% in crude ore	kg Sb eq	6,73E-08
Zinc, Zn 0.63%, Au 9.7E-4%, Ag 9.7E-4%, Cu 0.38%, Pb 0.014%, in ore	kg Sb eq	6,03E-08
Oil, crude	kg Sb eq	5,93E-08
Silver, Ag 4.2E-3%, Au 1.1E-4%, in ore	kg Sb eq	5,37E-08
Copper, 0.97% in sulfide, Cu 0.36% and Mo 4.1E-2% in crude ore	kg Sb eq	4,14E-08
Nickel, 1.13% in sulfide, Ni 0.76% and Cu 0.76% in crude ore	kg Sb eq	3,7E-08
Coal, brown	kg Sb eq	3,36E-08
Gold, Au 6.7E-4%, in ore	kg Sb eq	3,29E-08
Gold	kg Sb eq	3,15E-08
Gold, Au 4.9E-5%, in ore	kg Sb eq	3,08E-08
Aluminium	kg Sb eq	2,84E-08
Copper, 1.42% in sulfide, Cu 0.81% and Mo 8.2E-3% in crude ore	kg Sb eq	2,52E-08
Carbon, organic, in soil or biomass stock	kg Sb eq	2,12E-08
Platinum, Pt 4.8E-4%, Pd 2.0E-4%, Rh 2.4E-5%, Ni 3.7E-2%, Cu 5.2E-2% in ore	kg Sb eq	1,68E-08
Chromium	kg Sb eq	1,58E-08
Gold, Au 7.1E-4%, in ore	kg Sb eq	1,52E-08
Molybdenum, 0.014% in sulfide, Mo 8.2E-3% and Cu 0.81% in crude ore	kg Sb eq	1,47E-08
Nickel, Ni 2.3E+0%, Pt 2.5E-4%, Pd 7.3E-4%, Rh 2.0E-5%, Cu 3.2E+0% in ore	kg Sb eq	1,33E-08
Copper, 1.13% in sulfide, Cu 0.76% and Ni 0.76% in crude ore	kg Sb eq	1,14E-08

Copper, Cu 3.2E+0%, Pt 2.5E-4%, Pd 7.3E-4%, Rh 2.0E-5%, Ni 2.3E+0% in ore	kg Sb eq	1,1E-08
Gold, Au 1.3E-4%, Ag 4.6E-5%, in ore	kg Sb eq	1,05E-08
Palladium, Pd 7.3E-4%, Pt 2.5E-4%, Rh 2.0E-5%, Ni 2.3E+0%, Cu 3.2E+0% in ore	kg Sb eq	9,39E-09
Palladium, Pd 2.0E-4%, Pt 4.8E-4%, Rh 2.4E-5%, Ni 3.7E-2%, Cu 5.2E-2% in ore	kg Sb eq	7,36E-09
Talc	kg Sb eq	7,26E-09
Gold, Au 4.3E-4%, in ore	kg Sb eq	6,14E-09
Gold, Au 1.1E-4%, Ag 4.2E-3%, in ore	kg Sb eq	6,12E-09
Strontium	kg Sb eq	5,81E-09
Silver, Ag 5.4E-3%, in mixed ore	kg Sb eq	3,59E-09
Platinum, Pt 2.5E-4%, Pd 7.3E-4%, Rh 2.0E-5%, Ni 2.3E+0%, Cu 3.2E+0% in ore	kg Sb eq	3,13E-09
Gas, mine, off-gas, process, coal mining/m3	kg Sb eq	2,74E-09
Gold, Au 2.1E-4%, Ag 2.1E-4%, in ore	kg Sb eq	2,28E-09
Nickel, Ni 3.7E-2%, Pt 4.8E-4%, Pd 2.0E-4%, Rh 2.4E-5%, Cu 5.2E-2% in ore	kg Sb eq	1,68E-09
Zinc, Zn 3.1%, in mixed ore	kg Sb eq	8,85E-10
Silver, Ag 4.6E-5%, Au 1.3E-4%, in ore	kg Sb eq	8,8E-10
Phosphorus, 18% in apatite, 4% in crude ore	kg Sb eq	8,63E-10
Gold, Au 9.7E-5%, Ag 7.6E-5%, in ore	kg Sb eq	8,51E-10
Copper, Cu 5.2E-2%, Pt 4.8E-4%, Pd 2.0E-4%, Rh 2.4E-5%, Ni 3.7E-2% in ore	kg Sb eq	7,06E-10
Gold, Au 1.8E-4%, in mixed ore	kg Sb eq	6,74E-10
Rhenium	kg Sb eq	6,12E-10
Silver, Ag 2.1E-4%, Au 2.1E-4%, in ore	kg Sb eq	5,42E-10
Lead, Pb 3.6E-1%, in mixed ore	kg Sb eq	4,24E-10
Sulfur	kg Sb eq	3,72E-10
Sodium chloride	kg Sb eq	3,65E-10
Gold, Au 6.8E-4%, Ag 1.5E-4%, in ore	kg Sb eq	2,35E-10
Cobalt	kg Sb eq	1,83E-10
Gold, Au 5.4E-4%, Ag 1.5E-5%, in ore	kg Sb eq	1,73E-10
Peat	kg Sb eq	1,72E-10
Phosphorus	kg Sb eq	1,65E-10
Silver, Ag 7.6E-5%, Au 9.7E-5%, in ore	kg Sb eq	1,56E-10
Copper, Cu 0.2%, in mixed ore	kg Sb eq	3,92E-11
Silver, Ag 1.5E-4%, Au 6.8E-4%, in ore	kg Sb eq	1,24E-11
Silver, 3.2ppm in sulfide, Ag 1.2ppm, Cu and Te, in crude ore	kg Sb eq	1,19E-11
Sodium sulfate	kg Sb eq	1,17E-11
Iodine	kg Sb eq	4,89E-12
Lithium	kg Sb eq	1,58E-12
Tellurium	kg Sb eq	1,53E-12
Silver, Ag 1.5E-5%, Au 5.4E-4%, in ore	kg Sb eq	1,13E-12
Perlite	kg Sb eq	2,02E-13
Gallium	kg Sb eq	5,47E-16
Cerium	kg Sb eq	3,46E-16
Lanthanum	kg Sb eq	1,04E-16
Neodymium	kg Sb eq	5,71E-17
Praseodymium	kg Sb eq	6,05E-18
Gadolinium	kg Sb eq	2,16E-18
Europium	kg Sb eq	8,67E-19

Litio		
Substance		
Total of all compartments	kg Sb eq	2,60E-02
Lithium	kg Sb eq	2,25E-02
Indium	kg Sb eq	2,54E-03
Cadmium	kg Sb eq	3,05E-04
Tantalum	kg Sb eq	1,00E-04
Lead	kg Sb eq	6,87E-05
Silver, Ag 9.7E-4%, Au 9.7E-4%, Zn 0.63%, Cu 0.38%, Pb 0.014%, in ore	kg Sb eq	6,54E-05
Silver, 0.007% in sulfide, Ag 0.004%, Pb, Zn, Cd, In	kg Sb eq	5,62E-05
Nickel, 1.98% in silicates, 1.04% in crude ore	kg Sb eq	4,75E-05
Zinc	kg Sb eq	3,01E-05
Uranium	kg Sb eq	2,95E-05
Silver, Ag 4.2E-3%, Au 1.1E-4%, in ore	kg Sb eq	2,43E-05
Copper, 0.99% in sulfide, Cu 0.36% and Mo 8.2E-3% in crude ore	kg Sb eq	1,83E-05
Copper, Cu 0.38%, Au 9.7E-4%, Ag 9.7E-4%, Zn 0.63%, Pb 0.014%, in ore	kg Sb eq	1,57E-05
Gold, Au 6.7E-4%, in ore	kg Sb eq	1,51E-05
Gold	kg Sb eq	1,44E-05
Gold, Au 4.9E-5%, in ore	kg Sb eq	1,41E-05
Copper, 0.52% in sulfide, Cu 0.27% and Mo 8.2E-3% in crude ore	kg Sb eq	1,17E-05
Lead, Pb 0.014%, Au 9.7E-4%, Ag 9.7E-4%, Zn 0.63%, Cu 0.38%, in ore	kg Sb eq	1,14E-05
Copper, 1.18% in sulfide, Cu 0.39% and Mo 8.2E-3% in crude ore	kg Sb eq	9,67E-06
Tin	kg Sb eq	9,09E-06
Molybdenum, 0.016% in sulfide, Mo 8.2E-3% and Cu 0.27% in crude ore	kg Sb eq	7,98E-06
Gold, Au 7.1E-4%, in ore	kg Sb eq	6,97E-06
Copper, 0.59% in sulfide, Cu 0.22% and Mo 8.2E-3% in crude ore	kg Sb eq	6,92E-06
Molybdenum, 0.022% in sulfide, Mo 8.2E-3% and Cu 0.36% in crude ore	kg Sb eq	6,40E-06
Fluorspar	kg Sb eq	6,32E-06
Sodium chloride	kg Sb eq	6,09E-06
Gold, Au 9.7E-4%, Ag 9.7E-4%, Zn 0.63%, Cu 0.38%, Pb 0.014%, in ore	kg Sb eq	5,53E-06
Molybdenum, 0.025% in sulfide, Mo 8.2E-3% and Cu 0.39% in crude ore	kg Sb eq	5,49E-06
Gold, Au 1.3E-4%, Ag 4.6E-5%, in ore	kg Sb eq	4,82E-06
Copper, 2.19% in sulfide, Cu 1.83% and Mo 8.2E-3% in crude ore	kg Sb eq	4,73E-06
Molybdenum, 0.022% in sulfide, Mo 8.2E-3% and Cu 0.22% in crude ore	kg Sb eq	4,40E-06
Molybdenum, 0.010% in sulfide, Mo 8.2E-3% and Cu 1.83% in crude ore	kg Sb eq	3,91E-06
Zinc, Zn 0.63%, Au 9.7E-4%, Ag 9.7E-4%, Cu 0.38%, Pb 0.014%, in ore	kg Sb eq	3,60E-06
Gold, Au 4.3E-4%, in ore	kg Sb eq	2,81E-06
Nickel, 1.13% in sulfide, Ni 0.76% and Cu 0.76% in crude ore	kg Sb eq	2,80E-06
Gold, Au 1.1E-4%, Ag 4.2E-3%, in ore	kg Sb eq	2,77E-06
Zirconium	kg Sb eq	2,75E-06
Molybdenum	kg Sb eq	2,43E-06
Coal, hard	kg Sb eq	2,00E-06
Copper, 1.42% in sulfide, Cu 0.81% and Mo 8.2E-3% in crude ore	kg Sb eq	1,47E-06
Gas, natural/m3	kg Sb eq	1,09E-06
Gold, Au 2.1E-4%, Ag 2.1E-4%, in ore	kg Sb eq	1,04E-06
Aluminium	kg Sb eq	9,64E-07
Strontium	kg Sb eq	9,03E-07
Copper, 1.13% in sulfide, Cu 0.76% and Ni 0.76% in crude ore	kg Sb eq	8,60E-07
Molybdenum, 0.014% in sulfide, Mo 8.2E-3% and Cu 0.81% in crude ore	kg Sb eq	8,56E-07

Oil, crude	kg Sb eq	7,62E-07
Copper, 0.97% in sulfide, Cu 0.36% and Mo 4.1E-2% in crude ore	kg Sb eq	7,49E-07
Nickel, Ni 2.3E+0%, Pt 2.5E-4%, Pd 7.3E-4%, Rh 2.0E-5%, Cu 3.2E+0% in ore	kg Sb eq	6,91E-07
Iron	kg Sb eq	6,03E-07
Copper, Cu 3.2E+0%, Pt 2.5E-4%, Pd 7.3E-4%, Rh 2.0E-5%, Ni 2.3E+0% in ore	kg Sb eq	5,72E-07
Silver, Ag 5.4E-3%, in mixed ore	kg Sb eq	4,97E-07
Palladium, Pd 7.3E-4%, Pt 2.5E-4%, Rh 2.0E-5%, Ni 2.3E+0%, Cu 3.2E+0% in ore	kg Sb eq	4,88E-07
Silver, Ag 4.6E-5%, Au 1.3E-4%, in ore	kg Sb eq	4,03E-07
Gold, Au 9.7E-5%, Ag 7.6E-5%, in ore	kg Sb eq	3,90E-07
Coal, brown	kg Sb eq	3,73E-07
Chromium	kg Sb eq	3,72E-07
Silver, Ag 2.1E-4%, Au 2.1E-4%, in ore	kg Sb eq	2,48E-07
Platinum, Pt 4.8E-4%, Pd 2.0E-4%, Rh 2.4E-5%, Ni 3.7E-2%, Cu 5.2E-2% in ore	kg Sb eq	2,38E-07
Platinum, Pt 2.5E-4%, Pd 7.3E-4%, Rh 2.0E-5%, Ni 2.3E+0%, Cu 3.2E+0% in ore	kg Sb eq	1,62E-07
Carbon, organic, in soil or biomass stock	kg Sb eq	1,50E-07
Talc	kg Sb eq	1,24E-07
Zinc, Zn 3.1%, in mixed ore	kg Sb eq	1,22E-07
Gold, Au 6.8E-4%, Ag 1.5E-4%, in ore	kg Sb eq	1,08E-07
Palladium, Pd 2.0E-4%, Pt 4.8E-4%, Rh 2.4E-5%, Ni 3.7E-2%, Cu 5.2E-2% in ore	kg Sb eq	1,04E-07
Gold, Au 1.8E-4%, in mixed ore	kg Sb eq	9,33E-08
Gold, Au 5.4E-4%, Ag 1.5E-5%, in ore	kg Sb eq	7,93E-08
Silver, Ag 7.6E-5%, Au 9.7E-5%, in ore	kg Sb eq	7,15E-08
Manganese	kg Sb eq	5,99E-08
Lead, Pb 3.6E-1%, in mixed ore	kg Sb eq	5,86E-08
Gas, mine, off-gas, process, coal mining/m3	kg Sb eq	3,89E-08
Phosphorus, 18% in apatite, 4% in crude ore	kg Sb eq	3,22E-08
Nickel, Ni 3.7E-2%, Pt 4.8E-4%, Pd 2.0E-4%, Rh 2.4E-5%, Cu 5.2E-2% in ore	kg Sb eq	2,38E-08
Sulfur	kg Sb eq	1,12E-08
Copper, Cu 5.2E-2%, Pt 4.8E-4%, Pd 2.0E-4%, Rh 2.4E-5%, Ni 3.7E-2% in ore	kg Sb eq	9,98E-09
Rhenium	kg Sb eq	8,24E-09
Silver, Ag 1.5E-4%, Au 6.8E-4%, in ore	kg Sb eq	5,66E-09
Copper, Cu 0.2%, in mixed ore	kg Sb eq	5,43E-09
Silver, 3.2ppm in sulfide, Ag 1.2ppm, Cu and Te, in crude ore	kg Sb eq	5,25E-09
Phosphorus	kg Sb eq	4,08E-09
Cobalt	kg Sb eq	2,41E-09
Peat	kg Sb eq	1,45E-09
Sodium sulfate	kg Sb eq	9,26E-10
Tellurium	kg Sb eq	6,74E-10
Silver, Ag 1.5E-5%, Au 5.4E-4%, in ore	kg Sb eq	5,18E-10
Iodine	kg Sb eq	4,74E-11
Perlite	kg Sb eq	2,62E-11
Cerium	kg Sb eq	2,60E-14
Gallium	kg Sb eq	1,05E-14
Lanthanum	kg Sb eq	7,80E-15
Neodymium	kg Sb eq	4,29E-15
Praseodymium	kg Sb eq	4,55E-16
Gadolinium	kg Sb eq	1,63E-16
Europium	kg Sb eq	6,52E-17

Cobalto		
Substance		
Total of all compartments	kg Sb eq	3,39E-02
Cobalt	kg Sb eq	3,35E-02
Indium	kg Sb eq	2,24E-04
Cadmium	kg Sb eq	2,69E-05
Silver, Ag 9.7E-4%, Au 9.7E-4%, Zn 0.63%, Cu 0.38%, Pb 0.014%, in ore	kg Sb eq	2,50E-05
Fluorspar	kg Sb eq	2,44E-05
Zirconium	kg Sb eq	7,50E-06
Copper, 0.99% in sulfide, Cu 0.36% and Mo 8.2E-3% in crude ore	kg Sb eq	6,64E-06
Lead	kg Sb eq	6,06E-06
Copper, Cu 0.38%, Au 9.7E-4%, Ag 9.7E-4%, Zn 0.63%, Pb 0.014%, in ore	kg Sb eq	6,03E-06
Nickel, 1.98% in silicates, 1.04% in crude ore	kg Sb eq	5,29E-06
Silver, 0.007% in sulfide, Ag 0.004%, Pb, Zn, Cd, In	kg Sb eq	4,96E-06
Copper, 0.52% in sulfide, Cu 0.27% and Mo 8.2E-3% in crude ore	kg Sb eq	4,59E-06
Lead, Pb 0.014%, Au 9.7E-4%, Ag 9.7E-4%, Zn 0.63%, Cu 0.38%, in ore	kg Sb eq	4,37E-06
Uranium	kg Sb eq	4,01E-06
Copper, 1.18% in sulfide, Cu 0.39% and Mo 8.2E-3% in crude ore	kg Sb eq	3,73E-06
Molybdenum, 0.016% in sulfide, Mo 8.2E-3% and Cu 0.27% in crude ore	kg Sb eq	3,13E-06
Tantalum	kg Sb eq	2,70E-06
Zinc	kg Sb eq	2,66E-06
Copper, 0.59% in sulfide, Cu 0.22% and Mo 8.2E-3% in crude ore	kg Sb eq	2,66E-06
Molybdenum, 0.022% in sulfide, Mo 8.2E-3% and Cu 0.36% in crude ore	kg Sb eq	2,55E-06
Molybdenum, 0.025% in sulfide, Mo 8.2E-3% and Cu 0.39% in crude ore	kg Sb eq	2,12E-06
Gold, Au 9.7E-4%, Ag 9.7E-4%, Zn 0.63%, Cu 0.38%, Pb 0.014%, in ore	kg Sb eq	2,11E-06
Copper, 2.19% in sulfide, Cu 1.83% and Mo 8.2E-3% in crude ore	kg Sb eq	1,89E-06
Molybdenum, 0.022% in sulfide, Mo 8.2E-3% and Cu 0.22% in crude ore	kg Sb eq	1,69E-06
Molybdenum, 0.010% in sulfide, Mo 8.2E-3% and Cu 1.83% in crude ore	kg Sb eq	1,56E-06
Zinc, Zn 0.63%, Au 9.7E-4%, Ag 9.7E-4%, Cu 0.38%, Pb 0.014%, in ore	kg Sb eq	1,38E-06
Tin	kg Sb eq	1,35E-06
Platinum, Pt 4.8E-4%, Pd 2.0E-4%, Rh 2.4E-5%, Ni 3.7E-2%, Cu 5.2E-2% in ore	kg Sb eq	1,04E-06
Nickel, 1.13% in sulfide, Ni 0.76% and Cu 0.76% in crude ore	kg Sb eq	9,03E-07
Aluminium	kg Sb eq	8,62E-07
Silver, Ag 4.2E-3%, Au 1.1E-4%, in ore	kg Sb eq	6,54E-07
Molybdenum	kg Sb eq	6,01E-07
Copper, 1.42% in sulfide, Cu 0.81% and Mo 8.2E-3% in crude ore	kg Sb eq	5,85E-07
Palladium, Pd 2.0E-4%, Pt 4.8E-4%, Rh 2.4E-5%, Ni 3.7E-2%, Cu 5.2E-2% in ore	kg Sb eq	4,53E-07
Gold, Au 6.7E-4%, in ore	kg Sb eq	4,00E-07
Gold	kg Sb eq	3,83E-07
Gold, Au 4.9E-5%, in ore	kg Sb eq	3,75E-07
Nickel, Ni 2.3E+0%, Pt 2.5E-4%, Pd 7.3E-4%, Rh 2.0E-5%, Cu 3.2E+0% in ore	kg Sb eq	3,69E-07
Molybdenum, 0.014% in sulfide, Mo 8.2E-3% and Cu 0.81% in crude ore	kg Sb eq	3,41E-07
Oil, crude	kg Sb eq	3,35E-07
Copper, Cu 3.2E+0%, Pt 2.5E-4%, Pd 7.3E-4%, Rh 2.0E-5%, Ni 2.3E+0% in ore	kg Sb eq	3,06E-07
Coal, hard	kg Sb eq	2,81E-07
Copper, 1.13% in sulfide, Cu 0.76% and Ni 0.76% in crude ore	kg Sb eq	2,78E-07
Palladium, Pd 7.3E-4%, Pt 2.5E-4%, Rh 2.0E-5%, Ni 2.3E+0%, Cu 3.2E+0% in ore	kg Sb eq	2,61E-07

Gold, Au 7.1E-4%, in ore	kg Sb eq	1,85E-07
Copper, 0.97% in sulfide, Cu 0.36% and Mo 4.1E-2% in crude ore	kg Sb eq	1,85E-07
Gas, natural/m3	kg Sb eq	1,80E-07
Talc	kg Sb eq	1,64E-07
Iron	kg Sb eq	1,49E-07
Phosphorus, 18% in apatite, 4% in crude ore	kg Sb eq	1,43E-07
Gold, Au 1.3E-4%, Ag 4.6E-5%, in ore	kg Sb eq	1,28E-07
Nickel, Ni 3.7E-2%, Pt 4.8E-4%, Pd 2.0E-4%, Rh 2.4E-5%, Cu 5.2E-2% in ore	kg Sb eq	1,04E-07
Platinum, Pt 2.5E-4%, Pd 7.3E-4%, Rh 2.0E-5%, Ni 2.3E+0%, Cu 3.2E+0% in ore	kg Sb eq	8,69E-08
Strontium	kg Sb eq	8,02E-08
Gold, Au 4.3E-4%, in ore	kg Sb eq	7,48E-08
Gold, Au 1.1E-4%, Ag 4.2E-3%, in ore	kg Sb eq	7,47E-08
Coal, brown	kg Sb eq	5,12E-08
Silver, Ag 5.4E-3%, in mixed ore	kg Sb eq	4,50E-08
Copper, Cu 5.2E-2%, Pt 4.8E-4%, Pd 2.0E-4%, Rh 2.4E-5%, Ni 3.7E-2% in ore	kg Sb eq	4,35E-08
Chromium	kg Sb eq	3,87E-08
Carbon, organic, in soil or biomass stock	kg Sb eq	3,82E-08
Gold, Au 2.1E-4%, Ag 2.1E-4%, in ore	kg Sb eq	2,77E-08
Sodium chloride	kg Sb eq	2,15E-08
Sulfur	kg Sb eq	1,55E-08
Manganese	kg Sb eq	1,47E-08
Phosphorus	kg Sb eq	1,15E-08
Zinc, Zn 3.1%, in mixed ore	kg Sb eq	1,11E-08
Silver, Ag 4.6E-5%, Au 1.3E-4%, in ore	kg Sb eq	1,07E-08
Gold, Au 9.7E-5%, Ag 7.6E-5%, in ore	kg Sb eq	1,04E-08
Gold, Au 1.8E-4%, in mixed ore	kg Sb eq	8,44E-09
Silver, Ag 2.1E-4%, Au 2.1E-4%, in ore	kg Sb eq	6,61E-09
Gas, mine, off-gas, process, coal mining/m3	kg Sb eq	5,47E-09
Lead, Pb 3.6E-1%, in mixed ore	kg Sb eq	5,31E-09
Sodium sulfate	kg Sb eq	4,42E-09
Rhenium	kg Sb eq	3,87E-09
Gold, Au 6.8E-4%, Ag 1.5E-4%, in ore	kg Sb eq	2,87E-09
Gold, Au 5.4E-4%, Ag 1.5E-5%, in ore	kg Sb eq	2,11E-09
Silver, Ag 7.6E-5%, Au 9.7E-5%, in ore	kg Sb eq	1,90E-09
Copper, Cu 0.2%, in mixed ore	kg Sb eq	4,91E-10
Peat	kg Sb eq	1,96E-10
Silver, Ag 1.5E-4%, Au 6.8E-4%, in ore	kg Sb eq	1,51E-10
Silver, 3.2ppm in sulfide, Ag 1.2ppm, Cu and Te, in crude ore	kg Sb eq	1,45E-10
Iodine	kg Sb eq	1,24E-10
Lithium	kg Sb eq	5,88E-11
Tellurium	kg Sb eq	1,86E-11
Silver, Ag 1.5E-5%, Au 5.4E-4%, in ore	kg Sb eq	1,38E-11
Perlite	kg Sb eq	2,75E-12
Cerium	kg Sb eq	1,02E-14
Lanthanum	kg Sb eq	3,05E-15
Gallium	kg Sb eq	2,10E-15
Neodymium	kg Sb eq	1,68E-15
Praseodymium	kg Sb eq	1,78E-16

Gadolinium	kg Sb eq	6,36E-17
Europium	kg Sb eq	2,55E-17

Grafite		
Substance		
Total of all compartments	kg Sb eq	2,13E-06
Indium	kg Sb eq	1,58E-06
Cadmium	kg Sb eq	1,90E-07
Lead	kg Sb eq	4,28E-08
Nickel, 1.98% in silicates, 1.04% in crude ore	kg Sb eq	4,13E-08
Silver, 0.007% in sulfide, Ag 0.004%, Pb, Zn, Cd, In	kg Sb eq	3,50E-08
Uranium	kg Sb eq	3,36E-08
Silver, Ag 9.7E-4%, Au 9.7E-4%, Zn 0.63%, Cu 0.38%, Pb 0.014%, in ore	kg Sb eq	3,19E-08
Tin	kg Sb eq	2,48E-08
Zinc	kg Sb eq	1,87E-08
Tantalum	kg Sb eq	1,15E-08
Molybdenum	kg Sb eq	8,60E-09
Copper, 0.99% in sulfide, Cu 0.36% and Mo 8.2E-3% in crude ore	kg Sb eq	8,11E-09
Copper, Cu 0.38%, Au 9.7E-4%, Ag 9.7E-4%, Zn 0.63%, Pb 0.014%, in ore	kg Sb eq	7,68E-09
Copper, 1.18% in sulfide, Cu 0.39% and Mo 8.2E-3% in crude ore	kg Sb eq	7,24E-09
Copper, 0.52% in sulfide, Cu 0.27% and Mo 8.2E-3% in crude ore	kg Sb eq	7,23E-09
Zirconium	kg Sb eq	6,21E-09
Lead, Pb 0.014%, Au 9.7E-4%, Ag 9.7E-4%, Zn 0.63%, Cu 0.38%, in ore	kg Sb eq	5,57E-09
Copper, 0.59% in sulfide, Cu 0.22% and Mo 8.2E-3% in crude ore	kg Sb eq	5,51E-09
Molybdenum, 0.016% in sulfide, Mo 8.2E-3% and Cu 0.27% in crude ore	kg Sb eq	4,93E-09
Molybdenum, 0.025% in sulfide, Mo 8.2E-3% and Cu 0.39% in crude ore	kg Sb eq	4,11E-09
Oil, crude	kg Sb eq	3,89E-09
Molybdenum, 0.022% in sulfide, Mo 8.2E-3% and Cu 0.22% in crude ore	kg Sb eq	3,50E-09
Fluorspar	kg Sb eq	3,20E-09
Molybdenum, 0.022% in sulfide, Mo 8.2E-3% and Cu 0.36% in crude ore	kg Sb eq	3,13E-09
Silver, Ag 4.2E-3%, Au 1.1E-4%, in ore	kg Sb eq	2,83E-09
Gold, Au 9.7E-4%, Ag 9.7E-4%, Zn 0.63%, Cu 0.38%, Pb 0.014%, in ore	kg Sb eq	2,69E-09
Copper, 0.97% in sulfide, Cu 0.36% and Mo 4.1E-2% in crude ore	kg Sb eq	2,65E-09
Copper, 2.19% in sulfide, Cu 1.83% and Mo 8.2E-3% in crude ore	kg Sb eq	2,31E-09
Coal, hard	kg Sb eq	2,07E-09
Iron	kg Sb eq	1,99E-09
Molybdenum, 0.010% in sulfide, Mo 8.2E-3% and Cu 1.83% in crude ore	kg Sb eq	1,91E-09
Zinc, Zn 0.63%, Au 9.7E-4%, Ag 9.7E-4%, Cu 0.38%, Pb 0.014%, in ore	kg Sb eq	1,76E-09
Gold, Au 6.7E-4%, in ore	kg Sb eq	1,71E-09
Gold	kg Sb eq	1,64E-09
Gold, Au 4.9E-5%, in ore	kg Sb eq	1,61E-09
Nickel, 1.13% in sulfide, Ni 0.76% and Cu 0.76% in crude ore	kg Sb eq	1,43E-09
Carbon, organic, in soil or biomass stock	kg Sb eq	1,08E-09
Aluminium	kg Sb eq	8,99E-10
Gas, natural/m3	kg Sb eq	8,97E-10
Gold, Au 7.1E-4%, in ore	kg Sb eq	7,93E-10
Copper, 1.42% in sulfide, Cu 0.81% and Mo 8.2E-3% in crude ore	kg Sb eq	7,16E-10
Platinum, Pt 4.8E-4%, Pd 2.0E-4%, Rh 2.4E-5%, Ni 3.7E-2%, Cu 5.2E-2% in ore	kg Sb eq	6,52E-10

Gold, Au 1.3E-4%, Ag 4.6E-5%, in ore	kg Sb eq	5,49E-10
Nickel, Ni 2.3E+0%, Pt 2.5E-4%, Pd 7.3E-4%, Rh 2.0E-5%, Cu 3.2E+0% in ore	kg Sb eq	5,05E-10
Copper, 1.13% in sulfide, Cu 0.76% and Ni 0.76% in crude ore	kg Sb eq	4,41E-10
Copper, Cu 3.2E+0%, Pt 2.5E-4%, Pd 7.3E-4%, Rh 2.0E-5%, Ni 2.3E+0% in ore	kg Sb eq	4,19E-10
Molybdenum, 0.014% in sulfide, Mo 8.2E-3% and Cu 0.81% in crude ore	kg Sb eq	4,18E-10
Coal, brown	kg Sb eq	3,71E-10
Palladium, Pd 7.3E-4%, Pt 2.5E-4%, Rh 2.0E-5%, Ni 2.3E+0%, Cu 3.2E+0% in ore	kg Sb eq	3,57E-10
Gold, Au 1.1E-4%, Ag 4.2E-3%, in ore	kg Sb eq	3,23E-10
Gold, Au 4.3E-4%, in ore	kg Sb eq	3,20E-10
Palladium, Pd 2.0E-4%, Pt 4.8E-4%, Rh 2.4E-5%, Ni 3.7E-2%, Cu 5.2E-2% in ore	kg Sb eq	2,85E-10
Chromium	kg Sb eq	2,79E-10
Manganese	kg Sb eq	2,10E-10
Strontium	kg Sb eq	1,50E-10
Silver, Ag 5.4E-3%, in mixed ore	kg Sb eq	1,44E-10
Platinum, Pt 2.5E-4%, Pd 7.3E-4%, Rh 2.0E-5%, Ni 2.3E+0%, Cu 3.2E+0% in ore	kg Sb eq	1,19E-10
Gold, Au 2.1E-4%, Ag 2.1E-4%, in ore	kg Sb eq	1,19E-10
Talc	kg Sb eq	8,91E-11
Rhenium	kg Sb eq	6,81E-11
Nickel, Ni 3.7E-2%, Pt 4.8E-4%, Pd 2.0E-4%, Rh 2.4E-5%, Cu 5.2E-2% in ore	kg Sb eq	6,53E-11
Silver, Ag 4.6E-5%, Au 1.3E-4%, in ore	kg Sb eq	4,59E-11
Gold, Au 9.7E-5%, Ag 7.6E-5%, in ore	kg Sb eq	4,44E-11
Gas, mine, off-gas, process, coal mining/m3	kg Sb eq	4,08E-11
Phosphorus, 18% in apatite, 4% in crude ore	kg Sb eq	3,91E-11
Zinc, Zn 3.1%, in mixed ore	kg Sb eq	3,55E-11
Silver, Ag 2.1E-4%, Au 2.1E-4%, in ore	kg Sb eq	2,83E-11
Copper, Cu 5.2E-2%, Pt 4.8E-4%, Pd 2.0E-4%, Rh 2.4E-5%, Ni 3.7E-2% in ore	kg Sb eq	2,74E-11
Gold, Au 1.8E-4%, in mixed ore	kg Sb eq	2,70E-11
Lead, Pb 3.6E-1%, in mixed ore	kg Sb eq	1,70E-11
Sodium chloride	kg Sb eq	1,44E-11
Gold, Au 6.8E-4%, Ag 1.5E-4%, in ore	kg Sb eq	1,23E-11
Phosphorus	kg Sb eq	1,01E-11
Gold, Au 5.4E-4%, Ag 1.5E-5%, in ore	kg Sb eq	9,03E-12
Sulfur	kg Sb eq	8,44E-12
Silver, Ag 7.6E-5%, Au 9.7E-5%, in ore	kg Sb eq	8,14E-12
Cobalt	kg Sb eq	6,63E-12
Peat	kg Sb eq	1,98E-12
Copper, Cu 0.2%, in mixed ore	kg Sb eq	1,57E-12
Silver, Ag 1.5E-4%, Au 6.8E-4%, in ore	kg Sb eq	6,44E-13
Silver, 3.2ppm in sulfide, Ag 1.2ppm, Cu and Te, in crude ore	kg Sb eq	6,40E-13
Sodium sulfate	kg Sb eq	4,88E-13
Iodine	kg Sb eq	1,87E-13
Tellurium	kg Sb eq	8,22E-14
Lithium	kg Sb eq	5,97E-14
Silver, Ag 1.5E-5%, Au 5.4E-4%, in ore	kg Sb eq	5,90E-14
Perlite	kg Sb eq	5,03E-15
Gallium	kg Sb eq	4,28E-17
Cerium	kg Sb eq	3,51E-18
Lanthanum	kg Sb eq	1,05E-18

Neodymium	kg Sb eq	5,78E-19
Praseodymium	kg Sb eq	6,14E-20
Gadolinium	kg Sb eq	2,19E-20
Europium	kg Sb eq	8,79E-21

Allegato IV – Categorie di impatto del metodo di valutazione di impatto ambientale *ILCD 2011 Midpoint+ V1.10*

Categorie d'impatto	Modello	Unità di misura	Fonte
Acidification	Accumulated exceedance	[Mole of H+ eq.]	Seppälä et al., 2006; Posch et al., 2008
Ecotoxicity for aquatic freshwater	USEtox	[CTUe]	Rosenbaum et al., 2008
Freshwater eutrophication	EUTREND model	[kg P eq]	Struijs et al., 2009 as implemented in ReCiPe

Human toxicity cancer effects	USEtox	[CTUh]	Rosenbaum et al., 2008
Human toxicity non-canc. effects	USEtox	[CTUh]	Rosenbaum et al., 2008
Ionising radiation	Human health effect model	[kg U235 eq] (to air)	Dreicer et al., 1995
Climate change, excl. biogenic carbon	Bern model – Global Warming Potentials (GWP) 100 year time horizon	[kg CO ₂ -Equiv.]	Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007
Climate change, incl. biogenic carbon	Bern model – Global Warming Potentials (GWP) 100 year time horizon	[kg CO ₂ -Equiv.]	Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007
Marine eutrophication	EUTREND model	[kg N-Equiv.]	Struijs et al., 2009 as implemented in ReCiPe
Ozone depletion	WMO model	[kg CFC-11 eq]	WMO, 1999
Particulate matter/Respiratory inorganics,	RiskPoll	[kg PM _{2,5} -Equiv.]	Humbert, 2009
Photochemical ozone formation	LOTOS-EUROS model	[kg NMVOC]	Van Zelm et al., 2008 as applied in ReCiPe
Resource Depletion, fossil and mineral, reserve Based	CML2002	[kg Sb-Equiv.]	van Oers et al., 2002
Terrestrial eutrophication	Accumulated exceedance	[Mole of N eq.]	Seppälä et al., 2006; Posch et al., 2008
Total freshwater consumption, including rainwater,	Swiss Ecoscarcity	[kg]	Frischknecht et al., 2008
Land Transformation	Soil Organic Matter	Kg (deficit)	Milà I Canals et al., 2007