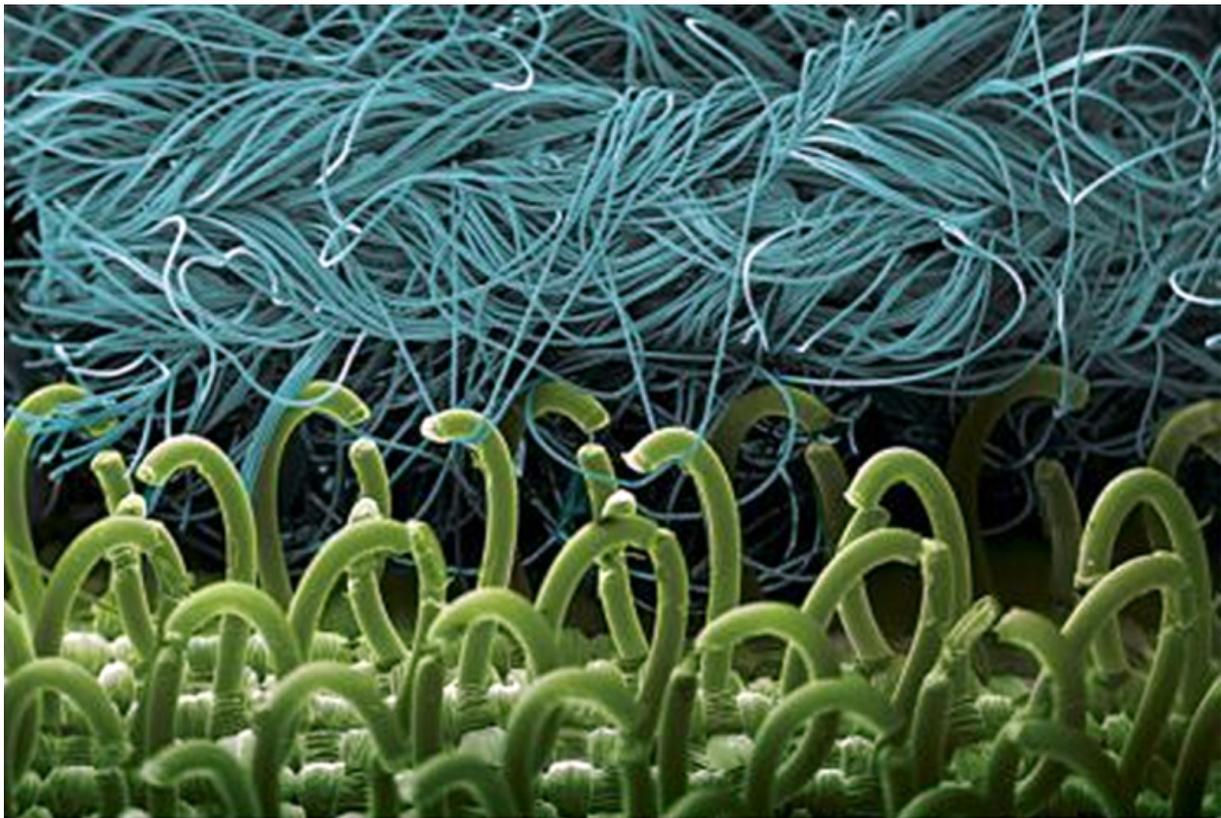


I FONDAMENTI DELL'ECONOMIA CIRCOLARE

Toni Federico, Fondazione per lo Sviluppo sostenibile

Marzo 2015



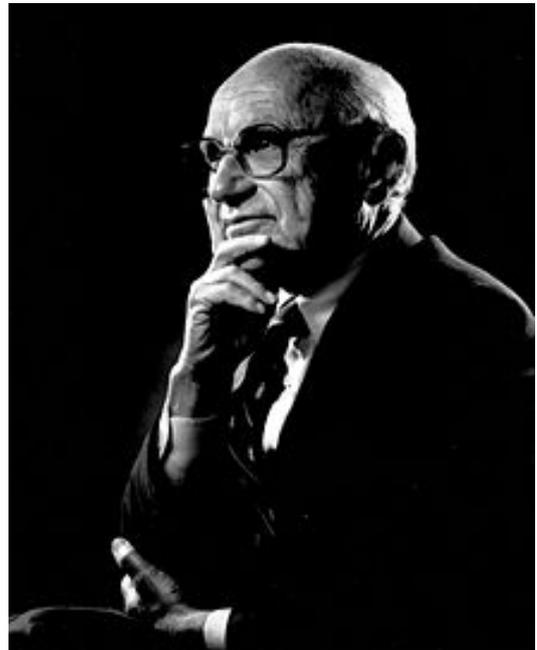
Il velcro, un manufatto ottenuto per imitazione della natura

INDICE

Presentazione	3
1. <i>Green economy</i> ed economia circolare	4
2. Materia ed energia	6
3. Termodinamica dell'economia circolare	7
4. Dall'economia lineare all'economia circolare	8
5. La trasformazione del consumatore in utente	15
6. I principi operazionali dell'economia circolare	16
7. La creazione del valore nell'economia circolare	18
8. Efficienza lineare ed efficacia circolare	21
9. Il <i>business case</i> dell'economia circolare	22
10. <i>Job creation</i> nell'economia circolare	29
11. Una <i>governance</i> per l'economia circolare	34
11.1 Il modello europeo di "soft governance" " dell'economia circolare	38
11.2 Il modello cinese di "hard governance" dell'economia circolare pianificata	40
APPENDICE A - Le origini e le scuole di pensiero dell'economia circolare	44

Presentazione

È chiaro che l'attuale crisi finanziaria ha più o meno seccamente posto sotto accusa le vecchie modalità del pensiero economico. La crisi ha smentito i cultori dell'economia *brown*, quella che possiamo ritenere rappresentata dalle teorie del Nobel Milton Friedman¹ e della scuola di Chicago, che ha creduto fortemente nella efficienza del settore privato e del meccanismo di mercato. I fallimenti dei mercati alla base dell'attuale contingenza economica hanno da un lato rilanciato l'area di pensiero keynesiana (Stiglitz, Krugman, Jackson, tra gli altri) associata ad una forte critica dell'ineguaglianza



distributiva, e dall'altro hanno aperto le porte ai nuovi concetti della scarsità delle risorse, della difesa degli ecosistemi naturali, delle energie rinnovabili etc. Tutti questi elementi, fortemente reattivi, sono alla base dell'elaborazione di una teoria completa dell'economia dello sviluppo, che acquisisce forti connotazioni egualitarie ed ecologiche, la *green economy*.

Il nucleo della *green economy* è la produzione pulita (*clean*) e sicura di beni, materiali ed energia, la ricostruzione degli ecosistemi naturali, la minimizzazione delle emissioni e dell'inquinamento e l'uso efficiente delle risorse non rinnovabili. La

¹ Friedman M., 1962, "Capitalism and Freedom", Chicago University Press

green economy è **circolare**², poiché l'uso efficiente delle risorse impone la minimizzazione dei rifiuti e la loro trasformazione in materia prima di nuovi prodotti. La *green economy* è *bio-based*, perché utilizza materie prime derivate da piante e rifiuti piuttosto che minerali e fossili non rinnovabili.

L'economia *green* è basata su un concetto nuovo di ricchezza e di benessere³, non più basato sull'espansione del PIL e dei consumi, che dal punto di vista sistemico sono *flussi*, quanto dalla accrescimento degli *stock* di capitale, costruito, umano, naturale e sociale, oltretutto, naturalmente finanziario. In questa visione i flussi di denaro e di risorse non sono più i parametri guida della ricchezza ma variabili interne al sistema dove presiedono agli scambi.

Il concetto di *economia circolare* precede di molto quello della *green economy* ed ha avuto molte varianti. La più tradizionale è la *industrial ecology*⁴. Importanti successi applicativi vanno attribuiti alla *blue economy* di Gunter Pauli⁵. Più o meno di recente, su queste stesse basi teoriche, sono fiorite iniziative di ogni tipo, *perma(nent agri)culture*⁶, *cradle to cradle*⁷, biomimesi⁸, etc., tutte convergenti verso la *circular economy*.

1. Green economy ed economia circolare

I punti fermi di questi concetti devono essere trovati nelle definizioni date dai promotori di questi nuovi tipi di economia. Anzitutto adottiamo anche noi

² Martens P., 2013, "Grey, green or blue economy? It's sustainability, stupid!", University of Maastricht, Sustainable learning. Questa affermazione non è necessariamente invertibile, circostanza che comprova come la *green economy* sia una modalità di sviluppo più ampia e comprensiva della *circular economy*

³ La letteratura e la pubblicistica sui nuovi concetti di ricchezza sono sterminate. L'impianto teorico della nuova ricchezza è ormai patrimonio comune. Se ne trova una solida presentazione nei Rapporti della World Bank ed in particolare nella serie della "Ricchezza delle Nazioni": vedi il Rapporto 2011 "The Changing Wealth of Nations: Measuring Sustainable Development in the New Millennium"

⁴ Il lavoro seminale è quello di Frosch e Gallopoulos, 1989, "Strategies for Manufacturing". *Scientific American* 261 (3), pp. 144–152. Allenby (2006) la definisce come "A systems-based, multidisciplinary discourse that seeks to understand emergent behaviour of complex integrated human/natural systems"

⁵ Dal Giappone, dove ha la sua base operativa (ZERI), Pauli ha sviluppato, a partire dal 1994, l'idea di un'economia blu basata sull'autoefficienza. Si veda Pauli Gunter, 2010, "Blue economy. 10 anni. 100 innovazioni. 100 milioni di posti di lavoro", Edizioni Ambiente, Milano

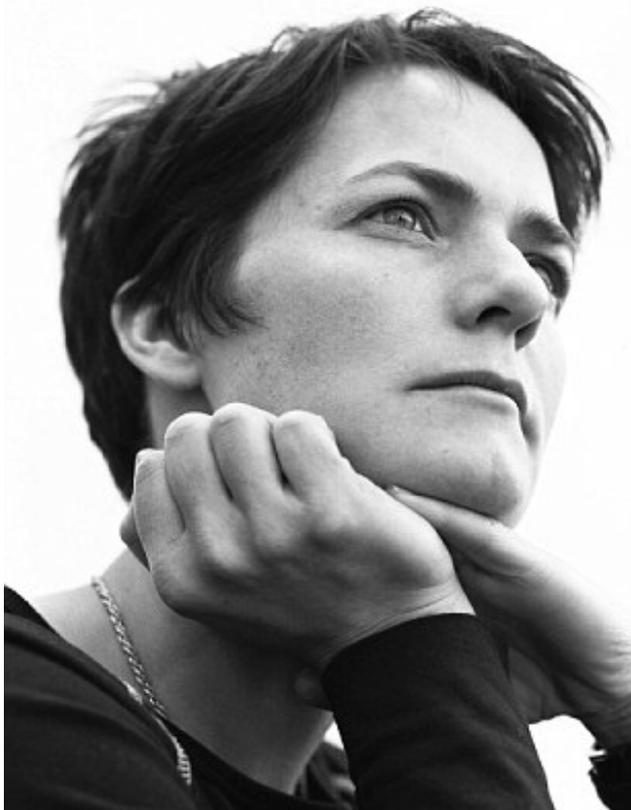
⁶ Mollison, Holmgren, 1978, "Permaculture One", Transworld Publishers, Australia

⁷ McDonough, Braungart, 2002, "Cradle to Cradle: Remaking the way we make things", North Point Press, 2002

⁸ Termine di etimologia greca, proposto nel 1950 dal biofisico americano Otto Schmitt, come referenziato in AA.VV., 2006, "Biomimetics: its practice and theory". *Journal of The Royal Society Interface* 3 (9), pp. 471–482

la definizione operativa che l'UNEP ha dato della *Green Economy*: "Un sistema di attività economiche legate alla produzione, distribuzione e consumo di beni e servizi che si traduce in un migliore benessere umano nel lungo periodo, per non esporre le generazioni future a rischi ambientali significativi e alla scarsità ecologica"⁹. Non può sfuggire la somiglianza della costruzione di questa frase alla notissima definizione di sviluppo sostenibile della Brundtland¹⁰.

L'economia circolare è un'economia in cui i rifiuti di un processo di produzione e consumo circolano come nuovo ingresso nello stesso o in un differente processo. Anche qui la definizione più autorevole è quella della Fondazione Ellen MacArthur¹¹: la **circular economy** è "un'economia industriale che è concettualmente rigenerativa e riproduce la natura nel migliorare e ottimizzare in modo attivo i sistemi mediante i quali opera"¹².



I capitali naturali – ecosistemi, biomi etc. - vengono protetti e ricostruiti. Non ci sono scarti di processo nelle catene del valore industriali, in quanto essi diventano alimentazione (*feedstock*) per altri.

La materia fluisce nei processi industriali attraverso due cicli: il *biologico*, in cui i materiali sono progettati per tornare in sicurezza nella biosfera; e il *tecnico*, in cui i materiali circolano mantenendosi in grado di rientrare nei processi con un alto livello di qualità e senza impattare la biosfera. Quanto più puri sono questi flussi e quanto migliore è la qualità con cui essi circolano, tanto maggiore è il valore

aggiunto che viene prodotto dall'economia circolare.

⁹ Si veda p.es.: UNEP, 2012, "The Business Case for the Green Economy. Sustainable Return on Investment", Globescan

¹⁰ World Commission on Environment and Development, 1987, "Our Common Future", UN Report A/42/427

¹¹ Dalla sua sede storica nell'Isola di Wight, questa Fondazione della grande velista in solitario Ellen MacArthur promuove in tutto il mondo la *circular economy*: <http://www.ellenmacarthurfoundation.org/>

¹² EMF, 2012, "Towards the Circular Economy"

2. Materia ed energia

Nei processi industriali, nei servizi e nei consumi pubblici e delle famiglie, fluiscono materia, energia e conoscenza. Posto che quest'ultima sia una risorsa rinnovabile ed accrescibile (Ronchi), le altre si conservano in base ad altrettanti principi della fisica ottocentesca¹³. C'è però un ma: nei processi di trasformazione l'energia, pur conservandosi, accumula entropia e perde capacità di fornire lavoro. Tale mutamento di stato è irreversibile senza aggiunta di nuova energia a bassa entropia, tanto nei sistemi naturali, dove essa proviene direttamente dal sole, quanto nei sistemi artificiali dove indirettamente è ancora il sole a fornirla per il tramite delle risorse fossili o naturali. Il flusso di energia non può dunque che essere lineare, dalla bassa all'alta entropia, dalle temperature alte alle basse¹⁴. Ne consegue che il progetto dell'economia circolare, come del resto quello della *green economy*, poiché l'energia non può fluire in senso inverso, è realizzabile soltanto con l'uso delle energie rinnovabili. Esaurite le risorse energetiche fossili, esse pure dono millenario del sole, sarà il sole stesso a garantire i flussi energetici necessari all'economia e alla vita.

Per quanto riguarda la materia, le trasformazioni chimico fisiche non ne alterano la massa. La materia cambia forme, formule ed aggregazioni, ma per essa non esiste il muro invalicabile dell'entropia termodinamica. Nei processi industriali tradizionali la materia si disordina, conserva la massa ma alla fine si trasforma in rifiuto. Perde ordine, quello ad esso assegnato, ma ne assume un altro. Alcuni eminenti ecologisti, che oggi si riconoscono nella scuola francofona della decrescita, elaborarono un *Quarto Principio della Termodinamica*¹⁵ che afferma erroneamente che questa evoluzione ordine-disordine, pur a parità di massa, è irreversibile.

¹³ Nei sistemi isolati a legge di Lavoisier assicura la conservazione della massa (oggi diremmo al netto di possibili reazioni nucleari). L'energia si conserva per il primo principio della Termodinamica di Clausius

¹⁴ "In regard to the energy system there is, unfortunately, no escape from the grim Second Law of Thermodynamics" da: Boulding, K.E., 1966, "The economics of the coming spaceship earth", in *Environmental quality in a growing economy*, ed. H. Jarrett, pp. 3-14. Baltimore, MD: John Hopkins University Press

¹⁵ Il Quarto Principio è in realtà elaborazione di uno dei grandi padri dell'ecologia, che era però un economista, Nicholas Georgescu-Roegen. Il Principio, come legge della fisica, cade subito davanti ad una semplice *falsificazione* popperiana. Si trova enunciato nel libro del 2003, "Bioeconomia: verso un'altra economia ecologicamente e socialmente sostenibile", Bollati Boringhieri, o meglio in "The Entropy Law and the Economic Process" del 1971, Harvard University Press: Cambridge, Massachusetts

È del tutto possibile recuperare la materia da qualsiasi livello di disordine purché si disponga di energia sufficiente¹⁶. Vera questa affermazione, l'economia circolare diventa fisicamente possibile. La materia può riciclare indefinitamente, a condizione di disporre di adeguata conoscenza e di abbastanza energia. In economia ciò equivale ad un costo e pertanto la circolazione della materia può non essere conveniente, laddove i costi del lavoro e dell'energia del percorso circolare superino quelli del percorso lineare che usa materia vergine. Se così non fosse dalla CO₂ si potrebbe tornare al carbonio, ma occorrerebbe più energia di quella prodotta nella combustione. Solo la fotosintesi clorofilliana, che usa energia solare ed acqua, riproduce biomassa dalla CO₂, ma in natura il problema dei costi non si pone. Lo stesso vale per la produzione di idrogeno dall'elettrolisi dell'acqua, che senza energia rinnovabile ha un costo proibitivo.

3. Termodinamica dell'economia circolare

Una transizione su scala industriale da materiali vergini a ritrattati comporta cambiamenti nell'uso di energia. Produrre una tonnellata di lamiera di acciaio da minerale di ferro richiede quasi quattro volte più energia che il riciclo dell'acciaio. Al contrario, il riciclaggio di composti chimici, come i solventi, da flussi diluiti di rifiuti industriali, può comportare costi energetici netti. Da qualunque parte penda la bilancia, alla fine, in un'economia basata sulla crescita, l'impiego su vasta scala dell'ecologia industriale comporterà consumi energetici aumentati. I conti tornano solo nella prospettiva di un impiego dominante delle fonti energetiche rinnovabili che, a loro volta, richiedono materiali per la costruzione degli impianti, il trasporto e lo stoccaggio dell'energia elettrica. La crescita dei consumi di energia porterà anche ad aumentare il calore di scarto ad alta entropia. L'economia circolare è strettamente condizionata dallo sviluppo delle energie rinnovabili e del risparmio energetico.

Anche con una disponibilità di energia rinnovabile infinita e con un buon patrimonio di conoscenza tecnologica, i cicli chiusi restano difficili da immaginare per materiali complessi come pesticidi, fertilizzanti, vernici, lubrificanti, adesivi, inchiostri, pastiglie dei freni o pneumatici o per gli stessi

¹⁶ L'enunciato è di chi scrive. Molti lavori scientifici lo confermano. Ricordiamo l'affermazione di Kennet Boulding del 1966 (cit.): *"There is, fortunately, no law of increasing material entropy, as there is in the corresponding case of energy, as it is quite possible to concentrate diffused materials if energy inputs are allowed"*. "Si può anche vedere: Rammelt, Crisp, 2014, "A systems and thermodynamics perspective on technology in the circular economy", Real-world economics Review, n° 8, University of New South Wales, Australia and of Amsterdam

gas serra antropogenici. Resta pertanto decisivo l'uso efficiente delle risorse materiali e l'adozione di una *progettazione ecologica* dei materiali in tutte le fasi dei processi. Alcuni materiali possono essere eliminati e sostituiti, anche con grandi vantaggi economici, come è accaduto per i clorofluorocarburi (CFC) a seguito dell'adozione del Protocollo di Montreal¹⁷.

L'autorevole corrente di pensiero, di origine tedesca (Fattore 4 – Fattore 10) ha proposto un tipo di ecologia industriale sostanzialmente basata sulla *dematerializzazione*¹⁸. In alcuni casi di successo il *disaccoppiamento assoluto* dell'uso dei materiali e dell'energia dalla crescita è stato ottenuto; ancora più di frequente il rallentamento della crescita dei consumi delle risorse rispetto al PIL è un dato di fatto¹⁹. Tuttavia l'economia circolare rappresenta un passo avanti sostanziale, con il pregio di fare proprio l'ingente corpus di conoscenze sviluppate per la dematerializzazione.

Nell'economia circolare, come in ogni altro processo, occorre fare i conti con i limiti biofisici e termodinamici propri dei sistemi tecnologici e degli ecosistemi, in altri termini occorre valutare attentamente quali possono essere i flussi limite minimi di materia ed energia anche quando, come nell'economia circolare, la riduzione dei flussi è imponente. I limiti sono imposti dalla quantità residua delle risorse non rinnovabili, dal ritmo di rigenerazione biofisica delle risorse rinnovabili, dalla capacità di carico e rigenerazione di rifiuti e di inquinanti della natura senza danni al capitale naturale (resilienza), etc. Gli ecosistemi naturali hanno la capacità di assorbire una certa quantità di nostri rifiuti e inquinanti ed il potenziale per generare un afflusso costante di risorse rinnovabili, assorbendo energia dal sole e mantenendo l'equilibrio e sviluppandosi. L'uomo ha una capacità straordinaria di accrescere il patrimonio di conoscenza e di proteggerla da perdite e degrado. L'economia circolare prende le mosse dalla piena consapevolezza di queste potenzialità e questi limiti.

4. Dall'economia lineare all'economia circolare

Conosciamo bene la dinamica del sistema corrente di produzione e consumo. Si procede dalle materie prime vergini, alla trasformazione, al consumo e al conferimento finale in discarica, un *modello lineare*. Accompagnano il processo flussi aperti di energia, materia, acqua etc. e flussi in uscita di

¹⁷ Cfr.: http://ozone.unep.org/new_site/en/montreal_protocol.php

¹⁸ I termini risalgono al lavoro "Factor 4" del 1998, dei Lovins e di Ernst von Weizsäcker, fondatore del Wuppertal Institute tedesco, dove si sono sviluppati gli studi più importanti sulla dematerializzazione

¹⁹ Si fa riferimento a disaccoppiamenti *assoluti* e *relativi* dalla crescita laddove l'uso delle risorse *decresce* o *cresce meno* del PIL

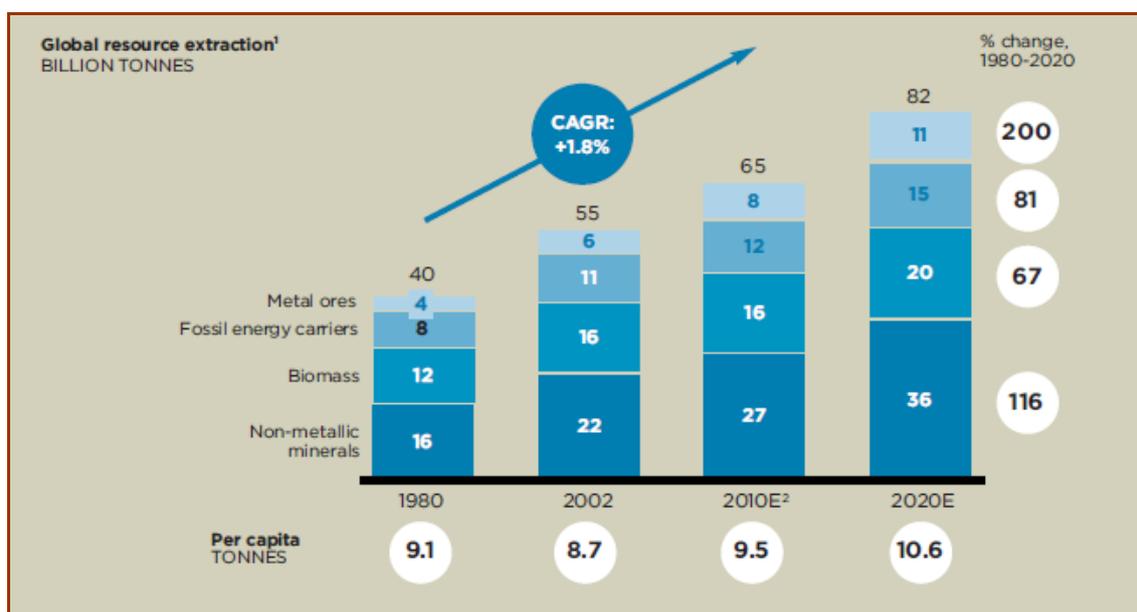
inquinanti, di gas serra, di acque reflue, di rifiuti, di scarti di lavorazione etc. la somma di questi flussi prende il nome inglese, intraducibile di *throughput*.

I modelli lineari *take-make-dispose* possono essere migliorati, ottimizzati, efficientati ma, finché restano i rifiuti, gli inquinanti e gli scarti, la produzione industriale ed il consumo continueranno a scaricare esternalità ambientalmente e socialmente negative senza nemmeno cogliere l'opportunità di aumentare i vantaggi economici. Inoltre il trattamento *end-of-pipe* di inquinanti e rifiuti, il rimedio corrente alla produzione lineare, ha mostrato ormai chiari limiti.

I modelli di consumo lineari tradizionali stanno facendo i conti con la limitata disponibilità di risorse. Le sfide sul versante delle risorse sono aggravate dalla crescente domanda che proviene da una popolazione in crescita ed alla ricerca di maggior benessere. Ne consegue un uso eccessivo non sostenibile delle risorse, livelli di prezzo più elevati, e maggior volatilità dei prezzi sui mercati. Il recente crollo del prezzo internazionale del petrolio, in controtendenza rispetto alla sua scarsità tendenziale, ne è una prova, sia pure in un quadro di complessità estrema.

Le aziende raccolgono prodotti naturali ed agricoli ed estraggono materiali, li usano per la fabbricazione di un prodotto che vendono ad un consumatore che poi lo scarta come rifiuto quando non gli serve più. In termini di volume sono entrate nel sistema economico circa 65 miliardi di tonnellate di materie prime nel 2010, e questa cifra è prevista crescere fino a circa 82 miliardi di tonnellate nel 2020 (Fig. 1).

Figura 1. Estrazione globale delle risorse e relativo trend (fonti: OECD, Ellen McArthur Foundation)

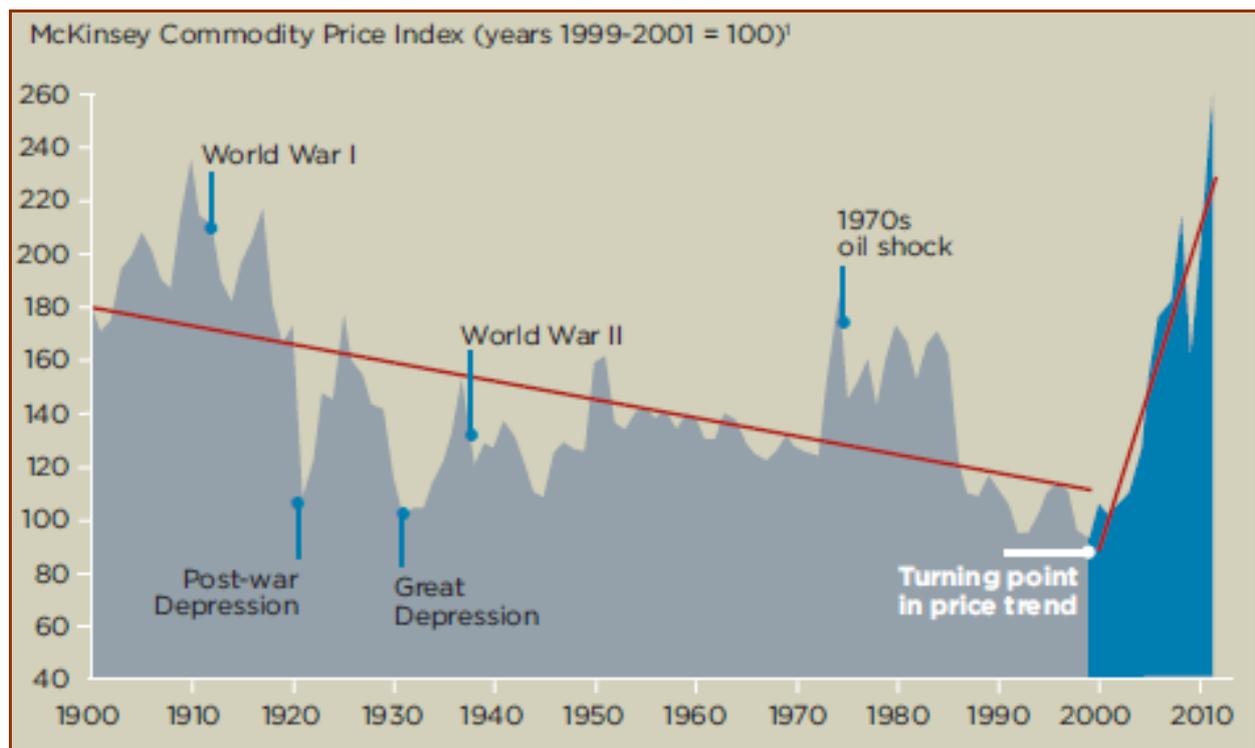


I prezzi reali delle risorse naturali hanno cominciato a salire verso l'alto con il nuovo millennio invertendo bruscamente la tendenza al calo di valore dei prezzi reali durata un secolo e raggiungendo nuovi massimi in pochi anni. L'andamento storico medio di quattro tipi di risorse, prodotti agricoli, dei metalli e dell'energia, una ottima *proxy* dei prezzi delle risorse, è mostrato in Fig.2. Allo stesso tempo, i livelli di volatilità (variabilità statistica) dei prezzi dei metalli, dei prodotti agricoli alimentari e non alimentari nel primo decennio del 21° secolo sono stati superiori ad ogni singolo decennio del 20° secolo (Fig.3).

L'**economia circolare**²⁰ è un tipo completamente nuovo di modello di produzione e consumo: un'economia in cui le merci di oggi sono le risorse di domani, formando un circolo virtuoso che favorisce la prosperità in un mondo di risorse finite.

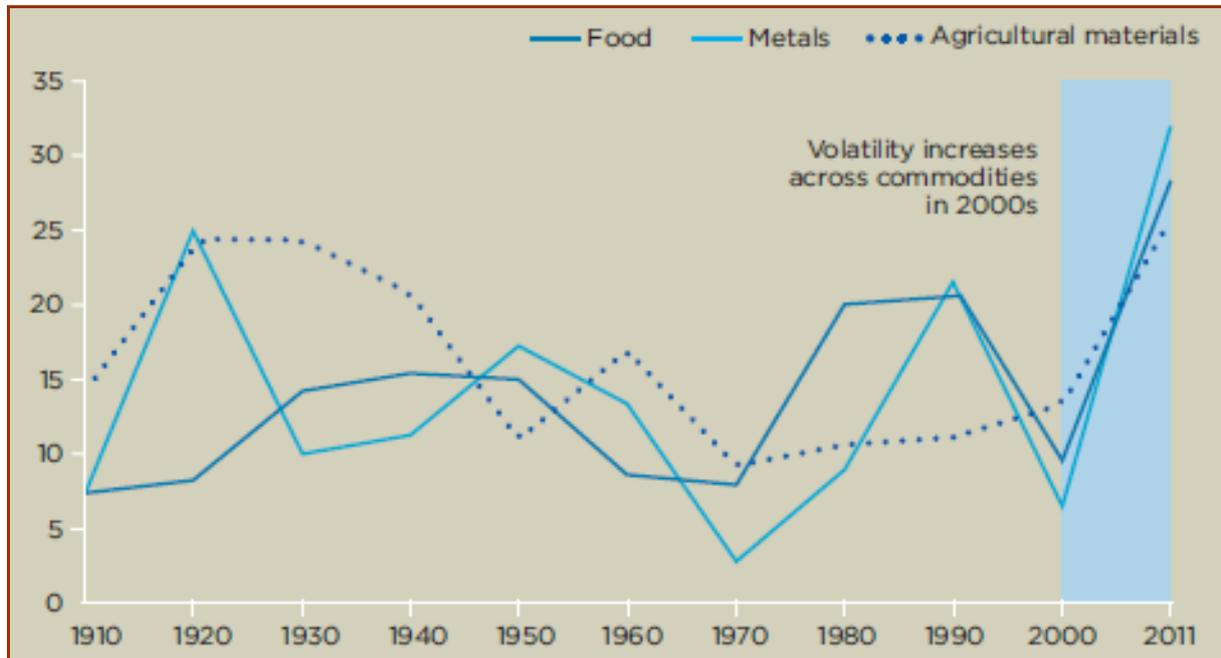
Figura 2. Rapido aumento dei prezzi medi delle risorse naturali nel 21° secolo

(fonti: World Bank, IMF, FAO, Ellen McArthur Foundation)



²⁰ I riferimenti teorici ed applicativi per la *circular economy* sono, al 2015, una moltitudine in continuo accrescimento. Non possiamo fare però a meno di citare il lavoro e le pubblicazioni seminali della già citata Fondazione Ellen McArthur, ed in particolare i Rapporti "Towards The Circular Economy", nelle edizioni del 2013, "Economic and business rationale for an accelerated transition" e "Opportunities for the consumer goods sector", e del 2014 "Accelerating the scale-up across global supply chains"

Figura 3. Volatilità dei prezzi delle risorse (calcolata come deviazione standard decennale normalizzata. Fonti: World Bank, IMF, FAO, Ellen McArthur Foundation)



L'economia circolare definisce, come abbiamo detto, un sistema industriale progettualmente rigenerativo. Esso sostituisce il concetto di *fine vita* con quello di ricostruzione (*restoration*), si sposta verso l'utilizzo delle energie rinnovabili, elimina l'uso di sostanze chimiche tossiche, che ostacolano il riutilizzo, e mira alla eliminazione dei rifiuti attraverso una progettazione innovativa di alto livello di materiali, prodotti, sistemi, ed anche dei modelli di *business*²¹. Al centro dell'economia circolare ci sono i miglioramenti nella selezione dei materiali, nella progettazione del prodotto (standardizzazione e modularizzazione dei componenti, flussi di materiali puri, e il *design* per facilitare lo smontaggio).



L'economia circolare si basa su alcuni principi semplici. In primo luogo, al suo interno, un'economia circolare mira a progettare i rifiuti. I rifiuti non esistono, i prodotti sono progettati e ottimizzati per un ciclo di smontaggio e riutilizzo. Eliminare i rifiuti dalla catena industriale riutilizzando i materiali

²¹ È un concetto di non immediata comprensione, ma di ormai larga diffusione. Si veda Pavan Sukhdev, 2015, "Corporation 2020", nella traduzione di T. Federico per Ed. Ambiente, e Ronchi, Federico et al., 2014, "Le imprese della green economy", Ed. Ambiente, Milano

consente risparmi sui costi di produzione nella massima misura possibile e meno dipendenza dalle risorse. Tuttavia, i benefici di un'economia circolare non sono meramente operativi, ma strategici, non solo per l'industria, ma anche per i clienti, e alimentano l'efficienza e l'(eco)innovazione. Dal momento che i materiali e le merci sono i vettori delle esternalità negative nascoste, la riduzione dei volumi porta ad una riduzione delle esternalità stesse, superiore a qualsiasi miglioramento incrementale dell'efficienza nella catena dei materiali.

I cicli stretti dei componenti e dei prodotti definiscono l'economia circolare e la distinguono dal semplice smaltimento e riciclaggio, processi in cui vanno perdute grandi quote dell'energia e soprattutto del lavoro incorporati. Inoltre la circolarità introduce una rigorosa distinzione tra le componenti consumabili e durevoli di ogni prodotto. A differenza del modello oggi corrente, i consumabili nell'economia circolare sono largamente costituiti da ingredienti biologici (nutrienti), che sono quanto meno non-tossici per progetto e talvolta vantaggiosi, e possono essere restituiti in sicurezza sicura alla biosfera, direttamente o in una cascata di usi consecutivi. I materiali durevoli, come motori o computer, d'altra parte, sono fatti di materia inadatta per la biosfera ma preziosa per l'economia, come i metalli, le terre rare e la maggior parte delle materie plastiche. Questi sono progettati fin dall'inizio per il riutilizzo.

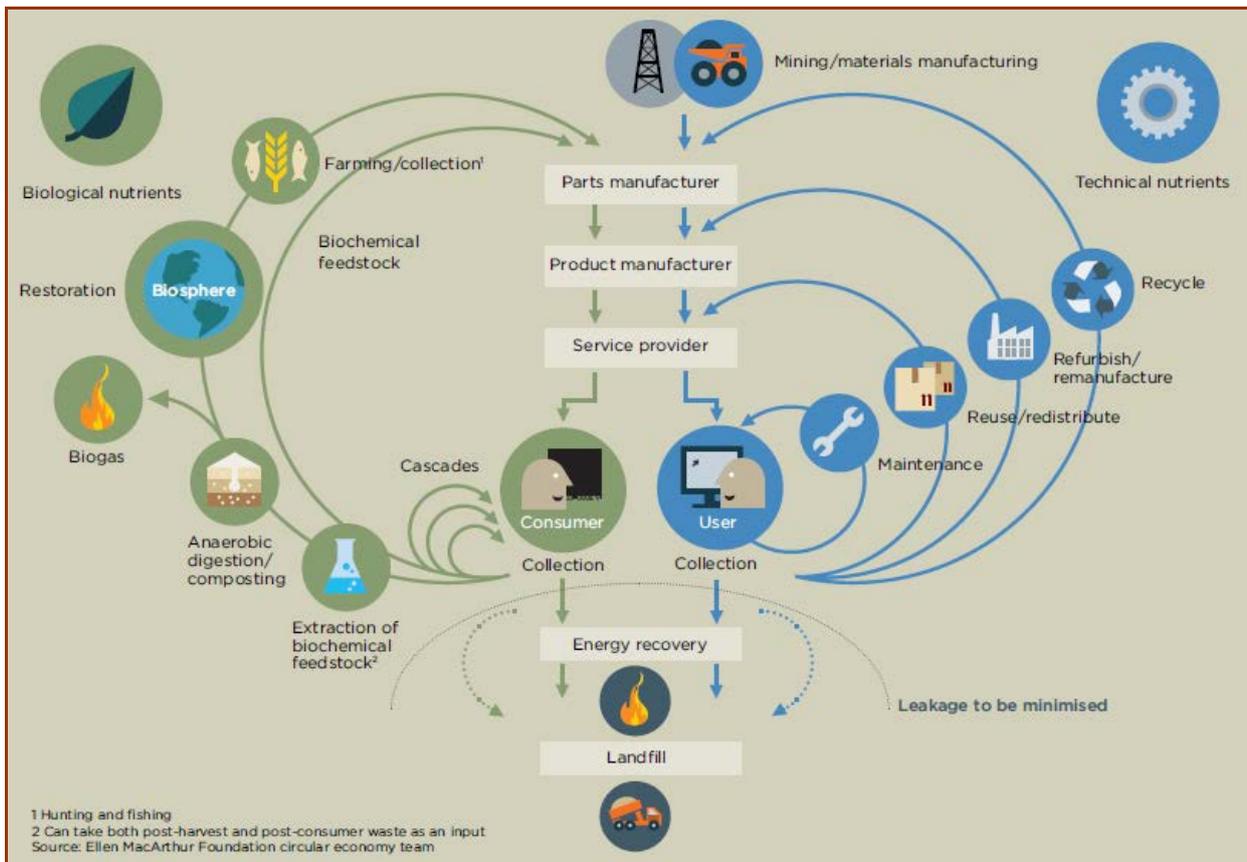
Nel processo circolare, lo ricordiamo, fluisce l'energia necessaria per alimentare questo ciclo che deve essere rinnovabile per natura, per ridurre la dipendenza delle risorse fossili e per aumentare la resilienza del sistema economico agli *shock* come quelli petroliferi. Lo schema di base dell'economia circolare è in Fig. 4.

Più problematico il ciclo tecnologico sul lato destro della Fig. 4. I materiali qui, denominati "nutrienti tecnologici", possono essere di origine mineraria o fossile, cioè non rinnovabili per definizione. La vera scommessa dell'economia circolare avviene qui. Curvare il flusso dei materiali fino a trasformarlo in un cerchio perfetto è una scommessa da vincere, se non per tutti, almeno per un numero crescente di "nutrienti".

Nel settore tecnologico il consumatore deve essere un utente, non un proprietario. Dispositivi, macchine e oggetti passano per le sue mani solo per una parte del ciclo, per tornare poi nel processo circolare, ferreamente ingegnerizzato. Ciò richiede un nuovo contratto tra le imprese ed i loro clienti sulla base delle prestazioni del prodotto. A differenza nell'economia di oggi *buy-and-consume*, i prodotti durevoli dell'economia circolare sono

affittati, dati in *leasing* e per quanto possibile condivisi (questa è la *sharing economy*). Se acquistati, ci sono incentivi o clausole contrattuali per riportare il prodotto in ciclo e, successivamente, riutilizzare lui o suoi componenti e materiali al termine del suo periodo di uso primario. L'economia di ciclo può comunemente portare il prodotto o le sue parti al di fuori del settore industriale di origine.

Figura 4. L'economia circolare (fonte: Ellen Mc Arthur Foundation)



Legenda della Fig. 4 e "cassetta degli attrezzi dell'economia circolare"

Riutilizzo delle merci. L'utilizzo di un prodotto nuovamente per lo stesso scopo della sua destinazione originale o con pochi miglioramenti o cambiamenti. Questo può valere anche per prodotti intermedi come, ad esempio, l'acqua utilizzata come mezzo di raffreddamento o nelle tecnologie di processo.

Ricondizionamento del prodotto. Il processo di restituire ad un prodotto una buona funzionalità di lavoro mediante la sostituzione o la riparazione di componenti importanti che sono difettosi o vicino alla rottura, e fare cambiamenti "cosmetici" per aggiornare l'aspetto di un prodotto, quali pulizia, cambiamento delle coperture, pittura o finitura. La garanzia del prodotto ricondizionato è generalmente inferiore ad ogni successivo ciclo, ma la garanzia può coprire l'intero prodotto (al netto delle riparazioni). Di conseguenza la performance può essere inferiore al prodotto nuovo.

Rigenerazione dei componenti. Il processo di smontaggio e recupero a livello di sottosistema o di componente. Le parti funzionanti e riutilizzabili sono prese da un prodotto usato e rimontate in uno nuovo. Questo processo include la garanzia della qualità e potenziali miglioramenti o modifiche ai componenti.

Sequenziazione di componenti e materiali. Disporre materiali e componenti in usi diversi dopo la fine del ciclo di vita, in un nuovo contesto di creazione di valore, ovvero

estrarre, nel corso del tempo, energia e di qualità dei materiali. Lungo la sequenza, infatti, la qualità dei materiali, ordine e purezza, diminuisce.

Il riciclo dei materiali Riciclo funzionale. *Il processo di recupero dei materiali per la loro funzione originaria o per altri fini, escluso il recupero di energia.*

Downcycling. *Il processo di conversione di materiali nuovi in materiali di minore qualità e funzionalità ridotta.*

Upcycling. *Un processo di conversione di materiali in nuovi materiali di qualità più elevata e maggiore funzionalità.*

Conversione biochimica. *Applicare processi e apparecchiature di conversione della biomassa per la produzione di prodotti chimici di minor volume, ma di maggior valore, o alti volumi di carburanti liquidi di minor valore per i trasporti, generando del pari combustibili per produrre elettricità e calore di processo e prodotti chimici da biomassa. In un 'bioraffineria' tali processi sono organizzati per produrre più di un prodotto o di un tipo di energia.*

Compostaggio. *Un processo biologico in cui i microrganismi presenti in natura (ad esempio, batteri e funghi), insetti, lumache e lombrichi decompongono materiali organici (come le foglie, erba, detriti giardino e alcuni rifiuti alimentari) in un materiale chiamato compost simile alla terra. Il compostaggio è una forma di riciclo, un modo naturale di restituire nutrienti biologici al terreno.*

Digestione anaerobica. *Un processo in cui i microrganismi decompongono materiali organici, quali scarti alimentari, concime e fanghi di depurazione, in assenza di ossigeno. La digestione anaerobica produce biogas e un residuo solido. Il biogas, costituito principalmente da metano e biossido di carbonio, può essere utilizzato come fonte di energia simile al gas naturale. Il residuo solido può essere restituito alla terra o compostato e usato come ammendante.*

Recupero di energia. *La conversione dei rifiuti non riciclabili in calore utilizzabile, elettricità o carburanti attraverso una serie di processi cosiddetti waste-to-energy, tra cui la combustione, la gassificazione, la pirolisi, la digestione anaerobica, e il recupero dei gas di scarica.*

La messa in discarica. *Smaltimento dei rifiuti in un sito utilizzato per il deposito controllato di rifiuti solidi sulla o nella terra: Ultima ratio quando per difetto di tecnologia e quindi per difetto di convenienza economica, si rinuncia a una parte di materia.*

Più problematico il ciclo tecnologico sul lato destro della Fig. 4. I materiali qui, denominati "nutrienti tecnologici", possono essere di origine mineraria o fossile, cioè non rinnovabili per definizione. La vera scommessa dell'economia circolare avviene qui. Curvare il flusso dei materiali fino a trasformarlo in un cerchio perfetto è una scommessa da vincere, se non per tutti, almeno per un numero crescente di "nutrienti".

Nel settore tecnologico il consumatore deve essere un utente, non un proprietario. Dispositivi, macchine e oggetti passano per le sue mani solo per una parte del ciclo, per tornare poi nel processo circolare, ferreamente ingegnerizzato. Ciò richiede un nuovo contratto tra le imprese ed i loro clienti sulla base delle prestazioni del prodotto. A differenza nell'economia di oggi *buy-and-consume*, i prodotti durevoli dell'economia circolare sono affittati, dati in *leasing* e per quanto possibile condivisi (questa è la *sharing economy*). Se acquistati, ci sono incentivi o clausole contrattuali per riportare il prodotto in ciclo e, successivamente, riutilizzare lui o suoi

componenti e materiali al termine del suo periodo di uso primario. L'economia di ciclo può comunemente portare il prodotto o le sue parti al di fuori del settore industriale di origine.

5. La trasformazione del consumatore in utente

La nostra economia è attualmente paralizzata (*locked into*) all'interno di un sistema in cui tutto, dalle modalità di produzione, alle tipologie contrattuali e commerciali, alle norme ed ai regolamenti, fino alle stesse abitudini mentali, favorisce il modello lineare di produzione e di consumo. Tuttavia, questo blocco si sta indebolendo sotto la pressione di una serie di potenti tendenze. In primo luogo, la scarsità delle risorse e le norme ambientali non potranno che diventare più scarse e più severe. Il loro effetto sarà quello di premiare le imprese dell'economia circolare e penalizzare chi insiste con il *take-make-dispose*. In secondo luogo la tecnologia dell'informazione (IT) è ormai così avanzata che può essere usata per tracciare il materiale attraverso la catena di approvvigionamento (*supply chain*), per identificare i prodotti, i materiali componenti e lo stato di conservazione, manutenzione ed usura del prodotto durante l'uso. Inoltre, esistono piattaforme di *social media* che possono essere utilizzate per mobilitare in *tempo reale* milioni di clienti sui nuovi prodotti e sui nuovi servizi.

Una nuova generazione di clienti sembra disposta a preferire l'uso alla proprietà. Questa tendenza è già ben evidente nell'esplosione dei sistemi di *car-sharing*, di macchine utensili in affitto, e anche nella condivisione di articoli di uso quotidiano. Contro queste nuove preferenze si ergono le infinite difficoltà della transizione ai nuovi modelli di consumo, la cattiva pubblicità, l'organizzazione della vita urbana e sociale, gli interessi delle imprese che puntano sulla crescita indefinita dei consumi, le vecchie regole e leggi, etc. I *social network* stanno meritoriamente lavorando in favore della trasparenza, della *sharing economy*, del riuso degli oggetti in un quadro di aumentata capacità dei consumatori di pretendere responsabilità nella produzione e nelle pratiche commerciali. Imponente l'effetto in settori come il turismo, la cultura (istruzione, libri, musica, eventi) e negli scambi tra cittadini di paesi diversi.

Spostare la produzione ed il consumo lontano dai dispendiosi modelli lineari potrebbe rivelarsi un motore di (eco)innovazione, nella stessa misura in cui lo è stato per l'energia il settore delle fonti rinnovabili. Il modello lineare *take-make-dispose* presuppone una disponibilità tendenzialmente illimitata di risorse e di energia a basso costo, e come tale è sempre più inadatto per la realtà in cui viviamo. Nemmeno l'applicazione di una maggiore efficienza

ai flussi lineari di materia e di energia - una riduzione cioè delle risorse naturali e dell'energia fossile consumata per unità di prodotto o servizio - può da sola fare i conti con la natura finita degli *stock* delle risorse naturali, ma può al più ritardare gli inevitabili esiti della scarsità.

6. I principi operazionali dell'economia circolare

L'economia circolare, per essere programmaticamente rigenerativa e ricostruttiva, deve fare affidamento sulle energie rinnovabili; minimizzare, tracciare ed eliminare, attraverso un'attenta progettazione, tanto l'uso di sostanze chimiche tossiche quanto la produzione dei rifiuti (*waste design-out*). L'economia circolare ha però bisogno di un quadro abilitante che va oltre i meccanismi di produzione e consumo di beni e servizi nei settori che cerca di ridisegnare. Tale quadro comprende nuovi modelli di investimento e di gestione finanziaria ed attività di ricostruzione degli *stock* di capitale naturale, umano e sociale e profonde modifiche nei comportamenti individuali.

Il concetto di economia circolare trae spunto dall'osservazione dei sistemi non lineari e complessi, in particolare dei sistemi viventi. Questi sistemi, come abbiamo visto, sono rigenerativi, evolutivi e termodinamicamente lontani dall'equilibrio, cioè in grado di assorbire e valorizzare i contributi di entropia negativa disponibili in natura²². Una delle principali conseguenze dell'osservazione dei sistemi viventi è la nozione della complessità e dell'ottimizzazione sistemica piuttosto che di un ennesimo approccio riduzionista con il relativo rasoio di Occam²³.

L'ingegneria dei sistemi dell'economia circolare si sviluppa attraverso una attenta gestione dei flussi materiali, che abbiamo visto classificati in due tipi: *i nutrienti biologici*, progettati per ritornare nella biosfera in modo sicuro per rigenerare il capitale naturale, e *i nutrienti tecnologici*, che sono progettati per durare e circolare, cioè per essere utilizzati piuttosto che consumati, attraverso una modalità di *servizio funzionale*, in cui i produttori e i rivenditori conservano sempre la proprietà, la responsabilità e il controllo

²² Segnaliamo gli studi di Edgar Morin, ad esempio, 2001, *"Il Metodo. Vol. 1 La natura della natura"*, Ed. Cortina; e recentemente, se non per il rigore scientifico, per le capacità di divulgazione scientifica, i lavori della cinese Mae Wan-Ho tra cui: 2013, *"Circular Thermodynamics of Organisms and Sustainable Systems"*, *Systems* 2013, 1, pp. 30-49

²³ È una filosofia di ricomposizione piuttosto che di scomposizione. Guglielmo di Occam è il capostipite del metodo opposto, quello della semplificazione. Ma la complessità non è appunto riducibile

dei loro prodotti e, ove possibile, agiscono come fornitori di servizi vendendo l'uso dei loro prodotti, piuttosto che cederli come beni di consumo destinati alla discarica. Secondo una classificazione ormai di uso corrente i principi operazionali dell'economia circolare sono pochi e semplici:

Progettare senza rifiuti (*design-out waste*). I rifiuti scompaiono dal ciclo produttivo quando i componenti biologici e tecnologici (i *nutrienti*) di un prodotto sono intenzionalmente progettati per rientrare in ciclo come materiali biologici o come manufatti progettati per lo smontaggio e la rigenerazione. I nutrienti biologici non sono tossici e possono essere semplicemente compostati in sicurezza. I nutrienti tecnologici come i polimeri, le leghe e altri materiali artificiali sono progettati per essere riutilizzati con un minimo uso di energia e per conservare il più alto livello di qualità, considerando che il riciclaggio comporta comunemente una riduzione della qualità dei materiali ed un loro ritorno in ciclo al punto più lontano del cerchio, come materia prima grezza.

Costruire la resilienza attraverso la (bio)diversità. I sistemi naturali costruiscono la loro resilienza adattandosi all'ambiente con un mix infinito di strategie, di diversità, di uniformità e di complessità. La rivoluzione industriale prima e la globalizzazione poi hanno sfruttato solo la uniformità dei processi naturali unici e ripetitivi, tanto da rendere gli ecosistemi spesso instabili. È il caso della deforestazione sistematica o della monocoltura spinta. L'economia circolare può fabbricare i prodotti favorevoli alla resilienza, diversificandosi ed utilizzando sistemi naturali di successo come modelli.

Contare sull'energia da fonti rinnovabili. È un punto fermo, come abbiamo dimostrato. Per restare lontano dall'equilibrio termodinamico, i sistemi dell'economia circolare richiedono ancor più energia a bassa entropia che può soltanto derivare, direttamente o indirettamente, dal sole, con l'esclusione progressiva delle fonti fossili, i cui tempi di rigenerazione sarebbero millenari.

Pensare sistemicamente. È cruciale la capacità di comprendere come le parti interagiscono reciprocamente entro un sistema, e il rapporto del tutto con le parti. Gli elementi sono considerati nel loro rapporto con le loro infrastrutture, il loro ambiente e il loro contesto sociali. Anche una macchina è un sistema, ma è chiusa nei suoi confini ed ha finalità determinate e comportamenti deterministici. Pensare sistemicamente vuol dire saper analizzare ed anche progettare sistemi non lineari, evolutivi e ricchi di *feedback*. In tali sistemi, l'effetto congiunto dell'incertezza delle condizioni di

partenza e delle numerose catene di retroazione conduce a molteplici conseguenze spesso sorprendenti e a risultati che possono non essere proporzionali agli sforzi ed agli *input*. Il pensiero sistemico evidenzia i flussi e i collegamenti nello spazio e nel tempo e ha il potenziale per comprendere i processi evolutivi e rigenerativi anziché dover limitare l'attenzione a una o più parti o solo agli effetti breve termine.

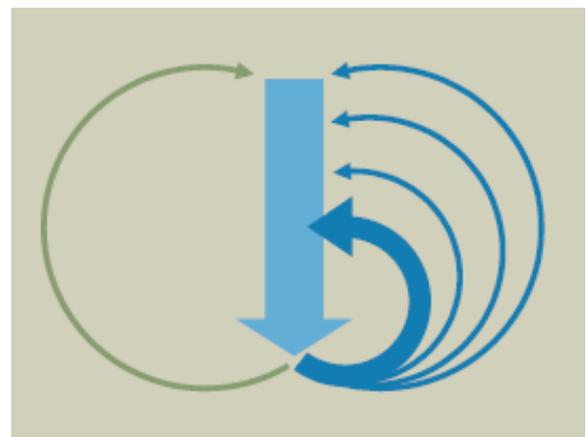
Il rifiuto è cibo. Considerando i nutrienti biologici, è al centro dell'idea dell'economia circolare la capacità di reintrodurre prodotti e materiali nella biosfera, attraverso cicli atossici e rigenerativi. Per i nutrienti tecnologici la conservazione della qualità è importante. In taluni casi è anche possibile il miglioramento della qualità, che prende il nome di *upcycling*. La superiore capacità rigenerativa dei processi naturali, spinge l'economia circolare verso una composizione dei materiali di consumo progressivamente più biogenica e a progettare una serie di cicli ripetuti in cascata, attraverso applicazioni anche diverse, prima di estrarre preziose materie prime che possono essere restituite alla biosfera. Sono questi i principi fondamentali di un'economia circolare rigenerativa.

7. La creazione del valore nell'economia circolare

I principi operazionali dell'economia circolare offrono non solo i criteri di funzionamento, ma anche uno schema delle specifiche fonti del suo potenziale di creazione del valore economico.

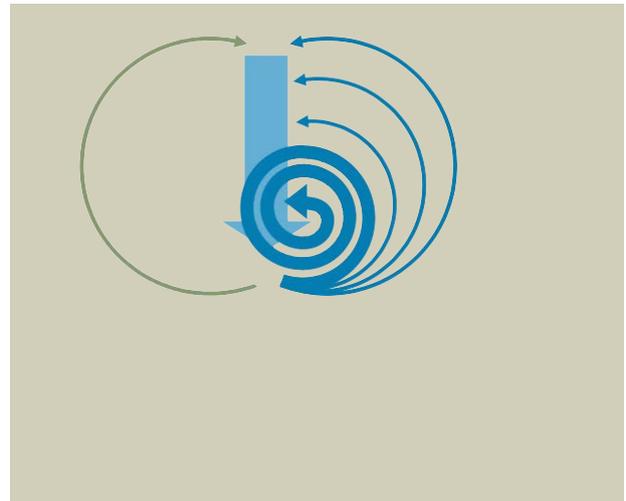
L'economia e i vantaggi comparativi delle diverse tipologie di ciclo - ad esempio, riutilizzo piuttosto che rigenerazione o riciclaggio - possono differire in modo significativo per diversi prodotti, componenti o tipi di materiale, o anche per ogni specifico segmento della catena globale della fornitura (*supply chain*). Tuttavia (Ellen McArthur), si individuano quattro semplici principi generali della creazione circolare del valore, validi per tutti i processi e tutte le fasi:

Potenzialità dei cicli corti. I cicli sono corti quando il materiale rientra nel processo vicino alla fine (vedi figura) In generale, più corti sono i cicli, maggiore è il risparmio in termini di costi integrati dei materiali, della manodopera, dell'energia e del capitale e più leggero è lo zaino delle esternalità



generate (*rucksack*²⁴), come le emissioni di gas serra, di reflui o di sostanze tossiche. I cicli corti beneficiano anche di un effetto relativamente alto di sostituzione dei materiali vergini poiché evitano tutte le inevitabili inefficienze del processo a monte lungo la catena lineare. Questo vantaggio comparativo è il nucleo dell'aumentato potenziale di creazione di valore economico dell'economia circolare. Laddove i costi di raccolta, riprocessamento e restituzione di un prodotto, componente o materiale è inferiore all'alternativa lineare, compresa la eliminazione dei costi di trattamento di fine vita, il vantaggio economico è evidente. Con l'aumento dei prezzi delle risorse e dei costi dei trattamenti di fine vita, il vantaggio si accresce. Ciò accade in particolare all'inizio, quando le economie di scala e di scopo dell'economia ciclica possono generare guadagni di produttività delle risorse e del lavoro più elevati, a partire dal fatto che gran parte dei processi inversi sono ancora oggi sottodimensionati.

Potenzialità dei cicli multipli. La creazione del valore trae un beneficio supplementare dal tenere più a lungo in uso prodotti, componenti e materiali nel processo dell'economia circolare. Questo può essere fatto sia passando attraverso più cicli consecutivi (ad esempio, non un solo ricondizionamento di un motore ma più riprocessamenti consecutivi) o spendendo più tempo all'interno di un ciclo (ad esempio,

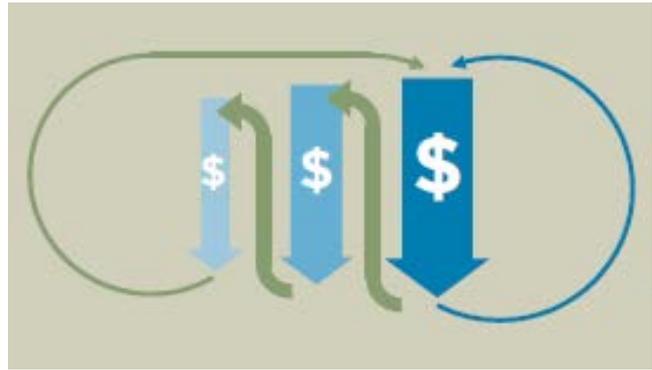


estendendo l'uso di una lavatrice da 1.000 a 10.000 cicli di lavaggio). Questi utilizzi prolungati sostituiscono flussi di materiale vergine e contrastano la dispersione della materia fuori dall'economia attiva. A domanda costante e per effetto della tendenza della verso il disordine, i cicli di breve durata e i cicli singoli creano domanda di nuova materia vergine. Anche qui il driver principale è l'aumento dei prezzi delle materie prime per effetto della loro scarsità. L'aumento dei costi di esercizio e di manutenzione, o la perdita di efficienza nei cicli successivi, e infine la rapida innovazione dei prodotti, possono erodere in misura variabile il potenziale di creazione del valore dei cicli ripetuti.

²⁴ Termine coniato dalla teoria dei flussi materiali del Wuppertal Institute

Potenzialità dei cicli in cascata.

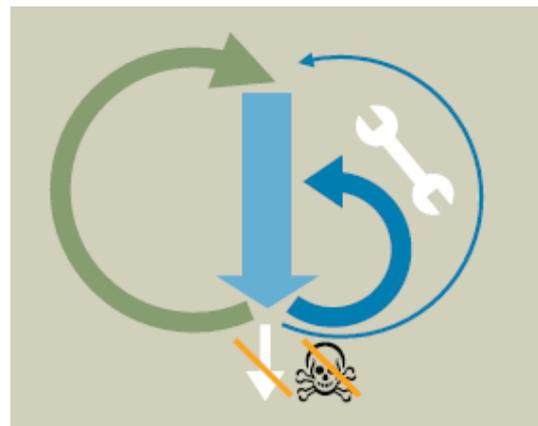
La creazione del valore si può ottenere anche con l'utilizzo della materia in cicli successivi appartenenti a settori industriali del tutto diversi. Ellen McArthur descrive, a titolo d'esempio la trasformazione di capi di abbigliamento in cotone in fibre per



pannellature per mobili e, successivamente, in materiale isolante prima di essere riconsegnato alla biosfera in modo sicuro come un nutriente biologico. In queste cicli a cascata, il potenziale di creazione del valore è determinato dai minori costi marginali del riutilizzo del materiale come sostituto di materiali vergini con i costi ad essi relativi - manodopera, energia, materiali e con le esternalità generate nel loro processamento a fronte dei costi marginali ridotti che comporta riproporre per l'uso il materiale già trattato.

Potenzialità dei materiali puri, non tossici.

I materiali vengono progettati per conservare la loro purezza per quanto possibile o almeno perché sia più facile separarli e recuperarli. La potenzialità di questa quarta leva operativa deriva da una ulteriore serie di vantaggi. Per generare il massimo del valore, è richiesta una certa purezza del materiale ed una buona qualità dei prodotti e dei



componenti. Attualmente, molti flussi di materiali post-consumo si rendono disponibili come miscele di materiali, sia per il modo in cui sono stati selezionati e combinati nella fase di progettazione del singolo prodotto, sia perché sono stati raccolti e trattati senza raccolta differenziata e senza riguardo per preservarne la purezza e la qualità (è il caso della raccolta dei rifiuti urbani). Le economie di scala e la maggiore efficienza del ciclo inversi possono essere ottenute attraverso miglioramenti nella progettazione a monte dei prodotti, per avere una maggiore facilità di separazione, una migliore identificazione dei componenti di un prodotto e dei materiali sostitutivi. Nei processi inversi, inoltre, è agevole ridurre i danni prodotti dalla raccolta e dal trasporto dei materiali; avere minori tassi di scarto nel ricondizionamento, e ridurre la contaminazione dei flussi dei materiali durante e dopo la raccolta. Questi miglioramenti al prodotto e al processo

nei cicli inversi si traducono in altrettante riduzioni dei costi comparati con i processi lineari, conservando in particolare una più alta qualità in tutto il ciclo di quelli che abbiamo chiamato nutrienti tecnologici, consentendo così di estendere la longevità dei materiali e quindi di aumentare la produttività delle risorse a livello di sistema. Eliminare i materiali tossici dai processi può portare con tutta evidenza altri concreti vantaggi: la eliminazione di tutte le sostanze chimiche tossiche nella preparazione delle sue moquette da parte di un'azienda leader basata in Olanda, le ha assicurato un cospicuo aumento della domanda nel mercato del trasporto aereo, in cui l'*offgassing* in volo dei rivestimenti può danneggiare la salute e il *comfort* dei passeggeri.

8. Efficienza lineare ed efficacia circolare

Il concetto e le pratiche industriali dell'eco-efficienza e della dematerializzazione sono state e restano un pilastro dell'ecoinnovazione dei processi produttivi, del risparmio energetico, della riduzione dei flussi materiali e dei rifiuti. Essi non toccano però il carattere lineare dei processi industriali *mainstream* che assumono un flusso lineare unidirezionale dei materiali attraverso i sistemi di produzione e consumo: le materie prime vengono estratte dalla natura e trasformate in prodotti, usati e poi smaltiti. In questo sistema, le tecnologie *clean* cercano solo di ridurre al minimo il volume, la velocità e la tossicità dei flussi di materiale, ma sono incapaci di alterare la sua progressione lineare. Alcuni materiali vengono riciclati, ma spesso con una soluzione *end-of-pipe*, poiché questi materiali non sono stati progettati per essere riciclati. Invece di vero riciclo, questo processo è in realtà un *downcycling*, un degrado della qualità dei materiali, che ne limita l'usabilità e mantiene la dinamica lineare del sistema dei flussi materiali, *dalla culla alla tomba*.



Un'economia perfettamente circolare godrebbe del 100% dell'efficienza nell'uso delle risorse.

In contrasto con questo approccio di riduzione e dematerializzazione, l'economia circolare avanza il concetto di (eco)efficacia (*effectiveness*) che supporta la trasformazione dei prodotti, e dei flussi materiali loro associati,

in modo tale da costruire una relazione di sostegno agli ecosistemi e, di conseguenza, alla futura crescita economica. Il concetto di efficacia ingloba pertanto quello di efficienza. L'obiettivo non è quello di minimizzare il flusso dei materiali dalla culla alla tomba, ma di disegnare un metabolismo industriale ciclico, *cradle-to-cradle*, capace di riportare la materia ad una nuova culla e di consentire ai materiali di mantenere il loro status di risorse e di guadagnare qualità nel tempo (*upcycling*). L'economia circolare genera intrinsecamente un rapporto sinergico tra gli ecosistemi naturali e i sistemi industriali, un riaccostamento positivo alla natura dei processi antropici e dell'economia.

9. Il business case dell'economia circolare

Il vantaggio per le imprese dell'economia circolare sta nel bilancio tra il miglioramento dell'efficienza di uso delle risorse e gli eventuali oneri aggiuntivi nella gestione dei *loop* circolari. I prodotti e le risorse vengono mantenute in uso per più a lungo possibile attraverso il recupero, il riutilizzo, la riparazione, rigenerazione e il riciclo. Vanno inoltre dedotti i valori corrispondenti alle esternalità ambientali negative che vengono ridotte con l'economia circolare. Oltre a proteggere l'ambiente, così si offrono potenziali notevoli benefici economici agli imprenditori e agli investitori, a cominciare dalla maggiore stabilità economica che comporta una maggiore sicurezza nella gestione delle risorse cui si aggiungono le nuove opportunità di *business* offerte da un settore in espansione.

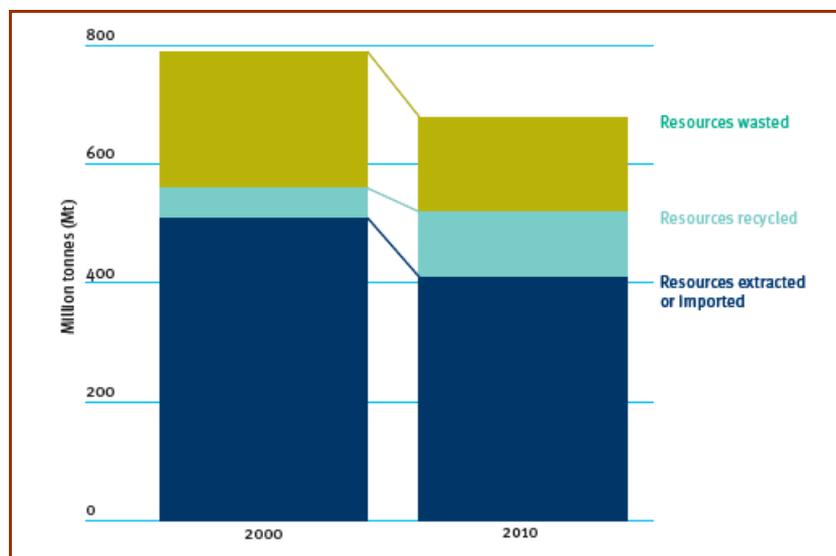
Un modo di vedere il vantaggio economico nell'uso delle risorse è quello di guardare a che cosa sta accadendo ai *trend* dei flussi complessivi delle risorse impiegate, rispetto alla quantità di rifiuti riciclati e delle risorse recuperate. Uno studio sull'economia del Regno Unito²⁵ che, com'è noto, produce valori aggiunti inferiori alla nostra manifattura, rileva che nel 2000, erano utilizzati in attività economiche 570 Mt circa di materiali (biomassa, metalli e minerali, al netto dei combustibili fossili), ma il 40% circa finiva tra i rifiuti, e meno di 50 Mt di questi materiali erano recuperati o riciclati. La quantità di materiali importati era più che doppia della quantità riciclata.

Il settore dei rifiuti e del riciclo generava un fatturato di oltre 6,5 miliardi di sterline dalla raccolta, trattamento, smaltimento, riciclo e vendita all'ingrosso di materiali recuperati, e impiegava circa 75.000 persone.

²⁵ WRAP, Green Alliance, 2015, "Opportunities to tackle Britain's labour market challenges through growth in the circular economy"

Dieci anni più tardi, mentre l'economia si espande del 20% - e la popolazione aumenta del 6% - le risorse che costituiscono il *throughput* industriale scendono a circa 540 Mt, e finisce tra i rifiuti solo il 30 per cento di materia. La quantità di riciclato è più che raddoppiata fino a circa 115 Mt, pari alla quantità dei materiali importati. Da queste risorse recuperate, il settore del riciclo genera un fatturato di oltre 19 miliardi di sterline, corrispondenti ad un aumento di circa tre volte in 10 anni, con l'occupazione del settore che sale a circa 130.000 unità. Nel decennio, dunque, ci sono progressi notevoli nel settore del riciclo e della relativa occupazione per effetto di un'economia più circolare e più efficiente, cresciuta usando meno risorse, producendo meno rifiuti e riciclando di più.

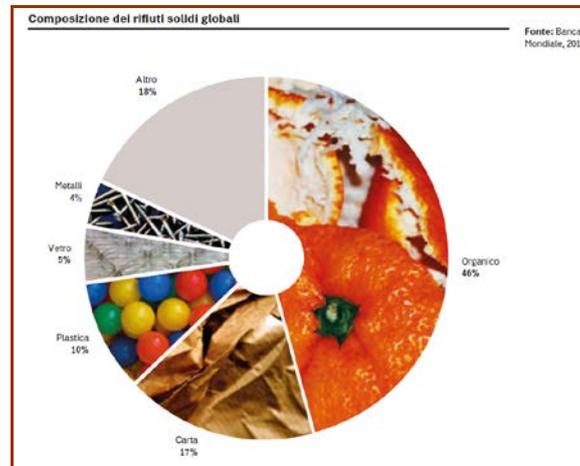
Figura 5. Flussi di materia nell'economia britannica tra il 2000 e il 2010²⁶
(fonte WRAP, cit.)



Proiettato su scala mondiale, il flusso delle risorse dalla natura all'economia è pari a 50-60 Gt, un terzo dei quali destinato all'estrazione dei metalli, e 45Gt/anno per i combustibili fossili utilizzato per 14Gt che producono 32Gt di CO₂. 80 Gt/anno sono i materiali erosi dalle pratiche agricole e 27 Gt/anno è il flusso delle biomasse, di cui 5,5 di puro spreco (80 Mt in Italia). Un terzo delle biomasse per uso alimentare va sprecato. 4.000 km³/anno è il consumo di acqua. La Banca Mondiale stima in 1,3 Gt/anno la produzione di rifiuti urbani nel 2012 (1,8 secondo altre fonti). La composizione organica è

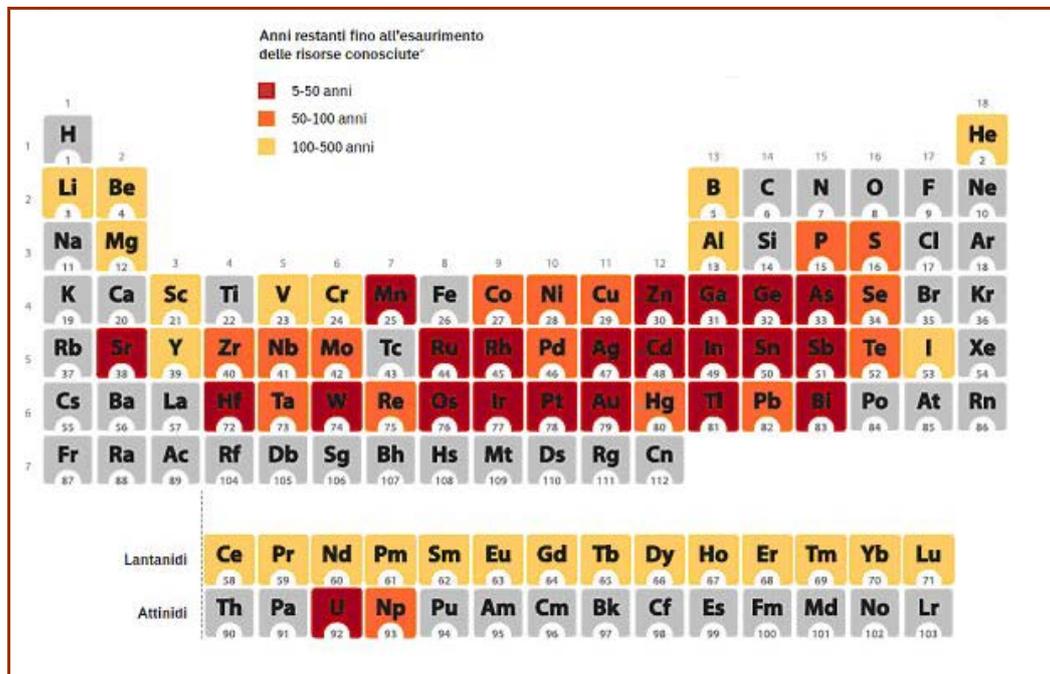
²⁶ Lo spreco di risorse *wasted* comprende tutti i materiali destinati a qualsiasi tipo di smaltimento dei rifiuti. Alcuni dei materiali che scorrono nell'economia sono consumati direttamente, ad esempio cibi e bevande, o sono emissioni dissipative nelle matrici terra e aria, mentre altri sono assorbiti nel capitale fisso e infrastrutturale e sono disponibili per un futuro recupero. Come detto, le risorse estratti o importate includono biomassa, metalli, minerali e prodotti

riportata in figura²⁷. È fuori discussione che queste cifre sono da un lato insostenibile e dall'altro lasciano largo spazio all'innovazione dell'economia circolare.



C'è poi il problema della scarsità, sul quale si è molto dibattuto. Un dato sintetico è stato prodotto con una rappresentazione del sistema periodico di Mendeleev, nella figura 6²⁸. Lo stato delle riserve di materia è quanto mai critico, anche se i livelli di circolarità mediante riciclo cominciano ad essere importanti. Nella figura 7 gli stessi autori elaborano i livelli correnti del riciclo degli elementi della tabella.

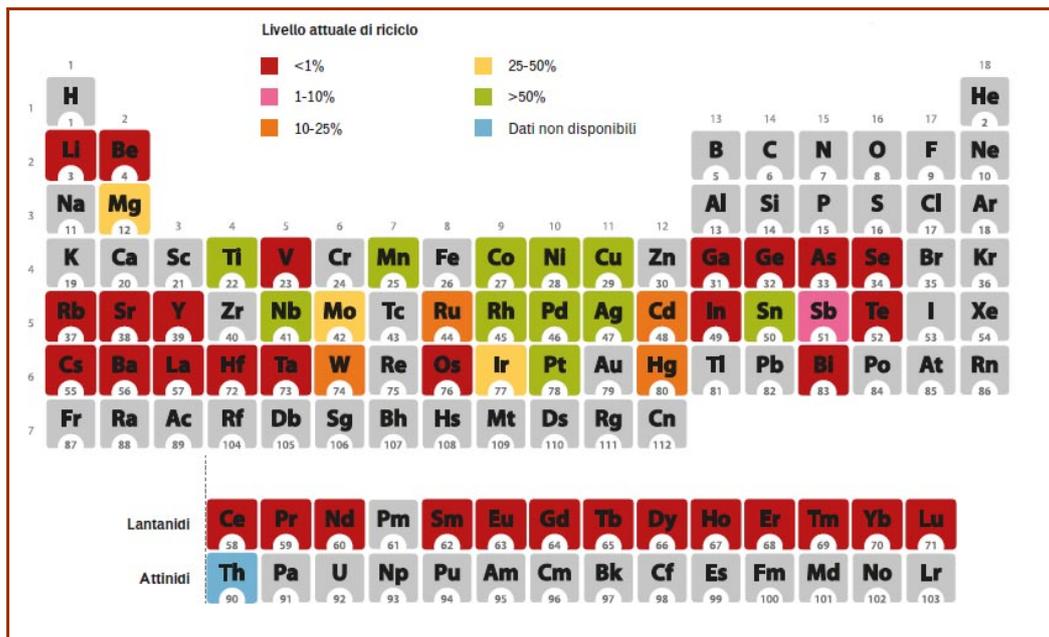
Figura 6. Diminuzione delle riserve in base agli attuali livelli di estrazione
(fonte Clark cit.)



²⁷ Femia A., 2015, "Un patrimonio da recuperare", MR-Materia Rinnovabile, n°2, pp. 17-21

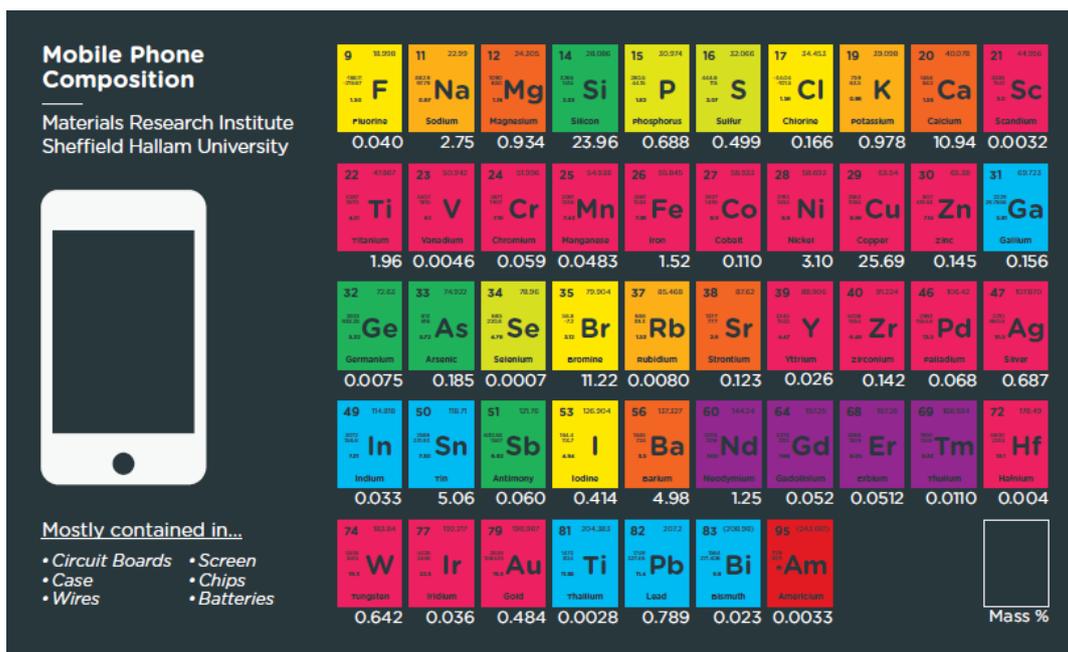
²⁸ Clark J., 2015, "La tabella delle mancanze", MR-Materia Rinnovabile, n°2, pp. 22-25

Figura 7. Livello di riciclo degli elementi a scala globale (fonte Clark cit.)



A titolo di esempio 40 t di platino, un elemento la cui criticità industriale è enorme, vanno perse durante l'estrazione e 20 nelle lavorazioni. 50 t finiscono nei rifiuti nonostante il buon livello di riciclo. Nel 2010 ne sono state commerciate 245 t. Un telefono cellulare, come mostra la tavola (Fig. 8), contiene una inimmaginabile pluralità di materiali, in quantità certamente minime, ma non tali che il loro recupero non sia una opportunità per le imprese, soprattutto se si affermeranno i principi di progettazione "circolare".

Figura 8. Composizione materiale di un telefono cellulare (fonte RSA cit.)



Nel 2011 è stato stimato che nella sola Gran Bretagna erano stati sottoscritti oltre 80 milioni di contratti di telefonia mobile e 1000 telefoni cellulari risultavano venduti ogni ora! Per lo meno altrettanti telefoni mobili funzionanti risultavano abbandonati nelle case e negli uffici. Abbiamo visto che ogni apparecchio fa uso di 40 elementi o più. C'è cinque volte più oro in una tonnellata di RAEE, questi ed altri, che nella massa equivalente di materiale di miniera²⁹. Si fa presto pertanto a capire la straordinaria convenienza di inserire un tale flusso di materie preziose nei *feedback* dell'economia circolare.

I benefici dell'economia circolare per l'industria e per i consumatori sono dimostrati ormai da un gran numero di casi nel mondo dai quali risulta, con le giuste condizioni abilitanti, un vantaggio per i bilanci aziendali non meno che per l'ambiente e la società. I vantaggi per le imprese sono evidenziati dai citati studi della *Ellen McArthur Foundation* e del *World Economic Forum*. Possono essere rappresentati nei seguenti punti:

Consistenti risparmi netti di materiale. Sulla base di una dettagliata modellazione a livello di prodotto, la Fondazione stima che, per i prodotti industriali complessi di media durata, l'economia circolare offre una opportunità di riduzione netta dei costi annuali dei materiali nell'Unione Europea di 340-380 GUS\$ in uno scenario di *media evoluzione*, ma arriva a 520-630 GUS\$ nello scenario da loro proposto di *transizione avanzata*, in entrambi i casi al netto dei materiali utilizzati nelle attività dei cicli inversi. Quest'ultimo intervallo corrisponde al 19-23% degli attuali costi di produzione totali, oppure ad un 3-3,9% del PIL dell'UE nel 2010. Nello scenario avanzato i vantaggi massimi si ottengono nel settore *automotive* - 170-200 GUS\$/anno, seguito dai macchinari e dalla strumentazione.

Per i beni di consumo mobili, questa volta a livello globale, il valore totale delle opportunità di risparmio nei materiali dell'economia circolare potrebbe arrivare fino a 700 GUS\$ all'anno, ovvero all'1,1% del PIL 2010, sempre al netto dei materiali utilizzati nel ciclo inversi. Questi importi rappresenterebbero circa il 20% dei costi dei materiali pagati dall'industria dei beni di consumo.

Mitigazione della volatilità dei prezzi e dei rischi delle forniture. Il risparmio netto di materiali comporterebbe uno spostamento verso il basso dei costi per varie materie prime. Per l'acciaio, i risparmi globali netti di materiale potrebbero raggiungere i 100 Mt di minerale di ferro ed oltre nel

²⁹ RSA, 2013, "Investigating the role of design in the circular economy", The Great Recovery Report n° 1, UK

2025, se si prende in considerazione una quota consistente dei flussi materiali nei settori ad alta intensità di acciaio – macchine utensili, *automotive*, ed altri mezzi di trasporto - che rappresentano circa il 40% della domanda. Inoltre, un tale spostamento toglierebbe l'industria siderurgica dal lato ripido crescente della curva dei costi delle materie prime, con l'effetto di una probabile riduzione della volatilità dovuta alla pressione della domanda.

(Eco)innovazione. La tendenza a sostituire i prodotti lineari destinati a rifiuto con prodotti che sono progettati per essere circolari e a creare reti di logistica di ritorno dei materiali ed altri sistemi per sostenere l'economia circolare è un potente stimolo per l'innovazione. Analogo è l'effetto dell'adozione di modelli di *business* più circolari. Le stesse imprese stanno già testimoniando che questa economia, che opera con più alti tassi di sviluppo tecnologico, migliori materiali, più manodopera, efficienza energetica e anche maggiori opportunità di profitto.

Potenziale di creazione di posti di lavoro. Gli effetti di un modello industriale più circolare sulla struttura e sulla dinamica dei mercati del lavoro hanno cominciato ad essere esplorati solo di recente, come vedremo nel capitolo successivo. Sembra probabile che gli effetti saranno dipendenti dal modo in cui questi mercati saranno organizzati e regolati, e tuttavia ci sono segnali che l'economia circolare potrebbe portare maggiore occupazione locale, soprattutto per gli *entry-level* e per i posti di lavoro semi-qualificati, che sono un problema grave per le economie dei paesi occidentali nella fase di crisi.

Produttività e qualità ambientale del suolo. Il degrado del suolo ha un costo stimato in 40 miliardi di dollari l'anno in tutto il mondo, senza tener conto dei costi nascosti di un uso esasperato di fertilizzanti, della perdita di biodiversità e del degrado di paesaggi spesso unici. La produttività dei terreni, meno rifiuti nella catena del valore alimentare e la restituzione dei nutrienti al suolo aumenterà la qualità della terra e del suolo come capitale naturale. L'economia circolare, muovendo materiali biologici in misura molto maggiore mediante il processo di digestione anaerobica, il compostaggio o la deposizione diretta nel terreno, ridurrà la necessità di rifornimento con sostanze nutritive artificiali.

Benefici duraturi per una economia più resiliente. È importante sottolineare che, qualsiasi aumento della produttività dei materiali può avere un impatto positivo sullo sviluppo economico al di là degli effetti della circolarità su settori specifici. La circolarità è infatti un vero e proprio

“processo di ripensamento” che ha già dimostrato di essere un nuovo potente strumento per l'economia e le imprese, in grado di accendere soluzioni creative e stimolare l'innovazione.

L'approccio circolare offre alle economie sviluppate la via maestra per una crescita resiliente, una risposta sistemica per ridurre la dipendenza dai mercati delle risorse, e un mezzo per ridurre l'esposizione agli *shock* dei prezzi delle risorse nonché i costi sociali e ambientali delle esternalità che non vengono riconosciuti dalle aziende *brown*. Un'economia circolare sposterebbe l'equilibrio economico lontano dai materiali ad alta intensità energetica e da quelli di estrazione primaria. Si creerebbe un nuovo settore dedicato alle attività dei cicli di inversione per il riutilizzo, la ristrutturazione, la ricostruzione o il riciclaggio sul versante tecnologico, e la digestione anaerobica, il compostaggio e la simbiosi su quello biologico. Allo stesso tempo, le economie dei mercati emergenti possono beneficiare del fatto che essi non sono originariamente così bloccate sul modello lineare come sono le economie avanzate (si veda il caso Cina al cap. 11) e quindi possono avere la possibilità di una transizione più diretta verso assetti e configurazioni circolari quando vanno a costruire i propri settori manifatturieri di base. In effetti, molte economie emergenti sono a più alta intensità di materiali rispetto alle economie avanzate, e potrebbero quindi ottenere un vantaggio ancora maggiore adottando modelli di *business* circolari e vantaggi anche dal lato dei consumi, oltretutto per la qualità dell'ambiente.

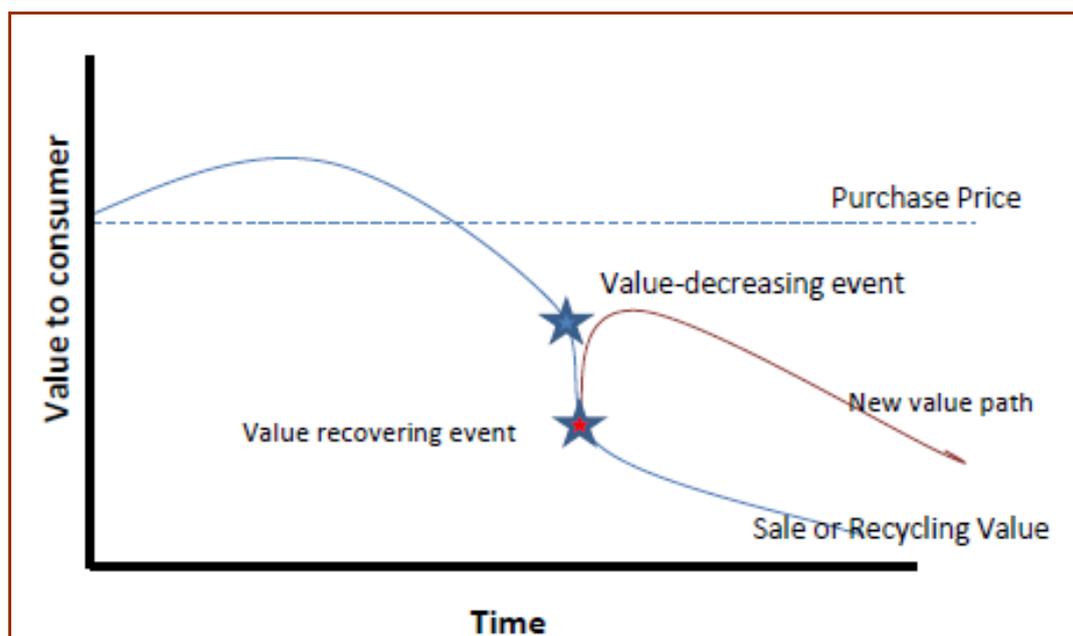
Le opportunità elencate sono solo l'inizio di una serie molto più grande di trasformazioni e di modalità di creazione di valore man mano che il mondo economico amplia la scala delle nuove tecnologie circolari e dei nuovi modelli di *business*. È già sotto i nostri occhi un'adozione selettiva di nuovi modelli e tecnologie di *business* circolari durante questo periodo di transizione. Inizialmente, queste novità possono apparire modeste nel loro impatto e giocare in mercati di nicchia (come è stato il caso della coltivazione agricola nelle serre o del noleggio di capi di moda di fascia alta). Ma nel corso dei prossimi 15 anni questi nuovi modelli di *business* otterranno probabilmente un vantaggio competitivo crescente perché intrinsecamente creano più valore da ogni unità di risorsa. Essi sono anche suscettibili di soddisfare altri requisiti di mercato associati a un approvvigionamento più sicuro, di assicurare una maggior convenienza per i consumatori e di ridurre i costi ambientali.

In un mondo di 9 miliardi di persone e di feroce competizione per le risorse, le forze di mercato non possono che favorire quei modelli che meglio coniugano conoscenze specialistiche e collaborazioni intersettoriali per

creare il massimo valore per unità di materia e di energia rispetto ai modelli lineari che non possono fare altro che aumentare l'estrazione di risorse e il *throughput*, il volume dei flussi lineari da risorsa a rifiuto. Ragionando in termini classicamente evolutivisti, la selezione naturale probabilmente favorirà gli attori più dinamici e capaci di portare rapidamente la circolarità alle scala planetarie che sono necessarie ad un pianeta ormai compromesso dall'azione dell'uomo.

I casi di studio industriali o settoriali, pur ancora non sistematici, si raccolgono sempre più numerosi in letteratura. In particolare il Rapporto della Commissione Europea del 2014 raccoglie in gran numero le tipologie e le esperienze di applicazione dell'economia circolare. Vengono approfonditi e documentati i casi delle telefonia mobile e degli *smartphone*; dell'acciaio; del settore alimentare e delle materie plastiche³⁰.

Figura 9. Recupero di valore di uno *smartphone* rigenerato (curva rossa - fonte: EU EC, cit.)



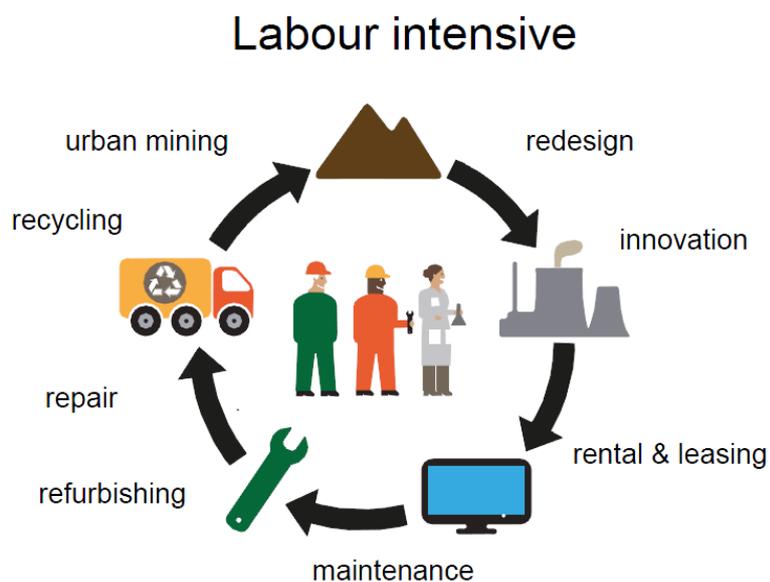
10. Job creation nell'economia circolare

Secondo alcune stime, le industrie di rigenerazione e riciclo già rappresentano circa un milione di posti di lavoro in Europa e negli Stati Uniti³¹. Gli effetti di un modello industriale più circolare sulla struttura e sulla vitalità del mercato del lavoro devono ancora essere esplorati a fondo.

³⁰ EU EC, 2014, "Scoping study to identify potential circular economy actions, priority sectors, material flows and value chains", DG Environment's Framework contract NV.F.1/FRA/2010/0044, pp. 46-51

³¹ McKinsey, 2014, "Remaking the industrial economy", McKinsey Quarterly

Ma si vedono segni che un'economia circolare avrebbe, nel giusto contesto, la capacità di aumentare l'occupazione, in particolare nei livelli di specializzazione iniziali. I posti di lavoro per il riciclo e la rigenerazione sono già molti milioni tutto il mondo³², ma per ora la mancanza di definizioni precise e di dati specifici rendono impossibile un conteggio globale. La sola Cina si suppone avere circa 10 milioni di posti di lavoro in questi settori. Nei paesi in via di sviluppo, il riciclo è spesso fatto da reti informali. Il Brasile, che vanta un alto tasso di riciclo dell'alluminio, dispone di mezzo milione circa di raccoglitori di rottami.



Lo sviluppo di un'economia circolare ha bisogno di abbondanti risorse di lavoro, soprattutto nei settori ad alta intensità di manodopera. Si prenda come esempio il caso dei (R)AEE, nel quale l'uso spinto della tecnologia è un prerequisito. È necessario un gran numero di risorse umane

per smontare le apparecchiature e portare a termine il complicato processo di riciclo e riutilizzo. Lo stesso vale nel processo di raccolta e riciclaggio dei rifiuti urbani³³.

L'economia circolare ha parimenti bisogno di un grande numero di professionalità con una formazione specifica e capacità operative avanzate. Pertanto, le imprese *start-up* devono farsi carico della formazione del personale fin dall'inizio, offrendo una formazione professionale continua a lungo termine, e devono collaborare con le scuole professionali per ottenere una formazione specifica, e garantire continuità e stabilità ai flussi occupazionali³⁴.

Le attività dell'economia circolare tendono ad essere efficienti nell'uso delle risorse naturali e sono viceversa intensive nell'uso del lavoro, rispetto alle attività che sostituiscono. Hanno inoltre la capacità di creare occupazione

³² Worldwatch Institute, 2008, "Green Jobs: Working for People and the Environment"

³³ Ex'tax Project "The human factor of the circular economy"

³⁴ International Labour Office, 2012, "Green Business Options. Resource Book. Circular Economy"

diffusa sul territorio che potrebbe beneficiare coloro che sono attualmente disoccupati, o coloro che vanno perdendo posizioni qualificate di medio livello a causa di trasformazioni industriali. Uno studio recente³⁵ suggerisce che entro il 2030, sulla base del percorso di sviluppo attuale, l'economia circolare potrebbe creare in UK oltre 200.000 posti di lavoro (lordi) e ridurre la disoccupazione di circa 54.000 unità (netti). Potrebbe anche avere il potenziale di compensare circa il 7% della flessione attesa degli impieghi qualificati in un orizzonte oltre il 2020. Una più ampia espansione delle attività di economia circolare potrebbe più che raddoppiare queste cifre, con la creazione di circa mezzo milione di posti di lavoro (lordi). Si tratterebbe del 2% circa della forza lavoro totale.

Lo studio assume le seguenti definizioni delle attività che costituiscono l'economia circolare, escludendo le forniture energetiche:

Riuso. I prodotti finiti valgono molto di più delle materie prime che li compongono e il riuso diretto conserva il massimo del valore e dell'energia incorporata nei prodotti³⁶.

Riciclo a catena chiusa. Comporta l'uso di rifiuti per realizzare nuovi prodotti senza modificare le proprietà intrinseche del materiale che viene riciclato.

Riciclo a catena aperta (downcycling). Utilizza materiali recuperati per creare prodotti con un valore inferiore rispetto ai materiali originari.

Bioraffinazione. Estrae piccole quantità di materiali pregiati, come proteine o prodotti chimici particolari, o converte i rifiuti in energia.

Riparazione e rigenerazione. Se un prodotto ha bisogno di riparazione o di un ricondizionamento prima di poter essere riutilizzato, la conservazione del valore è massima e consente di risparmiare almeno il 70 per cento dei materiali necessari per la fabbricazione di prodotti nuovi.

Erogazione di servizi. Qualsiasi sistema che aumenta l'uso efficace delle risorse. Può includere il *leasing* e la fornitura di servizi senza vendita di prodotti. Ci sono molti esempi B2B (*business to business*), ma anche B2C (*business to customer*) o addirittura C2C (*cliente a cliente*).

³⁵ In un quadro mondiale deficitario dal punto di vista dei dati quantitative si inserisce questo primo, valido, studio organico sviluppato per il mercato del lavoro inglese: WRAP, Green Alliance, 2015, "Employment and the circular economy Job creation in a more resource efficient Britain"

³⁶ Ad esempio, un *iPhone* riutilizzato mantiene circa il 48% del suo valore originario, mentre il suo valore come riciclato è solo lo 0,24%

È possibile indicare una lasca corrispondenza con le attività codificate dagli istituti nazionali di statistica, che può aiutare nelle valutazioni quantitative (Tab. 1).

L'apertura di nuovi settori inevitabilmente sposta un certo numero di occupati, sia per il meccanismo di sostituzione dei prodotti che per il tramite del mercato del lavoro, che sottrae lavoro qualificato alle attività esistenti. Come sempre accade per l'innovazione la creazione di occupazione netta è inferiore alla creazione di occupazione lorda e può anche essere nulla o negativa. La gamma di lavori offerti dall'economia circolare richiede livelli differenti di istruzione e formazione e impone livelli di remunerazione differenti. In generale, osservando l'evoluzione già in corso verso una maggiore efficienza e circolarità dell'economia, sembrano prevalere i salari della fascia media e, quindi, è molto probabile che l'economia circolare tenda a creare complessivamente occupazione in posti di livello medio, proprio nella fascia più penalizzata dall'economia tradizionale in crisi.

Tabella 1. Le attività dei cicli inversi secondo la codificazione statistica corrente
(fonte: WRAP, cit.)

Attività dell'economia circolare	Migliori approssimazioni nei dati statistici ordinari
Riuso	Vendita di beni di seconda mano nei negozi
Riciclo	Riciclo dei rifiuti. Vendita all'ingrosso di rifiuti e residui
Fornitura di servizi	Affitti e leasing
Riparazione e rigenerazione	Riparazione di macchinari, apparati elettronici e prodotti per la casa
Bioraffinazione	?

L'economia circolare può generare tutta una serie di tipi di lavoro, a bassa ed alta qualificazione. La gestione e il riciclo dei rifiuti tendono ad offrire prevalentemente impieghi da bassa ad intermedia qualificazione: nel settore della raccolta, gestione e trattamento dei materiali per il riciclaggio. La rigenerazione, come la manifattura originale, richiede lavori più qualificati. Per aumentare le attività di rigenerazione si richiedono notevoli investimenti nella formazione delle giuste competenze nella forza lavoro. Per quanto è dato capire dai dati disponibili le attività di economia circolare tendono ad offrire occupazione diffusa sui territori. Ci sono alcune informazioni

dettagliate disponibili sulle tipologie professionali, ma la copertura non è completa. I dati disponibili della citata fonte UK sono in Tab. 2.

Dall'indagine risulta che per l'occupazione nelle attività di riparazione, le professionalità sono retribuite per il 61-67% con salari medi, per il 25-34% con salari alti per il 5-7 con salari bassi. Nel settore dei rifiuti e del riciclo la ripartizione è 37% media, 41% bassa e 22% alta; nel noleggio e *leasing* abbiamo rispettivamente il 45, il 18 e il 38%. Il lavoro nel settore della bioraffinazione offre un mix di occupazioni a basse ed elevate professionalità, che vanno dallo sviluppo delle colture, la raccolta, il trasporto, la distribuzione e lo stoccaggio di materie prime, la progettazione di impianti, l'implementazione, la manutenzione e la riparazione per lo sviluppo, la sperimentazione e la commercializzazione di prodotti innovativi. Si va dai lavori in agricoltura, alla logistica, alla ricerca bioingegneristica.

Tabella 2. Le professionalità necessarie per l'economia circolare in scala da 1 a 5
(fonte: WRAP, cit.)

Professionalità	Entry	Media	Alta
Riciclo a catena chiusa	****	****	*
Riciclo a catena aperta	****	**	*
Fornitura di servizi	***	***	***
Rigenerazione	**	*****	**
Riuso	****	**	*
Bioraffinazione	*	****	****

In proiezione futura lo studio inglese propone uno scenario di "trasformazione" che prevede il più esteso ricorso all'economia circolare, caratterizzato da un tasso di riciclo dell'85% per cento, ma con minori volumi dovuti all'elevata rigenerazione³⁷; da un tasso rigenerazione del 50% in settori come le apparecchiature elettroniche, le fotocopiatrici, i trasporti, ecc, che hanno il maggiore potenziale e consentono una diffusione molto più ampia di *best practices* già disponibili in alcuni settori in prospettiva 2030. Si tratta di un obiettivo ambizioso, che si riferisce a circa un quarto della

³⁷ Prodotti in alluminio e acciaio hanno già tassi di riciclo superiori al 90% per cento in Belgio e Germania. Prodotti complessi possono anche raggiungere un 90%, come le auto in Europa che devono raggiungere questo standard entro il 2016 nell'ambito della direttiva sul fine vita. Anche i rifiuti per uso domestico possono essere riciclati a questi ritmi. Questi obiettivi probabilmente richiedono la riprogettazione dei prodotti.

produzione: quindi deve essere rigenerato solo il 12-13% per cento di tutti i manufatti. Il riuso cresce con un rapido sviluppo di piattaforme *online* e punti vendita locali e riduce sempre più la necessità di nuove vendite di una più ampia gamma di prodotti. La fornitura di servizi si diffonde e aumenta il suo giro d'affari. Le aziende hanno quindi l'incentivo a sviluppare prodotti più duraturi di cui esse possono fare manutenzione e di riparare- rigenerare a fine vita. La bioraffinazione si diffonde nella farmaceutica ad alto valore e nei prodotti chimici specialistici, come già avviene con gli oli omega 3 e la vanillina. In questo scenario il miglior potenziale per lo sviluppo dell'occupazione è legato alle attività di:

- ❑ rigenerazione completa ad alto valore aggiunto e lavorazione locale,
- ❑ riciclo e relativi investimenti,
- ❑ farmaceutica e chimica a base biologica.

Gli effetti sul mercato del lavoro in questo scenario sono importanti. Queste attività sono suscettibili di fornire una buona diffusione delle tipologie professionali, che vanno da attività meno qualificate di semplice riutilizzo, fino a lavori di rigenerazione di alta qualificazione come nel caso della bioraffinazione.

11. Una governance per l'economia circolare

Il Rapporto State of the World del 2014 offre una definizione molto semplice di *governance*: "*Governare significa stabilire le regole con cui funziona la società e i processi attraverso i quali viene coordinata qualsiasi attività complessa o sistemica*". Se questo è vero non si giustifica l'attribuzione di ruoli di governo ai soli leader politici. Possiamo quindi immaginare altri soggetti che partecipano a questo processo? La risposta positiva a questa domanda introduce al concetto o di "*coinvolgimento multistakeholder*" nella *governance*, un approccio chiave al governo dell'economia circolare³⁸.

La necessità di governare la transizione verso un'economia circolare è legata alle tante barriere che ne ostacolano il cammino. Uno studio svedese ne dà conto mediante una serie di interviste agli *stakeholder*, esperti, imprese ed amministratori³⁹. Sulla base delle interviste effettuate, sono stati identificate

³⁸ WorldWatch Institute, 2014, "*Transitioning to a Circular Economy Model in Europe - the Case for Citizen Governance*"

³⁹ AA.VV., 2013, "*Be in the Loop: Circular Economy & Strategic Sustainable Development*", School of Engineering Blekinge Institute of Technology Karlskrona, Sweden

ben 165 barriere e 56 fattori abilitanti. In sintesi le barriere principali vengono così raggruppate:

Tecnologiche. Barriere collegate a tecnologie specifiche (ad esempio le tecnologie per il riciclo) ed a processi (ad esempio, progettazione di prodotto) che impediscono alle imprese di adottare appieno il concetto di economia circolare.

Legali. La complessità delle norme, le discrepanze tra le normative internazionali e le loro caratteristiche spesso obsolete o troppo rigide, possono creare una ulteriore barriera alla trasformazione.

Economiche. Le imprese incontrano difficoltà nel comprendere ed accettare il *business case* per l'adozione dell'economia circolare, ancor di più nell'attuale fase di crisi economica.

Cambio di mentalità. La riluttanza a riconoscere che la modalità attuale di produzione e consumo non può continuare e che è necessaria una modifica profonda in una prospettiva più a lungo termine, può ostacolare il cammino della economia circolare.

Per i fattori abilitanti, le quattro categorie principali sono le seguenti:

Leadership. Una *leadership* che apprezza e fa propria la nuova direzione strategica, ne capisce i benefici ma anche i rischi, ed è in grado di stabilire una visione comune del *business*, può essere un potente fattore abilitante durante il processo di trasformazione.

Collaborazione. Una comunità economica e sociale non può mai raggiungere la piena circolarità da sola: è dipendente da una rete di organizzazioni collaboranti, interne ed esterne, che consentono l'adozione del concetto e della pratica della circolarità.

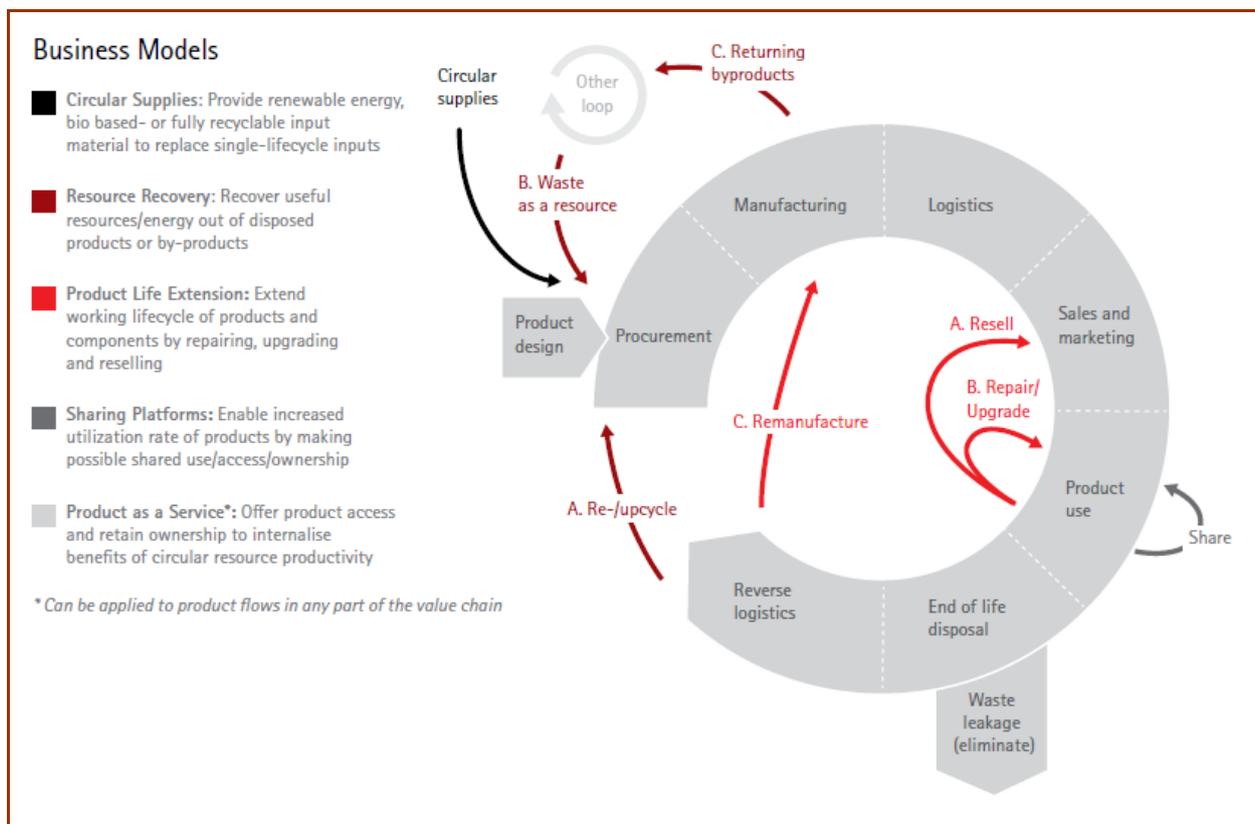
Motivazione. Il concetto di economia circolare promuove la creatività e migliora la visione, con motivazioni anche in parte etiche, affermando l'idea che è possibile per le aziende essere sostenibili e al stesso tempo beneficiare economicamente della trasformazione.

Il comportamento dei clienti. I clienti sono sempre più esigenti in fatto di prodotti di qualità e rispettosi dell'ambiente e per questo stanno mettendo pressione sulle imprese perché adottino pratiche più sostenibili. La spinta dei cittadini, come clienti e come stakeholder è oggi ritenuto il principale fattore abilitante.

Secondo la McKinsey (2014, cit.) la barriera più impervia contro l'economia circolare è la pura e semplice difficoltà di rompere abitudini radicate. Molti

aspetti del sistema corrente riflettono decisioni prese molto tempo fa: alcune relativamente innocue (ad esempio, certi standard IT HW e SW), altre comportano costi elevati e inconvenienti anche gravi. Lo stesso vale per la *governance* se siamo costretti a vedere punteggiato il paesaggio industriale da incentivi incongrui ed incoerenti, che rendono difficile creare, acquisire e ridistribuire il valore. Ai consumatori viene chiesta una valutazione dei prodotti solo quando si presentano al punto di vendita, anche se prodotti più costosi, ma di più lunga durata, sarebbero più convenienti nel lungo termine. I modelli di *leasing* e di fornitura di servizi sono del tutto sconosciuti in molte industrie, anche se ne potrebbero trarre vantaggio sia i clienti che le aziende stesse. La *Ellen MacArthur Foundation* calcola, per esempio, che il *leasing* a casa di macchine lavatrici di lunga durata abbasserebbero il costo di utilizzo per i clienti di un terzo in cinque anni. Durante quel tempo, il produttore avrebbe guadagnato circa un terzo in più perché potrebbe affittare le sue flotte di macchine più e più volte prima della rigenerazione.

Figura 10. I cinque modelli industriali dell'economia circolare secondo Accenture
(fonte: Accenture⁴⁰)



⁴⁰ Accenture, 2014, "Circular Advantage. Innovative Business Models and Technologies to Create Value in a World without Limits to Growth"

Contrastano il cambiamento anche molte abitudini radicate all'interno delle imprese. I dirigenti giustamente si preoccupano dei livelli più alti di investimenti necessari per cambiare i prodotti, e temono resistenze ed attriti nel passare dalla vendita delle merci ad approcci basati sull'utilizzo dei prodotti.

Esistono anche incentivi contraddittori tra imprese. Ripartire i guadagni da progetti ottimizzati di prodotti o processi più circolari può essere difficile quando le imprese coinvolte hanno motivazioni e finalità diverse. Ad esempio, nell'industria della birra europea, il riciclo a circuito chiuso per le bottiglie a rendere è ben definito. Eppure, in alcuni mercati, la quota delle bottiglie immesse nel circolo inverso è sceso dal 50 al 30% tra il 2007 e il 2012. Il motivo è che i proprietari di negozi preferivano smaltire il vuoto per conto loro per avere più spazio di vendita disponibile per promuovere nuovi prodotti. Affrontare queste contraddizioni richiede una *governance* sistemica e che le aziende sviluppino modelli di partecipazione agli utili razionalizzando le loro catene di valore. Essi dovrebbero anche imparare a gestire i momenti della transizione quando è più facile rompere con la tradizione, quando le aziende entrano in nuovi mercati, rinegoziano accordi con fornitori e prestatori di servizi, o fanno nuove scelte circa gli investimenti e l'allocazione di capitali.

Per ora non ci sono strategie governative che valorizzano il potenziale dell'economia circolare, salvo che in Cina. Gli elementi di tali politiche devono essere orientati a:

- ❑ ridurre l'incenerimento e lo smaltimento in discarica dei rifiuti, costruire resilienza sui materiali e sulle risorse e creare nuove opportunità di lavoro;
- ❑ incoraggiare le imprese a sperimentare l'economia circolare. Ci dovrebbe essere più di istruzione e formazione per le aziende per aumentare la consapevolezza delle necessità, delle potenzialità e delle competenze per l'economia circolare. Le aziende devono ripensare i loro modelli di *business*, adottare nuovi sistemi di pensiero, riprogettare i loro prodotti e processi, e intraprendere la strada del riutilizzo, del ricondizionamento e del riciclo;
- ❑ preparare nuovi progettisti, analisti e *designer* di prodotto, inserendo gli insegnamenti nelle università e negli stage svolti presso le aziende;
- ❑ incoraggiare la rigenerazione, il riutilizzo, la ridistribuire e lo *sarin*. È meglio riparare e riutilizzare invece di buttare via. Gli articoli indesiderati

dovrebbero essere ridistribuiti o inviati al riciclaggio. Condividere, affittare, prendere in prestito, dare o scambiare elementi, invece che acquistarli è conveniente per il consumatore.

- ❑ aumentare l'uso di materiali biologici contenuti nei rifiuti alimentari: nutrienti biologici raccolti e digestati per la produzione di biogas e fertilizzanti o che possono essere tranquillamente restituiti alla terra.

11.1 Il modello europeo di "soft governance" dell'economia circolare

Benché nell'inverno del 2015 la Commissione Juncker abbia ritirato la direttiva sulla economia circolare, varata meno di un anno prima⁴¹, ci piace pensare che ne produrrà una versione migliorata entro l'anno, come promesso. Secondo la precedente Commissione il conseguimento degli obiettivi in materia di rifiuti fissato dalla direttiva sull'economia circolare avrebbe portato 580.000 nuovi posti di lavoro, rendendo l'Europa più competitiva e riducendo la domanda di risorse scarse e costose⁴². La Direttiva prevedeva il riciclaggio del 70% dei rifiuti urbani e dell'80% dei rifiuti di imballaggio entro il 2030 e dal 2025 il divieto di collocare in discarica i rifiuti riciclabili. La proposta di Direttiva si inseriva nella "Roadmap verso un'Europa efficiente nell'impiego delle risorse"⁴³ rientrando nell'iniziativa *flagship* sull'impiego efficace delle risorse della Strategia EU 2020⁴⁴.

Non è difficile argomentare in favore di questa scelta, visto che il potenziale di risparmio globale per l'industria europea, migliorando l'uso delle risorse vale 630 M€ all'anno, aumenta il PIL dell'UE fino al 3,9% e riduce i flussi netti di materiali del 17 - 24% entro il 2030. Ai vantaggi economici va aggiunto l'immenso potenziale ecologico della transizione *green*, che potrebbe, tra l'altro, essere in grado aumentare l'efficienza energetica e rispondere alla sfida climatica.

⁴¹ EU EC, 2014, "Proposta di Direttiva che modifica le direttive 2008/98/CE relativa ai rifiuti, 94/62/CE sugli imballaggi e i rifiuti di imballaggio, 1999/31/CE relativa alle discariche di rifiuti, 2000/53/CE relativa ai veicoli fuori uso, 2006/66/CE relativa a pile e accumulatori e ai rifiuti di pile e accumulatori e 2012/19/UE sui rifiuti di apparecchiature elettriche ed elettroniche", COM(2014) 397 final

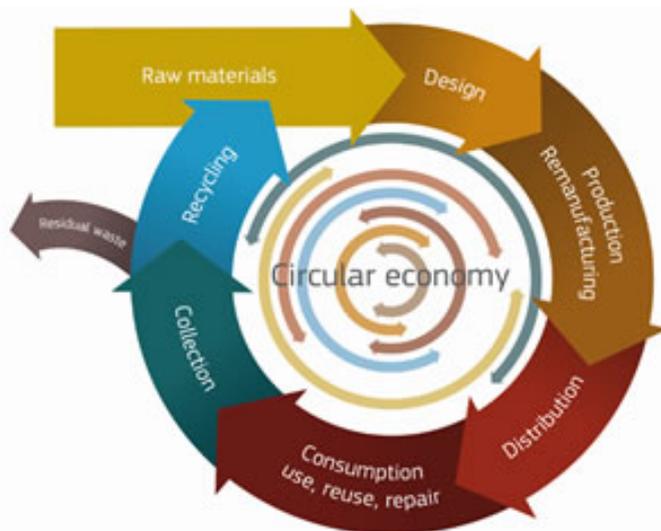
⁴² Si veda anche il resoconto del *meeting* italiano del semestre europeo 2014 tra i Ministri dell'ambiente e i Ministri del lavoro, tenuto a Milano il 16-17 luglio sul problema occupazionale

⁴³ EU EC, 2011, "Roadmap verso un'Europa efficiente nell'impiego delle risorse", COM (2011) 0571

⁴⁴ Petrucci F., 2015, "L'Europa cambia politica sull'economia circolare?", MR - Materia Rinnovabile, n°2, pp. 26-29

La Direttiva 2014 configura il modello di *governance* dell'economia circolare in Europa come modello per una crescita sostenibile nell'UE, che accoglie l'impianto concettuale che siamo andati esponendo in questo Rapporto. Secondo la definizione della Commissione "L'economia circolare rappresenta una strategia di sviluppo che prevede la crescita economica senza aumentare il consumo di risorse, trasformando profondamente le catene di produzione e le abitudini di consumo e ridisegna i processi industriali a livello di sistema. Si basa sull'innovazione tecnologica, sociale e organizzativa; richiede un nuovo portafoglio di competenze e conoscenze, nonché nuovi strumenti finanziari e il coinvolgimento *multistakeholder*".

L'iniziativa della Commissione di attuare un modello di economia circolare in Europa, fa infatti appello alla necessità di un maggiore ruolo di cittadini e delle imprese, un ruolo in cui, alle indicazioni guida del governo europeo che fissa obiettivi e principi, si deve aggiungere l'iniziativa capace degli altri *stakeholder* di avviare un dialogo comune e le azioni necessarie. Non si può fare a meno dei cittadini e delle imprese *green* per risolvere i problemi delle politiche *zero waste*, degli obiettivi di azzeramento delle emissioni urbane e delle pratiche di riciclo dei materiali. In questa fase di ripiegamento della politica della nuova Commissione, le dinamiche messe in moto a livello della società e delle imprese hanno mostrato la loro efficacia nel rivendicare gli elementi qualificanti della trasformazione, ridisegnare i modelli di *business* e favorire la formazione di un mercato per prodotti e servizi sostenibili e supportare le politiche *green* a livello comunitario.



Si chiede al governo europeo, cui spetta la definizione delle regole comuni, di entrare in una fase di *smart regulation*, dove intelligente sta per capace di adattare le scelte in maniera dinamica alle circostanze che sono in continua evoluzione. Queste ultime sono proprio determinate dalle capacità di innovazione, di trasformazione

e di adattamento che sono proprie della società civile. È di assoluto rilievo, al proposito, il risultato della recente inchiesta dell'Eurobarometro che, per la *governance* dell'economia assegna le priorità, nell'ordine, ai cittadini, ai

manager industriali e, per ultime, alle istituzioni⁴⁵. Ognuno può vedere in questo risultato il vento nuovo della partecipazione o, se preferisce, la vecchia dichiarazione di sfiducia sistematica negli amministratori. In ogni caso la società civile è in campo.

Alla fine di marzo 2014 la *European Resource Efficiency Platform* (EREP) ha adottato una serie di raccomandazioni per la *governance* di una *green economy* circolare⁴⁶:

- ❑ *Promuovere nuovi modelli di business* per un management efficiente delle risorse e del fine vita dei prodotti. Supportare le imprese che forniscono servizi.
- ❑ *Rafforzare la responsabilità estesa del produttore* per migliorare la gestione dei rifiuti oltre la fine del ciclo di vita dei prodotti, promuovere una migliore progettazione del prodotto, la rigenerazione e il riciclo.
- ❑ *Consentire ai consumatori di fare scelte più sostenibili* attraverso politiche fiscali, creditizie e dei prezzi, campagne di marketing, l'educazione, la consulenza e l'etichettatura e azioni come il *take-back* dei materiali.
- ❑ *Sviluppare l'occupazione e le competenze* attraverso scelte di portate strategiche.
- ❑ *Investire per consentire la transizione alla green economy* e sviluppare la R&S sull'efficienza delle risorse; rivedere le regole contabili e le responsabilità degli investitori.
- ❑ *Accelerare lo sviluppo e l'uso di indicatori* per la verifica dei progressi verso un'economia efficiente nelle risorse, con i dovuti distinguo tra efficienza e sostenibilità dei flussi materiali.

11.2 Il modello cinese di "hard governance" dell'economia circolare pianificata

Si tratta di un modello di *governance* basata dichiaratamente sul "*Command and control*", che, in opposizione al modello che sta prevalendo in occidente, vede l'amministrazione centrale e quelle locali in un ruolo di assoluta preminenza. Per il popolo cinese non si tratta però una forzatura né di una imposizione meramente dall'alto - *top-down*: infatti nel paese esiste una tradizione consolidata di economia circolare nelle pratiche agricole, che si è trasferita spontaneamente nelle città dove è avvenuto lo sviluppo industriale.

⁴⁵ Eurobarometer, 2012, "*The crisis and the economic governance in Europe*"

⁴⁶ EREP, 2014, "*European Resource Efficiency Platform, Towards a resource efficient and circular economy*"

I principi del riutilizzo delle risorse si sono così affermati più facilmente. I risultati non mancano.

L'obiettivo principale della politica in favore dell'economia circolare in Cina, incorporato nella originaria strategia di sviluppo del 2002, si è gradualmente spostato dallo stretto ambito del riciclo dei rifiuti ad un più ampio controllo dell'efficienza in ogni fase della produzione, della distribuzione e del consumo per chiudere i cicli dei flussi materiali. Oltre ai problemi delle risorse e dei rifiuti, la strategia cinese comprende come questioni chiave anche l'efficienza energetica, la conservazione e gestione del territorio e del suolo, la protezione e la gestione integrata delle risorse idriche. Gli obiettivi dell'economia circolare sono stati illustrati al 16° Congresso Nazionale del Partito Comunista Cinese (PCC) del 2002. Il Congresso ha previsto una quadruplicazione del PIL entro il 2020 e fissato un obiettivo di raggiungere una riduzione del 20% dell'inquinamento, delineando una traiettoria per il disaccoppiamento tra parametri ambientali e crescita per il paese.

L'importanza crescente dell'economia circolare è rivelata dal trasferimento nel 2004 della responsabilità primaria per la attuazione di questa strategia dalla SEPA, Dipartimento di Stato per la protezione dell'ambiente, al NDRC, organismo responsabile dei programmi di sviluppo nazionali. Il supporto politico al concetto dell'economia circolare nell'*establishment* politico della Cina è molto ampio. Nel 2005 il Consiglio di Stato ha pubblicato un documento chiamato "*Suggestions on Accelerating the Development of Circular Economy*" che ha fornito le linee guida per integrare l'economia circolare nell'11° Piano quinquennale della Cina. L'accento si sposta così dal considerare l'economia circolare principalmente come uno strumento per la tutela ambientale verso la sua collocazione in un contesto socio-economico più ampio.

Il governo cinese ha introdotto alcuni concetti dell'economia circolare formalizzando già nel 2009 le prime leggi di promozione. Nel maggio del 2010, il ministro delle Finanze e la Commissione nazionale cinese per lo sviluppo e le riforme hanno varato un piano quinquennale per dare vita a strutture pilota di *urban mining* in 30 città, allo scopo di modernizzare il metabolismo industriale spontaneo. Inizialmente gli obiettivi del Piano sono stati indirizzati a sette principali siti industriali già esistenti, poi estesi a 15, con l'obiettivo di riciclare, entro il 2015, 1,9 Mt di rame, 0,8 Mt di alluminio, 350.000 tonnellate di piombo e 1,8 Mt di plastica. In un Rapporto ufficiale

del 2013 ⁴⁷ si riportano per l'industria del riciclo 100.000 imprese ed organizzazioni con 18 milioni di addetti che trattano 160 Mt di materiali per un valore di 77,6 miliardi di US\$. Infine non si può fare a meno di prendere atto che la crescita delle emissioni cinesi di gas serra si è arrestata nel 2014, in un contesto di espansione del PIL del (solo) +7%.

Poiché la Cina è la superpotenza mondiale industriale e manifatturiera, non si può fare a meno né di ricordare la sua primogenitura culturale in fatto di economia circolare né di valutare ed apprezzare i risultati delle sue politiche di sviluppo, che sono certamente dirigitte e centralizzate, ma non per questo meno rilevanti o meno ricche di risultati. La Cina è inoltre oggi il maggior produttore di ricerca scientifica in fatto di economia circolare e le sue università sono agevolmente all'avanguardia nel mondo su queste tematiche.

Fig. 10 La ecocity di Tianjin non è solo immaginazione (fonte: Sino-Singapore Tianjin Ecocity Environment and Investment)



La politica di Piano è inapplicabile in occidente dove prevale il sistema delle convenienze industriali e commerciali che, quando sono *green*, sposano i propri obiettivi con l'interesse generale e con quello dei cittadini. Il quadro europeo di *governance soft* dell'economia circolare è il punto più avanzato di una collaborazione profittevole tra imprese, cittadini ed istituzioni. Non è quindi detto che, tenendo la barra dritta, come purtroppo non sta

⁴⁷ National Resources Recycling Association, 2013, "The Renewable Resources Industry Development Report of China"

avvenendo, non si riesca a competere con la Cina in maniera senza complessi di inferiorità. Certo è che la *soft governance* occidentale non potrà consentire opere di grande innovazione come le *Green City* cinesi, banco di prova dell'economia circolare a zero rifiuti e zero emissioni per quel paese. Queste città avveniristiche però, potrebbero restare una prestigiosa vetrina, mentre la *green economy* in occidente ha campo per diventare un sistema economico globale nuovo e sostenibile.

APPENDICE A - Le origini e le scuole di pensiero dell'economia circolare

Riprendiamo ed approfondiamo alcune delle basi teoriche e sperimentali dell'economia circolare, di cui si è già fatto cenno nella presentazione. Il concetto di economia circolare ha origini profonde e non può essere fatta risalire ad una singola data o autore. Le sue applicazioni pratiche ai moderni sistemi economici e dei processi industriali, tuttavia, hanno avuto un impulso a partire dalla fine del 1970 come risultato degli sforzi di un piccolo numero di studiosi, di leader di pensiero, di imprese illuminate.



L'economia dell'astronave. In un famoso scritto del 1966 (cit.), l'economista e filosofo dell'evoluzione dei sistemi naturali, Kennett Boulding fissò nella sua definitiva dimensione ecologica il concetto dell'economia dell'astronave, esito inevitabile della scarsità delle risorse. L'anno prima, Adlai Stevenson, avversario di Eisenhower alle presidenziali del 1952, ebbe a dire alle Nazioni Unite:

“Viaggiamo insieme, come passeggeri su una piccola nave spaziale, dipendente dalle sue vulnerabili riserve dell'aria e del suolo; sapendo che la nostra sicurezza dipende dalla sua sicurezza e la pace; preservata dalla distruzione solo dalla cura, dal lavoro, e, dirò, dall'amore che diamo alla nostra fragile navicella. Non possiamo conservarla metà fortunata, metà miserabile, metà fiduciosa, metà disperata, metà schiava agli antichi nemici dell'uomo, metà libera quando c'è un'abbondanza di risorse fino ad oggi inimmaginabile. Nessuna nave, nessun equipaggio può viaggiare in modo sicuro con così grandi contraddizioni. Dalla loro risoluzione dipende la sopravvivenza di tutti noi”.

Boulding raccolse, non da solo, questo messaggio descrivendo l'economia corrente come aperta e fiduciosa nelle risorse apparentemente illimitate, che è stato tentato di chiamare la "*economia del cowboy*", mentre invece l'economia del futuro è chiusa, al modo che la terra diventa una navicella isolata, senza riserve illimitate di nulla, a causa della scarsità delle risorse e dell'inquinamento, in cui, di conseguenza, l'uomo può trovare una possibilità di sopravvivere solo in un **sistema ecologico ciclico**.

La progettazione rigenerativa. Nel 1970, un professore americano di nome John T. Lyle lanciò una sfida agli studenti della sua università. Lyle chiedeva agli studenti di creare idee per una società in cui le attività quotidiane sono basate sul valore di vivere nei limiti delle risorse rinnovabili disponibili senza degrado ambientale. Da queste idee nacque un centro di ricerca in California, che ora prende il suo nome. Il termine progettazione rigenerativa venne poi ad essere associato all'idea che tutti i sistemi, dall'agricoltura in poi, possono essere governati in maniera rigenerativa, possono cioè essere resi capaci di rinnovarsi o rigenerare le fonti di energia e i materiali che consumano⁴⁸.



L'economia della prestazione. Walter Stahel, architetto e analista industriale, ha delineato nel 1976, nel suo Rapporto di ricerca alla Commissione europea⁴⁹, la visione di un'economia in *loop* (o **economia circolare**) e il suo impatto sulla creazione di nuova occupazione, sulla competitività economica, sul risparmio di risorse, e sulla riduzione a monte



della produzione di rifiuti. Il *Product-Life Institute* di Stahel⁵⁰, è considerato uno dei primi *think tank* di uno sviluppo sostenibile pragmatico e credibile. Esso persegue quattro obiettivi principali: l'allungamento della vita dei prodotti, la produzione di beni di lunga durata, le attività di rigenerazione dei materiali e la prevenzione dei rifiuti. Insiste inoltre sull'importanza della vendita di servizi anziché di prodotti, un'idea denominata

economia dei servizi funzionali, ora inglobata nel concetto più ampio di *economia delle prestazioni*. Stahel sostiene che l'economia circolare dovrebbe essere considerata un quadro strategico di riferimento, e i suoi seguaci lo vedono come un modello coerente che dà forma ad una parte importante di una risposta alla fine dell'era del petrolio e dei materiali a basso costo.

⁴⁸ Lyle, 1996, "Regenerative Design for Sustainable Development", John Wiley & Sons, NY

⁴⁹ Il Rapporto di Stahel fu pubblicato nel 1981 come "Jobs for Tomorrow: The Potential for Substituting Manpower for Energy", Vantage Press, Business & Economics

⁵⁰ www.performance-economy.org

Dalla culla alla culla. Il chimico tedesco Michael Braungart è colui che, insieme all'architetto americano Bill McDonough, ha sviluppato il paradigma del *Cradle to Cradle* e la relativa certificazione di processo. Questa filosofia

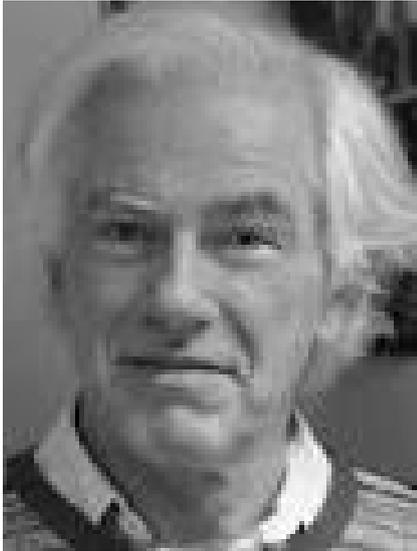


di progetto considera tutto il materiale coinvolto nei processi industriali e commerciali sotto forma di *nutrienti*, distinti nelle due forme di cui abbiamo già discusso, la tecnologica e la biologica. Il C2C si concentra sul progetto in termini di efficacia (cfr. §8) dei prodotti con impatto positivo, che si differenzia fundamentalmente dalla tradizionale progettazione incentrata sulla riduzione degli impatti negativi.

C2C percepisce i processi sicuri e produttivi del metabolismo biologico della natura come modello per lo sviluppo di metabolismo tecnologico dei materiali nei cicli industriali. Il modello pone un accento particolare sulla definizione precisa della composizione molecolare dei materiali: sapere di quali materiali puoi disporre è alla base di ogni sistema di riciclo di qualità dei materiali. In alcuni casi, in particolare per i prodotti tecnologici che sono soggetti a frequenti innovazioni, la durabilità non è la strategia ottimale. In quel caso è preferibile progettare i prodotti in un modo che rende facile il loro smontaggio e il recupero dei loro componenti, sia per aggiornare alcuni elementi, che per utilizzare singole parti per la prossima generazione di prodotti. È quindi importante, per numerose famiglie di prodotti, acquisire la capacità di definire un periodo di utilizzo compatibile col mercato, in quanto quella durata influenza la loro progettazione, sia che l'oggetto rimanga in uso per dieci anni o più (lavatrice) o piuttosto per due soli (telefoni mobile). I componenti del prodotto possono essere progettati per il recupero e il riutilizzo continuo, pensandoli all'origine come nutrienti biologici e tecnologici nel quadro metabolico dell'economia circolare. Il C2C non considera solo i materiali, ma anche i flussi di energia e di acqua e si basa su tre principi fondamentali: il rifiuto è cibo; si usa solo energia solare; si esalta la diversità.

Ecologia industriale. L'ecologia industriale è lo studio dei flussi di materia ed energia che scorrono attraverso i sistemi industriali⁵¹. Questa disciplina ha un'antica tradizione ed oggi è sostenuta dalla società internazionale

⁵¹ Si veda ad esempio: "*Industrial Symbiosis in Action*", Report on the Third International Industrial Symbiosis Research Symposium, Birmingham, England, August 5–6, 2006



diretta dal professor Roland Clift presso il *Centre for Environmental Strategy* presso l'Università del⁵² Surrey. Questa visione si concentra sulle interconnessioni tra operatori all'interno dell'ecosistema industriale, e mira a creare processi a ciclo chiuso in cui i rifiuti di un processo servono come materia prima di un altro, eliminando così l'invasiva presenza di sottoprodotti e scarti indesiderabili. L'ecologia industriale adotta un punto di vista sistemico, progettando i processi produttivi nel rispetto dei vincoli ecologici locali e guardando al loro impatto globale fin dall'inizio. Strutturalmente si tenta di modellare i processi in modo essi operino con dinamiche le più simili possibile ai sistemi viventi. Questo approccio è a volte indicato come la scienza della sostenibilità, data la sua natura interdisciplinare. I principi dell'ecologia industriale possono essere applicati anche ai servizi. Ponendo l'accento sulla ricostituzione del capitale naturale e ponendo in primo piano anche il benessere sociale, l'ecologia industriale coglie appieno la visione moderna della ricchezza.



Biomimesi. La definizione più comunemente accettata di biomimesi è stata data da Janine Benyus⁵³, che definisce il suo approccio come una nuova disciplina che studia le idee migliori della natura e poi imita questi disegni e processi per risolvere i problemi umani. Studiare una foglia per inventare una migliore cella solare è un esempio. È dunque la natura ad ispirare l'(eco)innovazione. La Biomimesi si basa su tre principi fondamentali:

- ❑ La natura come modello: studiare i modelli della natura per emulare queste forme, processi e sistemi, e trovare le strategie efficaci per risolvere i problemi umani.
- ❑ La natura come misura: utilizzare uno standard ecologico per giudicare la sostenibilità delle nostre innovazioni.
- ❑ La natura come mentore: vedere e valorizzare la natura non in base a quello che possiamo estrarre dal mondo naturale, ma pensando a cosa possiamo imparare da esso⁵⁴.

⁵² <http://www.surrey.ac.uk/ces/index.htm>

⁵³ Benyus, 2002, "*Biomimicry: Innovation Inspired by Nature*", William Morrow Paperbacks

⁵⁴ La Benyus dirige il Biomimicry Institute: <http://www.biomimicryinstitute.org/about-us/what-is-biomimicry.html>