

I piedi sulla terra

Percorsi di ricerca intorno alla crisi ecologica

ISSN 2785-5686

Galileo Reloaded

Una fuga di notizie dall'IPCC

Scientist Rebellion

Storie

Civitavecchia: contro l'energia fossile,
per un porto bene comune

Simone Manda

Letture

Biodiversità: non basta la parola

Riccardo Guarino e Sandro Pignatti

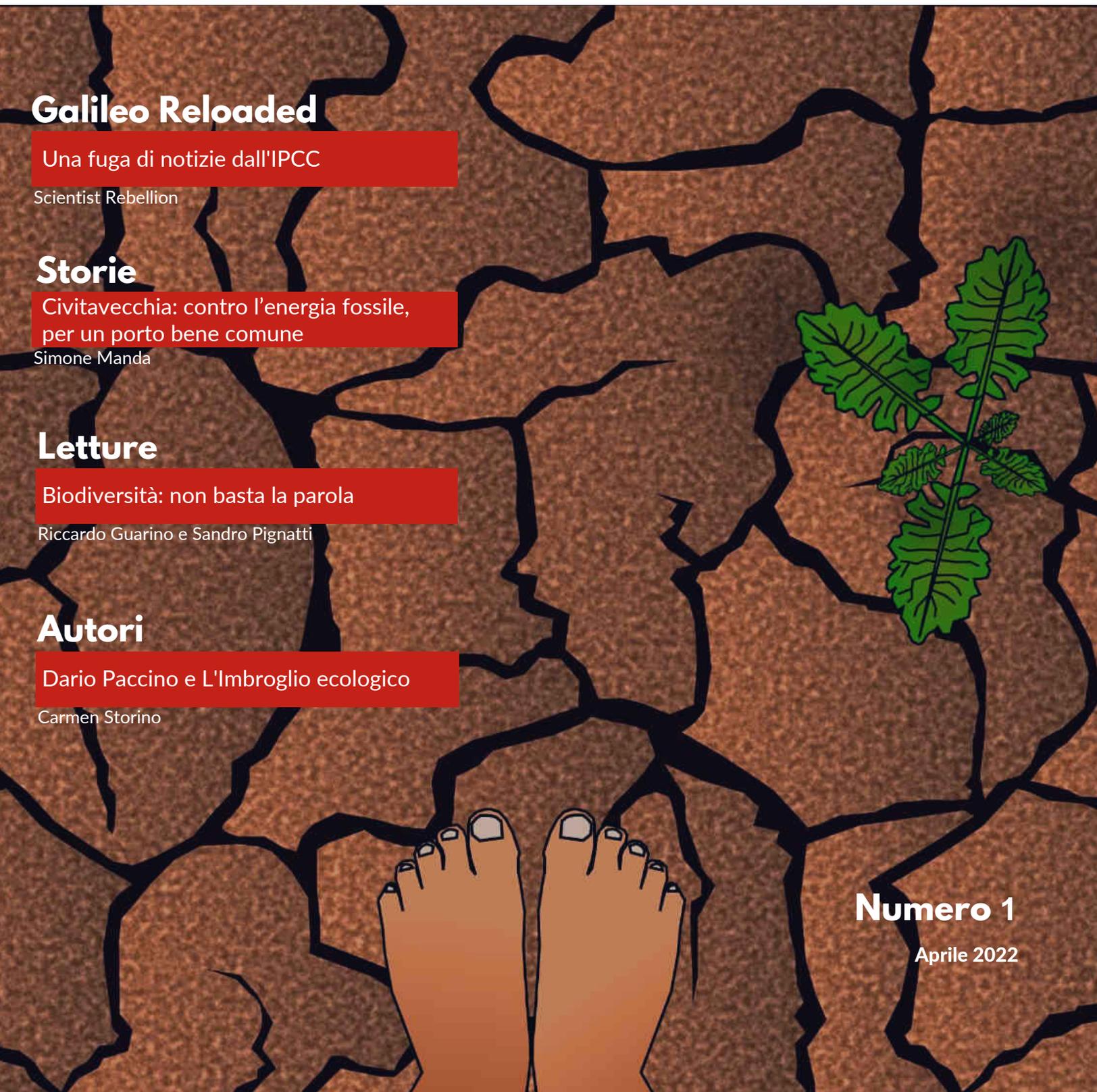
Autori

Dario Paccino e L'Imbroglione ecologico

Carmen Storino

Numero 1

Aprile 2022



I piedi sulla terra

Percorsi di ricerca intorno alla crisi ecologica

Quaderni del laboratorio I piedi sulla terra
costituito presso il Centro per la Riforma dello Stato

Numero 1, Aprile 2022
Testata quadrimestrale
ISSN 2785-5686 in attesa di registrazione

Direzione editoriale e supervisione scientifica

Alessandro Montebugnoli
Franco Padella

Comitato di redazione

Riccardo Guarino
Alessandro Montebugnoli
Franco Padella
Nicolò Savarese
Carmen Storino

Collaborano con noi

Carmelo Caravella	Fabio Musmeci
Michela Cerimele	Pino Nicolosi
Guglielmo Chiodi	Alberto Olivetti
Famiano Crucianelli	Sandro Pignatti
Giulio De Petra	Francesco Petrelli
Fabrizio Fassio	Stefania Pomante
Elena Gagliasso	Giovanna Sissa
Simone Manda	Pippo Tadolini
Marina Mannucci	Walter Tocci

Progetto grafico, social media management e segreteria di redazione

Carmen Storino

Contatti

ipiedisullaterra@gmail.com



Testo ©2022 I piedi sulla terra. Il diritto d'autore dei singoli articoli è mantenuto dagli autori degli stessi; le idee ivi espresse rappresentano il loro pensiero e non necessariamente quello della redazione o del Centro Riforma dello Stato. L'intero lavoro, come i singoli articoli, sono concessi in licenza d'uso con una licenza Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0). E' possibile ripubblicare il testo dell'articolo sia a stampa che online a condizione che sia evidente l'attribuzione all'autore (ma che non si suggerisca in alcun modo che questi approva l'utilizzo dell'opera) e alla rivista I piedi sulla terra. Quando non espresso diversamente la stessa licenza CC BY 4.0 si applica ai disegni ed elaborazioni originali di tipo tecnico-scientifico inserite dagli autori all'interno dei loro articoli. Qualora le elaborazioni originali riportate siano derivanti da lavori scientifici od altri elaborati citati nel testo, anche queste citazioni vanno riportate integralmente. Poichè la maggior parte delle foto pubblicate a corredo dei testi potrebbe essere soggetta a regole di copyright maggiormente restrittive anche quando non esplicitamente espresso (in particolare, ma non solo, foto ed immagini derivanti da Canva.com) NON E' POSSIBILE UTILIZZARE le foto presenti nella rivista in licenza CC BY 4.0.

Per accedere a informazioni dettagliate e aggiornate sulla licenza CC BY 4.0 visitare:

<https://doi.org/10.11647/OBP.0193#copyright>

È stato fatto ogni sforzo per rispettare le condizioni di copyright delle immagini a corredo.

Qualsiasi omissioni o errore verrà corretto inviando una notifica di segnalazione a

ipiedisullaterra@gmail.com.



Indice

In questo numero

pag. 1

Un invito ragionato alla lettura

Alessandro Montebugnoli

Editoriale

pag. 3

Perché questa rivista

La redazione

Galileo Reloaded

pag. 9

Fuga di notizie dall'IPCC

La Redazione

Storie

pag. 11

**Civitavecchia: contro l'energia fossile,
per un porto bene comune**

Simone Manda

Lecture

Biodiversità: non basta la parola

pag. 23

Riccardo Guarino, Sandro Pignatti

La transizione energetica.

pag. 46

**Sarà su questa strada che risolveremo
la crisi ecologica?**

Franco Padella





**La difesa dell'ambiente:
l'impronta del pensiero della differenza**

Marina Mannucci

pag. 77



Biogas? Bocciato all'esame del rasoio di Occam

Fabio Musmeci

pag. 90



Il futuro della Città

Nicolò Savarese

pag. 104

Saved in traslation...

Nuove indicazioni dalla Scienza del Clima 2021

La Redazione

pag. 117

Un Autore

Dario Paccino e l'Imbroglione ecologico

Carmen Storino

pag. 126



Le parole della crisi

Carbonio

David Archer

pag. 131



Ispirati dall'arte

Camion del Novecento

Alberto Olivetti

pag. 139

Un invito ragionato alla lettura

Alessandro Montebugnoli

Dire le proprie "ragioni" non è mai facile. Rimane sempre la sensazione di un'eccedenza – o di un "resto", appunto – che non si è riusciti a esprimere. E in fondo è bene che sia così – ma questo non toglie che si debba cercare di essere quanto più chiari sia possibile. È quello che cerchiamo di fare nell'**Editoriale**, il cui messaggio, a volerlo riassumere in una riga, verte sul proposito di evitare che la crisi ecologica, profonda e drammatica com'è, sia consegnata a nuovi e gattopardeschi "imbrogli".

Perciò, anche, non è sembrato fuori luogo che la rubrica Autori, questa volta affidata a **Carmen Storino**, sia inaugurata dalla figura di Dario Paccino, che l'imbroglio di omettere la sostanza sociale e politica presente nel cuore dell'ecologia denunciò già cinquanta anni fa.

Quanto aspra sia, questa sostanza, emerge con tutta evidenza dalle due "indicazioni della Climate Science" che pubblichiamo in **Saved in translation**. Fatti bene i conti di quanta CO2 possiamo ancora immettere nell'atmosfera prima di raggiungere la fatidica soglia di 1,5°C in più rispetto all'era preindustriale (il cosiddetto carbon budget), risulta che l'1% più ricco della popolazione mondiale dovrebbe ridurre le proprie emissioni di almeno 30 volte affinché il 50% più povero possa aumentarle di un fattore intorno a 3. Il tutto, giova ripetere, detto da un gruppo di oltre 60 tra i più prestigiosi scienziati del clima che calcano la scena internazionale.

Con **David Archer** che aiuta a intendere, nella rubrica Le parole della crisi, come la questione del carbon budget vada letta sullo sfondo di un ben più ampio ciclo del carbonio – argomento che più di altri, a sua volta, aiuta a formarsi un'idea di 'come sono fatte' le scienze del Sistema Terra e, per così dire, a coglierne il "sapore".

D'altra parte, non è il caso di lasciare che la sacrosanta indignazione per quello che è accaduto e per quello che rischia di accadere – la stessa che anima la *Scientists Rebellion* documentata in **Galileo Reloaded** – faccia velo a quanto di schiettamente bello, e in certo modo confortante, è pure contenuto nel discorso dell'ecologia. Il tema della biodiversità, svolto da **Riccardo Guarino** e **Sandro Pignatti** con larghezza di riferimenti fattuali e teorici, oltre a indicare un ulteriore compito da assolvere con determinazione, comunica da cima a fondo il senso di una nostra umana, intima "familiarità" con i sistemi ecologici, che gelosamente bisogna custodire, trattandosi in effetti di una essenzialissima ragione positiva.

Come da sempre, si può dire, hanno capito le donne che guardano all'ambiente nella prospettiva del loro proprio genere. **Marina Mannucci** segue le vie segnate da quattro di loro – Laura Conte, Rachel Carsons, Chiara Zamboni, Elinor Ostrom – ricavandone una visione 'ontologicamente' incentrata sulle nozioni di responsabilità, cura e comunità. E mostra anche come quest'ultima sia un motivo di ispirazione ideale ben capace di animare la realtà dei fatti: parte dell'articolo è dedicata a mostrare come le comunità di energia sostenibile possano in effetti costituire una frontiera dell'innovazione di alto valore civile ed economico.

In generale, l'uscita dalla crisi ecologica passa per due strade, che variamente si possono e si devono intrecciare: l'innovazione tecnologica e la realizzazione di innovazioni radicali delle strutture sociali ed economiche. Lavorando sul terreno decisivo della transizione energetica, **Franco Padella** mostra come la necessità delle seconde risulti tanto più chiara alla luce di un esame interno, di tipo analitico, delle possibilità e dei vincoli pertinenti alla sostituzione delle fonti fossili con quelle rinnovabili – spiegando anche come i risultati che si ottengono dipendano da una ragione tanto profonda come quella che verte sulla natura olistica della realtà ambientale.

E ancora in materia di tecnologia, **Fabio Musmeci** si occupa di rifiuti urbani, di compost e di biogas, propugnando l'idea di una semplicità possibile e feconda, fatta di soluzioni, anche in questo caso, community based, "vicine" alle persone. In breve, il testo può essere letto come l'opposto del dilagante "self-reinforcing technological determinism of centralized and large-scale energy supply" (determinismo tecnologico della fornitura di energia centralizzata su larga scala, che si auto-rinforza), secondo l'incisiva formulazione Kevin Anderson, uno scienziato ricco di passione umana e politica, che presto avremo modo di conoscere meglio.

D'altra parte non è affatto da pensare che assetti di produzione/consumo decentrati, legati al territorio, gestiti dai diretti interessati, si prestino soltanto alla soluzione di problemi 'minori', di peso limitato. Il caso del porto di Civitavecchia, illustrato da **Simone Manda**, mostra come anche attività del tipo che si usa dire *hard to abate* (difficili da decarbonizzare) possano senz'altro essere affrontate in una logica di 'beni comuni' affidati all'iniziativa e al controllo delle collettività locali.

Fin dal titolo I camion del Novecento, lo scritto di **Alberto Olivetti** si annuncia come un 'affondo' nel secolo dei motori e del petrolio – nella 'poetica' che di esso è stata consegnata a certi quadri di Sironi e di Maselli. Anche l'uscita dalla crisi ecologica dovrà sviluppare una sua poetica, della quale, pure, cercheremo le tracce nelle fatiche degli artisti – con il preciso intento, tra gli altri, di proteggerla da ogni rischio di superficialità ideologica.

Intanto, a proposito del trasporto e dell'andare, qualcosa di profondamente diverso dal quadro novecentesco emerge dalle riflessioni di **Nicolò Savarese** sul futuro della città. Lo schema 'arioso' al quale mette capo il suo discorso si contrappone con chiarezza a ciò che abbiamo ereditato; e su un versante più ravvicinato, viene a dire quanto poco la questione della mobilità, cruciale sotto ogni punto di vista, simbolico e reale, sia riconducibile alla sostituzione della benzina con l'energia elettrica e le batterie. In effetti, neppure può essere trattata come una questione soltanto 'trasportistica': piuttosto, ne va proprio della forma urbis, considerata in tutte le sue valenze.

Detto questo, non resta che aggiungere un cordiale augurio di buona lettura, nella speranza, anche, che il ricco corredo di immagini riesca a renderla più gradevole.

Perché questa rivista

La Redazione

1. Per dire che la crisi ecologica pretende qualcosa di diverso da una "transizione".

O meglio: per dire che nessuna transizione ecologica può essere credibile se è soltanto tale. Non si tratta di colorare di verde le nostre economie. Si tratta di incidere sulle loro strutture fondamentali, dalle quali – insieme ad altri motivi del nostro scontento – discende la spiccata tendenza a violare i *planetary boundaries* che ormai tutti, più o meno, riconoscono. E neppure, per la verità, si tratta soltanto di 'strutture', visto che queste ultime, alla fine, sono forme oggettivate dei nostri modi di pensare, e anche di sentire. Così, per usare una formulazione classica, l'approdo a un assetto economico-sociale davvero sostenibile non può fare a meno dell'energia di una "riforma intellettuale e morale" tanto ambiziosa da investire le ragioni essenziali del vivere civile – che a loro volta, dai rapporti con i sistemi ecologici, non possono prescindere.

D'altra parte, a proposito di 'società' e 'ambiente', da tempo si è capito quanto profondo sia il legame che unisce la solidarietà tra gli esseri umani e la solidarietà tra gli esseri umani e il sistema-terra. Nei tempi durissimi che viviamo, l'implicazione si presenta capovolta, come violazione di quel 'grado zero' della solidarietà che è la pace. Così, insieme alle tante sofferenze e morti provocate dalle armi, ci troviamo a mettere in conto un quadro delle relazioni globali che è l'esatto opposto della possibilità di uscire dall'era dei combustibili fossili in modo rapido, ordinato ed equo – ovvero le tante altre sofferenze, e morti, che ogni ritardo e ogni ingiustizia non mancheranno di determinare. Evitiamo però di finire in minore, con una nota cupa. Il punto-chiave è schiettamente positivo, e alto. La cura del mondo e la cura reciproca, degli altri e delle altre che noi stessi e noi stesse siamo, come pure la cura del Sé, *simul stabunt simul cadent*. Di questo, innanzi tutto, cercheremo di essere consapevoli.

2. Per invitare a un minuto di riflessione prima di usare la parola d'ordine "sviluppo sostenibile"

In un'interpretazione possibile, e invero assai diffusa, il costrutto dello "sviluppo sostenibile" sembra fatto apposta per evitare di mettere in questione l'imperativo della crescita che domina l'intero discorso pubblico sull'economia. Il messaggio, infatti, "non è soltanto che lo sviluppo *deve*

essere reso sostenibile", perché oggi non è tale, ma anche "e soprattutto che *può* esserlo", fondamentalmente grazie alla sostituzione delle fonti fossili con quelle rinnovabili e a cospicui aumenti di efficienza sul versante degli impieghi finali, tanto dell'energia quanto dei materiali, circolarità compresa. Cioè, fondamentalmente, grazie al progresso tecnologico, accreditato di potenzialità sufficienti affinché il tasso di crescita dell'economia non debba essere chiamato in causa in quanto tale.

Il minuto di riflessione al quale invitiamo serve innanzi tutto a cogliere questo "sapore" della parola d'ordine, e poi a riconoscere la necessità di controllare se le sue pretese siano, esse stesse, sostenibili. Che ve ne sia bisogno è suggerito dal fatto che lungo tutta la storia economica degli ultimi due secoli e mezzo gli aumenti di efficienza, regolarmente messi al servizio della crescita, hanno *sempre* comportato un *aumento* della pressione antropica sul sistema-terra.

E quanto alle fonti di energia, c'è da dire che sono come le medicine: nessuna è esente da esternalità non desiderate, e tutte, però, messe al servizio di una crescita di tipo esponenziale, fatalmente finiscono per violare i *planetary boundaries*.

Dunque no allo sviluppo sostenibile? Non esattamente. Piuttosto una riflessione circostanziata, e schietta, spregiudicata, su quanto sviluppo, messa in conto ogni ragionevole prospettiva di progresso tecnologico, può risultare davvero sostenibile. Nella consapevolezza, anche, che moltissimo dipende dalle scelte circa la distribuzione della quantità globalmente sostenibile tra i paesi ricchi e i paesi poveri, secondo il principio – fondamentale *if there is one* – delle Responsabilità Comuni ma Differenziate.

3. Perché esiste un'"aritmetica" della sostenibilità, ed è bene che diventi patrimonio comune.

In effetti si tratta di un corollario di quello che precede, abbastanza importante, però, da meritare un punto autonomo. Per l'essenziale, il proposito è quello di familiarizzarsi

- a) con l'idea che la quantità di sviluppo che si può ritenere sostenibile dipende dai coefficienti di impatto ambientale delle attività produttive e di consumo (il più noto è l'entità delle emissioni di CO₂ per unità di Pil, ma la stessa logica si può applicare a ogni altro *driver* diretto della crisi, per esempio al consumo di "materiali") e
- b) con la necessità di ragionare sulle condizioni che globalmente, di volta in volta, in ragione di questo o quel progresso, si vengono a creare.

Entrambi gli aspetti tornano a dire che la comprensione della crisi ecologica e delle possibilità di uscirne può ben giovare dello sviluppo di un certo "gusto" per i numeri, come quelli grazie ai quali le scelte si presentano infine in termini stringenti, e proprio per questo davvero significativi: i numeri, insomma, come sollecitazione e banco di prova dei "valori". Con il punto (b), giova ripetere, chiamato a garantire che il contributo di ogni progresso sia valutato all'interno del quadro di coerenze del quale complessivamente vi è bisogno, a conferma del fatto che il punto di vista della critica è tipicamente quello dell'intero.

4. Perché si parla troppo poco degli effetti che la crisi ecologica produce nella carne viva dei popoli e delle persone.

Alla vigilia della Cop26 che si è tenuta a *Glasgow* lo scorso mese di novembre, oltre 200 riviste di medicina, comprese tutte quelle di maggior prestigio internazionale, sono uscite con un editoriale comune dedicato ai danni che il cambiamento climatico e gli altri aspetti della crisi ecologica recano alla salute umana. Nei prossimi numeri, la nostra rivista non mancherà di utilizzare i dati e i materiali prodotti in tale occasione, particolarmente la ricca bibliografia. Qui importa soprattutto un profilo, diciamo così, di politica culturale. Affinché le cose acquistino rilievo bisogna nominarle, metterle a tema, documentarle e, tutte le volte che sia il caso, sforzarsi di quantificarle. Per questo colpisce che gli aspetti "naturalistici" della crisi ecologica ricevano molta più attenzione mediatica e scientifica dei motivi di sofferenza che essa impone ai popoli e alle persone – qui richiamati per mezzo della felice iniziativa delle riviste di medicina, ma anche più numerosi e vari dei danni recati alla salute umana (basta citare la coazione a migrare). In tal modo, argomenti cruciali, dei quali in *primis* dovrebbe alimentarsi la lotta contro il degrado dei sistemi ecologici, finiscono per restare sullo sfondo, quasi potessero essere dati per scontati, mentre ai nostri occhi meritano senz'altro sviluppi espliciti, autonomi e "insistiti".

Del resto non soltanto per ragioni logico-assiologiche, ma anche per evitare di consegnare la crisi ecologica a una visione generica, di tipo "universalistico". Senza dubbio, in un modo o nell'altro, il degrado dei sistemi ecologici ci riguarda tutti, ma questo non autorizza in alcun modo a mettere tra parentesi le differenze di più e di meno, né a trascurare il fatto che la loro effettiva ampiezza, e durezza, può emergere soltanto nello spazio concettuale dello "sviluppo umano", vale a dire delle diverse condizioni esistenziali che le persone sperimentano nelle diverse parti del mondo e ai diversi gradini di ogni società.

A tale spazio, inoltre, conviene riferirsi anche al fine di superare il *bias* "produttivistico" secondo il quale l'unica crescita degna di questo nome è quella del flusso annuale dei beni e dei servizi (del Pil). Abbiamo già detto che l'entità di quest'ultima può/deve essere oggetto di una riflessione seria – della quale, aggiungiamo adesso, conviene far parte l'osservazione che un profilo di crescita più misurato nello spazio delle merci può benissimo andare di pari passo con una crescita più intensa altrove, in altri spazi, di tipo non "cosale" – ovvero, precisamente, con un arricchimento delle esperienze che individui meno assillati da costanti obblighi acquisitivi possono mettere nel conto delle proprie vite.

5. Perché "capitalocene" è un termine inascoltabile, ma del capitalismo, pure, è il caso di parlare

La portata raggiunta dai cambiamenti ambientali imputabili alle attività umane (di produzione e consumo) ha suggerito l'idea che a metà del secolo scorso, o forse anche prima, la storia pianeta Terra sia entrata in una nuova epoca, il cui nome non può essere altro che quello di *Antropocene*. La proposta lessicale ha il pregio di segnalare e sancire l'entità del cambiamento, ma non ha torto chi ne rileva un dato di genericità e, con esso, il rischio di portare acqua al mulino di una visione della crisi di tipo "universalistico".

Sotto accusa, detto con semplicità, non può esservi altro che l'eccessiva pressione antropica che oggi misuriamo. Di tale eccesso bisogna allora individuare la radice – e noi, per questo aspetto, vogliamo aggiungere una voce al coro, non foltissimo, di quanti puntano il dito sulla natura "smisurata e smodata" del movimento di autoespansione del denaro (l'"accumulazione") iscritto nel cuore del capitalismo. Diversamente, non si spiegherebbe "l'assillo della crescita" – l'imperativo di aumentare all'infinito e in modo esponenziale il flusso dei beni e dei servizi – nel quale la crisi ecologica trova "incontra la sua ragione più profonda". Non per questo sostituiremo Antropocene con Capitalocene, come alcuni, a noi sembra goffamente, propongono di fare: ma il nesso tra il 'demone' dell'accumulazione e la propensione a violare i *planetary boundaries* sarà senz'altro al centro delle nostre riflessioni.

Una voce in più, abbiamo detto – ma non senza un timbro proprio, del quale, tra l'altro, fa parte il proposito di tenere insieme radicalità e fattività. In questo senso, conviene dire a chiare lettere che si tratta di "uscire dalla *logica* del capitalismo", cioè dalla precedenza del mercato su ogni altro tipo di rapporti, e che in questo senso, però, anche realizzazioni "locali", che si moltiplichino su base decentrata, possono assumere elevati valori reali e rappresentativi.

Così è, per esempio, nel caso delle varie esperienze di "comunità", o "associative", alle quali alcune delle attuali linee di tendenza dell'evoluzione tecnologica non mancano di fornire idonee condizioni di possibilità; e meglio ancora, nel caso di originali connubi, pure concepibili, tra i doveri d'intervento delle istituzioni pubbliche e le capacità di auto-organizzazione presenti nei mondi della vita quotidiana e della società civile. Di qui, da parte della nostra rivista, una peculiare attenzione alla dimensione delle iniziative dal basso e alle loro storie – unita al tentativo di leggerle "in chiave *evolutiva*".

6. Per mostrare i legami tra cose che sembrano lontane, per esempio tra il *must* della sostenibilità e l'idea di un reddito di base.

A dire il vero, se la questione della crescita domina in lungo e in largo il discorso pubblico sull'economia, non è soltanto a causa degli obiettivi di accumulazione custoditi dalle imprese capitalistiche e dai mercati finanziari, ma anche in virtù del suo collegamento con questione dell'occupazione, con la necessità, a sua volta assillante, di "creare posti di lavoro".

In proposito, non basta obiettare che da tempo gli aumenti del Pil hanno cessato di garantire condizioni di partecipazione al lavoro e di distribuzione dei redditi che superino almeno il test della decenza. Un rilievo del genere è ben giustificato, ma non toglie (casomai conferma) l'urgenza del problema – né si può dire che l'uscita dall'assillo della crescita aiuti di per sé a risolverlo. È questo uno dei principali aspetti per i quali l'affrontamento della crisi ecologica non può essere tenuto nei confini di un discorso "ambientalista" (cfr. punto 1): come la sostenibilità implica una riflessione sul tasso di crescita del sistema, quest'ultima implica una riflessione sulla sua configurazione economico-istituzionale.

E nella fattispecie, per affrontare le questioni della partecipazione al lavoro e della distribuzione del reddito, indubbiamente cruciali, la parola d'ordine da adottare non è "più crescita", bensì "un

reddito di base degno di questo nome" (universale e incondizionato), da riguardare appunto come una cospicua innovazione delle regole che governano l'intero corso delle attività economiche. Dove pure vale la pena di osservare quante cose, in questo modo, vengono a tenersi, perché l'istituzione del *benefit* in questione è una condizione necessaria dell'esistenza di persone meno assillate da costanti obblighi acquisitivi, le quali appunto per questo possono arricchire il quadro delle esperienze di cui sono partecipi (cfr. punto 4) – comprese quelle di cura dell'ambiente su basi di comunità, associative, di impegno civile, ecc. (cfr. punto 5).

7. Per fare la prova di coltivare un rapporto maturo con i frutti del progresso tecnologico e scientifico.

Nel 2010, all'esito di una specifica linea di ricerca, l'*International Panel on Climate Change* ha messo a punto un *Calibrated Uncertainty Language* con il quale, da allora, comunica tutti i risultati delle proprie analisi. La circostanza è di per sé significativa di quanto poco il sapere che riguarda la crisi ecologica sia coerente con l'immagine convenzionale di una scienza compiutamente padrona dei propri presupposti e del proprio modo di procedere, fonte indefettibile di indicazioni univoche.

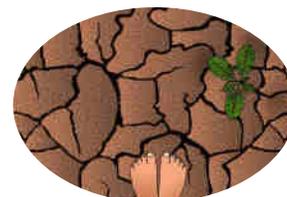
La nostra rivista non intende trascurare le questioni epistemologiche che in questo modo vengono alla luce. Innanzi tutto per dire che il tema dell'incertezza non consente in alcun modo di mettere in dubbio le origini antropiche dei cambiamenti in corso (climatici e non). Casomai è vero il contrario: proprio perché gli intervalli di confidenza di ciò che possiamo affermare sono esplicitamente riconosciuti e messi a tema, gli elevati livelli di probabilità delle affermazioni che riguardano il peso delle nostre azioni risultano tanto più credibili. Ma il maggiore motivo di interesse consiste in effetti nel vedere da vicino come la complessità dei sistemi ecologici abbia ragione della *presunzione* del sapere che forma il nucleo essenziale di ogni scientismo, e che neppure è estranea alla volontà di dominio sull'ambiente che ci ha portato a violare i *planetary boundaries*. Appunto per questo le questioni di natura ecologica offrono l'opportunità di sviluppare un rapporto maturo con il sapere scientifico – di acquistare confidenza tanto con i suoi progressi e le sue conquiste, quanto con i limiti e i motivi di "umiltà" che esso stesso, nelle sue espressioni più avvertite, rinvia al proprio interno.

Maturità, inoltre, nel caso della tecnologia, significa anche il superamento di una mentalità spontaneamente propensa alla scelta di soluzioni complesse, depositarie di saperi altamente specialistici, perlopiù consegnate a strutture di grandi dimensioni, quasi che tali caratteristiche costituiscano di per sé fattori di pregio e di superiorità. In realtà, per molti versi, la stessa evoluzione tecnologica porta in primo piano la possibilità di soluzioni relativamente semplici, alla portata delle capacità gestionali dei diretti interessati (famiglie, nuclei abitativi, comunità locali). E però, da un punto di vista culturale, bisogna rappresentarsi il compito di fornire a tali approcci un pieno riconoscimento, che ancora manca, di appropriatezza e di dignità.

8. Perché dove non arriva la scienza può arrivare l'arte.

Come i sogni sono una via di accesso privilegiata all'inconscio, così l'arte è una via d'accesso privilegiata all'intuizione elementare del mondo che alberga nelle nostre menti – e del nostro stesso "esserci", nel mondo. Così, tra i propositi di questa rivista, c'è anche quello di "interrogare" l'arte, commentando questa o quella delle sue testimonianze – per esempio, di lavorare sull'immediatezza di un contenuto figurativo in chiave di *debriefing*, al fine di mettere a tema, in modo consapevole, discorsivo, le immagini del mondo che in esso si depositano.

Anche perché – si può sostenere – considerazioni di tipo "utilitaristico" forniscono al rispetto dei *planetary boundaries* incentivi meno forti di quanto, a ragionare convenzionalmente, verrebbe fatto di pensare. E però c'è da chiedersi se un affrontamento finalmente convinto della crisi ecologica non abbia a bisogno del senso alto e intrinsecamente positivo di un 'bene' da proteggere (o ritrovare) come parte essenziale, non sostituibile, del tipo di vita che vogliamo (poter) vivere. Se così stanno le cose, si capisce come l'arte sia davvero una risorsa preziosissima – dacché, del bene in questione, può esprimere in modo massimamente intenso, ed efficace, incisivo, tanto la mancanza quanto il desiderio, mentre la riflessione sull'arte può portare l'una e l'altro al più conveniente grado di lucidità.



I piedi sulla Terra
percorsi di ricerca intorno
alla crisi ecologica



Galileo Reloaded

La Redazione



Se i programmi di lavoro dell'*International Panel on Climate Change* saranno rispettati, a breve uscirà il rapporto del Terzo Gruppo, quello dedicato alla "Mitigazione del Cambiamento climatico".

Di esso, però, sappiamo già qualcosa, perché lo scorso mese di agosto (il 22, per la precisione) alcuni dei suoi autori ne hanno diffuso una bozza (la seconda stesura, per la precisione), in aperta violazione della regola secondo la quale tutti i draft dei rapporti IPCC sono protetti da un vincolo di riservatezza. L'operazione è avvenuta per il tramite dell'organizzazione *Scientists Rebellion* (<https://scientistrebillion.com/we-leaked-the-upcoming-ipcc-report/>), nome che di per sé suggerisce le motivazioni sottese alla scelta: la preoccupazione che la revisione del testo da parte dei politici, in vista della versione ufficiale, possa annacquare la radicalità delle indicazioni fornite dagli scienziati.

Per la verità, all'epoca, la cosa è passata quasi inosservata – forse anche perché pochi giorni prima (il 9 agosto) era uscita la versione ufficiale del rapporto prodotto dal Primo Gruppo, intitolato alle *Physical Science Basis*, che già dava molto a cui pensare. Al contrario, si tratta di un episodio che merita tutta la nostra attenzione, perché in effetti la dice lunga circa la fondamentale inadeguatezza dell'intero impianto istituzionale – tanto sul versante scientifico quanto su quello politico – delle attività che riguardano il *Climate Change*, compresi gli Accordi di Parigi. È chiaro che l'argomento non è di quelli che si possono trattare in poche battute; ma intanto, come segno della nostra intenzione di riprenderlo presto con la dovuta ampiezza di riferimenti, pubblichiamo il modo in cui gli scienziati disobbedienti hanno motivato la loro decisione.

- Non c'è tempo per stare ad aspettare, non c'è tempo per continuare a non agire – la gente merita di sapere adesso che cosa le hanno fatto i politici controllati dalle imprese.
- Il più grande crimine di sempre è ormai stato compiuto – chi l'ha perpetrato è ancora in libertà, ma le fila delle vittime stanno cominciando a infoltirsi.
- Abbiamo diffuso il rapporto perchè i governi – pressati e corrotti dalle industrie dei combustibili fossili e da altre, intente a proteggere la loro ideologia fallimentare e a sottrarsi alle loro responsabilità – hanno in passato modificato le conclusioni prima della diffusione dei rapporti ufficiali. Lo abbiamo diffuso per mostrare che gli scienziati sono disponibili a disobbedire e a assumersi rischi personali per informare il pubblico.
- Il rapporto dice esplicitamente che un cambiamento incrementale non è un'opzione praticabile. Afferma che i cambiamenti dei comportamenti individuali, da soli, sono insignificanti. Afferma che la giustizia, l'equità e la redistribuzione sono componenti essenziali della politica climatica.
- Dice che abbiamo bisogno di investimenti massicci – per trasformare i sistemi energetici, i trasporti, l'industria, l'uso della terra e l'agricoltura, l'abitare, e per prepararci all'accelerazione degli effetti della crisi climatica – non del culto mortifero dell'economia conservatrice.
- Mostra che dobbiamo abbandonare la crescita economica, che è la base del capitalismo.
- Che migliaia di scienziati – per la maggior parte anziani, privilegiati, moderati – concordino su qualcosa che suona così radicale dimostra la gravità del momento. Ma i veri radicali sono quelli che stanno al potere. Essi saccheggeranno la Terra fino a che non sarà fuoco e cenere, a meno che non li fermiamo.
- Preghiamo la gente di intraprendere una seria resistenza non violenta. Di unirsi a noi nelle strade per esercitare una pressione insopportabile su questo sistema di genocidio – di distruggerlo prima che distrugga tutti noi insieme a se stesso.

Civitavecchia: contro l'energia fossile, per un porto bene comune

Simone Manda

A Civitavecchia è un'assolata giornata di metà gennaio, il vento tira poco. Nel campo da basket risuonano i rimbalzi della palla sul cemento grigio, mentre dalla scuola elementare arrivano le voci eccitate degli studenti. Nella piazza antistante il Comune, alcune persone discutono, con la mascherina e distanziate. Tra loro, una donna dai capelli rossi e ricci tiene in mano una cartelletta gialla e una penna, chiedendo ai passanti di aggiungere una firma su un foglio.

Oltre a essere la responsabile nazionale energia del Forum ambientalista, Simona Ricotti è un membro del comitato Sole, il gruppo di attivisti che si è riunito nel gennaio dello scorso anno per consegnare 1700 firme al sindaco di Civitavecchia, Ernesto Tedesco. «La raccolta firme è stato un modo per fare sensibilizzazione sul territorio. Era l'unico modo che avevamo per parlare con la gente». La centrale termoelettrica di Torrevaldaliga Nord (Tvn) (**Figura 1**), costruita a Civitavecchia da Enel negli anni Sessanta, è stata convertita all'uso del carbone nel 2008. Prima della pandemia, Enel aveva deciso di convertire nuovamente la produzione di Tvn, dal carbone al gas naturale. La raccolta firme, come altre iniziative sul territorio, aveva l'obiettivo di im-

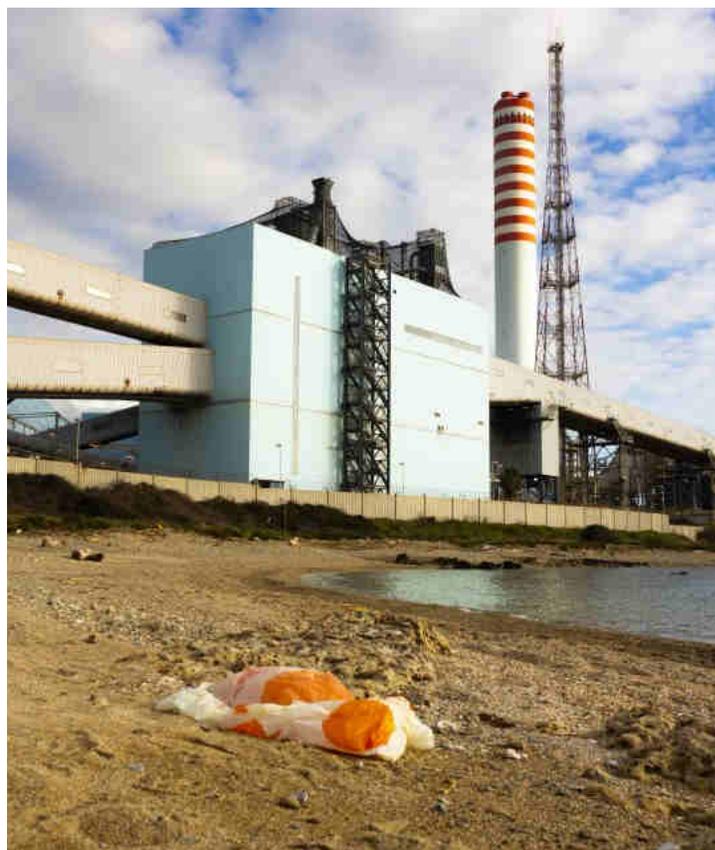
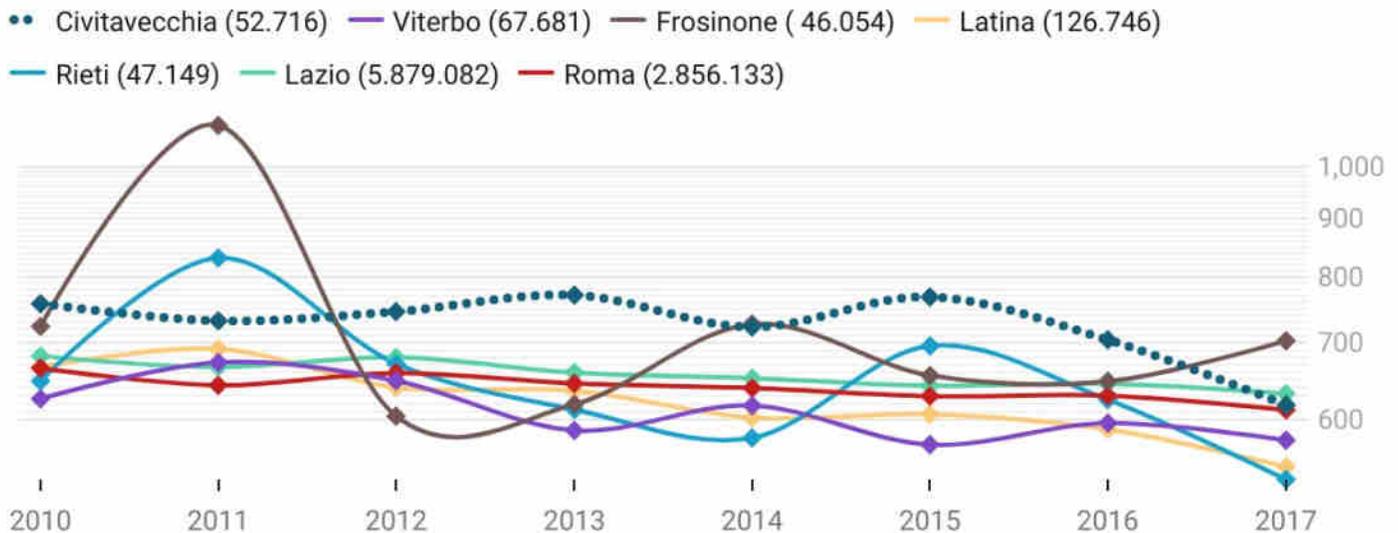


Figura 1. La centrale di Torrevaldaliga Nord a Civitavecchia
©Simone Manda

pedirlo, perché «il lavoro non può venire prima della salute», spiega Ricotti (**Figura 2**). Alla fine di febbraio scorso, Enel ha comunicato di aver messo un freno alla sua riconversione. Ad annunciarlo è stata Roberta Lombardi, assessora regionale alla Transizione Ecologica.

Tassi d'incidenza dei tumori maligni

Tassi standardizzati dell'incidenza dei tumori maligni in tutta la regione. La popolazione residente è indicata tra parentesi. Come si può notare dal grafico, a Civitavecchia il tasso d'incidenza è stabilmente superiore a quello dell'intera regione, e di Roma, per gli anni che vanno dal 2012 al 2016.



NUMERO DI MALATI OGNI 100.000 RESIDENTI- POPOLAZIONE DI RIFERIMENTO LAZIO 2011

Source: Regione Lazio • Created with Datawrapper

Figura 2. <https://datawrapper.dwcdn.net/5fHVM/1/>

Luciana Castellina, su Il Manifesto, all'indomani dello stesso annuncio, proveniente però da Nicola Zingaretti, si dice pronta intonare *El Pueblo Unido* per festeggiare questa vittoria. Questo, prima che Putin invadesse l'Ucraina e Mario Draghi decidesse di reagire riportando in auge il carbone, per liberarsi dalla dipendenza del gas russo.

Quando si entra nell'appartamento di Simona Ricotti si nota subito la scrivania piena di carte e, sul muro dietro al salotto, una decina di maschere tribali in legno. Racconta che è diventata un'attivista molto presto, quando aveva solo 12 anni. Rifondazione Comunista è stata la sua casa per molto tempo.

Anche dopo l'uscita dal partito, non si è mai fermata. «Civitavecchia è al centro di un territorio inquinato prima di tutto nello spirito, nella cultura, nella politica. Tra noi attivisti diciamo sempre che prima ancora che la terra e l'aria, l'Enel ci ha inquinato le coscienze», ammette, mentre si accende un'altra sigaretta. Poi chiarisce: «Ma questo succede dovunque ci sia fame di lavoro e di sviluppo».

Civitavecchia è il porto turistico al centro del più grande polo energetico dell'Alto Lazio.

Ospita 3 centrali termoelettriche: Tvn, Torvaldaliga Sud (Tvs), di proprietà della Tirreno Power, e quella di Montalto di Castro, distante circa 40 chilometri, sempre di proprietà dell'Enel.

L'abbandono del carbone come combustibile, secondo il Piano nazionale integrato energia e clima (Pniec), è fissato per il 2025. Nel piano viene anche stabilita la transizione energetica, basata su fonti fossili alternative. L'Enel aveva scelto il sistema delle turbine a ciclo aperto per la sua riconversione a gas. In pratica, funziona come una caldaia normale: il gas entra nel circuito e, bruciando, fa girare la turbina che produce corrente. Ricotti chiede però di fare attenzione alle parole: secondo la relazione tecnica presentata dall'Enel il 29 aprile 2019, «non si trattava di una riconversione, ma della costruzione di una nuova centrale, accanto a quella vecchia, che sarebbe poi stata messa "fuori servizio", non si sa quando».

Tirreno Power, che ha scelto il gas già nel 2004, a Tvs ha costruito una centrale con un impianto a ciclo combinato, due turbine da 1.200 MW complessivi. Nel novembre 2020 ha richiesto l'installazione di una nuova unità da 900 MW. Il 17 maggio 2021 ha deciso di abbandonare il progetto. "Troppe lungaggini burocratiche", ha dichiarato l'azienda.

Come Ricotti, anche Riccardo Petrarolo, del movimento No Al Fossile Civitavecchia, ha una lunga storia di attivismo. Ha cominciato quando aveva 15 anni e ora ha da poco passato i 40. Mentre parliamo, il vento infuria sulla spiaggia e il mare è mosso. Il cielo si ingrigisce mentre Petrarolo spiega che «la staticità delle istituzioni locali ha portato alla monocultura energetica a cui Civitavecchia è stata costretta». Un lato positivo, aggiunge, è che «in questi anni di lotte abbiamo ottenuto una cosa molto importante: la consapevolezza della crisi climatica».

Il Covid-19 è stato certamente un ostacolo alla partecipazione, che Petrarolo descrive come «fondamentale, in grado di generare ricordi comuni e momenti di analisi collettiva». Senza la possibilità di manifestare, o fare assemblee pubbliche, sono stati persi appuntamenti importanti anche se, in questo periodo, le iniziative non sono mancate. È nato un nuovo livello di attivismo, «che fa rete in rete».



Un nuovo livello di attivismo, che «fa rete in rete».

È proprio a una di queste iniziative che Petrarolo incontra Giada Sannino. Dopo una triennale in Scienze Forestali conseguita a Bologna, Sannino ha da poco terminato la specialistica a Viterbo.

«Sono tornata a settembre. Quasi per gioco, ho provato a coinvolgere quante più persone possibili in una pulizia volontaria della spiaggia di La Frasca»

un tratto di costa a nord di Civitavecchia. Da lì, è nata l'esperienza di Verde libera tutti (Vlt), «un gruppo aperto a tutte e tutti e liberi da legami partitici». Sannino ritiene che a Civitavecchia le centrali non servano. Sa che le aziende ragionano in termini di profitto, contrariamente a quanto fa lei. «Negli ultimi tempi ci siamo avvicinati alle altre associazioni ambientaliste del territorio. Senza l'Enel, questo non sarebbe potuto succedere» osserva, quasi ridendo.

«Bisogna trovare un'alternativa al più presto, perché qui la gente o scappa, o muore».





©Simone Manda



©Simone Manda

Mortalità a Civitavecchia



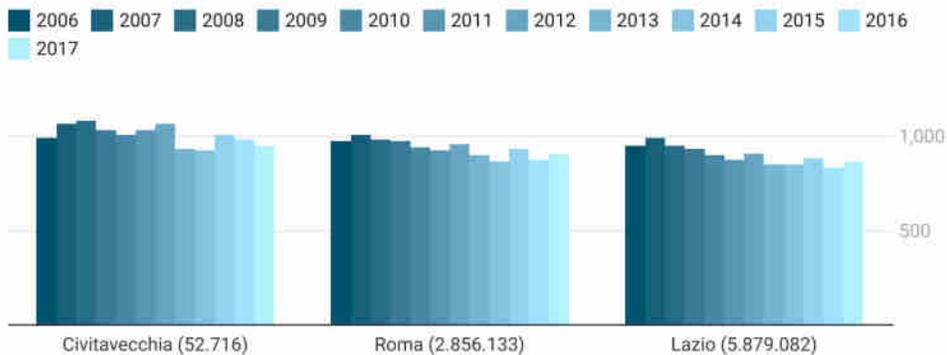
Il dottor Giovanni Ghirga si è occupato a lungo della mortalità a Civitavecchia.

Di formazione pediatra, è referente locale dell'Associazione medici per l'ambiente (Isde), nonché esperto degli effetti del carbone sulla salute. I dati nel territorio di Civitavecchia parlano chiaro. La zona è al primo posto nel Lazio per mortalità causata da tumori di ogni tipo, ai polmoni, ai reni, all'intestino, ed è lo stesso Dipartimento epidemiologia e prevenzione (Dep) della Regione a specificarlo (**Figura 3**). «Queste malattie hanno un prezzo, un costo per la sanità pubblica» avverte Ghirga.

«Secondo un calcolo dell'Unione Europea il prezzo assistenziale medio per caso di tumore è di circa 3 milioni di euro. Moltiplichiamolo per i costi delle malattie cardiovascolari, respiratorie, disturbi dello spettro autistico e, più in generale, del neurosviluppo. La spesa totale è enorme». Per Ghirga non è solo una questione economica, ma «di fronte alla decisione dell'Enel [di passare al gas, N.d.R.], bisognava scendere al loro piano e parlare di soldi». Secondo lui, questo modello di sviluppo basato sulle fonti fossili non conviene alla popolazione.

Tassi standardizzati di mortalità generale

La mortalità generale a Civitavecchia è maggiore rispetto a Roma e all'intera regione. La popolazione residente è indicata tra parentesi.



NUMERO DI DECESSI OGNI 100.000 RESIDENTI - POPOLAZIONE DI RIFERIMENTO LAZIO 2011

Source: Regione Lazio - Created with Datawrapper

Figura 3. <https://datawrapper.dwcdn.net/1DaPU/2/>



Parla anche nel dettaglio della pericolosità del gas per la salute pubblica e cita uno studio, comparso su *Energy Fuels* nel 2018, che denuncia la mancanza d'informazione a riguardo.

Nello studio, è provato che nel gas naturale è presente un'alta concentrazione di metalli dannosi per la salute, così come in tutti i combustibili fossili.

Per spiegare le ragioni dietro alla decisione dell'Enel di passare dal carbone al gas naturale, Riccardo Petrarolo parla del *Capacity Market*.

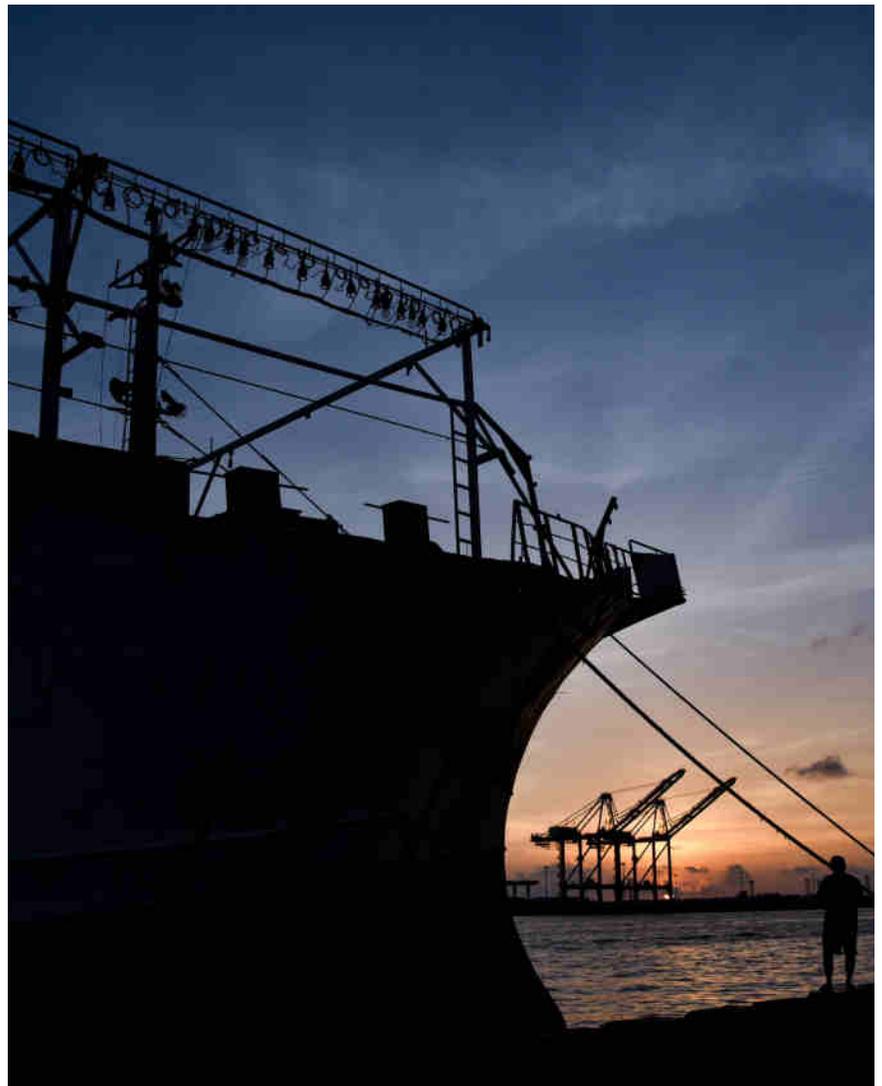
Terna, il gestore della rete elettrica nazionale, si approvvigiona di energia mediante contratti a termine aggiudicati attraverso aste competitive.

Per coprire le punte di carico in ogni area della rete, evitando così i blackout, le aziende si impegnano a mettere a disposizione l'energia sul "mercato della capacità" secondo la loro capacità di produrre, e non per la produzione effettiva.

A ogni megawatt impegnato corrisponde un premio in denaro: circa 75.000 euro all'anno. Il primo governo Conte ha stanziato 10 miliardi in 10 anni per agevolare questo meccanismo.

Porto bene comune: un progetto per la città

Ma il mercato sta cambiando. La ricerca di fonti rinnovabili alternative a quelle fossili è sempre più diffusa. Angelo Moreno e Franco Padella sono due iricercatori che hanno passato la vita a lavorare sulle tecnologie per l'idrogeno verde. Entrambi provengono dall'Enea, l'ente pubblico di ricerca vigilato dal Ministero dello sviluppo economico (Mise). Padella e Moreno hanno sviluppato, insieme al comitato Sole, un progetto di riconversione del porto di Civitavecchia chiamato Porto bene comune. Inoltre, un progetto preliminare, *Civitavecchia Light House*, è stato proposto al Mise, tramite il bando europeo *Horizon 2020*. Grazie all'utilizzo dell'idrogeno verde, il porto potrebbe diventare il primo a zero emissioni del Mediterraneo. Moreno ha anche una carriera internazionale, è stato responsabile di molti progetti comunitari per lo sviluppo dell'idrogeno. All'estero è un punto di riferimento. Qui, faticano entrambi a far accettare l'idrogeno come alternativa percorribile e sono costretti a lavorare per militanza, da attivisti. Moreno è il più posato dei due, Padella è meno diplomatico.



«Dal punto di vista tecnologico un modello di sviluppo basato sull'idrogeno è sicuramente possibile», afferma pensieroso, ormai un anno fa, Moreno. Anche loro parlavano del Capacity Market e di come, nel silenzio di tutti, la centrale a carbone di Civitavecchia abbia lavorato, negli ultimi anni, la metà di quello che avrebbe potuto. «È la stessa Enel a specificarlo, è assurdo» esclama Padella. «Il problema è politico, oltre che economico» ripetono come un mantra. Se ci si muovesse tutti verso l'energia pulita, si potrebbero trovare ingenti finanziamenti in Europa.

Roberto Bonomi, sindacalista di base dell'Usb all'Enel, ci tiene a precisare che «la questione delle centrali non è solo ambientale e di salute, è anche lavorativa». La sua contrarietà al progetto del gas derivava principalmente dalla bassa occupazione prevista nelle centrali a gas, al contrario della centrale a carbone che, ad oggi, impiega più di 700 persone. Inoltre, non è convinto che sia possibile sostituire tutta la potenza prodotta dalla centrale di Torrevaldaliga Nord solo con l'idrogeno verde.

Stefania Pomante, segretaria della Cgil di Civitavecchia, ha dichiarato, intervistata da Il Manifesto, che «la Camera del lavoro è stato un punto di aggregazione e di convergenza fra le tante associazioni sul territorio. [...] Ora vogliamo sfruttare una situazione storica senza precedenti: le fonti rinnovabili possono dare più lavoro e i fondi europei fanno superare la frattura fra lavoro e salute».

«La notizia dello stop alla riconversione a gas della centrale Enel di Civitavecchia è un'ottima notizia per una comunità che da decenni subisce pesanti servitù

per le numerose attività ad alto impatto ambientale, in un territorio legato storicamente al grande traffico navale del porto, al quale si sono aggiunte nel tempo le centrali termoelettriche, gli impianti di trattamento rifiuti e poli industriali altamente inquinanti. Un risultato per il quale ci battevvamo da tempo».

Così hanno scritto, in una nota, Marta Bonafoni, Gino De Paolis e Gianluca Quadrana, consiglieri della Lista Zingaretti alla Regione Lazio.

Zingaretti, intervistato in seguito, ha rincarato la dose:

«Lo scenario che si apre oggi ci dà la possibilità di attivarci per costruire ulteriori nuove opportunità per trasformare quest'area della regione che vanta moltissime potenzialità, per lanciarla in un'economia basata sulla sostenibilità e sulla creazione di nuove opportunità di crescita per tutte e tutti». Forse Zingaretti parla del progetto dell'eolico offshore, depositato al MITE e in fase di valutazione di impatto ambientale. Non parla sicuramente dell'idrogeno verde proposto da Padella e Moreno.





Cristiano Dionisi, direttore di Unindustria, il dipartimento di Confindustria per il comprensorio di Civitavecchia e Roma Nord, intervistato si è mostrato scettico: «Se avremo le garanzie che il progetto dell'idrogeno verde sarà fattibile, noi saremo pronti a cambiare idea.

Ma secondo i nostri tecnici è pura ideologia. Magari tra dieci anni saremo in grado di basarci interamente sulle fonti rinnovabili. Per ora dobbiamo pensare alla transizione».



A Civitavecchia ora, non si parla più di transizione. Le centrali a carbone hanno ricominciato a lavorare a pieno ritmo per effetto della strategia da guerra di Draghi e varie aziende sono state chiamate a partecipare. Molto probabilmente, il 2025 non sarà più l'anno dell'abbandono del carbone e questa, per i comitati e i cittadini e le cittadine del territorio, rappresenta la sconfitta più grande. Eppure, nessuno si è ancora arreso. Alla manifestazione cittadina del 26 febbraio contro il biodigestore da 122.000 tonnellate in progetto c'è stata una grande partecipazione. Il consiglio cittadino del 4 marzo ha aperto uno spiraglio legale per fermare l'iter di approvazione: inviare osservazioni tardive alla regione alla luce dei mutati equilibri geopolitici.

CIVITAVECCHIA CONTRO L'ENERGIA FOSSILE

A Civitavecchia, il mare è calmo e bagna pigramente la spiaggia. Le onde restituiscono frammenti di plastica. I ragazzi di Verde libera tutti si mettono in cerchio. Giada Sannino ragiona, sognante: «Questa è una città da cui scappano tutti, eppure ci ritroviamo sempre qui. Ha mille problemi, certo, ma quanto è bella Civitavecchia».

Riccardo Petrarolo si chiede, viste le ambizioni e le proposte in campo, se la città «non avrebbe meritato ben altro supporto e ben altra considerazione da parte del Mite».

E aggiunge: «Quanto tempo dovremo ancora perdere prima di voltare pagina una volta per tutte?».





©Simone Manda

Il Porto

Civitavecchia è stata classificata da Transport&Environment al quarto posto in Italia per inquinamento navale. Il porto di Civitavecchia può contare su 26 moli operativi e 23 attracchi per yacht tra i 40 e i 100 metri, disposti su 17 chilometri di banchine. Le principali caratteristiche commerciali del porto sono il collegamento con la Sardegna, il rifornimento di combustibili liquidi per l'aeroporto di Fiumicino, per le centrali di Torrevaldaliga Nord e Sud e di Montalto di Castro.

Le opere di potenziamento delle banchine e delle strutture di accoglienza dei passeggeri hanno permesso di registrare uno straordinario incremento di navi da crociera, passate dalle 50 unità del 1996 alle 500 del

2003, fino ai circa 2500 attracchi annui del 2019.

Il porto produce emissioni nocive. Settantasei navi stazionano per ben 5.466 ore all'anno, emettendo 22.293 chili di ossidi di zolfo, quasi 55 volte la quantità prodotta dalle 33.591 auto circolanti in città. A questi si aggiungono 500.326 chili di ossidi di azoto, pari a 381 volte la quantità emessa dai veicoli circolanti, e 8.898 chili di particolato materiale (PM10). Secondo i dati del Dipartimento epidemiologia e prevenzione (Dep) del Lazio, chi vive entro 500 metri dal perimetro del porto ha un rischio di mortalità per tumore al polmone del 31 per cento superiore alla media, con incrementi anche per altre malattie.

Biodiversità: non basta la parola

Riccardo Guarino, Sandro Pignatti



La continua crescita del sistema economico globale risulta insostenibile per la società umana, e da qui nasce la ricerca di una via verso la decrescita o, almeno, verso una situazione di equilibrio e sobrietà nei consumi. Infatti, la crescita è indicata come la causa dell'instabilità nei rapporti tra paesi ricchi e paesi poveri e, nei singoli paesi, tra i cittadini con differente livello di reddito. Inoltre, la crescita è causa di sfruttamento, alienazione, rilascio di inquinanti, rischi per la salute, e dalla crescita dipende il mantenersi della fame nel terzo mondo. Su queste conseguenze per l'uomo e per la società, esiste ormai una documentazione vastissima, che viene costantemente negata dai difensori del

sistema capitalistico. In quanto alle ripercussioni delle attività umane sugli ecosistemi, invece, ci si limita ad enfatizzarne effetti globali, come il cambio climatico e il buco d'ozono, che, pur nella loro drammaticità, rimangono scarsamente percepibili a livello individuale. Il nostro discorso partirà dalle conseguenze che investono tutti i diversi componenti della biosfera, non soltanto l'uomo: quest'ultimo, infatti è solo una tra le molte specie di organismi viventi che popolano il pianeta, e non ci sembra corretto attribuirgli una posizione privilegiata nella biosfera. Come dato di fatto si può ricordare che la specie umana non è neppure quella che, tra gli animali, raggiunge la più elevata biomassa; eppure sfrutta quasi la metà delle risorse globali e genera un flusso energetico superiore a quello naturale, derivante dalla fotosintesi dell'intera vegetazione del pianeta. Il primato tecnologico di *Homo sapiens*, diretta conseguenza della crescita economica dell'ultimo secolo, determina una inaudita condizione di squilibrio dell'intera biosfera. Cerchiamo dunque di approfondire il problema dal punto di vista della biodiversità.



Biosfera in crisi

Dati che permettano di conoscere nel dettaglio le conseguenze dell'espansione del ciclo economico sul patrimonio biologico del pianeta sono tuttora abbastanza scarsi e spesso contraddittori. Questo, per diversi motivi: mancano inventari completi delle specie esistenti, e risulta difficile (spesso impossibile) dimostrare l'estinzione di una specie in modo incontrovertibile. Quando ciò può essere fatto con certezza (ad es. nel caso del dodo, uccello incapace di volare dell'isola di *Mauritius*), si tratta sempre della constatazione di un'estinzione già avvenuta, dunque ormai irreversibile; del resto si può



sempre argomentare che anche nel caso della possibile scomparsa di animali-simbolo di grande significato, come tigre, rinoceronte e balene, la vita sul pianeta potrà continuare più o meno immutata.

Invece, se dalle grandi sintesi globali si passa all'analisi delle condizioni sul territorio, il quadro appare completamente differente. Il patrimonio biologico è costituito da tutti gli organismi viventi presenti in un dato territorio, che (se si tralasciano i microrganismi) in molti casi è ben conosciuto e le cui variazioni sono ben documentate almeno durante l'ultimo secolo. Nelle aree ad agricoltura intensiva dell'Europa (es. pianura padana, Paesi Bassi, Westfalia) si può stimare a livello territoriale una perdita di circa il 40% delle specie vegetali. Le strette relazioni tra il manto vegetale e gli insetti impollinatori fanno ritenere che anche tra questi si abbia una proporzionale perdita o rarefazione di specie (si tenga presente che gli insetti sono in assoluto il più numeroso gruppo biologico nella biosfera). Se si esaminano le grandi aree metropolitane (Parigi, Londra, Tokyo, Los Angeles) si trova una situazione molto peggiore di quella delle aree agricole.

Questi dati si accordano bene con le stime pubblicate sulla rivista *Nature*,⁽¹⁾ che nella migliore delle ipotesi prospettano su scala mondiale la perdita del 15-37 % (media: 24 %) delle specie entro il 2050, per il solo effetto del cambio climatico.

Passando dalle somme generali alla biodiversità vegetale, il discorso si complica, perché un metodo di stima universalmente accettato ancora manca.

Una buona indicazione è possibile attraverso il rapporto tra specie indigene (che sono il risul-

tato di un lunghissimo processo di speciazione e selezione) e le specie esotiche, introdotte in un dato territorio dall'uomo intenzionalmente o, più spesso, in maniera del tutto accidentale. L'incidenza di queste ultime nei grandi agglomerati urbani dell'Europa temperata (Berlino, Varsavia) è pari a circa il 30-40 %; a Roma la situazione è migliore nelle aree archeologiche, ma nelle aree centrali si arriva a valori poco differenti.⁽²⁾

Quando si ripercorrono dopo mezzo secolo gli ambienti studiati e descritti dai naturalisti cinquant'anni addietro, ci si trova continuamente di fronte all'immagine sconcertante della scomparsa di vaste aree di vegetazione naturale, a causa di un generale processo di banalizzazione del paesaggio, di sfruttamento a fini speculativi, di manomissione o distruzione dell'ambiente. Chi ha le conoscenze necessarie per interpretare lo stato del popolamento vegetale ed animale non può sottrarsi all'impressione che da tutto l'ecosistema si alzi un grido disperato (nel senso usato da *John Holloway* per l'uomo) che proviene da una miriade di individui, popolazioni, specie ormai destinate all'estinzione, nell'incapacità di sottrarsi a questo destino. La conclusione che si può trarre da questi dati è che la biodiversità sta crollando e questo mette in crisi la biosfera. Siamo di fronte al più grande fenomeno di estinzione di massa nella storia del pianeta.⁽³⁾

La ricerca paleontologica ha già messo in evidenza almeno sei eventi di questo tipo, per cause naturali esterne alla compagine dei viventi. La settima estinzione sarebbe la prima ad avere un'origine endogena, in quanto provocata dall'uomo.

Interpretare adeguatamente i dati globali e le statistiche



Quanto sopra esposto non significa che il 40 % delle specie presenti 100 anni fa sono effettivamente estinte, ma che su aree comparabili (per l'inventario floristico europeo si scelgono superfici di 5 x 3 minuti geografici, pari a circa 35 km²) il 40 % delle specie sono ormai scomparse: non sempre le stesse, dunque singole popolazioni possono ancora esser presenti in qualche riserva naturale, esse però hanno perduto parte della

loro variabilità genetica e sono le più probabili candidate all'estinzione. Il 40 % è una percentuale elevata, però le perdite sono parzialmente oscurate dall'espansione di specie invasive, quindi il dato reale è probabilmente superiore.

Un confronto su dati precisi è possibile per la flora di molti paesi: per l'Italia ad es., alla metà del sec. XIX erano note 4254 specie⁽⁴⁾, salite a 5599 secondo i dati del 1982⁽⁵⁾, a 6711 nel censimento del 2005⁽⁶⁾, ben 7672 nel 2019⁽⁷⁾ e addirittura 9150 secondo le stime più recenti.⁽⁸⁾ Questi dati vanno esaminati criticamente. Sembrerebbe di poter registrare un notevole aumento di specie, oltre 50 % in 150 anni, però questo è dovuto a due fatti: frammentazione e invasione. Frammentazione significa che gruppi che un tempo erano considerati unitari, hanno rivelato mediante moderne tecniche d'indagine biomolecolare una variabilità interna che ha permesso di riconoscere diverse specie, quindi la variazione numerica è dovuta all'aumento delle conoscenze, mentre il patrimonio biologico è rimasto immutato. L'invasione di specie aliene, provenienti da altri continenti, è un fenomeno generale in tutto il mondo come conseguenza del traffico commerciale e (da qualche decennio) turistico: in Italia esse costituiscono più del 20 % del totale, spesso con carattere invasivo e/o allergenico. La conclusione è che nella flora d'Italia l'aumento è apparente e dovuto soltanto all'attuale fase di "*species inflation*" dovuta al *taxonomical splitting* ed all'inclusione di specie invasive, che costituiscono una sorta di inquinante.

Va qui fatto un piccolo commento metodologico. Le medie globali sono un'espressione del metodo scientifico che mira ad ottenere dati obbiettivi di validità generale. Questo potrà anche essere accettabile quando si indagano i principi generali della vita e dell'universo. Quando si tratta dell'ambiente, siamo di fronte ad un sistema complesso, ed il metodo riduzionista non permette un approccio adeguato. Esso tuttavia viene imposto da un ristretto gruppo di editori internazionali, interessati solamente ai profitti aziendali, attraverso il sistema: periodici autorevoli – fattore d'impatto – comitato di redazione – accettazione dei lavori – finanziamento delle ricerche – cattedre universitarie. Si arriva così all'invenzione di una scienza astratta e speculativa, spesso assai coerente allo sfruttamento capitalistico e funzionale ad esso.

Analisi delle cause

La crisi della biosfera è una conseguenza, forse la più drammatica, della espansione dell'economia capitalista a livello globale. Si tratta di un fenomeno limitato agli ultimi due secoli o poco più, e che dipende dal ciclo capitalistico, descritto adeguatamente già da Marx nel *Capitale*: l'imprenditore investe denaro (D1) per l'acquisto di risorse (R) ed il pagamento di forza lavoro (L) mediante i quali si producono beni (B) che vengono venduti ricavando danaro (D2). Il denaro compare sia all'inizio sia alla fine del processo, che pertanto è ciclico, tuttavia è un motore che "gira" soltanto quando $D2 > D1$ cioè quando la somma ottenuta con la vendita dei beni prodotti è superiore a quella investita. In altre parole, il processo ciclico funziona soltanto quando l'imprenditore può ricavarne un profitto: in queste condizioni, il processo diviene autocatalitico e tende a crescere continuamente. La critica successiva, nella scia del pensiero marxista, si è sviluppata soprattutto sui temi del plusvalore, del rapporto tra valore d'uso e valore di scambio, sfruttamento della forza lavoro, alienazione. Poca attenzione ha ricevuto un punto, benché espresso molto chiaramente nell'originale marxiano: il fatto che il ciclo capitalistico implica una continua crescita.

L'importanza di questo punto ha cominciato a divenire evidente soltanto nella discussione sui "Limiti dello sviluppo", verso la fine degli anni '70. Fino a quel momento, esisteva la convinzione che il pianeta potesse venire considerato un contenitore illimitato, con una riserva inesauribile di risorse. Il primo campanello d'allarme fu la grande crisi energetica del 1972; nello sviluppo successivo, che dura da quasi cinquant'anni,

le crisi si sono moltiplicate ed è iniziata una serie di conflitti armati e tensioni diplomatiche per assicurarsi il controllo di risorse di importanza strategica. A questo punto è chiaro che la crescita è soggetta a vincoli non eludibili. I principali sono: il vincolo energetico, la disponibilità di risorse, l'esplosione demografica, il cambio climatico e già si profila la scarsità di acqua. In futuro sorgeranno certamente altri vincoli che in questo momento non siamo in grado di immaginare. È interessante notare come la comunità scientifica durante gli ultimi cento anni non abbia avuto la capacità di prevedere questa situazione (salvo qualche voce isolata presto tacciata di catastrofismo), mentre il chiarissimo discorso di Marx ne forniva tutte le premesse necessarie.

Un discorso a parte merita il vincolo ambientale. Lo schema marxiano sopra riportato dimostra come il ciclo capitalista sia in grado di funzionare solo se l'imprenditore ha un guadagno. A questo punto possiamo domandarci: Se lui guadagna, chi perde? Ci perdono gli operai? Certamente no, perché essi sono ben contenti di ricevere un salario, benché sfruttati. Allora ci perde il compratore? Nemmeno questo è vero, perché lui scambia denaro (per lui improduttivo) con un bene che desidera possedere. In termini più moderni, si può riformulare la domanda: com'è possibile mantenere attivo il ciclo, rispettando il I Principio della Termodinamica? Perché il processo funzioni, è necessario prelevare risorse materiali dall'ambiente, che servono a produrre il bene e, quando questo non viene più usato, i materiali utilizzati sono scaricati nell'ambiente e dispersi. In questo modo si paga il profitto dell'imprenditore.

Così arriviamo alla risposta alla domanda iniziale: Chi perde? l'ambiente. Da quanto detto, deriva un risultato quasi paradossale: il ciclo capitalista è una macchina che funziona dissipando risorse ed inquinando l'ambiente; la produzione di beni è un aspetto del tutto secondario. Ce ne accorgiamo ora, quando constatiamo le conseguenze ambientali dell'economia globalizzata.

La crisi della biosfera

Sugli effetti del ciclo capitalistico sulla società umana, soprattutto in termini di sfruttamento ed alienazione, esiste una vastissima letteratura di contenuto politico e filosofico, facilmente accessibile. Quanto agli effetti sull'ecosistema, essi sono oggetto di numerosissime ricerche, ma i risultati di queste ultime sono per lo più dispersi su riviste scientifiche, accessibili soltanto agli specialisti del settore. Cerchiamo pertanto di dare un quadro, sia pure approssimativo, di come il ciclo capitalistico sia diventato il principale fattore di distruzione della biodiversità.

L'impatto sull'ecosistema può essere diretto oppure indiretto. Gli impatti diretti sono sempre voluti e progettati dall'uomo e provocano modifiche drastiche ed immediate su aree ben definite, ad es. quando un ambiente naturale viene trasformato in lago artificiale, oppure in area urbana o industriale. Un esempio assai diffuso di impatto diretto è la trasformazione di ecosistemi naturali in agroecosistemi drasticamente semplificati per massimizzare il raccolto.

Gli impatti indiretti invece sono conseguenze indesiderate delle attività umane, ed interessano estensivamente, sia pure con in-

tensità differente, vaste aree, che spesso superano i confini nazionali. Gli impatti indiretti sono la conseguenza di quanto sopra indicato come caratteristica essenziale del ciclo capitalistico, e cioè che tutti i materiali utilizzati durante il ciclo vengono prima o poi dispersi nell'ambiente in forma degradata. Ad es., per costruire un frigorifero si possono usare metalli come ferro ed alluminio: essi si trovano nelle miniere assieme ad altri minerali, vengono estratti e trattati con processi industriali per costruire i pezzi del prodotto; quando il frigorifero non è più in grado di funzionare, finisce in discarica, i singoli pezzi si separano, le parti metalliche sono attaccate da processi di corrosione, il ferro arrugginisce, e pian piano tutta la materia utilizzata si disperde nell'ambiente in forma diffusa. Si potrebbe raccogliere e riutilizzare, almeno in qualche caso, ma il processo non è economico. Infatti, l'alterazione e dispersione nell'ambiente non sono causate soltanto dall'incuria dell'uomo: sono la diretta conseguenza del II Principio della termodinamica, che è impossibile violare, almeno nel mondo in cui viviamo.





La crisi generalizzata della biosfera nasce dal fatto che gli organismi degli ecosistemi naturali sono esposti a questi diversi tipi d'impatto, e vengono distrutti per azione diretta, oppure per effetto degli inquinanti. Nel caso dell'eutrofizzazione si potrebbe pensare che una fertilizzazione faccia bene all'ecosistema, ma non è così: infatti essa modifica i rapporti quantitativi tra le singole specie, favorisce quelle che hanno capacità di crescita più rapida, che diventano invasive, così si accumula materia organica in eccesso rispetto ai normali processi di demolizione, ed alla fine si innescano processi di putrefazione.

Impatti sulla biosfera provocati dalle attività economiche



Tra gli impatti diretti rientrano l'espansione urbanistica, gli spazi per infrastrutture di vario tipo, la modifica delle coste, le regolazioni fluviali, la deforestazione (soprattutto nella foresta tropicale) e messa a coltura di terre vergini. Un impatto diretto sull'ecosistema si ha anche in conseguenza delle captazioni idriche e dell'emungimento dell'acqua di falda, soprattutto quando questo sia causa di affioramento di salinità alla superficie del terreno.

Gli impatti diretti per usi urbanistici ed infrastrutture in molti paesi possono superare il 10 % della superficie totale, però gli effetti dirompenti sull'ecosistema sono molto più estesi, a causa della frammentazione del territorio, causata soprattutto dalle vie di comunicazione: infatti molto spesso le aree residuali, pur mostrando un assetto seminaturale, hanno una superficie inferiore al minimo necessario per la sopravvivenza in condizioni di salute delle popolazioni naturali. Impatti indiretti di tipo chimico vengono prodotti dalle attività più varie, basti pensare ai gas di scarico delle auto, alle caldaie, agli effluenti liquidi e gassosi rilasciati dall'industria, all'uso di fertilizzanti e biocidi nell'agricoltura industriale.



Tra i fenomeni più diffusi si possono ricordare le emissioni di anidride solforosa, ossidi di azoto, metalli pesanti per effetto di combustioni.

Il fenomeno più dannoso per gli ecosistemi acquatici è l'immissione di nutrienti, soprattutto azoto e fosforo, che producono eutrofizzazione. Altre sostanze immesse nell'atmosfera sono causa di modifiche importanti dei fattori fisici che regolano l'ecosistema:

i casi più importanti sono le emissioni di gas con effetto serra (anidride carbonica, metano, ecc.) che provocano il riscaldamento globale. Le emissioni di CFC sono state causa dell'assottigliamento e locale perforazione dell'ozonosfera, che protegge la superficie terrestre dalla radiazione ultravioletta.





Botanica, ecosistemi e social networks

La vita vegetale è il motore grazie al quale la natura si rinnova, esprimendo bellezza e armonia. I girali dei fregi latini, rinascimentali e barocchi, avvolti su se stessi a formare spirali sono una meravigliosa celebrazione della capacità della natura di rinnovarsi secondo modelli destinati a non ripetersi indefinitamente, inseriti come sono nella coerenza evolutiva della biosfera.

Nelle biocenosi, una serie infinita di relazioni, strutturata come una rete neurale, distribuisce le risorse e i nutrienti necessari al mantenimento dei numerosi esseri viventi che fanno parte della comunità biologica e ne assicurano la resilienza. Questa rete di relazioni, pur riconoscendo ai vegetali il ruolo di produttori primari, trae forza dalle interazioni e relazioni dell'intera comunità, offrendo una straordinaria lezione scientifica e morale sull'etica del rispetto e della sostenibilità.

Nel 2015, i 193 paesi firmatari dell'Agenda ONU 2030,⁽⁹⁾ hanno assunto l'impegno di "proteggere, ripristinare e favorire un uso sostenibile degli ecosistemi terrestri". Il conseguimento degli Obiettivi 13-15 dell'Agenda mira ad arginare gli effetti interconnessi del cambio climatico, della desertificazione e della deforestazione, sintomi globali dell'insostenibilità dei modelli di sviluppo antropico perseguiti finora.

Mentre questi rapidi cambiamenti affliggono i paesi in via di sviluppo ed i centri nevralgici delle società umane, nuovi e sorprendenti paesaggi emergono dall'abbandono dei luoghi periferici delle nazioni industrializzate. Negli antichi paesaggi rurali si reinsedia una natura autopoietica.

An aerial photograph of a dense, lush green forest, showing a vast expanse of trees from a high-angle perspective. The forest is composed of many small, rounded tree crowns, creating a textured, green surface. The lighting is even, highlighting the vibrant green of the foliage.

In Italia, nell'ultimo cinquantennio, la superficie forestale è raddoppiata. L'incremento di copertura forestale ha sicuramente effetti positivi nella lotta al riscaldamento globale ma, di contro, cancella le tracce sedimentate e le trasformazioni storicizzate prodotte dalla relazione uomo-territorio e dal suo evolversi.

Nasce da queste considerazioni, in parte frutto di sensazioni istintive, in parte determinate da nuova consapevolezza, un accresciuto interesse collettivo nei confronti della componente più visibile ed immediatamente percepibile degli ecosistemi: le piante vascolari.

Negli ultimi tre decenni si sono verificati numerosi cambiamenti non soltanto nell'approccio tassonomico-sistematico allo studio dei vegetali, ma anche nel bacino potenziale di utenza di una flora che fino a pochi anni fa comprendeva pressoché esclusivamente studiosi di scienze naturali, università, centri di ricerca e istituzioni analoghe. L'attenzione per la biosfera, di cui le piante vascolari rappresentano la componente di più immediata percezione, è andata crescendo anche da parte di un pubblico non specialistico, che esprime un crescente bisogno di informazioni botaniche per finalità diversificate: educative, ricreative e d'intrattenimento - individuale o di gruppo - e anche commerciali. **(10)**

Il fenomeno rivelatore dell'accresciuta popolarità dell'indagine floristica è stata, nell'ultimo decennio, la nascita di numerosi siti internet, gruppi d'interesse e forum sulla flora spontanea nazionale o su florule regionali.

Le flore nella dimensione locale

In un *forum on-line*, dedicato alla flora dell'Italia nord-orientale, qualche tempo fa venne diffuso un messaggio riguardante lo stato d'animo di un naturalista, che abita fuori città ed ogni mattina scende a piedi verso il centro per andare al lavoro, percorrendo una strada campestre. Sul bordo della strada cresce una flora semi-spontanea, che permette un breve contatto con la realtà naturale, simboleggiata da una piccola popolazione di *Tragus racemosus*. Poi arrivano le opere di urbanizzazione e l'ambiente viene sistemato a regola d'arte, ovviamente facendo scomparire ogni traccia delle popolazioni selvatiche: il post rifletteva il disagio del nostro naturalista di fronte a interventi, oggi frequentissimi, che costringono l'uomo a vivere in un ambiente sempre più artefatto. Il messaggio, diffuso nel forum sotto la parola chiave "*Angolo Magico*", suscitò una lunga schiera di commenti, per lo più empatici, a testimonianza del fatto che la constatazione della scomparsa di *Tragus racemosus* avesse toccato un problema ben più generale.

Anzitutto, i dati di fatto. *Tragus racemosus* è una piccola graminacea annuale presente più o meno in tutta Italia, più frequente nella zona mediterranea, molto rara sulle Alpi, dove è limitata alle pendici più calde.

In alcune regioni d'Italia, forse in tutt'Italia, potrebbe anche non essere pianta autoctona: si diffonde con grande facilità per i piccoli aculei che a maturità circondano la cariosside e le permettono di aderire al pelo degli animali. *Tragus racemosus* è una specie cosmopolita, presente in tutte le zone calde del globo, forse di origine sudafricana.

Anche supponendo che quella menzionata nel *Forum* fosse l'unica popolazione conosciuta nel territorio comunale, oppure nell'intera provincia, non sembrerebbe il caso di *sparger lacrime* per la sua scomparsa.

La perdita di una specie può essere, come nel caso in questione, un avvenimento trascurabile, però qualcosa, quanto meno a livello locale, viene comunque perduto: potremmo considerare l'insieme delle specie presenti in un Comune d'Italia come una sorta di patrimonio ambientale che, nel caso in questione, ne risulta indubbiamente diminuito. Pertanto, chi ha scritto il messaggio, partendo da un fatto limitato alla zona collinare che circonda la sua città, in realtà ha colto un problema molto più ampio, che riguarda tutti noi: il declino del patrimonio ambientale. È un fatto di cui si parla poco, ma che possiamo constatare continuamente, soprattutto per quanto riguarda l'aspetto più vicino a noi: la biodiversità.

Oggi questa parola viene usata spesso, nel linguaggio scientifico, in documenti informativi, in scritti politico-sociali e nei mass media. In generale, come "biodiversità" si intende il numero di specie di un dato gruppo biologico o di un dato contesto spaziale.

La realtà è tuttavia più complessa. Consideriamo alcune definizioni recenti, che sono state proposte indipendentemente l'una dall'altra, ma risultano tra loro abbastanza compatibili:

"Diversità biologica significa la variabilità tra gli organismi viventi di qualsiasi origine (...) Questo include la diversità entro le specie, tra specie ed ecosistemi.

In senso più generale, la biodiversità trasmette la ricchezza biologica del pianeta Terra. È il risultato di un processo, lungo e complesso, di evoluzione della vita ... ecc.”⁽¹¹⁾

“Biodiversità è l'insieme di strutture e funzioni diversificate, che i sistemi viventi hanno sviluppato, sotto il vaglio dell'evoluzione naturale, in base all'efficienza nell'uso delle risorse materiali ed energetiche.” ⁽¹²⁾

La biodiversità è il risultato dell'evoluzione, che si risolve in un processo di auto-organizzazione dei viventi a livello spaziale, temporale e relazionale tra organismi, specie e comunità. In sostanza, con la biodiversità si vuole misurare il successo ottenuto dai viventi mediante l'evoluzione: un obiettivo ambizioso, per il quale oggi si hanno alcune premesse interessanti. ⁽¹³⁾

Da queste definizioni risulta chiaro che il numero degli oggetti considerati è irrilevante, se si tratta di dare una valutazione del processo evolutivo: a questo scopo, infatti, non basta contare gli oggetti ma si deve scegliere il criterio che ci permette di individuare un ordine (se esiste) che viene definito dall'insieme degli oggetti stessi. La situazione è analoga a quella di chi volesse valutare libri in base al loro numero: se si tratta di libri mescolati sul banco di un rivenditore di libri usati, il valore sarà molto basso (poco più del valore come carta da macero), perché sarà un aggregato più o meno casuale; se invece lo stesso numero di libri costituisce una biblioteca specializzata, ordinata per soggetti, il valore sarà molto più elevato. Il ragionamento può essere anche capovolto, se viene definito (arbitrariamente) il sistema di riferimento in base al quale gli oggetti vanno valutati.

Se quello che interessa è l'uso come carta da macero, il peso potrà permettere una valutazione adeguata, gli argomenti trattati non interessano; se invece si vuol formare una biblioteca, allora sarà necessario comparare i contenuti sulla base della nostra esigenza.

Il caso della perdita di una popolazione di *Tragus* può essere considerato nel quadro di due differenti sistemi di riferimento: nella scala globale e nella scala locale. Nel primo caso, *Tragus racemosus* è una tra le oltre 300.000 specie di angiosperme note, diffusa con migliaia di popolazioni: nessun pericolo di estinzione per questa specie, dunque la perdita di una popolazione non incide sul problema della sopravvivenza della specie e può essere considerata un evento normale, certamente bilanciato dalla formazione altrove di nuove popolazioni per motivi altrettanto casuali. A livello locale, invece, la perdita ha un significato: non tanto per la scomparsa della specie da questa zona, ma perché essa in questo caso definisce un contesto particolare. *Tragus racemosus* vive in ambienti aridi con carattere semi-naturale. Non lo troviamo nella vegetazione matura, che nel caso in oggetto sarà un bosco caducifoglio, probabilmente di roverella (*Quercus pubescens*). Questo vuol dire che, per la conservazione di *Tragus racemosus*, la costituzione di una riserva naturale avrebbe poco senso, perché l'ambiente di *Tragus* è generalmente considerato un ambiente blandamente degradato, disturbato.

Dove noi viviamo (in Italia, in Europa) abbiamo tre paesaggi: quello della vegetazione naturale (insieme primario e riserve), quello della vegetazione sfruttata (campi, parchi urbani) ed i residui, il Terzo Paesaggio, secondo una definizione di Clément (2004).

Questo Terzo Paesaggio è un ambiente che suscita poco interesse e scarsa attenzione, produce poco o nulla e i turisti non ci vanno (ricorda il Terzo Stato prima della rivoluzione francese)...E allora, lo lasciamo andare in malora, assieme al *Tragus* che nessuno conosce? Piano, ritorniamo al punto di partenza e cioè la biodiversità. Possiamo chiederci dove oggi, in Italia, in Europa, stia la biodiversità. Non sta nei boschi vetusti, relativamente poveri di specie, e certamente nemmeno nelle aree sfruttate, che per lo più tendono alla monocoltura: la biodiversità si annida proprio nel Terzo Paesaggio. Questo non è un fatto generale e necessario: negli ecosistemi tropicali il massimo della biodiversità è concentrato effettivamente nelle foreste vetuste. Negli ecosistemi temperati e mediterranei, invece, la vegetazione è frutto di dinamiche complesse, derivanti da millenni di disboscamenti, colture, pascoli e incendi perpetrati in un'epoca pre-industriale, in cui gli input energetici di ecosistemi e tecnosistemi (qui intesi come sistemi produttivi fortemente improntati dalla tecnologia umana) si mantenevano su grandezze confrontabili. Forse adesso si può capire perché anche *Tragus* fa notizia, almeno nella comunità di coloro che studiano la flora per passione, dedicandovi gran parte del tempo libero ed accettando le necessarie fatiche e sacrifici. Perché attraverso la flora, e soprattutto quella del Terzo Paesaggio, e nella percezione di singoli "angoli magici", è possibile ritrovare la propria identità. Un risultato importante, in tempi di globalizzazione. Identità, collegamento al territorio nel quale si è nati e cresciuti; il nostro habitat ideale, che deve vivere perché, insieme, si possa continuare a viverci: noi, e chi verrà dopo di noi.



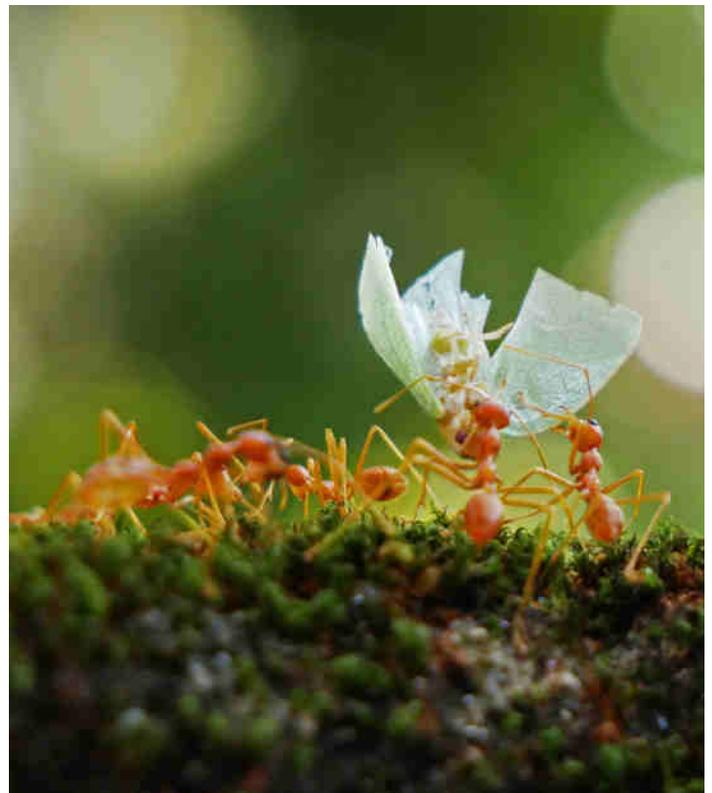
Biodiversity assessment: ansietà o conoscenza?

Chi conosce la flora di un dato territorio, durante le esplorazioni floristiche soddisfa un atavico istinto di caccia e, reiterando la visita a un luogo già esplorato, si compiace nel trovare conferme sull'esattezza della propria mappa mentale, analogamente al cacciatore che sa come e dove stanare una buona preda.

È probabile che le iniziative volontarie di esplorazione e cartografia floristica abbiano riscosso particolare successo nell'Italia del nord-est poiché vi si ritrovano, sublimati, tutti gli elementi dell'attività venatoria, notoriamente tenuta in grande considerazione in quegli stessi luoghi. Lo stile di vita contemporaneo ingenera facilmente stati di ansia, sia per la velocità con cui evolvono, cambiando forma, strumenti e scenari della quotidianità, sia perché per la nostra esistenza diventano indispensabili oggetti e servizi dei quali il singolo individuo conosce soltanto alcune funzionalità, e dispone di limitatissime possibilità di controllo.⁽¹⁴⁾

Per scrivere si utilizza un *software* installato su un *computer*; strumento utilissimo, indispensabile a molti, anche se ben pochi saprebbero da dove partire per costruirne uno ex novo. Ma anche quei pochi, da soli, non saprebbero mai procurarsi le materie prime necessarie per assemblarne le varie componenti. L'ignoto fa parte del nostro mondo quotidiano. Anzi, vi si concentra, costringendo l'uomo al paradosso di confrontarsi con la propria inattività proprio mentre si dibatte per trovare una condizione di vita soddisfacente all'interno di un contesto economico, tecnologico e infrastrutturale determinato esclusivamente dall'uomo medesimo, sia pure nella sua dimensione sociale e collettiva.

Le analogie tra la condizione dell'uomo e quella degli insetti sociali si sono enormemente accresciute, negli ultimi due secoli. Tutte le formiche di una colonia, tranne una, sono sterili e tutte insieme si adoperano per mantenere in vita quell'unica formica in grado di assicurare la perpetuazione del patrimonio genetico della comunità. La regina, dal canto suo, pur essendo l'unica in grado di assolvere all'indispensabile funzione riproduttiva, è impotente sotto tutti gli altri punti di vista: inerme e del tutto inabile al lavoro, non potrebbe mai sopravvivere senza l'assistenza di operaie, soldati, nutrici. L'impotenza relativa di ciascuno degli individui che compongono la colonia rinsalda il rapporto di interdipendenza, rendendo obbligatoria la convivenza all'interno della colonia medesima.⁽¹⁵⁾



Nel caso dell'uomo, è l'impotenza tecnologica e cognitiva del singolo individuo a rinsaldare l'interdipendenza, ma il risultato è analogo: lo stile di vita delle società tecnologicamente avanzate rende obbligatoria la convivenza in colonie composte da un gran numero di individui, ciascuno dei quali con una funzione a cui assolvere per mantenere vitale ed attiva la collettività.

Fino a poco tempo fa, l'impotenza tecnologica e cognitiva del singolo individuo era assai più contenuta, le relazioni di interdipendenza interessavano piccoli gruppi di persone, lo spazio di azione di ciascuna colonia umana era alquanto limitato e l'utilizzo del territorio, le infrastrutture, gli strumenti di lavoro riflettevano un'originalità operativa e tecnologica più spiccata di quella contemporanea. Ciascuno era stimolato a esercitare la propria inventiva per raggiungere collettivamente un tenore di vita soddisfacente con risorse solitamente assai limitate. In società poco avanzate, la potenza creativa del singolo individuo viene dunque maggiormente esaltata, e questo ha probabilmente anche delle ripercussioni sul tasso di procreazione: il senso di impotenza tecnologica e cognitiva può degenerare in un'impotenza psicologica e proattiva, con pesanti conseguenze a livello emotivo.

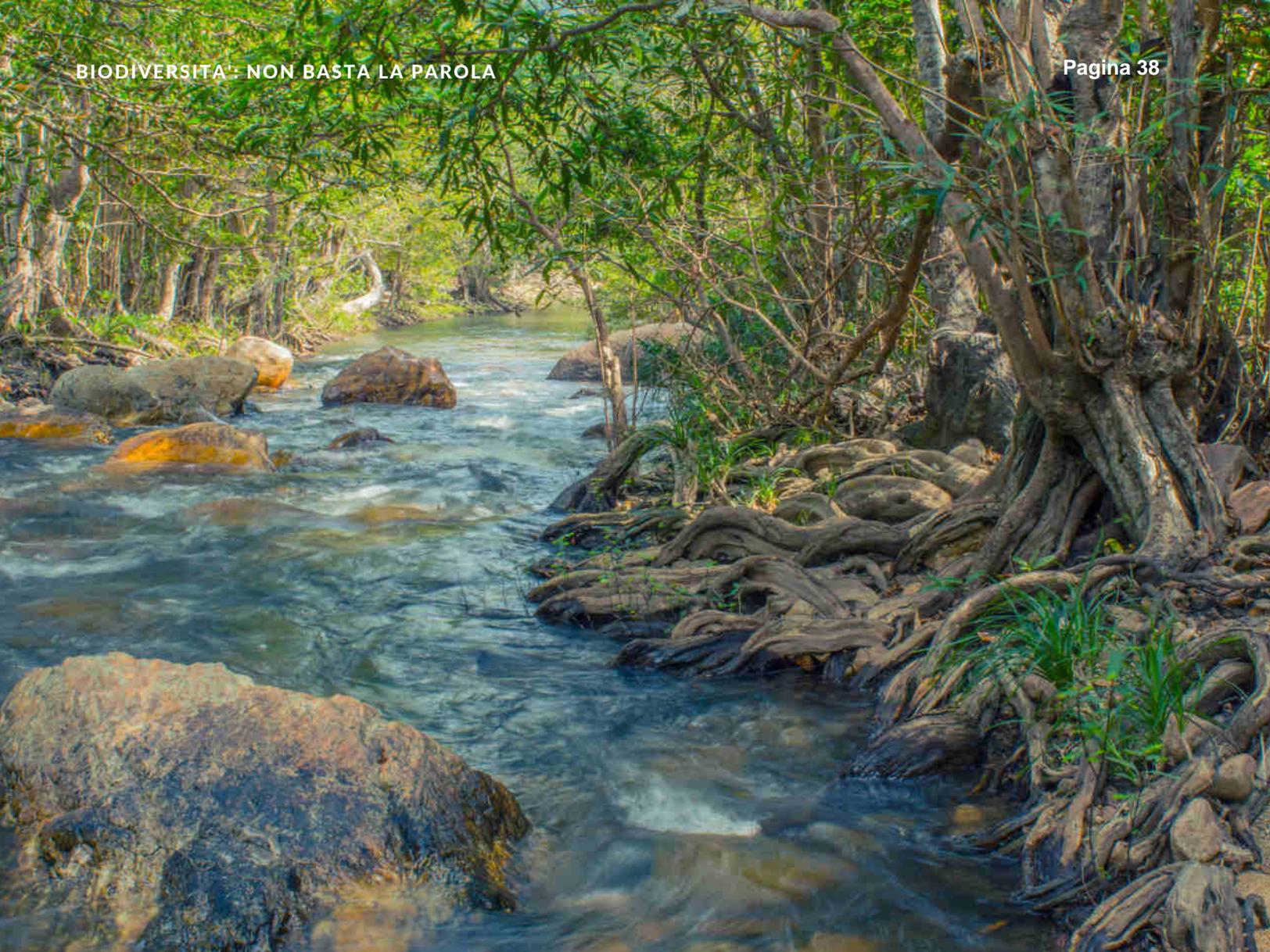
Tra il serio e il faceto, qualche anno fa uno di noi scrisse che un'escursione botanica rasserena, poiché l'osservazione delle piante, mirabile sintesi di bellezza discreta e di laboriosa produttività, offre a coloro che soffrono di un impoverimento delle energie vitali il compenso della catarsi estetica, l'ebbrezza di uno stordimento contemplativo.⁽¹⁶⁾ Muoversi in ambito extraurbano è di per sé rilassante, dato che solitamente ci si porta in contesti che recano le tracce di un'epoca in cui

si viveva in modo meno addensato, le connessioni tra gli insediamenti erano blande, lente e poco efficienti, le relazioni di interdipendenza interessavano piccoli gruppi di persone, in cui ciascuno godeva, percentualmente, di maggior considerazione: in una società composta da 100 persone, l'azione del singolo gode di maggior visibilità che in una società di 10.000 persone.

Il paesaggio che esploriamo quando andiamo a caccia di specie da annoverare nelle nostre *check-list* è frutto di un blando, estensivo sfruttamento delle risorse territoriali che ha addomesticato il paesaggio primordiale ("*...ove per poco il cor non si spaura*"), trasformandolo in un paesaggio culturale tradizionale, modellato da una tecnologia alla portata di tutti, che noi, vittime e artefici di una tecnologia non più controllabile dal singolo, tendiamo a idealizzare. ⁽¹⁷⁾

La mappa mentale del contesto urbanizzato nel quale viviamo è piena di *terrae incognitae* che ci infondono un misto di sgomento e di scoramento. Al contrario, la mappa mentale del nostro territorio di esplorazione floristica è ben conosciuto o facilmente conoscibile (basta avere dimestichezza con la flora) e l'unico elemento disturbante e ansiogeno è l'imprevisto: la scomparsa di una specie che stava sotto i nostri occhi fino a ieri, fosse anche *Tragus racemosus*, o la comparsa di una famigerata specie esotica che fino a ieri non c'era. Da qui, l'attuale frenesia (per certi versi lodevole) nell'intraprendere azioni per la conoscenza, la salvaguardia, la conservazione della biodiversità.

Nei vasti inurbamenti in cui viviamo, che si accrescono e cambiano a vista d'occhio, restano ben pochi riferimenti. Tutti gli inurbamenti sono collegati tra loro da corridoi tecnologici e di servizio, che vengono sfruttati



anche per frenetiche incursioni in ciò che è esterno al tecnosistema, e che pertanto evolve meno rapidamente e conserva, insieme a tracce del nostro passato, anche pallide reminiscenze di ciò che era primordiale (o *wild*). Pur non dubitando sulla buona fede di chi si batte per la conservazione della biodiversità per motivi etici, animato da un sincero amore ed interesse verso la natura, per molti "interventisti" la conservazione della biodiversità risponde a un'ansiosa volontà di dominio anche su ciò che, per mantenersi tale, non dovrebbe sottostare al controllo deterministico dell'uomo. Il comportamento isterico della società contemporanea mette l'*outdoor activity*, la *wilderness experience* sullo stesso piano di altre forme di intrattenimento:

si guarda alla natura per distrarsi, come si guarda la televisione. A furia di fare cose per distrarci, stiamo diventando incapaci di concentrazione, superficiali, inermi. Poiché non ci vogliamo sentire inermi, abbiamo frammentato la complessità della vita in un insieme di caselle, per ciascuna delle quali eleggiamo un guardiano/guida, che ci dice "*dove, cosa, come*": il dietologo, lo psicologo, il tour operator, la guida escursionistica e ambientale... In ogni casella c'è un Caronte che ci traghetta verso la casella successiva. Se Caronte non c'è, lo si crea, affidandogli un pezzetto di *wilderness* da domare, affinché l'indomani si possano invitare gli amici nella nuova casella, per esplorarne distrattamente i sentieri, sicuri di non scivolare.

Verso una sostenibilità condivisa

La ricerca di una via verso la sostenibilità dei sistemi produttivi di origine antropica dovrebbe necessariamente partire da situazioni locali per arrivare ad un inserimento nel quadro globale. Va premesso, che non esistono ricette pre-confezionate da proporre, è soltanto possibile delineare strategie diverse. Ad esempio, ciò che vale per il Mediterraneo, bioma terrestre centrato su un mare, potrebbe non valere per l'Europa media, per ragioni ecologiche, demografiche ed economiche.

Cerchiamo di definire, per continuare con il nostro esempio, su quali risorse si possa contare nell'area mediterranea per affrontare la sfida della globalizzazione in condizioni di sostenibilità ambientale, ovvero assicurando il mantenimento dei servizi ecosistemici.

Consideriamo anzitutto lo stato dell'ambiente. Nei paesi mediterranei, le superfici che offrono condizioni ambientali più vantaggiose sono utilizzate per l'agricoltura, e le aree in condizioni prossimo-naturali sono circa il 20% del totale (se si escludono Algeria, Libia ed Egitto, i cui territori includono ampi settori sahariani). Un quinto della superficie sembrerebbe un dato abbastanza positivo, ma va tenuto conto che tali aree si concentrano in distretti montani, quindi al di fuori dell'ambiente mediterraneo vero e proprio, ove la percentuale effettiva scende ben al di sotto del 10%. Una delle conseguenze più evidenti riguarda le biomasse, che sono (quasi) dappertutto molto al di sotto di quanto sarebbe necessario per assicurare il mantenimento dei servizi ecosistemici. Dunque, una parte considerevole della superficie dei paesi mediterranei è stata oggetto di sfruttamento millenario ed ora si



trova in condizioni di grave degrado. L'agricoltura è limitata alle aree più favorite, con prodotti di alta qualità (vino, olio, ortaggi e frutta), ma per quanto riguarda gli alimenti essenziali non riesce a coprire completamente il fabbisogno interno. Non è migliore la situazione per quanto riguarda le materie prime: le attività minerarie sono in gran parte abbandonate, la produzione di petrolio e gas naturale è dispersa su varie aree sahariane; le riserve idriche sono già ora un grave problema, soprattutto nei paesi della sponda meridionale. Da quanto detto consegue che la disponibilità di risorse fisiche e biologiche convenzionali, nel bacino mediterraneo, è relativamente modesta. Tale *deficit* viene colmato con i proventi dell'industria turistica, i cui impatti sono concentrati sulla fascia costiera e causano il massiccio abbandono delle aree interne.

Per favorire una transizione verso la sostenibilità, la prima, vera risorsa potrebbe essere la capacità creativa dei popoli mediterranei, che ha avuto grandi successi nel passato. Non è che questa capacità si sia ora appannata, ma oggi i più dotati trovano scarse possibilità di realizzarsi nel contesto locale e frequentemente migrano altrove: una drammatica fuga di cervelli. Dall'altro lato, va tenuto presente il forte squilibrio demografico che determina un differente flusso migratorio in senso Sud - Nord dalle aree depresse dell'Africa settentrionale verso i bacini industriali dell'Europa. La politica dell'EU è orientata verso una drastica limitazione di questo flusso mediante draconiane misure di sicurezza, quasi si trattasse di paesi in aperto conflitto.

La liberazione delle grandi potenzialità latenti nei popoli mediterranei può avvenire soltanto attraverso il riconoscimento e sviluppo della complementarità e partnership tra Europa - Asia - Africa in questa area geografica. È necessario sviluppare forme nuove di collaborazione scientifica e culturale.

L' *Homo mediterraneus*, "dal multiforme ingegno", è un modello di cui sono partecipi tutti i popoli mediterranei, benché differenti per storia, lingua e religione, esemplificato da Ulisse. Ma il discorso non si può limitare ai soli archetipi maschili: accanto a Ulisse, Enea, Icaro, Prometeo, ci sono anche Demetra, Artemide, Calipso, Penelope, dalle quali ci vengono messaggi differenti, ma non meno qualificanti: fecondità, intelligenza creativa, inserimento nella natura.

La donna presso i più antichi popoli mediterranei aveva una posizione preminente, talora con forme di matriarcato; con l'espandersi della cultura classica la situazione è cambiata e nel medioevo si è mantenuta

una condizione di assoggettamento, che in parte continua ancora adesso. Ma non è pensabile che la donna possa svolgere la funzione trainante che le spetta, se questa condizione non viene - definitivamente - superata.

Concludendo con il nostro esempio, l'avviamento verso la sostenibilità richiede azioni coordinate:

- approfondimento delle conoscenze sull'ecosistema mediterraneo
- restauro ambientale basato sulla conoscenza delle condizioni naturali,
- potenziamento dell'istruzione e della ricerca scientifica,
- investimenti nelle energie alternative,
- incentivazione di un turismo rispettoso dei luoghi,
- riprogettazione, in chiave contemporanea, di modelli insediativi improntati alla "ruralità diffusa" che presidiavano il territorio fino ad un recente passato,
- controllo demografico,
- maggiori opportunità per la creatività femminile,
- partenariato e cooperazione tra tutti i paesi mediterranei.



Queste azioni richiedono il preliminare approfondimento delle conoscenze sulle relazioni ecosistemiche nell'ambiente mediterraneo, un compito che può sembrare immane, ma che tuttavia è certamente alla portata e può essere realizzato in un tempo contenuto. Si ricordi il successo delle ricerche combinate geofisiche e geologiche sulla struttura del bacino mediterraneo, che in tre decenni hanno chiarito la genesi e le condizioni di un'area geologicamente tra le più complesse e tormentate del globo. L'alternativa significa accontentarsi delle conoscenze attuali ed affidare, come oggi, lo sviluppo al turismo ed alla produzione di nicchia - attività fortemente dipendenti dalle variazioni dei mercati esteri - cioè rassegnarsi alla progressiva marginalizzazione dell'area mediterranea rispetto all'economia globale. Si apre una grande sfida, che coinvolge la comunità scientifica, gli istituti di istruzione

d'obbligo e superiore, chi opera sul territorio, i centri di ricerca e sviluppo tecnologico, gli imprenditori e più in generale i responsabili delle politiche territoriali, sociali ed economiche. È necessario approfondire il confronto per impostare coraggiosamente le basi di una convivenza pacifica, eliminando le situazioni di conflitto. I recenti risultati della ricerca scientifica dimostrano l'unicità del Mediterraneo, nelle sue componenti fisiche e biologiche. Su queste basi va sviluppata una nuova metanoia, cioè il necessario rinnovamento della cultura dei popoli mediterranei, coerente con il loro sviluppo millenario, ma anche con le nuove esigenze del mondo globalizzato. Dopo millenni durante i quali la natura è stata considerata oggetto di sfruttamento, è necessario arrivare alla consapevolezza che l'ecosistema è fonte insostituibile d'ispirazione e modello per le attività sostenibili.



L'ancoraggio a culture tradizionali

Il sistema capitalista esiste soltanto da due secoli o poco più: se qui sta il male, sarebbe possibile tornare a qualche tipo di società precedente? Evidentemente no, perché il potere e lo sfruttamento

del lavoro esistono da quando esiste la storia umana, cioè da migliaia di anni. Nessuno può seriamente proporre il ritorno a società feudali, o di cacciatori e raccoglitori. Però possiamo chiederci se nelle culture tradizionali esista tuttora qualche elemento alternativo rispetto al capitalismo. Qui bisogna ricordare che, all'origine, il capitalismo si sviluppa dall'etica protestante (M. Weber), quindi da quella parte è dubbio che possano provenire indicazioni su come superarlo. In linea più generale, sembra che le religioni monoteiste abbiano una parte importante nella formazione di un mondo basato su violenza, guerra, conquista, potere. Questo probabilmente deriva dalla pretesa di possedere la verità, attraverso la rivelazione, e di avere la missione di imporla agli altri (fondamentalismo).



Da questo sono derivate persecuzioni, genocidi e guerre di religione; anche l'attuale integralismo islamico deriva da questa matrice. Alla base sta una visione dualistica della realtà, divisa tra corpo-anima, materia-spirito. Questo tuttavia non esclude che in queste culture possano anche emergere

pensatori di grande profondità (ad es., A. Schweitzer) e iniziative molto avanzate, ad es. nel campo del volontariato. Per quanto riguarda la biodiversità, la visione dualistica mette l'uomo in una posizione privilegiata rispetto agli altri viventi e la Bibbia autorizza lo sfruttamento di piante ed animali per le esigenze umane: anche questo va superato.

Su una posizione alternativa si trovano le religioni orientali, soprattutto il buddismo che riconosce la fondamentale unità dei viventi. Molte idee di pensatori cinesi (anche nelle tradizioni taoista e confuciana) sembrano anticipare le basi della teoria ecologica (ad es. Tien Tai): cinesi, giapponesi ed indiani potrebbero affrontare il problema della decrescita come una reinterpretazione moderna della propria cultura tradizionale. La rivoluzione pacifica guidata da Gandhi ne è la prova. Per i popoli europei e mediterranei, invece sarà necessaria una svolta drastica.

Per imporre questo cambiamento è necessario superare il ghetto antropico ed imparare a vedere i problemi a livello di biosfera. Sarà necessario superare il dualismo materia-spirito e stringere una nuova alleanza con tutti i viventi. Oggi prevale l'individualismo e l'interesse egoistico; si deve superare l'abitudine a giudicare ed agire in termini di "io" e passare ad un "noi" allargato, tale da includere tutto il mondo vivente.

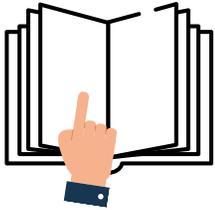
Un problema ulteriore è costituito dalla scala temporale: il sistema capitalista si muove con grande rapidità e tendenziale accelerazione, mentre per creare una nuova cultura ci vogliono tempi lunghi. Siamo già fuori tempo? È possibile pensare ad un mondo nel quale si viva in condizioni di stabilità, senza l'ansia di

crescita che caratterizza il capitalismo, e nel quale tutti i viventi, dai microrganismi all'uomo, abbiano una propria nicchia. Il benessere dell'uomo, in passato, era associato a uno stato di soddisfacimento equilibrato e durevole, ispirato al concetto ecologico di autopoiesi. L'*ἀταραξία* dei greci, l'*otium* dei latini, ma anche il concetto estone di *rahulolu*, sono espressioni di un appagamento da assaporare constatando la soddisfazione non dei propri desideri, ma dei bisogni primari del corpo e dello spirito.

Questa situazione si è mantenuta fino all'inizio dell'evo moderno, quando la popolazione mondiale non superava il mezzo miliardo. Tuttavia questa cifra è poco significativa perché i progressi scientifici e tecnologici degli

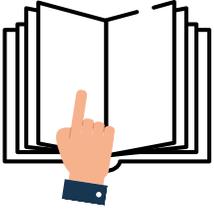
ultimi secoli hanno permesso di aumentare notevolmente la produttività delle lavorazioni agricole ed artigianali. Comunque, una drastica diminuzione della popolazione mondiale rispetto agli attuali 8 miliardi sembra inevitabile, e durante questa fase sarà necessario un patto di stabilità per regolare i movimenti migratori dai paesi sovrappopolati. E' chiaro che si tratta di processi complessi, sicuramente non indolori.

Prima o poi il capitalismo andrà in crisi, ed esiste il rischio che si apra una fase di gravi conflitti. Di fronte a questi deve essersi formata una porzione di umanità, numericamente maggioritaria, in grado di affermare una società stabile, senza sfruttamento del lavoro di altri e ben integrata nell'ambiente e con gli altri viventi.



Note & Riferimenti

1. Thomas, C., Williams, S., Cameron, A. et al. Uncertainty in predictions of extinction risk/Effects of changes in climate and land use/Climate change and extinction risk. *Nature* 430, 34 (2004).
2. Celesti Grapow, L., Atlante della flora di Roma. Quaderni dell'Ambiente 3, Argos Edizioni, Roma (1995).
3. Leakey, R., Lewis, R., *The Sixth Extinction: Patterns of Life and the Future of Humankind*. Doubleday, New York (1995). Per l'estrazione delle terre rare si stima un consumo complessivo di circa 90 m³/kg.
4. Bertoloni A., 1833-1855, *Flora Italica, Bononiae*.
5. Pignatti, S., *Flora d'Italia*, I edizione. Edagricole, Bologna (1984).
6. Conti, F., Abbate, G., Alessandrini, A., Blasi C., *An annotated checklist of the Italian vascular flora*. Palombi Editori, Roma (2005).
7. Pignatti, S., Guarino, R., La Rosa, M., *Flora d'Italia*, II edizione. Edagricole, Edizioni Agricole di New Business Media, Bologna (2017-2019).
8. Stinca, A.; Musarella, C.M.; Rosati, L.; Laface, V.L.A.; Licht, W.; Fanfarillo, E.; Wagensommer, R.P.; Galasso, G.; Fascetti, S.; Esposito, A.; Fiaschi, T.; Nicoletta, G.; Chianese, G.; Ciaschetti, G.; Salerno, G.; Fortini, P.; Di Pietro, R.; Perrino, E.V.; Angiolini, C.; De Simone, L.; Mei, G. *Italian Vascular Flora: New Findings, Updates and Exploration of Floristic Similarities between Regions*. *Diversity* 13, 600 (2021).
9. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/biodiversity>
10. Guarino R., Addamiano S., La Rosa M. & Pignatti S., 2008: Classificare per conoscere, identificare per riconoscere – Naturalmente - *Fatti e Trame delle Scienze* 21 (1): 50-54.; Guarino R., Addamiano S., La Rosa M. & Pignatti S., 2010: "Flora Italiana Digitale": an interactive identification tool for the Flora of Italy". In: Nimis P.L. & Vignes Lebbe R. (eds.): *Tools for identifying biodiversity: progress and problems*: 157-162; Marcenò C., Padullés Cubino J., Chytrý M., Genduso E., Salemi D., La Rosa A., ... & Guarino R. (2021). Facebook groups as citizen science tools for plant species monitoring. *Journal of Applied Ecology*. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13896>.
11. Royal Society, 2005: A user's guide to biodiversity indicators. EASAC (European Academies Science Advisory Council) policy report 04. The Royal Society, London, 41 pp.
12. Pignatti S., 2005a: La biodiversità, un concetto complesso. In: Ferroni F. (ed.) "Atti del convegno Ecoregioni e reti ecologiche, la pianificazione incontra la conservazione": 10-14. WWF, Roma.



Note & Riferimenti

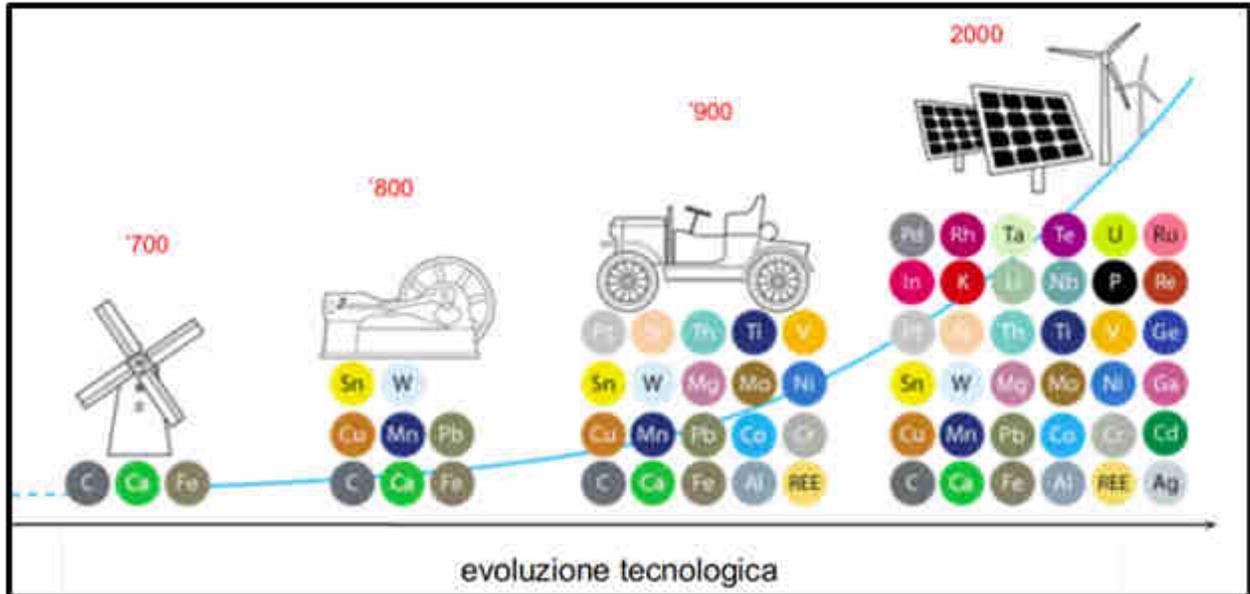
13. Pignatti S. (ed.), 2005b: Biodiversità e aree naturali protette. Ediz. ETS, Pisa, 238 pp.
 14. Menegoni P., Guarino R. & Pignatti S., 2011. Economia, ecologia e tecnologia: riflessioni su una convivenza difficile. *Naturalmente - Fatti e Trame delle Scienze* 24 (2), 8 (2011).
 15. B. Hölldobler, E. O. Wilson, *The Ants*. Springer, Berlino (1990).
 16. Guarino R. & Sgorbati S. *Guida Botanica al Parco Alto Garda Bresciano*. Tipografia Bonghi, S. Miniato (2004).
 17. Guarino, R., and Pignatti, S. *Diversitas and biodiversity: the roots of a 21st century myth*. *Rendiconti Lincei. Scienze Fisiche e Naturali* 20, 351 (2010).
-

Verso un sistema energetico rinnovabile. Sarà sufficiente per uscire dalla crisi ecologica?

Franco Padella



Il passaggio del sistema energetico dalle tecnologie fossili alle tecnologie rinnovabili è un cambiamento divenuto assolutamente necessario. Il raggiungimento di 417 parti per milione di CO₂ nell'atmosfera non è certo un dato che si possa osservare con superficialità. Tuttavia c'è un secondo dato che di solito resta in secondo piano se non totalmente trascurato: la transizione comporterà l'utilizzo di una grande quantità di materiali, con un contributo di specie chimiche molte delle quali differenti da quelle tradizionalmente utilizzate nel modello energetico fossile. In **figura 1** sono rappresentate le specie rilevanti per le tecnologie energetiche in funzione del loro grado di sviluppo.



Elenco dei principali elementi chimici conosciuti. In rosso le terre rare

Simbolo	Nome								
H	Idrogeno	Sc	Scandio	Nb	Niobio	Pm	Promezio	Tl	Tallio
He	Elio	Ti	Titanio	Mo	Molibdeno	Sm	Samario	Pb	Piombo
Li	Litio	V	Vanadio	Tc	Tecnezio	Eu	Europio	Bi	Bismuto
Be	Berillio	Cr	Cromo	Ru	Rutenio	Gd	Gadolinio	Po	Polonio
B	Boro	Mn	Manganese	Rh	Rodio	Tb	Terbio	At	Astato
C	Carbonio	Fe	Ferro	Pd	Palladio	Dy	Disprozio	Rn	Radon
N	Azoto	Co	Cobalto	Ag	Argento	Ho	Olmio	Fr	Francio
O	Ossigeno	Ni	Nichel	Cd	Cadmio	Er	Erbio	Ra	Radio
F	Fuoro	Cu	Rame	In	Indio	Tm	Tulio	Ac	Attinio
Ne	Neon	Zn	Zinco	Sn	Stagno	Yb	Itterbio	Th	Torio
Na	Sodio	Ga	Gallio	Sb	Antimonio	Lu	Lutezio	Pa	Protoattini
Mg	Magnesio	Ge	Germanio	Te	Tellurio	Hf	Afnio	U	Uranio
Al	Alluminio	As	Arsenico	I	Iodio	Ta	Tantalio	Np	Nettunio
Si	Silicio	Se	Selenio	Xe	Xeno	W	Wolframio	Pu	Plutonio
P	Fosforo	Br	Bromo	Cs	Cesio	Re	Renio	Am	Americio
S	Zolfo	Kr	Cripto	Ba	Bario	Os	Osmio	Cm	Curio
Cl	Cloro	Rb	Rubidio	La	Lantanio	Ir	Iridio	Bk	Berkelio
Ar	Argo	Sr	Stronzio	Ce	Cerio	Pt	Platino	Cf	Californio
K	Potassio	Y	Ittrio	Pr	Praseodi	Au	Oro	Es	Einsteinio
Ca	Calcio	Zr	Zirconio	Nd	Neodimio	Hg	Mercurio	Fm	Fermio

Figura 1. In alto: Elementi chimici ed evoluzione delle tecnologie energetiche.(1)
 In basso: principali elementi conosciuti, simbologia e denominazione. In rosso è rappresentata la famiglia di elementi denominata Terre Rare (Rare Earth Elements, REE).

Come rappresentato in **figura 2** i materiali necessari alla transizione sono ubiquitari, presenti in tutti i flussi di implementazione delle tecnologie necessarie alla transizione. Le quantità in gioco già oggi lasciano intravedere rischi nell'approvvigionamento sia in termini di disponibilità fisica che in relazione a problematiche di tipo geopolitico.

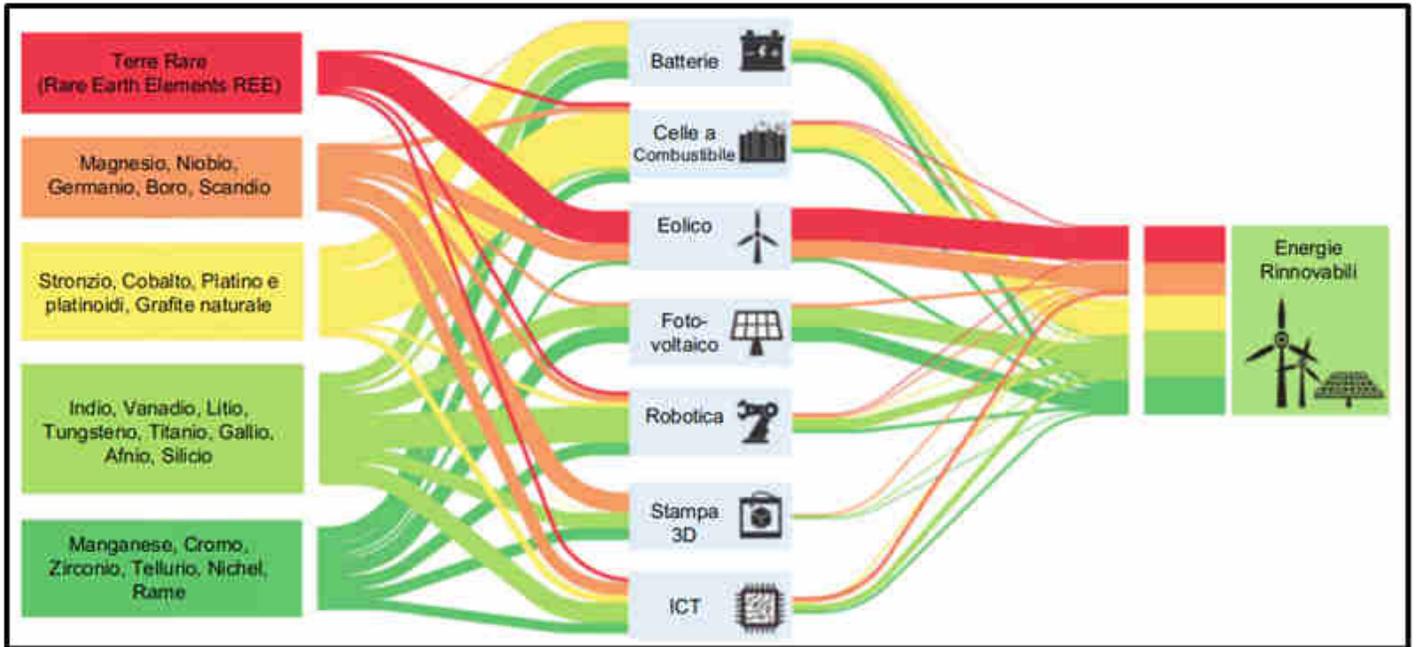


Figura 2. Flussi di materia nelle tecnologie necessarie alla transizione. Non sono considerati i materiali strutturali e conduttori di uso generale, quali acciaio, rame ed alluminio. ⁽²⁾

Accanto ai materiali di “nuovo” utilizzo, le tecnologie a basse emissioni di carbonio risultano anche essere a molto più alta intensità di metalli “tradizionali” rispetto alle tecnologie correnti. Un'auto elettrica contiene in genere 80 kg di rame ed anche i sistemi di generazione eolica o fotovoltaica contengono più rame di quelli fossili a parità di potenza. E' quindi del tutto logico aspettarsi una domanda di materie prime incrementata, con un altrettanto incrementata crescita in ricerca e produzione mineraria.

Nel seguito sono riportati gli schemi delle principali tecnologie necessarie alla transizione energetica focalizzando l'attenzione sui materiali ad essa necessari, sul potenziale incremento della domanda e sulle capacità del pianeta di rispondere al fabbisogno richiesto. A partire da ciò si evidenziano le criticità che una espansione tumultuosa delle attività di reperimento delle risorse, ove lasciata alle usuali dinamiche di mercato, farà ancora una volta ricadere in termini di impatti ambientali e sociali sull'intero ecosistema terrestre .





Incidenza dei materiali nelle tecnologie

Per valutare l'impatto che un dato materiale ha nello sviluppo di una tecnologia risulta utile utilizzare un indicatore che preveda l'incidenza di tale materiale nell'ottenimento di un determinato output. Tale indicatore, detto intensità del materiale, viene espresso come il quantitativo del materiale necessario per ottenere una unità di risultato nel servizio prodotto.

Nel caso della produzione di energia, l'intensità del materiale corrisponde al rapporto della massa dello specifico materiale utilizzato in una determinata tecnologia (o dispositivo) per unità di potenza installata (MW o multipli/sottomultipli). Una stima delle necessità globali dei materiali nella transizione energetica deriva quindi dalla stima della produzione di energia prevista nella specifica tecnologia, dal mix energetico di produzione rinnovabile ad un dato tempo e dalle modifiche nelle tecnologie dei consumi (come ad esempio la sostituzione dell'auto con il motore a scoppio con l'auto elettrica). In uno scenario ad alta ambizione, del 55% di riduzione di climalteranti al 2030 e 100% al 2050 (rispetto al 1990), si suppone un raddoppio della produzione elettrica finale al 2050, con una produzione da eolico e solare dell'80%. In tale scenario, nel settore trasporti, che nelle economie avanzate pesa per circa il 30%, si suppone una completa transizione elettrica ottenuta per mezzo di batterie o di idrogeno + celle a combustibile.



Le tecnologie per l'elettrificazione

Il solare fotovoltaico

Sebbene i pannelli solari siano costituiti prevalentemente (ma non solo) da silicio nel materiale attivo, acciaio e alluminio e rame sono ampiamente utilizzati per strutture, connessioni e cablaggio (vedere figura 3 per una rappresentazione completa dei materiali necessari alle differenti implementazioni possibili della tecnologia).

Calcestruzzo, plastica, vetro, sono pure presenti nei componenti strutturali e comuni a tutte le tecnologie fotovoltaiche. Per i materiali funzionali si notano intensità variabili in funzione della specifica tecnologia e della sua evoluzione. Oltre al silicio si notano indio, gallio e selenio, il rame è anche componente funzionale nella tecnologia CIGS che insieme al

silicio amorfo e al tellururo di cadmio (CdTe) fa parte della famiglia dei film sottili.

Complessivamente per il solo rame si valuta un incremento di 7-10 milioni di tonnellate rispetto al consumo attuale per soddisfare la domanda di energia solare al 2030 (anche se molto dipende dal tipo di tecnologia solare che si rivelerà dominante). Considerando il solo obiettivo intermedio del 2030, il dato mondiale per i materiali strutturali sale a oltre 100 miliardi di tonnellate/anno di richiesta, per il silicio ammonta a oltre 1,5 milioni di tonnellate, per l'argento a circa 5000 tonnellate, mentre selenio, tellurio e cadmio stanno tra 1000 e 1650 tonnellate/anno. Gadolinio, germanio ed indio sono a 120, 225 e 450 tonnellate anno. ⁽⁴⁾

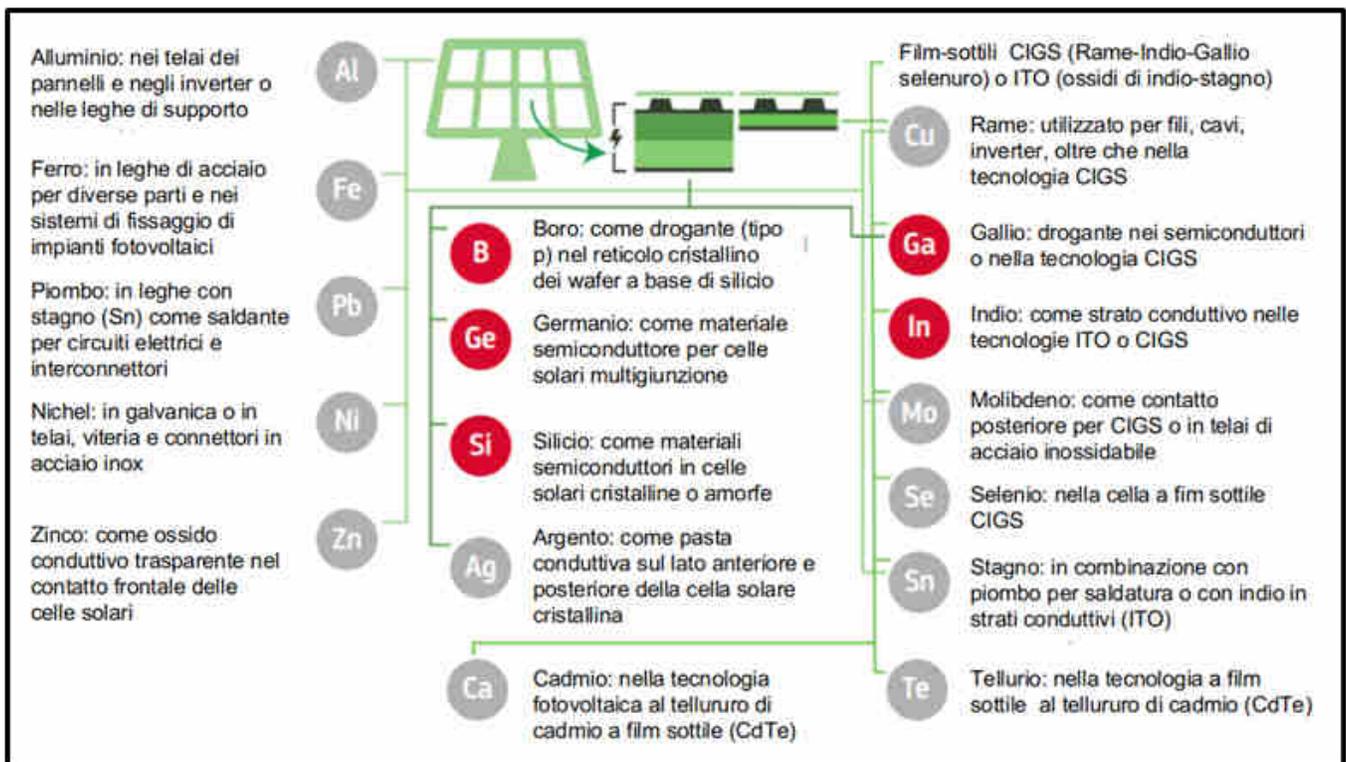


Figura 3. Materiali e loro utilizzo nella tecnologia fotovoltaica. ⁽³⁾



Intensità dei materiali e previsione di richiesta per la generazione fotovoltaica

Intensità dei materiali per la generazione fotovoltaica attuale e stimata

Tecnologia	Materiale	Unità	Anno		
			2018	2030	2050
Tutte	Calcestruzzo	t/MW	60.7		
	Acciaio		67.9		
	Plastica		8.6		
	Vetro		46.4		
	Al		7.5		
	Cu		4.6		
c-Si	Si	t/GW	4	3.5	3
	Ag		20	11	5
CdTe	Cd	t/GW	85	60	35
	Te		95	70	40
CIGS	Cu	t/GW	24	17.5	15
	In		27	17	10
	Ga		7	4.5	2.5
	Se		60	40	20
a-Si	Si	t/GW	150	130	110
	Ge		48	32	20

Consumo di materiali attuale e stimato per la generazione fotovoltaica.

Materiale	Stima situazione europea			Stima situazione mondiale		
	Domanda Attuale*	Incremento fabbisogno annuale stimato		Domanda Attuale*	Incremento fabbisogno annuale stimato	
	quantità (t)	% al 2030	% al 2050	quantità (t)	% al 2030	% al 2050
Calcestruzzo	493 959	850	2 100	6071 429	520	690
Acciaio	552 072			6785 714		
Plastica	69 735			857 143		
Vetro	377 734			4642 857		
Alluminio	61 019			750 000		
Rame	37 777			464 329		
Argento	155	400	400	1 908	260	150
Cadmio	16.3	1 300	3 600	201	820	1 200
Gallio	1.1	1 400	3 800	14	860	1 260
Germanio	1.2	2 500	8 500	15	1 500	2 800
Indio	4.3	1 300	4 000	53	850	1 300
Selenio	9.5	1 500	3 700	117	900	1 180
Silicio	31 045	700	1 200	381 585	420	400
Tellurio	18.2	1 400	3 800	224	850	1 220

*2018

L'eolico

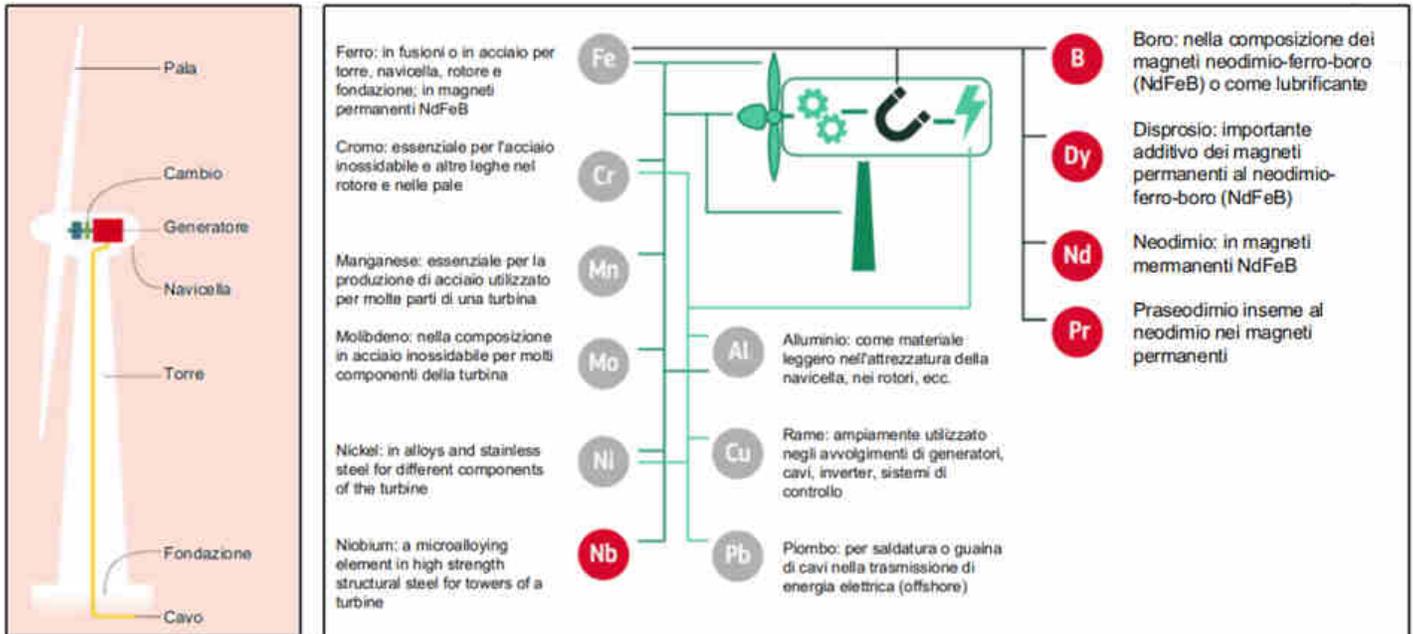


Figura 4. Sinistra: schema di una generica pala eolica. Destra: materiali e loro utilizzo nella tecnologia eolica. ^{(2) (3)}

Le turbine eoliche richiedono grandi quantità di acciaio. Per raggiungere gli obiettivi della transizione energetica servirà un gran numero di turbine eoliche, la cui la capacità di generazione sta aumentando rapidamente, arrivando al momento attuale fino a 15 MW per turbina. Man mano che le turbine diventano più potenti, il numero necessario diminuirà e quindi diminuirà il consumo di acciaio dell'industria eolica. La domanda di altri metalli dipende dal tipo di turbina eolica che viene adottata. Esistono sostanzialmente due tipi di turbine eoliche: ad ingranaggi ed a trasmissione diretta. Nelle prime la velocità di rotazione relativamente bassa della turbina è convertita in una velocità molto più elevata per il generatore, mentre nelle seconde è utilizzato un generatore a bassa velocità. La maggior parte delle turbine a trasmissione diretta ha magneti permanenti, contenenti terre rare. In **figura 4** è riportata la rappresentazione di

una generica pala eolica, con i dettagli relativi ai materiali ed al loro utilizzo per la tecnologia. Le installazioni eoliche hanno una forte dipendenza dalle specifiche scelte costruttive effettuate: trasmissione diretta o ad ingranaggi, potenza del generatore, altezze, scelta dei materiali strutturali, eccetera. Per tale motivo si registra un'ampia variabilità nelle intensità dei materiali utilizzati, che vengono a dipendere anche dalle scelte ingegneristiche della ditta costruttrice, oltre che dai vincoli fisici e tecnologici sottostanti. L'incremento annuale del consumo di materie prime previsto per l'eolico è del 650% per i materiali strutturali e conduttivi al 2030, dato che diventa il 750% al 2050. Per quanto riguarda i materiali funzionali l'incremento va dal 1000% al 1500% per il boro rispettivamente per il 2030 e il 2050, con valori leggermente inferiori ma di andamento analogo per le terre rare disprosio, neodimio, praseodimio, terbio. ⁽⁴⁾



Intensità dei materiali e previsioni di richiesta per la generazione eolica

Materiale	t/GW	
	Min	Max
Calcestruzzo	243 500	413 000
Acciaio	107 000	132 000
Polimeri	4 600	
Compositi	7 700	8 400
Alluminio	500	1 600
Boro	0	6
Cromo	470	580
Rame	950	5 000
Disprosio	2	17
Ferro (cast)	18 000	20 800
Manganese	780	800
Molibdeno	99	119
Neodimio	12	180
Nichel	240	440
Praseodimio	0	35
Terbio	0	7
Zinco	5 500	





Consumo attuale e incrementi stimati per i materiali necessari nelle installazioni eoliche in sede europea e nel mondo

	Materiale	Domanda attuale*			Incremento fabbisogno annuale stimato	
		Onshore	Offshore	Totale	% al 2030	% al 2050
		quantità (t)				
Stima situazione europea	Calcestruzzo	2979731	1098398	4078129		
	Acciaio	961081	441507	1402588		
	Plastica	37598	17489	55087		
	Vetro	65429	31104	96533		
	Alluminip	9645	3030	12675		
	Cromo	4210	2053	6263		
	Rame	20046	9302	29347		
	Ferro	158566	77139	235705		
	Manganese	6442	3014	9456		
	Molibdeno	876	425	1301		
	Nichel	3211	1118	4329		
	Zinco	44954	20911	65865	500	1150
	Boro	5	18	23		
	Disprosio	42	53	95		
	Neodimio	305	552	857		
	Praseodimio	49	101	150		
	Terbio	12	20	32	600	1500
Stima situazione mondiale	Calcestruzzo	16171760	1380150	17551910		
	Acciaio	5397950	525758	5923708		
	Plastica	216200	20700	236900		
	Vetro	371394	36446	407840		
	Alluminip	56870	4010	60880		
	Cromo	23486	2375	25861		
	Rame	89911	11131	101042		
	Ferro	890086	89600	979686		
	Manganese	36914	3557	40471		
	Molibdeno	4907	493	5400		
	Nichel	18330	1442	19772		
	Zinco	258500	24750	283250	650	750
	Boro	57	16	73	1000	1500
	Disprosio	262	51	314	850	1150
	Neodimio	2302	512	2814	900	1300
	Praseodimio	356	94	450	950	1380
	Terbio	98	19	117	850	1180

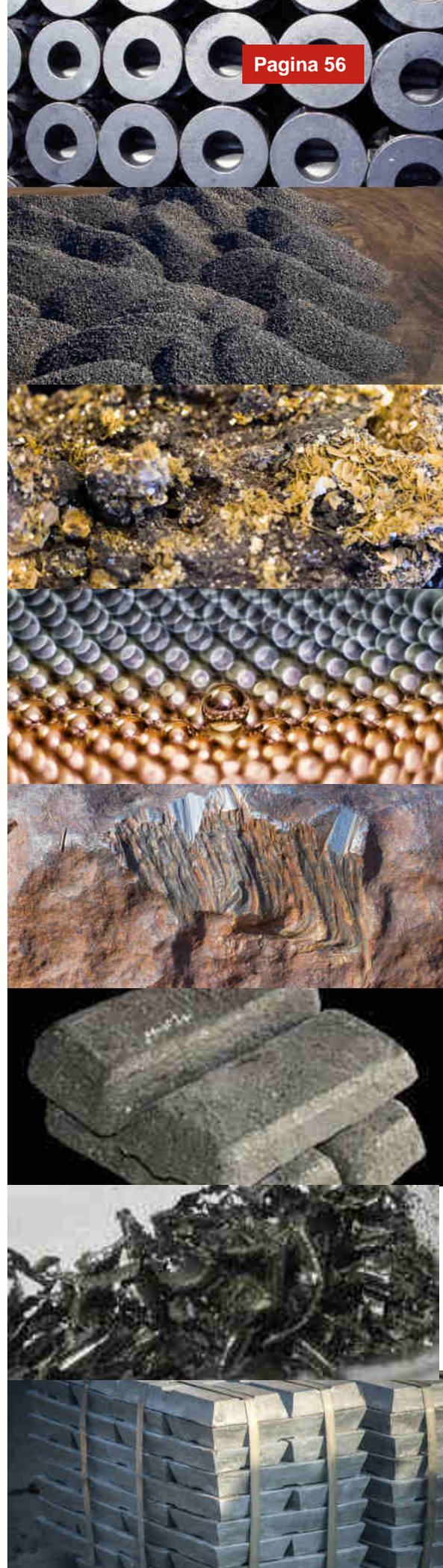
*2018

Intensità dei materiali e tecnologie eoliche

- **Calcestruzzo.** Esistono diversi requisiti di massa per le turbine eoliche onshore e offshore, con valori inferiori per queste ultime rispetto alle prime.
- **Acciaio.** I modelli di turbine esistenti utilizzano tra 107 e 132 t di acciaio per MW di capacità installata.
- **Materiali polimerici e compositi.** I valori sono praticamente identici tra i diversi tipi di turbina.
- **Alluminio.** Nelle turbine a trasmissione diretta è preferito il rame. Ci possono essere requisiti diversi per le turbine eoliche onshore e offshore ed anche in una certa misura la sostituzione selettiva del rame con l'alluminio nel trasformatore a bobina nella navicella o nella torre.
- **Boro.** Materiale utilizzato nel magnete permanente del generatore a turbina. La stima più bassa è per turbine ad alta e media velocità con cambio; la stima più alta è per le turbine a trasmissione diretta.
- **Cromo.** Utilizzato negli acciai, con un contenuto più elevato negli acciai altolegati.
- **Rame.** Presente in tutti i tipi e modelli di turbine, la gamma di valori possibili per il rame è ampia con un valore mediano di circa 2 100 t / GW. I generatori a trasmissione diretta possono utilizzare tre volte più rame rispetto alle configurazioni con il cambio.
- **Disprosio.** Il disprosio è prevalentemente utilizzato nei magneti permanenti del generatore a turbina. La stima più bassa è per i dispositivi ad alta e media velocità con cambio; la stima più alta è per le turbine a trasmissione diretta.



- **Ghisa.** La ghisa viene utilizzata nella fusione della navicella, negli alberi principali, nel cambio, nel generatore e nel mozzo della pala. L'utilizzo della ghisa è molto simile per diversi tipi di turbine. Il ferro è utilizzato anche nei magneti permanenti: la stima più bassa è per le velocità medio-alte; la stima più alta è per le turbine a trasmissione diretta.
- **Manganese.** Il contenuto di manganese è identico per diversi tipi di acciaio e potenzialmente identico per diversi tipi di turbina. Come per il cromo, le cifre si riferiscono a diverse ipotesi sulla composizione dell'acciaio.
- **Molibdeno.** Il contenuto più elevato è correlato all'utilizzo di acciai altolegati.
- **Neodimio.** Il neodimio è utilizzato nei magneti permanenti del generatore, ma anche nei magneti per il fissaggio di dispositivi interni all'interno della torre della turbina. La quantità di neodimio nelle turbine a trasmissione diretta è sostanzialmente più alta.
- **Nickel.** Il contenuto più elevato è correlato all'uso di acciai altolegati (turbine più pesanti dispiegate in terraferma). Le stesse considerazioni del cromo e del manganese valgono per le ipotesi sulla composizione dell'acciaio.
- **Praseodimio.** Il praseodimio viene utilizzato nel magnete permanente del generatore a turbina insieme al neodimio. La stima inferiore è per turbine da alta a media velocità con cambio la stima più alta è per le turbine a trasmissione diretta.
- **Terbio.** Il terbio viene utilizzato nel magnete permanente del generatore a turbina dove sostituisce il disprosio. La stima inferiore è per turbine da alta a media velocità con cambio; la stima più alta è per le turbine a trasmissione diretta.
- **Zinco.** Lo zinco è usato come rivestimento protettivo contro la corrosione delle turbine eoliche.



Motori elettrici e mobilità leggera

Attualmente ci sono circa 8 miliardi di motori elettrici in uso nell'UE, nei prodotti elettronici di piccole dimensioni così come nei motori di grandi dimensioni che si trovano nei veicoli e nei trasporti elettrici pesanti. Si prevede che il numero di motori crescerà in modo significativo in futuro, soprattutto a causa dell'ampia diffusione di motori a trazione nei veicoli elettrici.

La maggior parte dei veicoli ibridi ed elettrici utilizza motori sincroni con magneti Nd-Fe-B, o leghe che possono contenere altre terre rare come praseodimio e disprosio. In alternativa ai motori sincroni si possono utilizzare motori a induzione che non contengono materiali magnetici permanenti ma quantità elevate di rame. Data la maggior efficienza, si prevede che la tecnologia dei magneti Nd-Fe-B dominerà il mercato. In **figura 5** è riportata una rappresentazione di un motore elettrico, con evidenza dei materiali necessari al suo funzionamento.

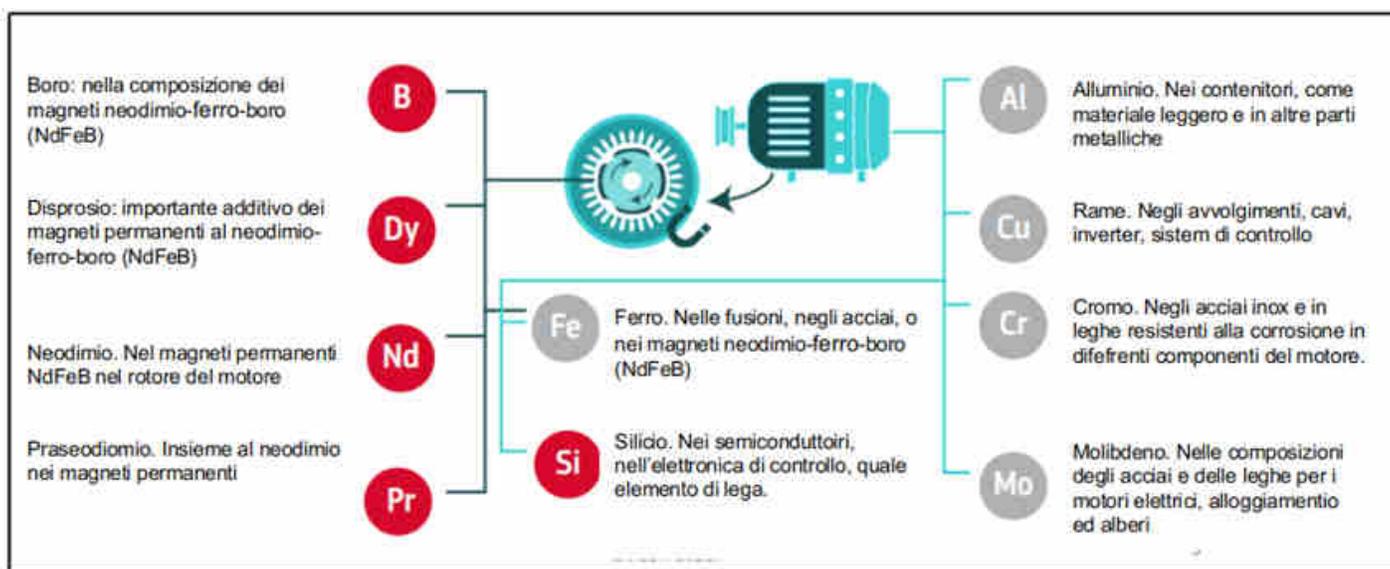


Figura 5. Materiali necessari al funzionamento di un moderno motore elettrico. (2) (3)

La richiesta di terre rare per i motori nel solo mercato europeo è attualmente di 200, 400 e 4000 tonnellate anno rispettivamente per disprosio, praseodimio e neodimio. Nel 2050, ci si aspetta che tale richiesta incrementi del 600% per il disprosio, mentre è atteso un incremento attorno al 100% per gli altri due minerali.



Le batterie per la mobilità leggera e per gli accumuli di energia elettrica

Scopo delle batterie è accumulare energia elettrica. La tecnologia delle batterie al litio permette di accumulare relativamente grandi quantità di energia, rendendo possibili applicazioni che vanno dalla stabilizzazione della rete elettrica⁽⁵⁾ all'autotrasporto leggero.⁽⁶⁾ In questo campo l'obiettivo della transizione energetica è la sostituzione dei motori termici automobilistici con motori elettrici, cosa che renderà necessario l'utilizzo di un gran numero di batterie di capacità relativamente elevata.⁽⁷⁾ La **figura 6** contiene la rappresentazione di una batteria agli ioni di litio, con l'indicazione dei materiali utilizzati per il suo funzionamento. Accanto alle batterie per autotrazione sono da considerare, seppure in misura significativamente meno rilevante rispetto alla mobilità, le batterie per accumulo di energia ai fini della stabilizzazione della rete.

(8)

L'*International Energy Agency* stima nello scenario più ambizioso, che la domanda di batterie per veicoli elettrici crescerà di quasi 40 volte tra il 2020 (per 160 GWh di energia accumulata) e il 2040 (per 6.200 GWh). Corrispondentemente la domanda complessiva di minerali cresce di 30 volte tra il 2020 e il 2040, da 400.000 tonnellate a 11.800.000 tonnellate. La domanda di nichel cresce di 41 volte, mentre il cobalto aumenta 'solo' di 21 volte, poiché le chimiche del catodo si spostano verso le chimiche a basso contenuto di cobalto. La domanda di litio cresce di 43 volte, mentre il rame cresce di 28 volte. La domanda di grafite cresce di 25 volte. Il silicio registra la maggiore crescita relativa, oltre 460 volte, poiché gli anodi di grafite drogati con silicio crescono da una quota dell'1% nel 2020 al 15% nel 2040. La domanda di terre rare cresce di oltre 15 volte fino a 35 kt nel 2040

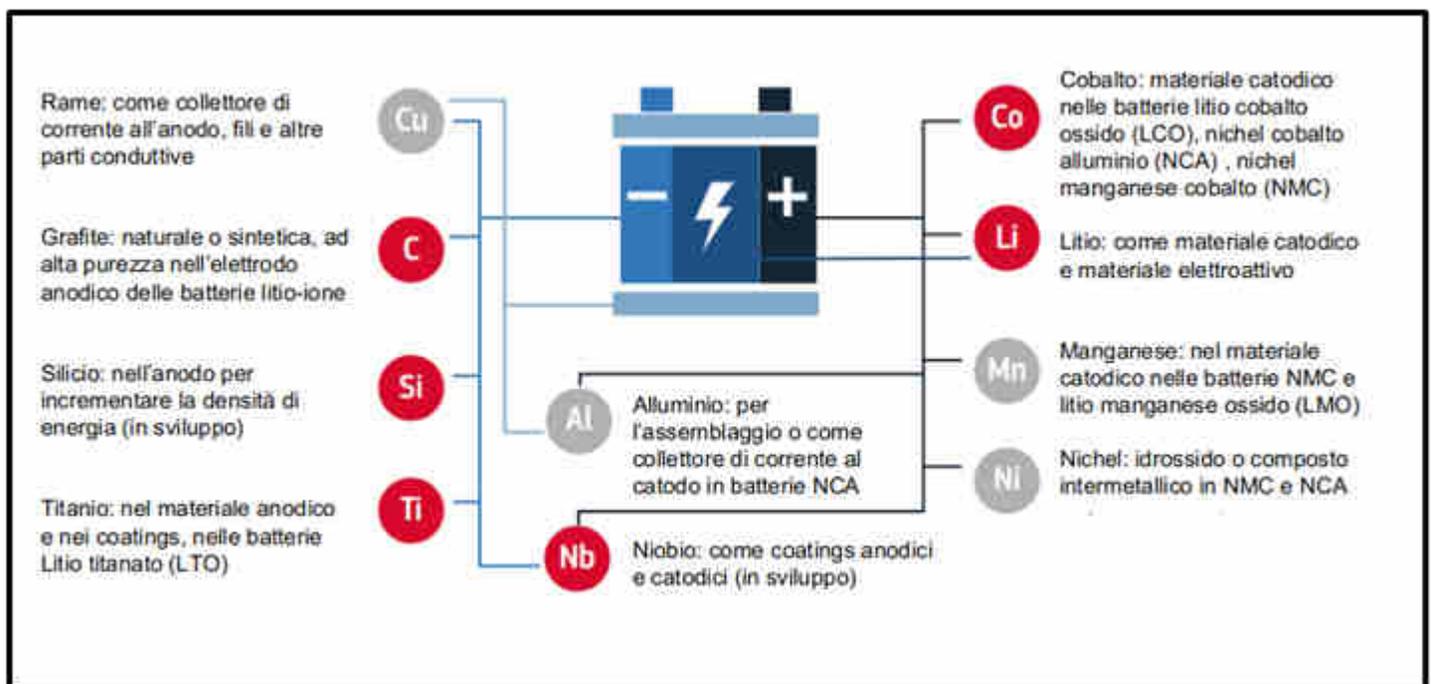
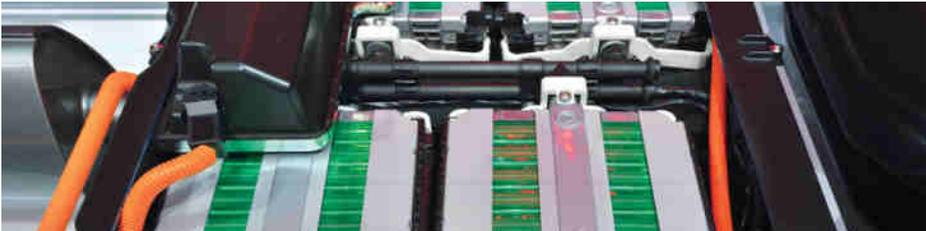
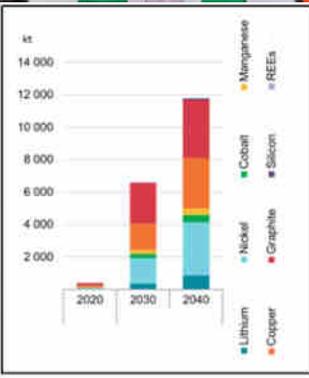


Figura 6. Rappresentazione di una batteria agli ioni di litio. (2) (3)



Le batterie per la mobilità leggera e per gli accumuli di energia elettrica



Intensità e richiesta materiali Veicoli Elettrici			
Elemento	Intensità (kg/veicolo)	Richiesta 2020 (kt)	Incremento stimato al 2040 (%)
Rame	53.2	110	2800
Manganese	24.5	25	1600
Litio	8.9	20	4300
Nichel	39.9	80	4100
Cobalto	13.3	21	2100
Grafite	66.3	141	2500
Terre Rare	0.5	2	1750

L'idrogeno verde per i consumi di difficile decarbonizzazione e, in prospettiva, per l'accumulo di energia

Nella strategia europea per la decarbonizzazione è prevista la pressoché totale elettrificazione dei consumi energetici, con elettricità prodotta da fonti rinnovabili.

La stessa strategia valuta la permanenza di un 15-20% di consumi di difficile decarbonizzazione (industria metallurgica e chimica, trasporti a lunga distanza, portualità e navigazione marittima ed aerea), per i quali la Commissione Europea ha dato avvio ad un ambizioso piano che prevede l'utilizzo di idrogeno verde,⁽⁹⁾ in grado di portare alla decarbonizzazione piena anche in questi settori. Man mano che le rinnovabili saranno sviluppate su larga scala, l'idrogeno potrebbe rappresentare una soluzione anche per l'immagazzinamento di energia, sia per la rete elettrica che per i veicoli elettrici leggeri. L'idrogeno è l'elemento più leggero in natura e non si trova allo stato libero sulla terra





Tuttavia può essere prodotto liberandolo chimicamente dalle molecole che lo contengono, utilizzando processi di diversa natura. Attualmente l'idrogeno è utilizzato fondamentalmente per la chimica industriale e pressoché totalmente ottenuto da reazioni chimiche con fossili, mediante reazioni che emettono al contempo elevate quantità di CO₂. L'elettrolisi dell'acqua, che scinde la molecola in idrogeno e ossigeno grazie all'immissione di una corrente appropriata in un dispositivo detto elettrolizzatore, quando è alimentata con energia elettrica prodotta da fonte rinnovabile è l'unico processo di generazione di idrogeno pienamente sostenibile. Il gas generato, infatti, può di nuovo essere fatto reagire con l'ossigeno in un dispositivo elettrochimico chiamato cella a

combustibile; si produce acqua e si chiude il ciclo di materia.

Pur esistendo differenti tecnologie, con diverse chimiche dei materiali costituenti e operanti a diverse temperature di esercizio, concettualmente un elettrolizzatore ed una cella a combustibile sono dispositivi molto simili e gli apparati condividono molti dei materiali necessari, riportati schematicamente in **figura 7**. Le strategie di decarbonizzazione in corso lasciano prevedere un consistente incremento nella potenza installata sia in generazione elettrolitica che in utilizzo di idrogeno (vedi **figura 8**). In generazione, da 150 GW previsti nel 2030 si arriverebbe a 1.400 GW installati nel 2050, mentre per l'utilizzo si prevede un incremento di capacità a 20.000 GW installati nel 2050.

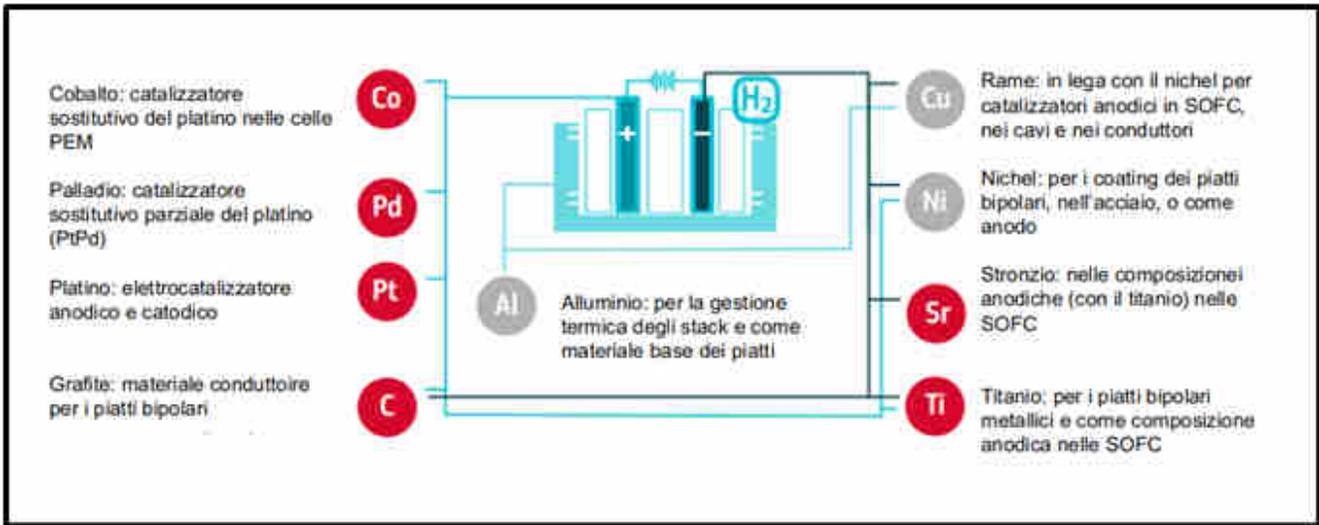
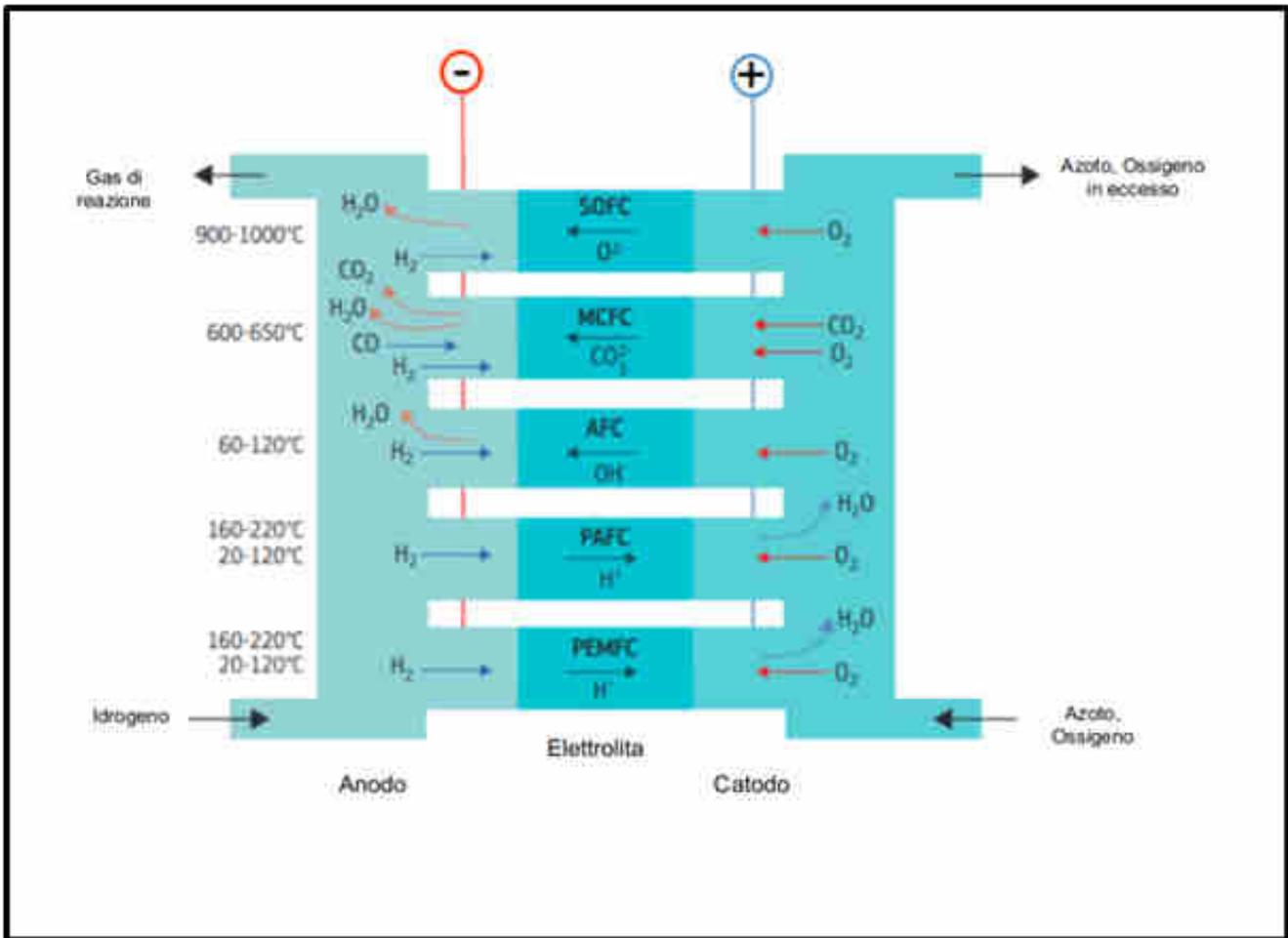


Figura 7. Alto: schema generale per diverse tecnologie di celle a combustibile (fuel cell, FC). L'elettrolita determina la chimica ionica del sistema e la tecnologia. Dal basso: Membrana Elettrolita Polimerico (PEM FC), Acido Fosforico (PA FC) Alcalina (A FC) Carbonati fusi (MC FC) Ossidi Solidi (SO FC). Basso: Schema rappresentativo di una cella a combustibile e dei materiali in essa contenuti. Con modifiche nel funzionamento, gli stessi materiali sono condivisibili nelle tecnologie degli elettrolizzatori. **(2) (3)**

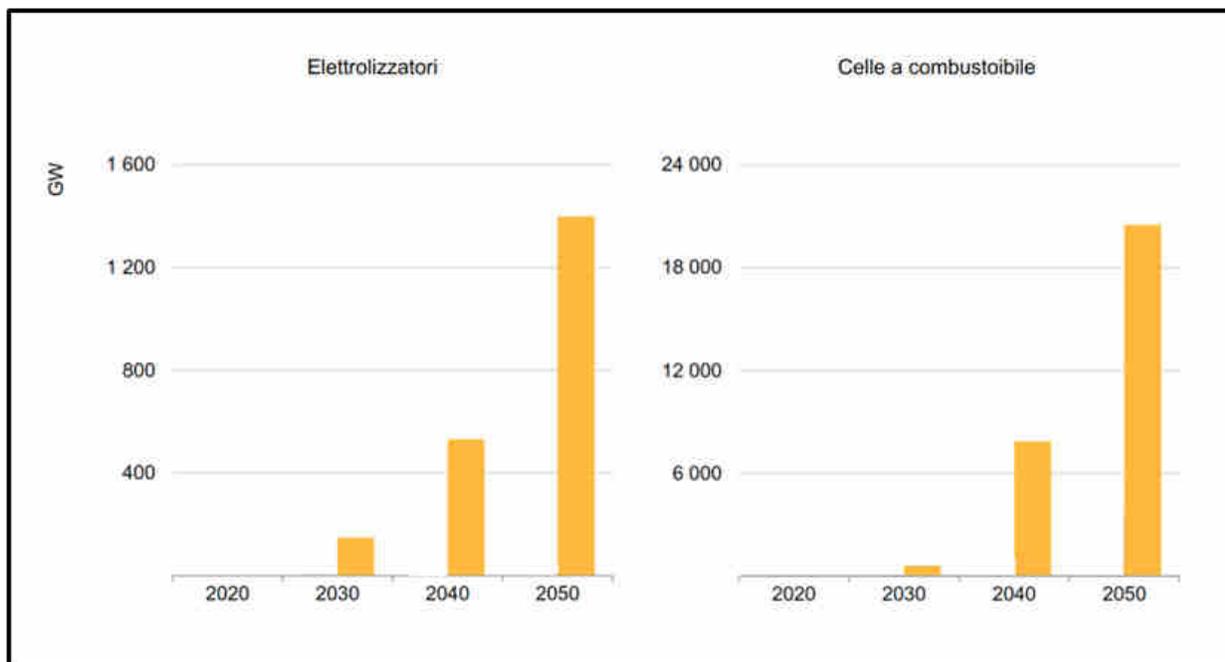


Figura 8. Incremento stimato nella potenza installata degli elettrolizzatori e delle celle a combustibile. ⁽⁸⁾

Per quanto riguarda le intensità dei materiali necessari allo sviluppo delle tecnologie dell'idrogeno si può fare riferimento a quanto riportato in **figura 9**, dove i quantitativi sono normalizzati all'energia di output e non alla potenza di installazione. La stima della richiesta integrale di tali materiali, tuttavia, risulta fortemente dipendente dalle tipologie di tecnologia che si affermeranno, essendo il settore ancora non ben consolidato.

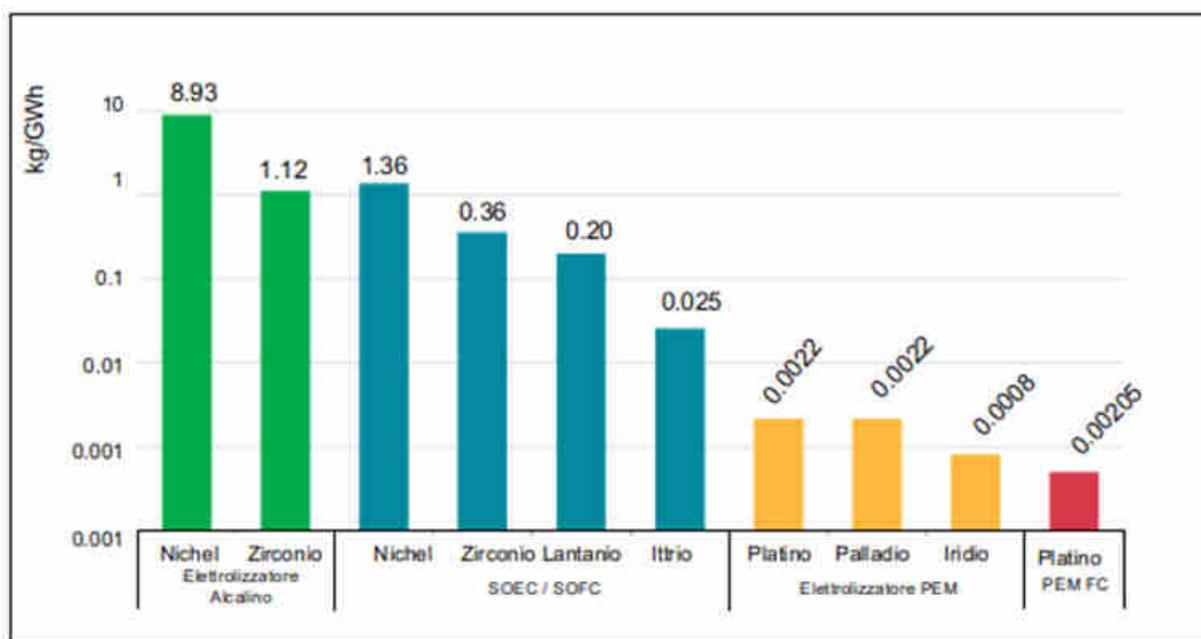


Figura 9. Intensità dei materiali per differenti tecnologie di elettrolizzatori e di cella a combustibile. PEM=Membrana ad Elettrolita Polimerico; SOEC: Cella di Elettrolisi ad Ossidi Solidi; SOFC: Cella a Combustibile ad Ossidi Solidi. ⁽⁸⁾



Le materie prime

Necessità, riserve e risorse ⁽¹⁰⁾

Dalle sezioni precedenti si evince che le grandi quantità di materiali necessari alla transizione energetica pongono immediatamente il problema della sostenibilità in termini quantitativi: sono oggi disponibili riserve sufficienti dei materiali necessari? Se le riserve non sono sufficienti, l'entità stimata delle risorse è in grado di rispondere alla richiesta crescente? Utilizzando i valori noti delle riserve e la stima delle risorse disponibili, in uno scenario di trasformazione del sistema energetico ambizioso, uno studio⁽¹¹⁾ del 2018 ha valutato le possibilità di esaurimento delle materie prime necessarie alla transizione a tecnologie attuali.

La **figura 10** riporta il rapporto stimato tra l'incremento della domanda cumulativa di materiali al 2060 e l'entità delle riserve e delle risorse oggi note. L'incremento della quantità dei materiali necessario alla transizione energetica è tale da non poter essere soddisfatto per molti dei metalli richiesti. E' da sottolineare che per alcuni dei metalli indicati (ferro, alluminio, rame ecc., che pure hanno potenzialità consistenti di riutilizzo e riciclo) avverrà anche un incremento della domanda dovuta ad attività "tradizionali" quale conseguenza dello sviluppo economico dei paesi attualmente meno sviluppati. Questo potrà rendere la situazione ancor più critica di

quanto non appaia nella sola correlazione con la transizione energetica. Naturalmente (e per fortuna) la situazione potrebbe migliorare considerevolmente inserendo nel computo sia gli effetti delle innovazioni tecnologiche, che si aspetta possano provocare contrazioni più o meno rilevanti dell'intensità dei materiali, che gli effetti dei processi di riutilizzo e riciclo a fine ciclo vita, secondo i principi della cosiddetta economia circolare. Seppure da un semplice punto di vista concettuale, per molti dei materiali necessari è possibile prevedere un sostanziale miglioramento nell'utilizzo a fine ciclo vita, con una conseguente richiesta primaria di minerale potenzialmente ridotta dal 20 al 70%. Tuttavia, permangono almeno due criticità al momento difficilmente supera-

bili: il tempo di vita delle installazioni e limiti tecnologici intrinseci derivanti dall'utilizzo di alcuni dei materiali critici, specie quelli con caratteristiche funzionali. Per i materiali strutturali, infatti, il riutilizzo, recupero e riciclo si può considerare relativamente semplice, perché correlato a processi consolidati e per i quali sono anche facilmente prevedibili miglioramenti derivanti dalla maggiore efficienza dei sistemi di raccolta a fine ciclo vita. Tuttavia, mediamente il tempo di vita di una installazione fotovoltaica o eolica può superare i 20 e raggiungere i 30 anni, periodo nel quale si prevede contemporaneamente una persistente crescita delle installazioni, cosa che richiederà necessariamente materie di prima estrazione.

Stime materiali

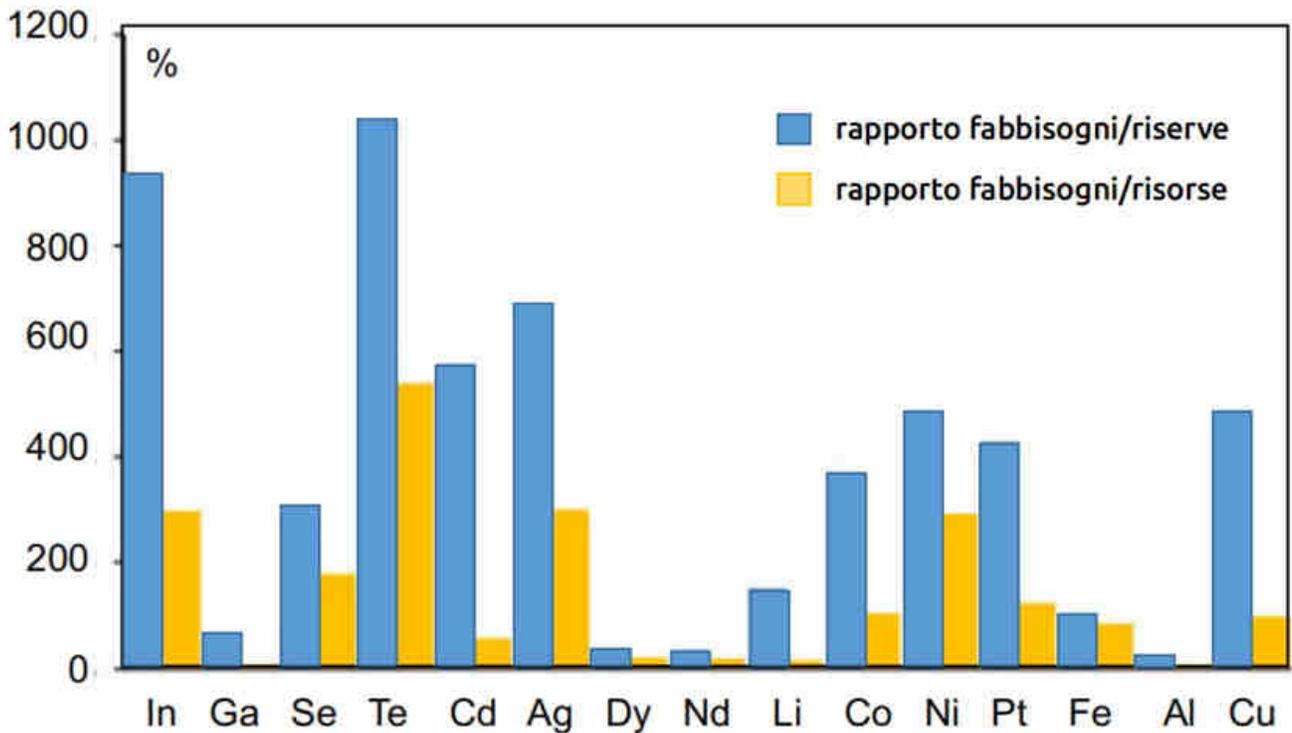


Figura 10. Incremento cumulativo stimato al 2060 del fabbisogno di materiali di interesse energetico rapportati all'entità nota delle riserve e all'entità stimata delle risorse. (Rielaborazione da ⁽¹¹⁾).



Entità delle riserve e delle risorse stimate, e loro criticità

Materiale	Riserva		Risorsa	
	Quantità (kt)	Criticità (anno)	Quantità (kt)	Criticità (anno)
Indio	15	2030	47	2040
Gallio	110	-	1 000	-
Selenio	100	2040	171	2050
Tellurio	25	2030	48	2040
Cadmio	500	2030	600	-
Argento	570	2030	1 308	2040
Disprosio	1 100	-	1 980	-
Neodimio	12 800	-	23 040	-
Litio	14 000	2050	39 500	-
Cobalto	7 100	2040	145 000	-
Nichel	79 000	2035	130 000	2040
Platino	6	2035	20	2055
Alluminio	28000 000	-	55 000	-
Rame	720 000	2030	3500 000	2060

Per le batterie, in linea di principio, la situazione potrebbe essere più favorevole, prevedendosi una vita media ben inferiore. Tuttavia qui intervengono le criticità tipiche di alcuni materiali con proprietà funzionali specifiche, spesso presenti in forma complessa, o in quantità dopanti. Per molti di questi materiali i processi di ri-estrazione, seppure possibili, possono essi stessi diventare critici dal punto di vista ambientale e/o comportare grande dispendio di risorse energetiche e/o economiche.

Alle criticità tecniche e ambientali, infine, possono aggiungersi criticità geo-strategiche, specie quando il controllo di alcuni materiali risulta essere pressoché in regime di monopolio da parte di alcuni Paesi, come avviene per esempio per le terre rare nel caso della Cina. In questo quadro è difficile supporre il totale superamento delle criticità che per diversi motivi, si prevede, potrebbero permanere per metalli quali indio, argento, tellurio, nichel, platino e litio. Per molti dei materiali necessari alla transizione la capacità attuale di riciclo risulta inferiore all'1%.⁽¹²⁾



Riduzione, riuso, riciclo

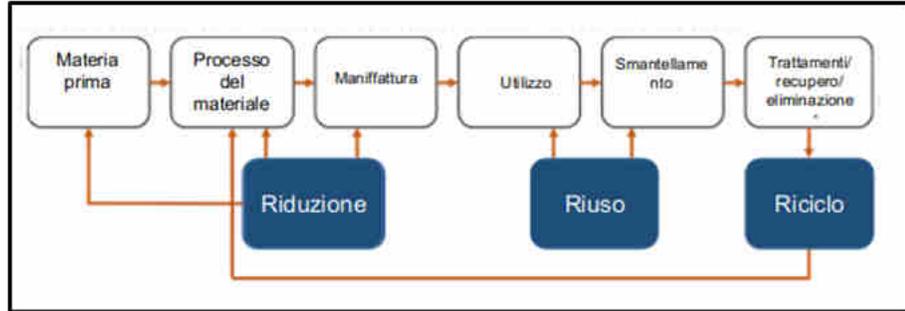


Tabella periodica e tasso di riciclo

1																	2																														
H																	He																														
3	4											5	6	7	8	9	10																														
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne																														
11	12											13	14	15	16	17	18																														
Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar																														
19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36																														
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr																														
37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54																														
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe																														
55	56	*	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86																														
Cs	Ba		Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn																														
87	88	**	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118																														
Fr	Ra		Rf	Db	Sg	Sg	Hs	Mt	Ds	Rg	Uub	Uut	Uug	Uup	Uuh	Uus	Uuo																														
			<table border="1"> <tr> <td>57</td><td>58</td><td>59</td><td>60</td><td>61</td><td>62</td><td>63</td><td>64</td><td>65</td><td>66</td><td>67</td><td>68</td><td>69</td><td>70</td><td>71</td> </tr> <tr> <td>La</td><td>Ce</td><td>Pr</td><td>Nd</td><td>Pm</td><td>Sm</td><td>Eu</td><td>Gd</td><td>Tb</td><td>Dy</td><td>Ho</td><td>Er</td><td>Tm</td><td>Yb</td><td>Lu</td> </tr> </table>															57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71																																	
La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu																																	
			<table border="1"> <tr> <td>89</td><td>90</td><td>91</td><td>92</td><td>93</td><td>94</td><td>95</td><td>96</td><td>97</td><td>98</td><td>99</td><td>100</td><td>101</td><td>102</td><td>103</td> </tr> <tr> <td>Ac</td><td>Th</td><td>Pa</td><td>U</td><td>Np</td><td>Pu</td><td>Am</td><td>Cm</td><td>Bk</td><td>Cf</td><td>Es</td><td>Fm</td><td>Md</td><td>No</td><td>Lr</td> </tr> </table>															89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr
89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103																																	
Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr																																	

> 50%
 > 25-50%
 > 10-25%
 1-10%
 < 1%

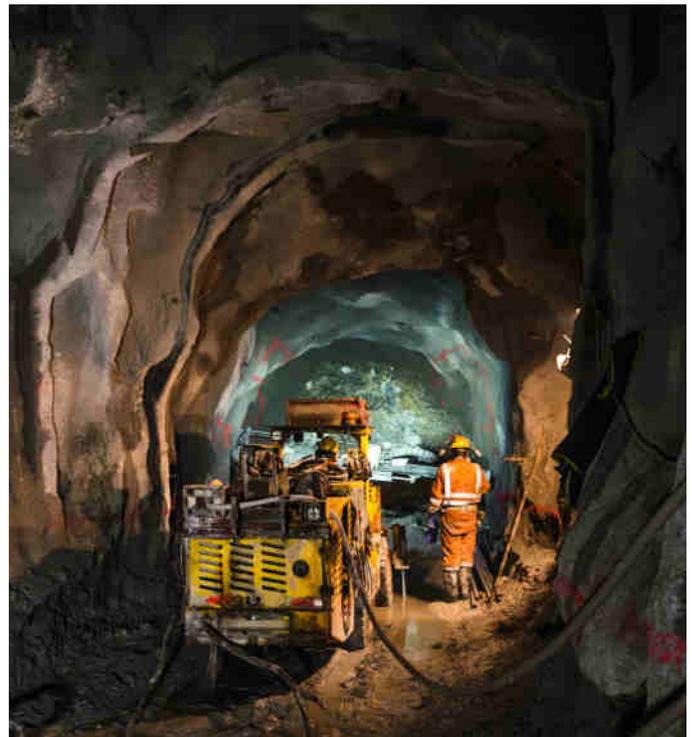
Dal petrolio ai metalli. Nuove tecnologie, vecchi problemi



La transizione del sistema energetico porta con sé una grande richiesta di materiali che sarà pressoché totalmente demandata all'azione mineraria, almeno in fase di avvio. L'estrazione e la purificazione di minerali è una attività fortemente inquinante e richiede notevoli quantità di energia, con potenziali effetti significativi sullo stesso stato del pianeta, che possono sia trasformarsi in un ulteriore (e grave) problema per l'ecosistema che contribuire ad ulteriormente alimentare percorsi di ingiustizia sociale. Un contributo nell'abbattimento nell'utilizzo dei materiali da prima estrazione potrà avvenire dal riciclo, con l'implementazione di tecniche di economia circolare e produzione di elevate quantità di materiali riciclati. Tuttavia queste potranno dare un contributo significativo solo una volta a regime, quando le installazioni energetiche saranno già effettive e via via stabilizzate nel numero.

Le stesse azioni di riciclo, se non svolte correttamente, condividono con l'estrazione primaria molte delle problematiche ambientali.

Le criticità sono tali che sono entrate nell'orizzonte anche possibilità di estrazione di minerali in siti marini, ⁽¹³⁾ costose ma comunque appetibili per la presenza nei fondali di alcuni dei minerali necessari alla transizione. In generale il più delle volte i progetti minerari sono tutt'altro che ambientalmente e socialmente sostenibili, specie quando avvengono in condizione di scarsi o nulli controlli del rispetto delle norme lavorative ed ambientali, come per il caso più noto del minerale di cobalto in Congo. ⁽¹⁴⁾





Fattori di inquinamento nell'attività estrattiva e di recupero dei materiali

Attività	Sorgente di emissione	Inquinanti principali
Estrazione (a cielo aperto o nel sottosuolo)	Sovraestrazione Rifiuti rocciosi Accumuli di minerali Accumuli di residui	Materiali radiattivi Metalli Acque minerarie Drenaggi acidi Drenaggi alcalini Polveri & inquinanti trasportati
Processi	Macinazione	Polvere
	Scarti Accumulo degli scarti Rifiuti liquidi di processo	Materiali radiattivi Metalli Torbidità Organici Polveri inquinate
Riciclo	Raccolta	Inquinamento da trasporto
	Demolizione & separazione Frammentazione Interramento	Polveri inquinanti Solventi organici volatili Metalli Organici
	Processi	Solventi organici volatili Diossine Metalli Altri organici

Tutti i processi minerari sono caratterizzati da grandi movimenti di materiale che si verificano per tutto il ciclo di vita della miniera. Questi movimenti si traducono in ammassi di rifiuti e in numerosi scavi, che sono la principale causa di inquinamento diretto del suolo. In termini utilizzo delle aree, le zone di stoccaggio dei materiali trattati (e spesso inquinati) e non più produttivi, detti sterili, possono coprire anche la metà dell'intera area di lavoro. ⁽¹⁵⁾ Le sostanze presenti all'interno del materiale dissotterrato e le pareti vuote degli scavi, esposte a vento, pioggia e aria, favoriscono reazioni chimiche, lisciviazione e diffusione dell'inquinamento, drenando polveri e agenti chimici.

Quando non effettuato correttamente il contenimento a lungo termine dei mucchi degli scarti, in maniera tale da garantire l'integrità strutturale degli accatastamenti, può portare al collasso dei minerali "sterili" con gravi impatti sulle comunità e gli ecosistemi. Le attività minerarie e di lavorazione nei siti minerari, inoltre, hanno un elevato fabbisogno idrico. ⁽¹⁶⁾

L'acqua dolce utilizzata è acqua di alta qualità il cui utilizzo, essendo potenzialmente adatta per il consumo umano, entra in competizione diretta con le necessità delle popolazioni. Fattori quali inadeguata gestione dell'acqua della miniera, elevato prelievo, bassi tassi di riutilizzo delle acque e smaltimenti impropri

impattano pesantemente sulle risorse idriche locali e influenzano gli ecosistemi circostanti. Le attività estrattive colpiscono gli *habitat* naturali sia all'interno che all'esterno della locazione mineraria.

Accedere e trasportare il minerale richiede zone di accesso che vanno ben oltre l'area mineraria vera e propria, con impatti pesanti e rischi per la conservazione della biodiversità.



Le persone che vivono o lavorano nelle vicinanze di un progetto minerario diventano portatori di rischio sociale.

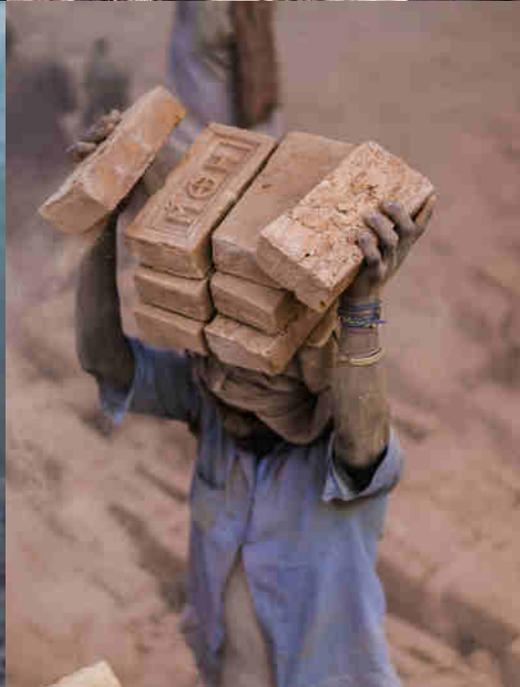
Comunità presenti in loco ben prima dello sviluppo della miniera debbono far posto e adattarsi alle attività minerarie e ai cambiamenti ambientali, a partire dalla fase di prima esplorazione e fino alla chiusura della miniera. Dal punto di vista del minerale, successivamente all'estrazione mineraria sono necessari processi di concentrazione, separazione, fusione e raffinazione fino ad ottenere l'elemento nella sua forma metallica. In ogni fase, le impurità vengono separate e la concentrazione del metallo nel prodotto finale aumenta.

Spesso è richiesta un'elevata intensità energetica e il controllo delle differenti fasi è spesso basato sull'uso diretto di combustibili fossili sia come riducenti chimici che indirettamente per il calore e/o l'elettricità.⁽¹⁷⁾ Come conseguenza l'impronta climalterante dell'estrazione mineraria è un fattore tutt'altro che trascurabile.⁽¹⁸⁾

L'intensità energetica dell'estrazione e dell'arricchimento aumenta nel tempo man mano che le estrazioni si focalizzano verso minerali con minori tenori metallici e ci si avvia ad estrarre da depositi più complessi.

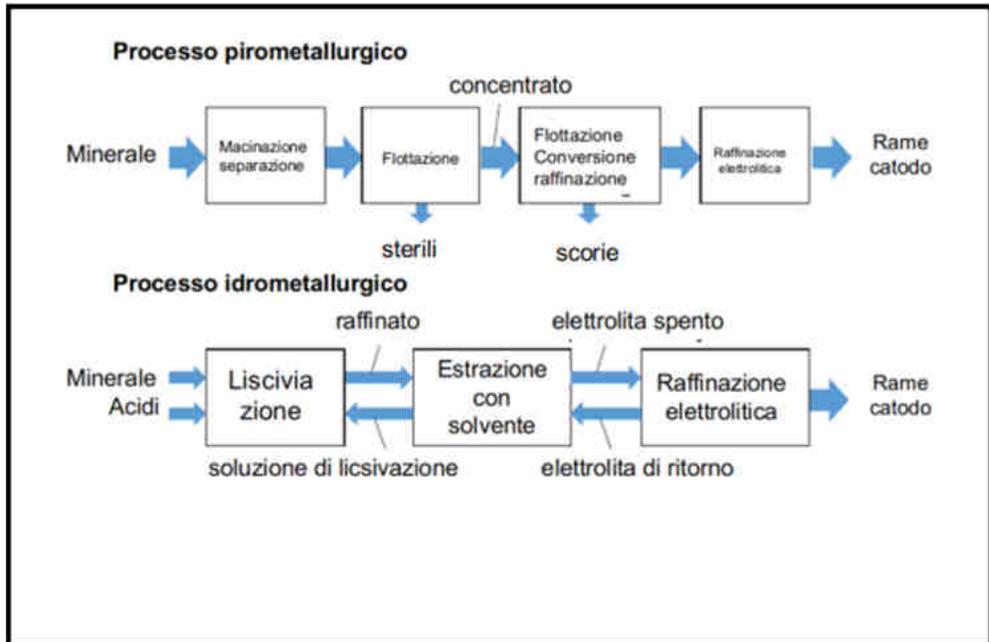
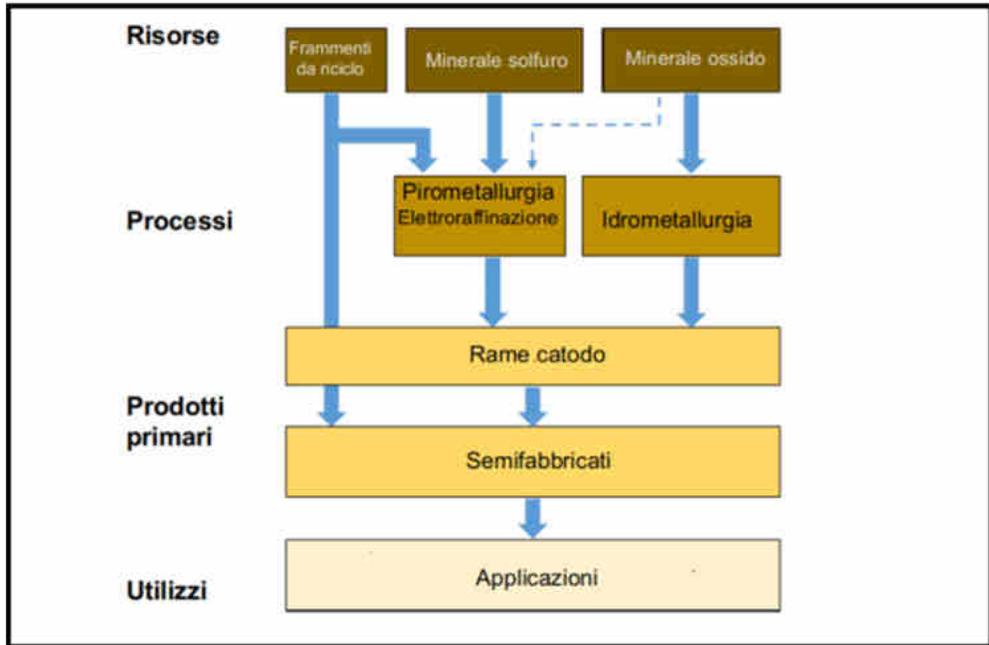
Un'analisi approfondita degli impatti ambientali dell'attività mineraria risulta essere fuori dallo scopo del presente documento. Si rimanda al documento *"Environmental Risks and Challenges of Anthropogenic Metals Flows and Cycles"*⁽¹⁹⁾ delle Nazioni Unite e alla referenza 20 per eventuali approfondimenti. L'attività mineraria è pure spesso connessa a forti fattori di ingiustizia sociale. L'organizzazione *Transition Mineral Tracker* tiene traccia delle irregolarità correlate all'estrazione dei minerali nel mondo da parte delle società di estrazione.⁽²⁰⁾

Nel suo *report* di febbraio 2021 l'organizzazione registra 103 compagnie, di cui ben 51 soggette a denunce per abusi nei diritti umani. Nel report sono registrate 276 denunce, di cui 125 relative agli impatti sulle comunità, 119 agli impatti ambientali, 68 agli abusi di *governance* e trasparenza, 67 agli effetti sui lavoratori, 36 alla sicurezza e alle zone di conflitto e 12 alla pandemia. A fianco delle organizzazioni minerarie registrate (e per questo visibili e almeno sulla carta più controllabili), infine, sono da considerare le cosiddette "miniere artigianali", condotte più o meno abusivamente e al di fuori da ogni seppur minima capacità di controllo.





Schema rappresentativo del ciclo del rame, dal minerale all'utilizzo finale



La pirometallurgia comporta il trattamento del metallo concentrato ad alte temperature, al fine di eliminare i suoi costituenti minerali associati, utilizzando combustibili fossili.

Transition Mineral Tracker Allegations

NUMBER OF ALLEGATIONS BY CATEGORY



103 companies researched
 49 have a human rights policy
 51 have human rights abuse allegations



There are 276 allegations recorded in the tracker. One allegation may include multiple human rights impacts.

302 COMMUNITY IMPACTS



229 ENVIRONMENTAL IMPACTS



120 IMPACTS ON WORKERS



89 GOVERNANCE & TRANSPARENCY



39 SECURITY & CONFLICT ZONES



17 COVID-19 PANDEMIC



Una nota in conclusione: l'energia, il sistema e l'ambiente

La transizione tecnologica verso la sostenibilità della produzione e del consumo di energia ha bisogno, come visto, di una ingentissima quantità di materiali. La prima conseguenza diretta sarà una intensificazione delle estrazioni minerarie, con la parallela ricerca di nuovi siti di approvvigionamento, che diverranno economicamente produttivi a sempre minori tenori di minerali e a maggior difficoltà di estrazione. All'orizzonte, l'attualmente pionieristica estrazione sottomarina. E' ragionevole pensare che questa intensificazione mineraria si avvierà in maniera tumultuosa parallelamente alla crescita delle installazioni per poi procedere in maniera parzialmente più moderata con il consolidamento quantitativo dei processi di riciclo dei materiali riguardanti le prime installazioni, cosa che non potrà che avvenire a fine vita degli impianti, almeno venti se non trenta anni dopo il loro avvio.

Concettualmente si tende a non dare peso agli impatti ambientali dell'uso dei minerali, o a confinarli nelle specifiche zone di estrazione, relegandoli a fenomeni di cattiva gestione locale o di sfruttamento esasperato. Del resto, nella visione del mondo consolidata, i metalli, che sono i minerali di nostro maggiore interesse, si possono riciclare più e più volte. In qualche modo siamo portati a considerare i materiali che dovremo utilizzare "sostenibili" in quanto riciclabili. Tuttavia questo non è sempre vero e anche per i materiali può sussistere un problema di sostenibilità. Se correliamo la sostenibilità al livello di entropia che è necessario contrastare per rendere il materiale utilizzabile per i nostri obiettivi, abbiamo che più è elevata l'entropia del materiale di parten-

(lo stato di "dispersione" del materiale) e più sarà elevata l'energia necessaria a contrastarla (a contrastare lo stato di dispersione"). Da questo punto di vista, sostanzialmente chimico-fisico, potremmo correlare la sostenibilità alla quantità di energia necessaria per portare il materiale dal suo stato di origine a quello di utilizzo. Considerando un materiale proveniente da riciclo, questo sarà "sostenibile" se l'energia necessaria alla sua raccolta a fine ciclo vita del dispositivo che lo utilizza, sommata a quella necessaria ai trattamenti richiesti per renderlo adeguato al suo nuovo utilizzo come materia prima, sarà minore di quella richiesta dalla raccolta del minerale in miniera e dai trattamenti necessari per renderlo atto al suo primo utilizzo. In questa condizione, dal punto di vista dello specifico materiale ci sarà sostenibilità. Tuttavia, in questa concettualizzazione, concentriamo l'attenzione semplicemente sull'energia necessaria per le manipolazioni dirette del materiale in oggetto, prendendone gli effetti positivi e scaricando sull'ambiente gli output di processo.

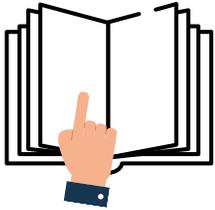
Ma questa è una concettualizzazione del tutto analoga a quella propria della termodinamica classica, nella sua modellazione della correlazione tra calore e lavoro. La "macchina termica" utilizza calore ad alta temperatura, con il quale produce lavoro (che noi utilizziamo) e disperde il calore degradato (a bassa temperatura) nell'ambiente. E' l'impianto concettuale che razionalizza la modalità propria dell'utilizzo dei combustibili fossili, gli stessi combustibili che dalla macchina di Watt al motore a combustione interna hanno creato il mondo che conosciamo.

La *“scienza del calore”* vede, razionalizza ed ottimizza i risultati positivi correlati al calore, ma trascura la chimica delle operazioni correlate alla sua produzione, nonché gli effetti dell'utilizzo di quel calore per produrre lavoro, li lascia "altrove". La materialità sottostante è considerata certamente necessaria ma è relegata ad un ambiente esterno, *“serbatoio infinito”* sia per l'alimentazione che per gli scarichi.

E' evidente che questo è un limite di impostazione, in quanto l'ambiente esterno è tutt'altro che un *“infinito fisicamente ininfluenza”*, ma è esso stesso, per quanto grande, un *“sistema fisicamente rilevante”* e non può essere disconnesso da quanto viene posto sotto esame. In altre parole, la nostra azione modifica l'ambiente esterno e la modifica è comunque tale da essere rilevante. Il pianeta non è un esterno infinito ma il luogo in cui ci troviamo ad operare ed è esso stesso un sistema chiuso. La *“macchina elettrica”* con cui ci aviamo sperabilmente a sostituire la *“macchina termica”* è solo una parte del puzzle con cui dovremo fare i conti per affrontare la questione ecologica. Se non riusciamo a tenere insieme il tutto, utilizzando gli effetti positivi ed utili delle fonti rinnovabili e contemporaneamente minimizzando, ma sarebbe meglio dire (per quanto possibile) annullando, gli impatti verso l'“esterno-pianeta”, fatto di territori e ambiente, suoli ed acque, rischiamo di ripetere l'errore: immaginare l'esistenza di un esterno serbatoio infinito, in ultima analisi scarica dei nostri rifiuti, mentre in realtà viviamo in un sistema chiuso, con un contenuto entropico sempre maggiore. L'elettrificazione massiva dei consumi, necessaria alla transizione, eviterà emissioni di gigatonnellate di CO2, ma dovrà anche evitare che il mondo si ritrovi con acqua

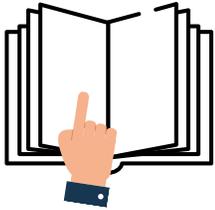
e terreni avvelenati, dati gli enormi impatti negativi che la ricerca e l'estrazione mineraria potrebbe comportare sia verso i luoghi di impiantazione che verso i sistemi idrici, sistemi direttamente necessari alla vita. Per non dire del degrado generalizzato che nelle ipotesi peggiori si prospetta per la biodiversità e in generale per tutti gli ecosistemi.

Ed è difficile che questo possa avvenire lasciando che le potenzialità positive delle tecnologie rinnovabili e della transizione energetica siano governate dalle usuali dinamiche estrattiviste ed espansive tipiche del mondo in cui viviamo.



Note & Riferimenti

1. Elaborazione da Zepf V., Reller A., Ashfield M. e Simmons J., BP: *Materials critical to the energy industry*. Seconda edizione, 2014.
2. Rielaborazione da European Commission, *“Critical materials for strategic technologies and sectors in the EU - a foresight study”*, 2020.
3. In rosso le materie prime già considerate come critiche dalla Comunità Europea.
4. S. Carrara, P. Alves Dias, B. Plazzotta and C. Pavel, *Raw materials demand for wind and solar PV technologies in the transition towards a decarbonised energy system*, EUR 30095 EN, Publication Office of the European Union, Luxembourg, 2020.
5. Con il termine stabilizzazione della rete si intende la capacità della rete di erogare energia in maniera stabile in funzione della richiesta. Per un sistema ad alto tasso di fonti rinnovabili il maggior fattore di criticità è l'insufficienza della produzione ad un determinato momento. Le batterie possono intervenire nella stabilizzazione della rete fornendo l'energia da esse precedentemente accumulata alla stessa. Si noti che in un sistema pressochè full electric anche le batterie dedicate all'autotrazione possono concorrere alla stabilizzazione della rete.
6. Si stima che gli accumuli stazionari pesino per il 20% del totale della capacità di accumulo.
7. Attualmente la capacità delle batterie per l'autotrasporto totalmente elettrico va da 20 kWh per una piccola utilitaria a oltre 100 kWh per macchine più grandi.
8. IEA, *“The role of critical minerals in clean energy transitions”*, World Energy Outlook Special Report, 2021.
9. Le differenti *“colorazioni”* dell'idrogeno. (*Idrogeno grigio*: ottenuto da idrocarburi attraverso processi chimici. La sua produzione emette rilevanti quantità di anidride carbonica (CO₂). *Idrogeno blu*: anch'esso ottenuto da idrocarburi, ma con cattura della CO₂ emessa. La CO₂ catturata, a sua volta, può venire sequestrata e reimpressa nei depositi vuoti di idrocarburi (tecnologia Carbon Capture and Storage - CCS), mineralizzata per reazione con opportuni sali (tecnologia Carbon capture Utilization and Storage - CCUS) o utilizzata come chemical per altri processi (CCU). *Idrogeno verde*: ottenuto da fonte rinnovabile, tipicamente da elettrolisi dell'acqua con corrente prodotta da fotovoltaico od eolico. *Idrogeno viola*: ottenuto anch'esso da elettrolisi dell'acqua, ma con corrente prodotta da energia nucleare.)
10. Si definiscono riserve i depositi di minerali già identificati e sfruttabili in maniera economicamente competitiva con le tecnologie oggi disponibili; sono definite risorse i depositi indicati come probabili ma sfruttabili a costi attualmente non competitivi o che ancora non sono stati identificati con certezza.
11. T. Watari, B. C. McLellan, S. Ogata and T. Tezuka, *“Analysis of Potential for Critical Metal Resource Constraints in the International Energy Agency's Long-Term Low-Carbon Energy Scenarios”*, Minerals 2018,8, 156.



Note & Riferimenti

12. T.E.Graedel, J.Allwood, J.P.Birat, B.K.Reck, S.F.Sibley, G.Sonnemann, M.Buchert, C.Hagelüken, *Recycling Rates of Metals – A Status Report, A Report of the Working Group on the Global Metal Flows to the International Resource Panel*, UNEP (2011).
13. Ad esempio i depositi di nichel sono diffusi anche sul fondo dell'oceano. Estraeandoli rilascia anidride solforosa, che acidifica la pioggia e causa problemi respiratori nell'uomo.
14. Quasi due terzi dei depositi conosciuti si trovano nella Repubblica Democratica del Congo, uno stato estremamente povero e dilaniato dalla guerra dell'Africa centrale con un governo instabile e inefficace. L'estrazione di cobalto nella RDC si basa in larga misura sulla manodopera umana a basso costo, bambini compresi.
15. Il rame, ad esempio, attualmente viene estratto a partire da una presenza del minerale nell'estratto pari all'1%. Questo significa che per ogni tonnellata di minerale di rame si debbono estrarre 100 tonnellate di inerti, che dovranno essere accantonati dopo il primo trattamento estrattivo.
16. Per l'estrazione delle terre rare si stima un consumo complessivo di circa 90 m³/kg.
17. La produzione di acciaio, ad esempio, rappresenta il 30% delle emissioni industriali globali di anidride carbonica (CO₂).
18. P. Nuss, M. J. Eckelman, Life cycle Assessment of Metals: A Scientific Synthesis, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0101298>.
19. <https://www.resourcepanel.org/reports/environmental-risks-and-challenges-anthropogenic-metals-flows-and-cycles>.
20. <https://trackers.business-humanrights.org/transition-minerals/>

La difesa dell'ambiente: l'impronta del pensiero della differenza

Marina Mannucci

Sabato 5 giugno 2021, al "Circolo Laura Conti" di Carraie (una frazione del forese ravennate), si è tenuto un incontro pubblico sulla figura e l'opera, per l'appunto, di Laura Conti (1921-1993), partigiana, medica, scrittrice, divulgatrice scientifica, conosciuta per l'impegno politico, per le battaglie ambientaliste e contro il nucleare. ⁽¹⁾

Un'occasione che, nel centenario della nascita di questa «studiosa di problemi ecologici», come lei si definiva, mi ha dato l'opportunità di approfondire il suo lavoro. Come medica, Laura fu attentissima alle questioni di genere e della sessualità; grazie alle competenze sanitarie diventò attivista per l'ambiente e fautrice della diretta partecipazione di cittadine/i a presidio della salute collettiva e del territorio.

Nel 1977 venne pubblicato il suo libro "Che cos'è l'ecologia, Capitale, lavoro e ambiente" (Gabriele Mazzotta) una delle prime riflessioni sull'ecosistema. Il suo metodo di analisi dei problemi ecologici, sempre molto attento alle implicazioni sociali, era appassionato, scientifico, mai distaccato; riusciva a rendere alla portata di tutte/i concetti complessi.

Si poneva dal punto di vista del destinatario finale delle scoperte scientifiche, dal punto di

vista dei bisogni di cittadine/i, accostava il sapere scientifico alla sensibilità sociale.

Il sottotitolo del libro, "Capitale, lavoro e ambiente", indica le connessioni dell'ecosistema con la storia umana, in particolare con il rapporto capitale-lavoro:

Salubrità dei processi, compatibilità fra i diversi usi delle risorse rinnovabili, durata delle risorse non rinnovabili: sono le tre preoccupazioni fondamentali dello studioso di ecologia, quando egli applica la propria scienza allo studio degli effetti delle attività umane.

Per Laura Conti l'ambientalismo scientifico deve interrogarsi su come le persone e le comunità costruiscono la loro relazione con l'ambiente e su cosa conta per loro in questa relazione.

Cosa conta, e come, lo determinano in larga parte le condizioni sistemiche e la cultura egemone, ma c'è sempre un margine di non totale determinazione.

Partendo dalla comprensione del contesto e delle forme specifiche della sua irriducibilità alle dinamiche strutturali è possibile trovare nuovi e diversi margini di manovra, a volte minimi, per

trasformare dal basso queste relazioni, che sono relazioni tra esseri umani, ma anche tra esseri umani e non umani.

Laura Conti fu profondamente consapevole dell'intreccio di materialità e cultura che dà forma alle relazioni ecologiche. L'attualità del suo lavoro è riconducibile alla lucidità con cui colse che le questioni della comunità e del legame al territorio erano importanti per la lotta ecologica e che, a sinistra, bisognava trovare un modo per prenderle sul serio: bisognava capire su cosa poggiava il senso di identità e di comunità delle persone e lavorare per farlo evolvere verso un'apertura a un orizzonte di lotta comune e quindi di lotta di classe. Tra le prime a battersi contro il nucleare in Italia, nelle interviste dichiarava spesso che: «Ciò che è anti-ecologico è anti-economico»; fu lei a far conoscere al mondo l'incidente di Seveso affinché venissero create delle leggi per evitare incidenti simili in futuro. In quegli anni, quando era consigliera regionale del PCI della Lombardia e segretaria della Commissione Sanità ed Ecologia del Consiglio regionale della Lombardia, fu testimone della catastrofe, e la raccontò in due scritti: il reportage "Visto da Seveso. L'evento straordinario e l'ordinaria amministrazione" (Feltrinelli, 1977) e il romanzo "Una lepre con la faccia di bambina" (Editori Riuniti, 1978). Il primo è un diario dell'attività politica svolta fra i banchi del consiglio regionale e fra la gente di Seveso, Desio e Cesano Maderno. Durante quei mesi Laura Conti lotta per ottenere certezze sui dati relativi all'inquinamento da diossina, per convincere la Regione Lombardia a discutere in consiglio le modalità di bonifica, per mettere al centro della bonifica stessa brianzole/i

colpite/i, per ottenere nei loro confronti un giusto risarcimento. In uno dei passaggi del libro, Conti riflette su cosa significa "coscienza ecologica":

Concettualmente il problema era, in fondo, molto semplice: o una cosa sale, oppure scende. La diossina non sale, dunque scende e se scende, il fatto che incontrerà la falda è certo. L'unica cosa incerta è il momento in cui la incontrerà. Ma anche se dovesse incontrare la falda tra cinquant'anni, il problema non cambierebbe: siamo responsabili verso i nostri posteri proprio come lo siamo verso i nostri contemporanei.

**«Coscienza ecologica
significa anche questo: la
consapevolezza che c'è un
domani, la responsabilità
verso il domani»**

Mi trovavo di nuovo a dover fare i conti con il senso del tempo, come quella sera a Seveso quando un vecchio mi aveva detto che, per lui, la sua nipotina era immortale. Al contrario di quel vecchio, io in quel settembre '76 entravo in uno stato di profonda angoscia per quello che accadrà fra dieci anni, o fra venti, o fra cinquanta, come se tutto fosse qui, il domani quanto l'oggi.

Quando parlai di questi problemi in una riunione di madri dei bambini di una scuola materna, quel che dissi fu registrato, riassunto, ciclostilato, e in parecchi ambienti divenne un testo al quale si aggiungeva a mo' di conclusione la richiesta di un rapido intervento di bonifica. Molti di tali ciclostilati giunsero in Regione, con centinaia e centinaia di firme. C'era un fatto strano: erano quasi tutte firme di donne.

«Mi chiesi se quella mia capacità di agitarmi e disperarmi per un domani molto lontano, che sicuramente non vedrò, non avesse a che fare con la circostanza che sono donna»

Forse le donne, orientate istintivamente o culturalmente verso la maternità, hanno con il domani un rapporto molto intenso. Hanno radici nel futuro. Altri, più prosaicamente, trovano che fosse molto femminile l'idea di "spazzare via lo sporco", e che la mia battaglia per la rimozione della terra incontrasse favori fra le donne proprio per le immagini concrete e casalinghe che evocava. A me questa prosaicità sembrava molto poetica: che cosa c'è di più poetico che rimboccarsi le maniche e pulire il mondo?

Anche in *"Una lepre con la faccia da bambina"* Conti narra il disastro di Seveso provocato dall'azienda ICMESA di Meda, che causò la fuoriuscita e la dispersione di una nube di diossina TCDD (tetraclorodibenzo-p-diossina, una sostanza artificiale fra le più tossiche) ma in questo caso attraverso gli occhi di Marco, un ragazzino di una famiglia agiata che fa parte della comunità più colpita dalla contaminazione. Per l'autrice è un'occasione per approfondire i meccanismi psicologici che si attivano durante una crisi sociale: i cambiamenti nelle scelte dei singoli, le convinzioni e le paure sociali, e quanto queste non siano tenute in conto da decreti e provvedimenti sanitari.

L'evento catastrofico, oltre a sconvolgere la piccola comunità, ne mette in crisi anche i valori fondanti. In un'altra delle sue tante e importanti pubblicazioni, *"La fotosintesi e la sua storia"* (Giunti Marzocco, 1991), la scienziata ripercorre la storia della guerra alla fotosintesi degli esseri umani iniziata con l'accensione del primo fuoco, reiterata nei secoli successivi con la distruzione delle foreste e implementata dal contemporaneo uso dei combustibili fossili, per segnalare che per ogni molecola di anidride carbonica che si forma ci sono due molecole di ossigeno che scompaiono.

Laura Conti così come la scienziata statunitense Rachel Carson (di cui parlerò tra poco) sono entrambe convinte che la petrolchimica sia una minaccia per tutti gli organismi viventi, inclusi gli esseri umani. Laura Conti, però, affianca alle sue ricerche anche l'opzione della classe lavoratrice in quanto direttamente esposta al danno ambientale e dotata di minori difese.

Del comportamento degli esseri umani nei confronti dell'ambiente⁽²⁾ naturale, compresi i suoi abitanti non-umani, si parla sin dall'antichità, ma è solo a partire dagli anni Sessanta del secolo scorso che vengono costituite associazioni ambientaliste, stampate riviste di etica ambientale, organizzate conferenze; negli anni Settanta, poi, ebbe origine il movimento ambientalista femminista. Tra i testi divulgativi di quel periodo ebbe un notevole impatto l'uscita nel 1962 di *Silent Spring*⁽³⁾, scritto dalla biologa statunitense Rachel Carson (1907-1964), una denuncia dei dannosi effetti dell'impiego dei pesticidi e soprattutto del DDT (Dicloro-Difenil-Tricloroetano) in agricoltura. Secondo la scienziata, l'inquinamento e i processi chimico-industriali mettono a rischio l'esistenza di numerose specie animali; il loro benessere dipende dalle scelte che l'uomo compie.

L'uso dei prodotti dell'industria chimica causava un vero e proprio biocidio che non riguardava solo gli insetti considerati nocivi per i raccolti, ma coinvolgeva milioni di piccoli uccelli e andava a incrinare l'equilibrio biotico di intere aree. Il primo capitolo del libro, "The obligation to endure", in cui Carson formula il suo atto d'accusa, è dedicato al diritto dell'opinione pubblica di conoscere e di decidere:

Quando, di fronte a qualche clamorosa evidenza di danni provocati dall'azione degli insetticidi, la gente protesta, le viene somministrata qualche mezza verità come tranquillante. Abbiamo urgentemente bisogno di far tacere queste false assicurazioni, questo rivestimento edulcorato di fatti disgustosi.

È alla popolazione che viene richiesto di assumersi il rischio calcolato da chi controlla le infestazioni. È dunque la popolazione che deve decidere se bisogna andare avanti per questa strada; può farlo soltanto se ha una completa conoscenza dei fatti. ⁽⁴⁾

Chi ha deciso – chi aveva il diritto di decidere – a nome delle [sic] innumerevoli gruppi di persone che non vennero consultate, che il valore supremo è un mondo senza insetti? [Tale arbitrario denuncia la temporanea intrusione di un principio autoritario nell'esercizio del potere. Essa tradisce la buona fede di milioni di cittadini, per i quali la bellezza e l'ordine del mondo naturale hanno ancora un significato profondo.] ⁽⁵⁾

All'uscita del libro il mondo dell'industria chimica e gli scienziati a essa collegati ebbero reazioni estremamente violente. Fin dall'inizio, l'attacco assunse una spiccata connotazione di genere: si ignorò volutamente la formazione scientifica della Carson che veniva apostrofata "Miss Carson" e descritta come zitella emotiva, irrazionale, regressiva. L'opera fu attaccata attraverso l'autrice, sessualizzando il disprezzo verso la donna che lo aveva scritto. Perché una zitella senza figli si interessa tanto di genetica? si chiedeva Ezra Taft Benson, ex ministro dell'agricoltura, in una lettera a Eisenhower. Fu oggetto di attacchi violenti che prendevano avvio dallo stereotipo della donna non sposata che si preoccupava di cose inutili come uccelli e insetti, che non era in grado di affrontare le questioni generali di cui si occupava la scienza, in primo luogo la fame nel mondo.

Una studiosa indipendente che aveva osato invadere il santuario maschile della scienza.

I suoi critici, il 28 ottobre del 1963, scrissero sul "Times": «La critica alla superiorità maschile è assolutamente intollerabile». ⁽⁶⁾

Nelle settimane immediatamente successive all'apparizione di *Silent Spring*, il presidente Kennedy nominò una commissione di studio che svolse i suoi lavori nei mesi in cui infuriò la polemica. Il rapporto finale, che apparve il 15 maggio 1963, stabilì che era doveroso usare metodi biologici per allontanare gli insetti dalle coltivazioni; l'eventuale ricorso alla chimica doveva limitarsi all'uso di pesticidi selettivi. Interessante leggere che nel 1963, quando iniziarono a uscire le prime pubblicazioni sugli allevamenti intensivi, Carson già scriveva:

Il moderno sistema di allevamento è stato investito dalla passione per l'"intensivismo"; una marea che ha travolto qualsiasi cosa assomigliasse agli antichi metodi. [...] Al loro posto sorgono edifici che assomigliano a fabbriche dove gli animali trascinano la loro infelice esistenza senza mai sentire la terra sotto i loro piedi, senza conoscere la luce del sole o il piacere semplice di pascolare e nutrirsi di un cibo sano, così intollerabilmente stipati da non poter compiere il minimo movimento. [...] Le malattie imperversano in questi stabilimenti che continuano a funzionare solo grazie alla continua somministrazione di antibiotici. I vitelli, tenuti intenzionalmente in una condizione di anemia così che la loro carne bianca possa soddisfare i supposti desideri del gourmet, talvolta cadono a terra morti quando li si trascinano fuori dalle gabbie dove sono stati imprigionati. [...] ⁽⁷⁾

Riconosciuta come la madre dell'ambientalismo contemporaneo, *Rachel Carson* si oppose all'ideologia del progresso, smascherò l'arroganza epistemologica che stava alla base del discorso scientifico, denunciò l'irresponsabilità dell'industria chimica e l'indifferenza dei governi nei confronti dell'alterazione degli equilibri naturali. Mise in discussione le ideologie dell'oppressione che impedivano alle donne di esprimersi pienamente nella società ed esercitò una rilevante influenza su molte scienziate; è stata un punto di riferimento per il pensiero ambientale femminista. La sua critica al pensiero lineare e oppositivo offrì agli studi femministi gli strumenti per estendere la critica al dominio, alla retorica dell'oggettività.

Laura Conte e Rachel Carson hanno assunto pienamente il loro essere scienziate e donne e sono vissute in modo politico, sperimentando un'ermeneutica sessuata delle questioni ambientali.

Chiara Zamboni, Docente del Dipartimento di Scienze Umane dell'Università di Verona, a proposito di ermeneutica sessuata delle questioni ambientali scrive:

Il pensiero della differenza dà una impronta, che mi sembra inaggrabile, all'ecologia. Non si tratta infatti semplicemente di dire che il mondo è relazionale. L'ecologia mostra che tutto il cosmo è relazione. Questo è ancora uno sguardo neutro che si pone fuori dal cosmo e guarda dall'alto che tutto è relazione. Io parlo, piuttosto, a partire da una relazione incarnata e da lì posso dire qualcosa di vero che riguarda anche altri, il cosmo. Ma non posso mettermi dall'alto e guardare come se ne fossi all'esterno. Come se fossi sulla Luna a guardare la Terra: Sono qui e ora, sono una donna che parla all'interno di relazioni. Non sono un soggetto onnisciente. La posizione neutra è la posizione di chi si pone al posto di Dio, non dal punto di vista di chi patisce dall'interno di una certa situazione.⁽⁸⁾

Negli anni, il processo di raccolta di pensieri, idee, concetti, elaborato sul rapportarsi degli esseri umani con ciò che li circonda, ha dato origine a studi di ricerca di filosofia ambientale:

[e]stendendo il più possibile il proprio campo di interesse alle dimensioni spaziali e temporali dell'intero ambiente in cui e su cui agisce l'essere umano, e decentrando (anche solo parzialmente) il discorso dagli agenti umani, si interroga sull'eticità del nostro relazionarci direttamente o indirettamente con gli enti non umani e/o le dinamiche naturali e, quindi, sul loro status morale e sulla possibilità che questi posseggano un valore indipendente dal nostro giudizio o (quantomeno) dalla nostra utilità.⁽⁹⁾

Pensatrici e pensatori dell'ambiente hanno avviato tesi antropocentriche, teocentriche, biocentriche, ecocentriche.

Inquinamento, esaurimento delle risorse, cambiamenti climatici, consumo del suolo e sfruttamento degli animali hanno aperto un ampio campo di confronto nel tentativo di porre dei limiti all'umano e agire nel e sul mondo naturale.

La crisi ambientale e quella energetica hanno riavviato riflessioni sull'ambiente inteso come patrimonio comune dell'umanità, rivalutando gli spazi in comune come luoghi di scambio.

L'idea del bene comune è insita nella tradizione del pensiero politico occidentale. L'approccio dei commons, che trova la sua rappresentante di punta nell'economista e docente universitaria statunitense Elinor Ostrom, individua un modello alternativo a quello dello stato, delle istituzioni pubbliche e delle aziende private. L'attività di ricerca di Ostrom si è concentrata in particolar modo sull'analisi delle modalità di gestione delle risorse comuni.

Il suo testo *The Evolution of Institutions for Collective Action* (Cambridge University Press, 1990; trad. it.: *Governare i beni collettivi*, Marsilio, 2007) è dedicato allo studio delle situazioni nelle quali le comunità sono state capaci di regolare autonomamente l'accesso a dei beni condivisi e alla proposta normativa di

questi modelli. Il lavoro le valse nel 2009 il premio Nobel in Economia.

Secondo Ostrom, sono definibili beni comuni tutte le risorse, naturali o artificiali, che vengono sfruttate al contempo da più fruitori e i cui processi di esclusione dell'uso sono molto difficili e/o costosi, ma non del tutto impossibili. Il suo lavoro di ricerca ha messo in luce l'esistenza di sistemi di organizzazione di accesso alle risorse condivise alternativi a quelli "mainstream" e la possibilità di implementarli laddove il contesto lo permetta. Questi modelli non dovranno sostituire quelli esistenti, ma affiancarli in quelle situazioni geografico-demografiche che si dimostrano a loro adatte. La sfida di Ostrom è di indagare le situazioni nelle quali gruppi di individui sono riusciti a costruire autonomamente le loro stesse istituzioni e influire sulle norme e i vantaggi reciproci. Il suo metodo parte dall'analisi empirica dei casi per individuare le casistiche ricorrenti, ponendosi l'obiettivo di creare un modello, anche normativo, dell'azione collettiva auto-organizzata che sia capace di individuare le condizioni favorevoli per questi processi, a partire dalla possibilità delle comunità di autogestione delle risorse locali necessarie per il proprio sviluppo.

Le scelte dovrebbero essere pertanto prese il più "vicino" possibile agli utenti e alla risorsa alla quale questi sono interessati, andando così a creare gruppi policentrici di autogestione che non richiedono, almeno per quanto riguarda le risorse in questione, un intervento diretto di un'autorità accentrata superiore. La teoria di Ostrom, identificando le condizioni che devono valere affinché una gestione "comunitaria" possa rimanere sostenibile nel lungo termine, è quanto mai attuale.

Il sistema economico e politico contemporaneo ha prodotto la non sostenibilità ambientale e un aumento esponenziale dell'ingiustizia tra gli esseri umani, incidendo sul benessere e la sicurezza alimentare dei popoli; ne consegue che molte comunità tendono, naturalmente, a organizzarsi con meccanismi di compensazione e sanzioni contro i free-riders.

Negli ultimi anni, si sono andate diffondendo riflessioni teoriche e anche concrete sperimentazioni che indicano pratiche di ibridazione tra il mondo della cooperazione e alcune innovazioni economiche, sociali e tecnologiche introdotte da movimenti come quello dell'economia collaborativa dei *commons* e dell'*open innovation* attraverso un modello di "piattaforma" che possa consentire di aprire i confini del mutualismo su scale più ampie, senza tuttavia abbandonare la propria natura eminentemente cooperativa.

Oltre alle risorse finite o fisiche che definiscono la struttura classica dei *commons*, si sono andate delineando altre risorse non

finite e più astratte, che possono essere trattate come beni comuni, denominate *commons* sociali: *commons* digitali, *commons* per la salute, *commons* urbani e le cosiddette comunità energetiche. A causa delle fonti limitate, anche la quantità di energia disponibile in forma tradizionale è in esaurimento: fare insieme e condividere sono gli obiettivi che si pongono i membri delle comunità di energia rinnovabile come base e come co-beneficio del loro progetto. Le energie rinnovabili (RE), vento, sole, acqua, biomassa, fanno parte del naturale bene comune. Elettricità ed energia prodotte fanno parte dei beni comuni sociali. ⁽¹¹⁾

Si tratta di beni pubblici che forniscono accesso a servizi sanitari, istruzione, acqua pulita, servizi igienici, energia, infrastrutture di trasporto e comunicazione. Sono essenziali per il benessere umano in quanto il livello di fornitura di questi beni ha effetti significativi sia sulla crescita che sulla disuguaglianza. La mercificazione dell'energia ha creato sperequazioni sociali.

I guadagni sugli investimenti, orientati al profitto, ricadono nelle mani dei privati, che hanno tendenzialmente l'obiettivo di installare le tecnologie che forniscono il reddito più elevato indipendentemente dalle reali esigenze delle persone. Le comunità energetiche *Energy Community* ⁽¹²⁾ sono un insieme di cittadini che producono, distribuiscono e condividono energia pulita e rinnovabile con l'obiettivo comune di abbassare lo spreco energetico, condividere energia a prezzi vantaggiosi e ridurre/eliminare le emissioni di CO₂.

In Europa la creazione di comunità energetiche è in crescita: per il 2050, si stima che 264 milioni di cittadini europei si uniranno al mercato energetico e genereranno circa il 45%

dell'elettricità rinnovabile complessiva delle comunità. I benefici delle comunità energetiche sono di carattere *economico*, grazie agli incentivi statali che promuovono la transizione energetica, *ambientali*, forniti dalla produzione di energia mediante fonti rinnovabili al posto di fonti fossili, *sociali*, dati dalla condivisione dei vantaggi economici e ambientali per tutti i membri della comunità. Nel processo di passaggio dai combustibili fossili alle fonti rinnovabili, la decarbonizzazione del settore energetico rientra nei *beni comuni globali* ⁽¹³⁾; ogni grammo di CO₂ rilasciato nell'atmosfera avrà un effetto su tutti noi.

Nel paese di Ferla, comune di circa 2.300 abitanti in provincia di Siracusa, nel mese di maggio 2021, grazie alla collaborazione con l'Università di Catania tramite il Progetto TREPESL – Transizione energetica e nuovi modelli di partecipazione e sviluppo locale, afferente al Piano di incentivi per la ricerca di Ateneo 2020/22, coordinato dalla prof.ssa Marisa Meli, seguendo lo schema giuridico di associazione non riconosciuta, si è costituita la comunità di energia rinnovabile "*Common Light* – mettiamo insieme le nostre energie". La Comunità Energetica siciliana, aperta al libero ingresso (ed uscita) di privati e Piccole e Medie Imprese del territorio le cui utenze ricadono all'interno della stessa cabina di trasformazione di media tensione/bassa tensione, è alimentata da un impianto fotovoltaico da 20 kW messo a disposizione dall'unico socio-produttore della comunità energetica, ovvero il Comune di Ferla. Il modello associativo si fonda sul cosiddetto schema "*one head-one vote*" (una testa-un voto), rendendo a tutti gli effetti l'Assemblea

della comunità energetica l'organo sovrano a cui spettano le decisioni. L'assemblea è affiancata da un Consiglio Direttivo al quale spettano le funzioni esecutive e di gestione, nonché l'adozione delle azioni mirate a dare concretezza agli obiettivi della comunità.

Il modello economico si basa sul reinvestimento del denaro ricevuto dalla Comunità per la realizzazione di ulteriori impianti fotovoltaici o di sistemi di accumulo. L'obiettivo, quantomeno in una prima fase, è quello di incrementare la potenza installata così da poter disporre di una maggiore quota di energia rinnovabile condivisa fra i partecipanti della Comunità di Energia Rinnovabile. ⁽¹⁴⁾

Negli ultimi anni, la transizione ecologica ha attratto l'attenzione di movimenti come il Sunrise movement, il Grassroots Global Justice Alliance, il The Leap, il Green New Deal for Europe, il Friday For Future, les Mujeres Indigenas argentine e anche di singole donne come Maria Leusa Munduruku, membro della tribù Munduruku nella foresta amazzonica in Brasile, Nemonte Nenquimo, una delle donne Waorani che nel 2019 ha avuto un ruolo di primo piano nel portare il governo dell'Ecuador in tribunale per bloccare le licenze per trivellare il petrolio greggio nell'Amazzonia. ⁽¹⁵⁾

Il Grande Patto Verde implica rendersi conto che i problemi sono interconnessi e che è necessario occuparsi allo stesso momento e nello stesso modo dei posti di lavoro e della salute, dell'economia e dell'ambiente opponendo un netto rifiuto all'approccio neoliberista alla politica economica.

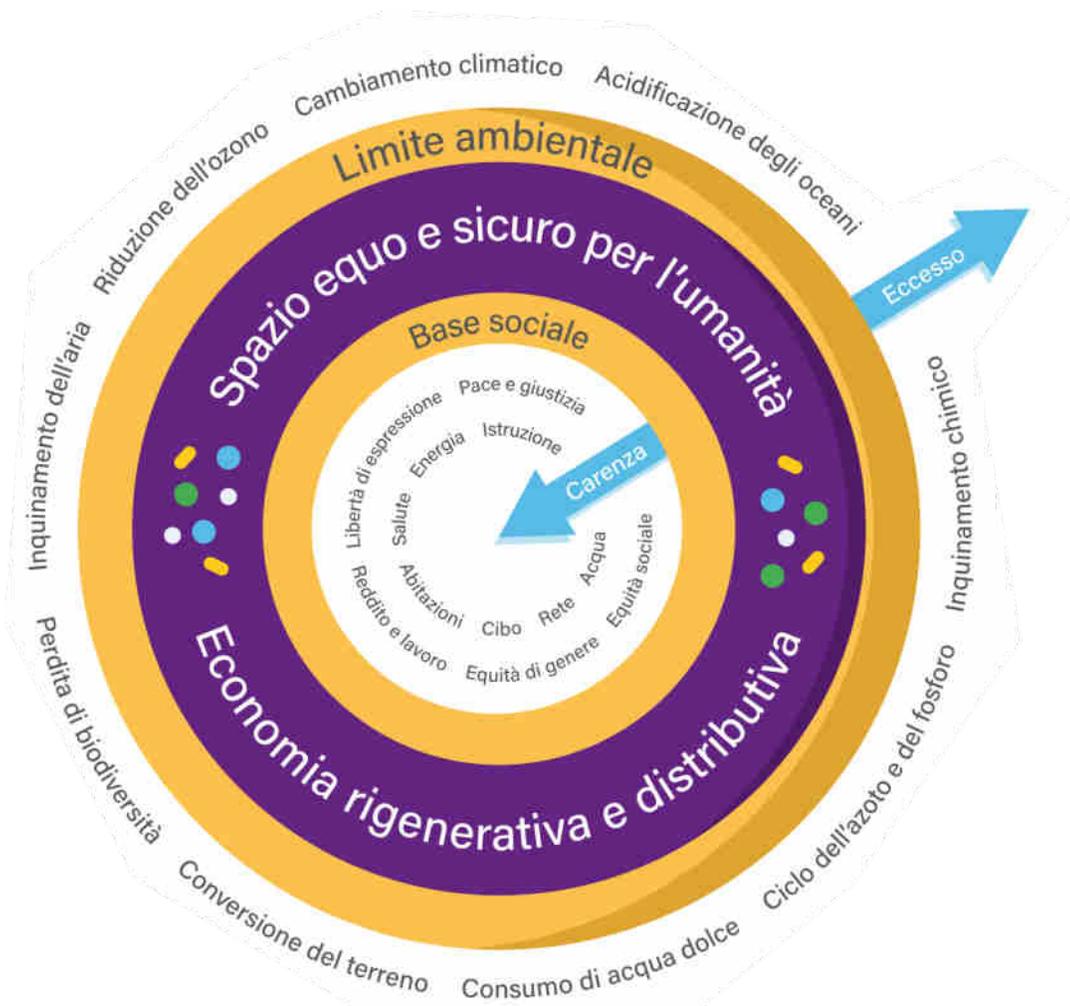
Dovrà essere un compromesso di classe fra mobilitazioni dal basso e i gruppi più lungimiranti dell'élite economica e istituzionale; le forme che assumerà in ogni paese saranno il

risultato della forza con cui i movimenti per la giustizia climatica e sociale, i comitati contro le grandi opere inutili e dannose, quelli contro le nocività, i sindacati riusciranno a imporre le proprie rivendicazioni a livello nazionale per un ecologismo non riduttivo.

Per un superamento del capitalismo ⁽¹⁶⁾, i movimenti per la giustizia climatica dovranno porre al centro delle loro considerazioni strategiche lo Stato, tenendo tuttavia bene a mente che negli ultimi decenni le istituzioni pubbliche sono state sempre più cooptate da interessi oligarchici.

Le élite politiche potranno esercitare la loro relativa autonomia dal capitale e dalle sue considerazioni di profitto immediato solo se poste sotto sufficiente pressione dal basso da un blocco contro-egemonico che sostenga un progetto comune e possieda l'autorevolezza politica per perseguirlo con efficacia ⁽¹⁷⁾.

L'economia della ciambella



Kate Raworth, ricercatrice all'*Environmental Change Institute* di Oxford, raccoglie in maniera sintetica nello schema della "ciambella" la complessità di una sfida epocale. Si è chiesta che cosa serva davvero all'uomo, e a una comunità, per vivere bene, e come si potrebbe fare per assicurare a tutte/i, senza gli sprechi degli ultimi decenni, una quota sempre più grande delle risorse che il nostro pianeta ci mette a disposizione. La sua risposta è in un disegno semplificato, in cui il buco all'interno è il vuoto dove si posiziona chi non raggiunge gli standard minimi di reddito, istruzione, assistenza sanitaria, possibilità di alloggio, cibo, accesso ad acqua e aria pulite.

Chi è lontano dai 17 obiettivi per uno sviluppo sostenibile codificati dall'ONU. La ciambella vera e propria è la quota di chi quelle risorse le ha, e le usa, senza sprechi e danni eccessivi per l'ambiente: l'umanità che vive bene. Il bordo esterno segna il limite, tracciato in base a una grande quantità di studi e ricerche, oltre il quale si finisce per consumare in eccesso rispetto a quello che si ha a disposizione. In pratica, il confine da non oltrepassare per non danneggiare il clima, gli oceani, la biodiversità, quindi la Terra nel suo complesso. I dati a disposizione, secondo la ricercatrice inglese, permetterebbero ovunque di capire quanti sono i poveri di una città, o quelli che vivono in quartieri più inquinati, o le zone dove le scuole,

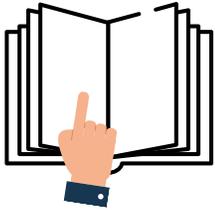
le case o i metri di verde sono al di sotto degli standard; e cosa serve per portare quelle persone all'interno della ciambella, senza sforare dal lato opposto e finire nello spreco.

Il libro di Kate Raworth, *Doughnut Economics: Seven ways to think like a 21st century economist* (London Random House, 2017; trad. it.: *L'economia della ciambella. Sette mosse per pensare come un economista del XXI secolo*, Edizioni Ambiente, 2017), indica un percorso per liberarsi dalla dipendenza dalla crescita, riprogettare il denaro, la finanza e il mondo degli affari e per metterli al servizio delle persone:

- cambiare l'obiettivo dalla crescita del PIL al rispetto dei diritti degli uomini e del pianeta;
- inserire l'economia nel contesto più ampio della vita naturale;
- coltivare la natura umana e le sue ricchezze sociali, che la fanno molto più ampia del modello razionale di *homo economicus* che ha dominato il Novecento;
- comprendere la complessità dei sistemi, ben più interconnessi e articolati di quando, decenni orsono, furono tracciate in equilibrio meccanico le curve del mercato e della domanda;
- "progettare per redistribuire", superando la teoria (Kuznets) per cui la disuguaglianza sarebbe stata curata dalla crescita;
- "creare per rigenerare", poiché nemmeno il degrado ecologico si è rivelato curabile con la crescita;
- essere agnostici sulla crescita: che non può essere infinita, mentre infinita dovrebbe essere la prosperità umana, PIL o non PIL.

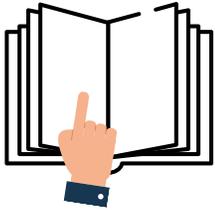
Quello che a oggi manca è una prospettiva che colleghi tutti i timori, ecologici e non, con un

unico sistema sociale e, per suo tramite, che li colleghi tra di loro.



Note & Riferimenti

1. Con interventi di Maria Paola Patuelli, fa parte del direttivo dell'Associazione nazionale "Salviamo la Costituzione", e nel 2008 ha fondato, con altre donne e alcuni uomini, "l'Associazione Femminile Maschile Plurale", e Pippo Tadolini, portavoce a Ravenna della Campagna per il clima fuori dal fossile. <https://www.femminilemaschileplurale.it/laura-conti-madre-dellecologismo-italiano/> Sempre nel 2021 l'Enciclopedia delle donne pubblica La via di Laura Conti della giornalista Valeria Fieramonte, in cui si ripercorre l'originalità dell'ecologismo italiano, che aveva trovato in Laura, in Dario Paccino, Giorgio Nebbia, Lorenzo Tomatis e Giulio Maccacaro e altri, un'importante sponda politica e scientifica, in sintonia con il mondo operaio, per contrastare una crescita incontrollata e in completa disarmonia con la natura.
2. Riguardo alla definizione di ambiente ho preso spunto dal lavoro di Serenella Iovino, *Filosofie dell'ambiente*, Roma, Carocci, 2004, p. 17: un complesso attivo di elementi che si muovono in un contesto comune, influenzandosi reciprocamente. Esso non è solo un insieme di fatti (gli elementi che lo compongono), ma anche un luogo di atti (le dinamiche che tra questi stessi elementi intercorrono).
3. Rachel Carson, *Silent Spring*, Houghton Mifflin, 1962, trad. it.: *Primavera Silenziosa*, Milano, Feltrinelli, 1962.
4. Ivi, p. 13.
5. Ivi, p. 127.
6. Cfr. le pubblicazioni di Bruna Bianchi, docente di Storia del pensiero politico contemporaneo e Storia delle donne e questioni di genere all'Università Ca' Foscari di Venezia: https://www.unive.it/pag/fileadmin/user_upload/dipartimenti/DSLCC/documenti/DEP/numeri/n35/03_Bianchi_modello.pdf; https://www.unive.it/pag/fileadmin/user_upload/dipartimenti/DSLCC/documenti/DEP/numeri/n44/15_Carson.pdf.
7. Rachel Carson, Preface to Ruth Harrison, *Animal Machines*, Ballantine Books, New York 1963, 1966 cit., *Last Woods. The Discovered Writing of Rachel Carson*, Edited and with an Introduction by Linda Lear, Boston, Beacon Press, 1999, pp. 194-196
8. Chiara Zamboni, Laura Conti: una scienziata ecologista, Blog Generazione di idee, 2 maggio 2020, *La Rivista di Diotima-Per amore del mondo* <https://www.diotimafilosofe.it/generazioni-di-idee/laura-conti-una-scienziata-ecologista/>
9. *Etiche dell'ambiente. Voci e Prospettive*, a cura Matteo Andreozzi, Prefazione di Serenella Iovino, Milano, Led, 2012, p. 19.



Note & Riferimenti

10. Per approfondimenti sulla nozione di bene comune suggerisco la lettura del saggio di Alessandro Montebugnoli, *Ogni cosa secondo i suoi principi, Un approccio analitico al discorso dei beni comuni*, in «Annali Fondazione Lelio e Lisli Basso», *Tempo di Beni comuni - Studi multidisciplinari a più voci sul concetto di beni comuni*, settembre 2013.
e il seminario *La buona vita e l'economia* realizzato nel 2011 dall'Associazione Femminile Maschile Plurale <https://www.femminilemaschileplurale.it/seminari-e-convegni/>.
11. Cfr. Jacopo Visani, *L'ambiente in comune. Etica ambientale beni comuni*, Alma Mater Studiorum Università di Bologna. Dottorato di ricerca in Diritto e nuove tecnologie, 2016, http://amsdottorato.unibo.it/7486/1/L%27ambiente_in_comune._Etica_ambientale_e_beni_com_uni_Jacopo_Visani_PhDUnibo.pdf.
12. <https://www.dii.unipi.it/news/news/l'università-di-pisa-scommette-sulle-comunità-energetiche-sostenibili-al-il-progetto>; <https://magazine.unibo.it/archivio/2021/04/22/un-vademecum-per-un-approccio-alternativo-allenergia>.
13. Il Mercator Research Institute on Global Commons and Climate Change (MCC) conduce ricerche e promuove il dialogo su come i beni comuni globali, come l'atmosfera e gli oceani, potrebbero essere usati e condivisi da molti ma comunque protetti. Un tema principale è la compatibilità di crescita economica con sviluppo sostenibile e protezione del clima: https://it.hrwiki.net/wiki/Mercator_Research_Institute_on_Global_Commons_and_Climate_Change.
14. A Ferla, nel siracusano, nasce la prima comunità energetica di Sicilia, un insieme di persone che condividono energia rinnovabile e pulita, in uno scambio tra pari: <http://www.bollettino.unict.it/articoli/ferla-la-prima-comunità-energetica-siciliana>.
15. Donne in prima linea in difesa del pianeta attiviste di Ong, esponenti della politica e delle istituzioni, dal Vietnam fino al Messico passando per il Sudafrica: <https://www.rainews.it/archivio-rainews/media/Dal-Vietnam-al-Malawi-le-donne-in-prima-linea-per-la-difesa-del-Pianeta-c4531d86-8207-4a8d-87c9-74651dfb6ea5.html#foto-1>.
16. In merito alle trasformazioni dell'élite politica cfr. <https://centroriformastato.it/le-transizioni-gemelle/>.
17. <https://asvis.it/notizie-sull-alleanza/19-10477/rapporto-asvis-2021-per-evitare-conseguenze-gravi-non-si-puo-piu-perdere-tempo->.

Biogas? Bocciato all'esame del rasoio di Occam

Fabio Musmeci



Sulla carta, esiste oggi un largo consenso circa la necessità che i rifiuti siano oggetto di una politica che impieghi in modo integrato le soluzioni tecnologiche esistenti, vale a dire non solo gli impianti ma anche, in ordine di priorità, i sistemi di prevenzione, la gestione sul posto del riciclo, la raccolta e il trasporto ed infine il residuale trattamento finale. Insomma una "cassetta degli attrezzi" nella quale ogni strumento abbia un ruolo preciso e importante. Al contrario, per il settore del trattamento dell'organico (ma non solo), molti dei soggetti coinvolti, siano essi pubblici o privati propongono, di fatto, la sola soluzione del grande impianto integrato anaerobico/aerobico, atto a produrre biogas, che essendo di "provenienza organica" viene considerato, più a torto che a ragione, un combustibile ad emissioni climalteranti nulle. Ultimo il caso del Comune di Roma che chiede, attraverso il PNRR, il finanziamento di due grandi biodigestori.

Contro questo atteggiamento è importante riaffermare il criterio secondo il quale nella gestione del rifiuto organico devono essere esplorate tutte le potenzialità del territorio e utilizzate tutte le sue caratteristiche, con un approccio *bottom up* che rispetti i principi di prossimità e di sussidiarietà, spesso sbandierati ma raramente applicati.

In termini pratici, questo vuol dire adottare un sistema di azioni in sequenza.

- **Il rifiuto può essere evitato?** Possono cioè essere realizzate iniziative di prevenzione, come per esempio avviene nel progetto *Reduce*?⁽¹⁾

Lo spreco alimentare rappresenta quasi due terzi (60%) di tutti i rifiuti organici provenienti dalle famiglie e da fonti simili e la quantità di spreco alimentare evitabile è stimata in 27 kg/abitante/anno.⁽²⁾

- Se il rifiuto viene prodotto, si può evitare di conferirlo al sistema di gestione? E cioè, in ordine di priorità:
 - a) può essere trattato localmente, presso lo stesso produttore (per esempio per mezzo dell'autocompostaggio, la cui forma più nota è quella domestica ma il cui principio può essere esteso anche alle utenze non domestiche)?
 - b) può essere trattato a livello di condominio, consorzio, ecc. (compostaggio di comunità)?
 - c) può essere raccolto e conferito ad un piccolo impianto locale dallo stesso furgone di raccolta da 3 metri cubi evitando il trasporto ad un impianto remoto con il necessario trasferimento su grandi camion da 25 tonnellate?

Allo stesso modo, bisogna chiedersi: cosa possono fare gli Enti sovra-ordinati per sostenere quelli sotto-ordinati nell'affrontare la problematica dei rifiuti organici. Cosa può fare un comune per aiutare le utenze a trattare direttamente i propri scarti organici? Quali politiche tariffarie? Quale supporto da parte delle Regioni? Sono anni ormai che la municipalizzata di Roma (l'AMA) non distribuisce più le compostiere domestiche, limitandosi a concedere uno sgravio a chi prova di averne acquistata una (e l'autocostruzione?).

Perché ancora non si vedono le compostiere elettromeccaniche previste da progetto AMA finanziato dalla Regione Lazio con un bando del 2017 e oggetto di un accordo con ENEA del 2015⁽³⁾? Eppure non mancano esempi di buone pratiche, anche vicini. Progetti quali quelli portati avanti da ENEA con Aeroporti di Roma (autocompostaggio), con ACEA con il compostaggio diffuso (es. Fiera di Roma), op-

pure le esperienze in Emilia Romagna di *compost sharing* (condivisione a chiamata di attrezzature come vagli, trituratori ecc.), i finanziamenti di alcune regioni (tra cui Lazio e Campania) per il compostaggio, l'inclusione di questi temi nei Criteri Ambientali Minimi per la politica di acquisti verdi della PA – tutto ciò va nella direzione del supporto ai piccoli impianti e della creazione di nuovi servizi collegati per il monitoraggio, l'assistenza, la conduzione, la comunicazione. Il piano industriale di Acea “prevede di installare 150 *SmartComp* entro il 2024 al fine di implementare un modello delocalizzato e condiviso di gestione ⁽⁴⁾ dei rifiuti”.



Figura 1. Compostatrice elettromeccanica usata per il compostaggio di prossimità.

Le utenze, per le quali è difficile effettuare compostaggio potrebbero essere trattate con essiccatori che renderebbero i cicli di raccolta meno frequenti e più efficienti, evitando la raccolta e il trasporto dell'acqua. Viene il dubbio che l'immaginario collettivo sia portato a ritenere più avanzata e più scientifica la soluzione del grande impianto “industriale” solo perché caratterizzata da un dato intrinseco di complicazione in confronto ad altre soluzioni più semplici e più economiche, ma proprio per questo ritenute troppo poco tecnologiche. In casi simili bisognerebbe invece applicare il principio base della scienza moderna noto come “rasoio di Occam”, secondo il quale “*frustra fit per plura quod potest fieri per pauciora*”: “è futile fare con più mezzi ciò che si può fare con meno”.



Figura 2. Compostiera da giardino a rivoltamento facilitato dotata di due camere, una di conferimento, l'altra di maturazione. Quando finisce la maturazione il compost viene scaricato e i ruoli si invertono

In altri termini, non vi è motivo alcuno per complicare ciò che è semplice. Principio non contraddetto da quanto affermato, per esempio, dal Piano d'Azione per le tecnologie ambientali nell'UE, secondo il quale “le tecnologie compatibili con l'ambiente non sono solo tecnologie singole, ma sistemi totali che comprendono *know-how*, beni e servizi, apparecchiature e procedure organizzative e di gestione”. ⁽⁵⁾

È la capacità di cogliere la complessità del sistema – non di aumentare la sua complicazione! – a rivelarsi essenziale per offrire soluzioni tecnologicamente avanzate.

Per certi aspetti, la situazione appare simile a quella che si determinò in occasione del dibattito sul nucleare, quando una delle argomentazioni principali dell'opposizione riguardava proprio la grandezza degli impianti, contrapposta all'idea che "piccolo è bello". Posizione quest'ultima condivisa allora da molte associazioni ambientaliste, compresa Legambiente, che oggi sembra invece diventata "più realista del re", sostenendo l'importanza dei grandi impianti di biodigestione.

Altamente istruttivo è poi il confronto tra le due soluzioni di trattamento anaerobico e aerobico del rifiuto. Al riguardo, il primo punto da stabilire, di carattere generale, è che nella scala delle priorità da applicare alla gestione dei rifiuti il recupero di materia viene prima del recupero energetico. Tale principio, che è ben evidente ad esempio al riutilizzo della plastica rispetto alla sua combustione per produrre energia, dovrebbe valere, in maniera analoga, per il rifiuto organico.

Per ottemperare almeno in parte a questo principio, i processi di digestione devono essere accompagnati da una successiva fase di compostaggio, come in effetti accade nel caso degli impianti integrati anaerobico/aerobico. Ma il problema del mancato recupero di materia riemerge tale e quale dal confronto tra i dati risultanti dagli impianti integrati e quelli risultanti dagli impianti di solo compostaggio. Nel rapporto sui rifiuti dell'ISPRA 2021 si legge che:

"Negli impianti di [solo] compostaggio sono trattate 3,2 milioni di tonnellate, circa 3,1 milioni di tonnellate sono trattate in impianti di trattamento integrato anaerobico/aerobico, mentre circa 338 mila tonnellate sono avviate in impianti di digestione anaerobica. Gli ammendanti complessivamente prodotti sono pari a circa 1,9 milioni di tonnellate, di cui circa 1,4 milioni di tonnellate, pari al 72,6%, prodotti dal [solo] compostaggio ed oltre 510 mila tonnellate (27,4%) prodotte dal trattamento integrato anaerobico/aerobico."

Ossia 1,4 milioni di tonnellate di ammendante su 3,2 milioni di tonnellate di rifiuto trattato danno una stima della resa in ammendante, media degli impianti di compostaggio, pari a $1,4/3,2 = 43,7\%$. Da confrontare con la resa degli impianti integrati, anaerobico/aerobico, pari a 510 mila tonnellate su 3,1 milioni ossia il 16,4%. Dunque, come si vede, il recupero di materia prodotto dagli impianti integrati risulta molto meno della metà del recupero di materia ottenibile mediamente gli impianti di solo compostaggio.

Il quadro è confermato anche da recenti progetti di impianti integrati, presentati con molta enfasi sulla stampa. Per esempio il progetto per l'impianto di Montespertoli⁽⁶⁾(FI) prevede che, annualmente, da 160.000 tonnellate di rifiuti organici entranti si ottengono 25.000 t. di compost, ossia il 15,6% del conferito. Per l'impianto di Rende in Calabria ⁽⁷⁾ da 50.000 t/anno i progettisti stimano la produzione di 8000 t/anno di compost, pari al 16%. Ancora più significativo, in un certo senso, il caso reale dell'impianto di Sant'Agata Bolognese, gestito da HERA, spesso portato come esempio virtuoso di economia circolare, nel quale la produzione di Ammen-



dante Compostato Misto (ACM) è inferiore al 14% della materia in ingresso (Rapporto Rifiuti ISPRA 2021). Non viene specificato, nel Rapporto ISPRA, il destino del 44% della materia in ingresso (58.761 t/anno su 132.214 t/anno di rifiuti in entrata) classificato come scarto. Probabilmente scarica o inceneritore.

E così, detto a chiare lettere, accade che un impianto di biodigestione sia un prodomo della discarica o dell'inceneritore.

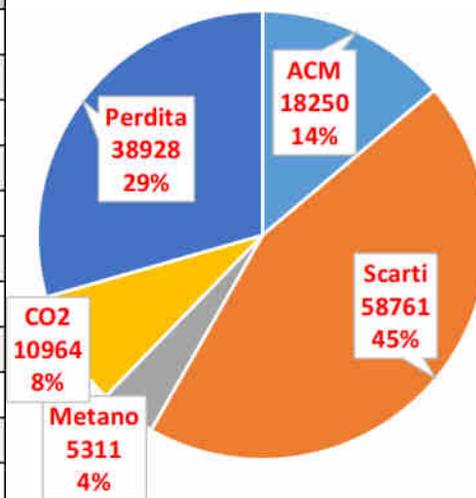
Lo stesso sistema di raccolta è condizionato dalla presenza del biodigestore: nel caso specifico dell'impianto HERA si tratta di grandi cassonetti stradali che, seppure "efficienti" in una logica di movimentazione e di raccolta strettamente industriale, determinano ampiamente, al contempo, la possibilità di una non adeguata selezione del rifiuto.



Al contrario, il sistema di raccolta domiciliare (c.d. "porta a porta") permette di identificare il rifiuto e di applicare una tariffa puntuale, legata a una migliore purezza dei materiali raccolti (cioè meno frazioni estranee). La situazione dell'impianto citato è illustrata in modo analitico nella figura successiva.

Bilancio di massa Sant'Agata Bolognese

Valore	Unità	descrizione	Fonte
98.916	t/anno	RSU umido in entrata	ISPRA
33.298	t/anno	verde in entrata	ISPRA
132.214	t/anno	totale rifiuti in entrata	calcolo
12.955.331	nmc	biogas prodotto	ISPRA
7.406.994	nmc	metano prodotto	ISPRA
5.548.337	nmc	CO2=differenza biogas-metano	calcolo
0,572	%	metano nel biogas (CH4/biogas)	calcolo
0,428	%	CO2 nel biogas (CO2/biogas)	calcolo
0,717	kg/mc	densità metano 25C° 1 atm	
1,976	kg/mc	densità CO2 25C° 1 atm	
5.311	t/anno	stima peso metano	calcolo
10.964	t/anno	Stima peso CO2	calcolo



Alla luce di questi dati conviene anche tornare sui recenti progetti, già citati, di due biodigestori integrati (Cesano e Casal Selce) per i quali AMA Roma richiede i finanziamenti del PNRR. In entrambi i casi, le dimensioni sono di 100.000 tonnellate/anno e il costo è pari a 58.638.080 euro: dunque 586 euro/tonnellata. Per gli stessi siti, al termine della consiliatura Raggi, erano stati sviluppati progetti di impianti di solo compostaggio ognuno dei quali prevedeva un carico di 60.000 tonnellate/anno e un costo di 27.651.949 euro: dunque, 461 euro/tonnellata. In altre parole, costi più alti per meno riciclo. Altre considerazioni importanti sono legate alla dimensione degli impianti. Si passa da una dimensione media degli impianti di solo compostaggio di 20 mila t/anno a una più che doppia di quelli di digestione anaerobica (46.000) e a un ulteriore raddoppio nel caso di quelli integrati anaerobici/aerobici (95.000 t/anno, oltre 4 vol-

te la dimensione media di un impianto di solo compostaggio). Si noti che la questione della grandezza degli impianti è rilevante per molteplici aspetti:

- l'impatto sul territorio, con le relative problematiche di accettazione e controllo sociale;
- la collocazione in aree remote con conseguenti costi di trasporto;
- la flessibilità del sistema. Quando si richiedono finanziamenti (esempio bancari) per grandi impianti bisogna avere contratti che impegnano i comuni a conferire quote assegnate di rifiuti organici per molti anni a venire. Questo contrasta con le azioni di riduzione alla fonte (esempio lotta agli sprechi alimentari) che rappresentano invece la priorità europea nella gestione dei rifiuti. In effetti molti impianti del Nord Est oggi non potrebbero fare a meno di quanto conferito dalle regioni del centro/sud perché

progettati anni addietro in una logica di crescita esponenziale dei rifiuti che poi non si è verificata (per fortuna);

- la vulnerabilità del sistema: grandi impianti vuol dire anche, a parità di trattamento, pochi impianti. Il fermo di uno di essi comprometterebbe l'intero sistema di trattamento;
- le occasioni di conoscenza offerte dai piccoli impianti posti accanto alle utenze rimuovono, anche a favore degli impianti più grandi, il timore nei confronti di un'installazione sconosciuta, diminuendo la sindrome NIMBY.

Infine l'imputazione dei costi e il suo livello di trasparenza – questioni chiave dell'intera problematica ambientale. Se esistono costi "nascosti", o comunque se i costi incidono su capitoli diversi, diventa difficile fare confronti significativi. Il compost non gode di sussidi, mentre le sovvenzioni all'anaerobico, come produttore di energia rinnovabile alterano il quadro economico. Senza sovvenzioni, i biodigestori non risulterebbero economicamente sostenibili. E molto ci sarebbe da dire anche circa la "rinnovabilità" dei flussi biologici, che in realtà rappresentano a loro volta, oltre a quelli dell'estrazione di materiali vergini, un fattore di insostenibilità dello sviluppo. La loro attivazione ha richiesto e richiede sconvolgimenti planetari, in ragione dei quali l'idea che siano neutrali in termini di CO₂, andrebbe probabilmente posta in discussione: sono "rinnovabili", per esempio, gli incendi in Amazzonia provocati per far posto alle coltivazioni di soia necessarie a nutrire i nostri maiali?

La verità è che l'uscita dalla società della combustione – visto che combustione significa di per sé un processo ad alta generazione di

gas climalteranti – rappresenta una delle sfide chiave del nostro tempo, si tratti pure di metano proveniente da biomasse. Del resto, dal punto di vista ambientale, il metano come combustibile per autotrazione non appare neppure molto conveniente (cfr. studi di Analisi del Ciclo di Vita - LCA ⁽⁸⁾):

- Benzina: 0,24 kg CO₂ eq/km
- Gasolio: 0,22 kg CO₂ eq/km
- Metano: 0,22 kg CO₂ eq/km
- Ibrido plug-in: 0,17 kg CO₂ eq/km
- Elettrico: 0,15 kg CO₂ eq/km

C'è perfino da chiedersi quanto la disponibilità di metano per autotrazione incida sul ritardo nell'adozione, ad esempio, di mezzi elettrici per la raccolta dei rifiuti da parte di un'azienda che possiede un biodigestore. E infine, quanto pericoloso è l'uso del metano? Solo nel mese di dicembre 2021 abbiamo dovuto registrare le catastrofi di Rocca di Papa, Torre Angela e Ravanusa, tutte prodotte dal metano che viaggia in una rete fatiscente che sarebbe ora di dismettere. Il quotidiano online "Qui Brescia" riporta nel 2020 la notizia dell'esplosione di una cupola dell'impianto di produzione di biogas. ⁽⁹⁾

È importante avere ben chiaro il contesto all'interno del quale trovano posto le osservazioni e le proposte che precedono.

Nel quadro della necessaria riconversione dell'intero sistema industriale in chiave ecologica, un fattore chiave risulta essere lo sviluppo di alternative territorialmente diffuse alla centralizzazione e al gigantismo dell'impostazione novecentesca.

Questa appare una delle direzioni principali in cui si sta muovendo il settore energetico, seppure non senza contraddizioni legate alla



© Mauro Pagnano
Licenza: CC BY-NC-SA 2.0

diversa visione degli attori in gioco.

Nel settore energetico la produzione locale e diffusa è parte ormai integrante delle reti, risultando spesso incentivata dalle stesse istituzioni. Ne risulta una integrazione di sistema tra grandi e piccoli produttori, con una rete in via di trasformazione, dove a fianco delle grandi *Energy Service Companies* (ESCO) si trovano una miriade di piccoli produttori ed autoproduttori. In altri termini siamo nel pieno corso di un rilevante cambiamento di modello, comunemente definito *Energy Transition*. Su tale onda riteniamo sia oggi maturo il tempo anche per una "*Waste transition*" che, in modo analogo a quanto in corso per l'energia, porti il sistema dei rifiuti nel III millennio.

In sintesi, nella *Waste Transition* della quale abbiamo urgente bisogno, il compostaggio diffuso e il compostaggio di prossimità meritano un posto centrale.

E in generale, nella transizione, bisogna evidenziare che il compost svolge un ruolo fondamentale, oltre che per l'uso che se può fare per l'arricchimento dei terreni in agricoltura e nella florovivaistica, anche per il contributo che può dare alla strategia complessiva di lotta al cambiamento climatico (un terreno organicamente sano è fondamentale per lo stoccaggio naturale del carbonio, contribuendo agli assorbimenti di anidride carbonica dall'atmosfera), alla sostituzione di materiale non rinnovabile (come la torba) o di agrochimici, alla promozione dell'utilizzo di materie prime seconde e dei sistemi di riduzione alla fonte dei rifiuti prodotti, alla lotta contro lo spreco alimentare, all'aumento della ritenzione idrica del suolo e della lavorabilità dei terreni. Ripetiamolo: la sfida da raccogliere è interna all'uscita dalla società della combustione (fosse anche la combustione di risorse ritenute rinnovabili) e dell'usa e getta.

L'uso del metano è un palliativo vecchio, da anni '80 del secolo scorso. Per la gestione e valorizzazione della frazione organica dei rifiuti solidi, si deve promuovere una prassi semplice, basata sul principio di sussidiarietà e di prossimità, con la conseguente costruzione di capacità locali di gestione dei rifiuti. Il sistema dei grandi impianti quindi, va integrato con il principio della capacità distribuita, della gestione locale e della rete. Un approccio del quale, ci sembra, la pandemia ha sottolineato l'importanza. Si deve mettere in chiaro che l'obiettivo è quello di diminuire la vulnerabilità del sistema e aumentare i suoi livelli di accettabilità, per mezzo di un aumento della consapevolezza sociale diffusa (molti piccoli impianti vicini ai luoghi di produzione invece che uno grande e spesso distante).

È alla luce delle diverse idee di futuro che possono essere definiti il progresso o la regressione da uno scenario auspicabile.

Il nostro vede protagonista il territorio e la cura, delle persone e delle cose che ci circondano, insieme a una riconquista del sapere e del saper fare locale. Rifiuti compresi.



Che cosa sono il “compostaggio” e il “biogas”

Il rifiuto umido, essenzialmente proveniente dagli scarti delle cucine e dai pasti, rappresenta la maggioranza relativa (in peso circa il 30%) dei rifiuti che produciamo. Da un punto di vista ambientale, se conferito in discarica o mal gestito, può inquinare le falde acquifere e/o rilasciare metano (un gas a effetto serra molte volte superiore a quello della CO₂) oltre che cattivi odori. Le sue implicazioni sono ancora più importanti da un punto di vista economico:

- non essendo un imballaggio, la gestione non è supportata dal Consorzio Nazionale Imballaggi (CONAI) che finanzia la raccolta differenziata delle altre frazioni come il vetro, la carta, la plastica ecc.,
- la frequenza con cui viene effettuata la raccolta è elevata, spesso tre volte la settimana,
- non può essere stoccato per oltre 72 ore,
- non può più essere conferito in discarica.

La sola forma di riciclo adottabile per il rifiuto umido è quella del compostaggio, che è una tecnica attraverso la quale viene controllato, accelerato e migliorato il processo naturale cui va incontro qualsiasi sostanza organica in natura, per effetto della degradazione microbica. Il risultato del processo è quello che la legge italiana sui fertilizzanti (75/2010) denomina Ammendante Compostato Misto (ACM), definito come segue: “i materiali da aggiungere al suolo in situ, principalmente per conservarne o migliorarne le caratteristiche fisiche o chimiche o l'attività biologica, disgiuntamente o unitamente tra loro”.

Il processo può essere schematizzato in almeno due fasi:

- a)** Bio ossidazione: destrutturazione della frazione organica più facilmente degradabile da parte di batteri aerobici (che consumano ossigeno). Questa fase, nella quale si produce un notevole aumento di temperatura (anche 60-65°C), dura indicativamente circa 15 giorni.
- b)** Maturazione: completamento del processo di decomposizione, con la degradazione anche delle molecole più complesse, ad opera di altre famiglie di agenti. Questa fase, nella quale si verifica un abbassamento della temperatura (intorno ai 40-45°C), può durare anche alcuni mesi. Al termine, la temperatura del cumulo è uguale a quella ambientale.

Per mantenere un'umidità ottimale, una buona porosità del materiale (per far passare l'aria) e un corretto rapporto tra carbonio e azoto, ai rifiuti umidi viene aggiunta una frazione lignea, chiamata tecnicamente “strutturante”. Questa è composta tipicamente da sfalci e patate

tritate, segatura ecc. in ragione di circa il 20% di quanto immesso come umido.

Oggi il compostaggio è praticato a varie scale, da quella domestica fino agli impianti industriali, passando da piccoli impianti di comunità e locali.

Un'altra forma di utilizzo del rifiuto umido è quello dell'estrazione di gas a scopi energetici attraverso l'uso di famiglie batteriche che vivono in assenza di ossigeno (il “biogas”). In particolare si tratta dell'estrazione di metano (circa il 50% del biogas in volume è metano mentre il restante è principalmente CO₂ ma anche NH₃, H₂S ecc.) con il processo detto di upgrading. Da qui le denominazioni di digestori anaerobici, biodigestori, o impianti di biogas. Anche per la digestione anaerobica sono riconoscibili diverse fasi (idrolisi, acidogenesi, acetogenesi e metanogenesi).

Il materiale in entrata può essere arricchito, in termine di resa in gas, da culture dedicate, deiezioni animali, scarti animali, fanghi e acque di scarico fognario.

Alcuni impianti sono costruiti sulla base della digestione anaerobica di tipo liquido (WET), in cui biomassa e acqua vengono miscelati in quantità uguali per formare un impasto in cui il contenuto di solidi totali è di circa il 10-15%. Sebbene questo modello sia adatto per impianti di piccola scala, presenza rilevanti criticità nel caso dei grandi impianti industriali dove, malgrado il parziale ricircolo, si richiede l'uso quotidiano di grandi quantità di acqua, spesso in aree a rischio idrico.

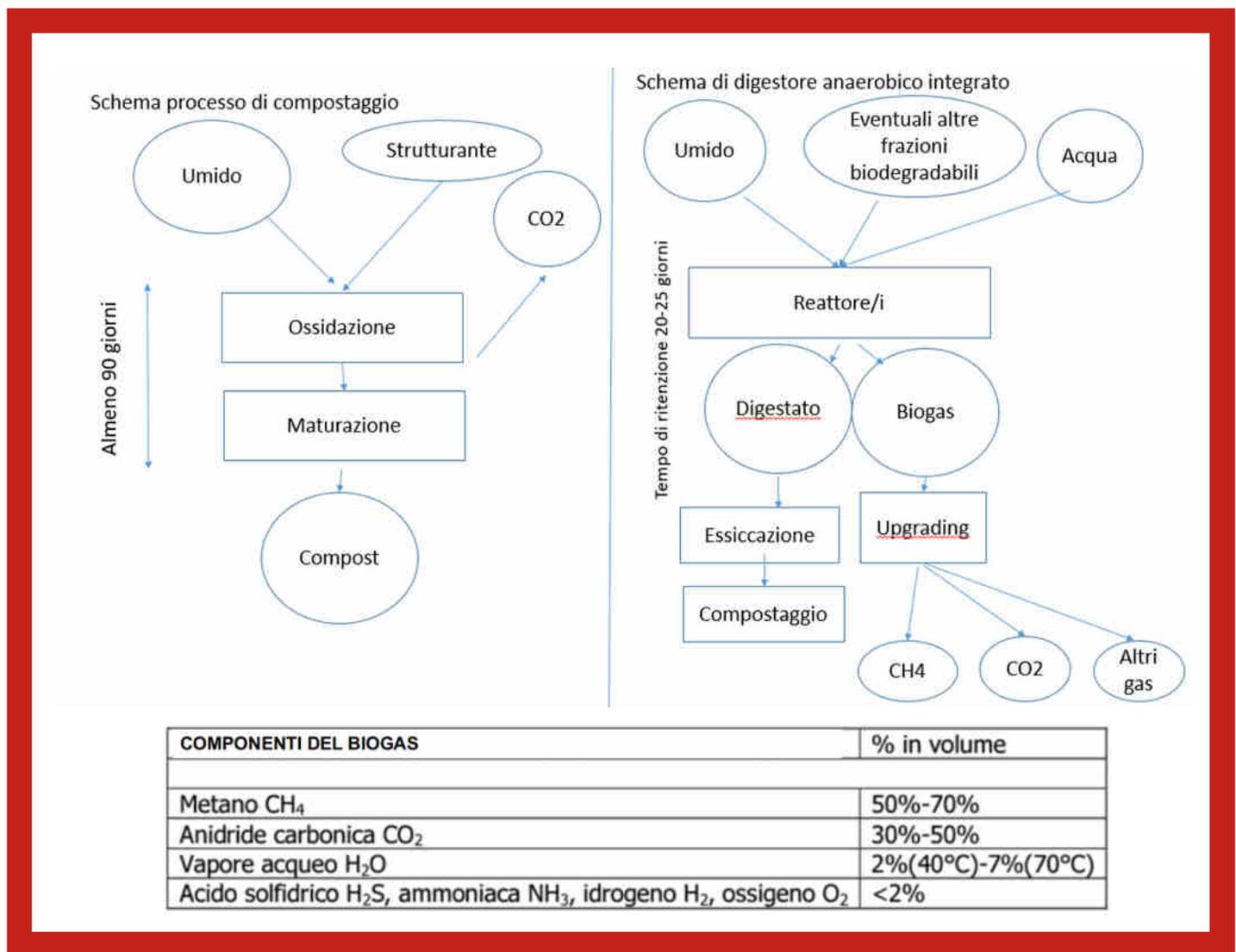
Al contrario di quella appena descritta, la digestione anaerobica allo stato solido (DRY), con la fermentazione a secco, riduce drasticamente la necessità di diluire la biomassa prima di utilizzarla per la digestione. Il sistema è in grado di gestire biomassa secca

SCHEDA: COMPOSTAGGIO E BIOGAS

e impilabile con un'elevata percentuale di solidi (20-55%). Nel confronto, tra diverse tecnologie di digestione anaerobica, la tecnologia DRY è superiore a quella WET sotto molti aspetti quali, per esempio, quelli energetici, di consumo d'acqua, rischio di rotture, capacità di gestione delle impurità ecc. A Roma sono tuttavia in fase di progettazione due nuovi digestori con tecnologia WET.

Un digestore produce, oltre al biogas, il "digestato", cioè il residuo della digestione. Alcuni impianti, denominati integrati, fanno seguire alla digestione anaerobica un tratta-

mento del digestato (esempio una necessaria essiccazione) in modo da recuperare anche un po' di materia attraverso il compostaggio. In effetti, fino a pochi anni fa l'unico destino del digestato era la discarica, mentre oggi è possibile utilizzarlo per la produzione di ACM. Statisticamente la materia recuperata in questo modo è però meno di metà di quanto recuperabile dal solo compostaggio. Inoltre, una buona efficienza di degradazione trasforma in biogas circa il 60-80 % della sostanza organica, privandone il digestato e l'eventuale compost prodotto.



Alcuni riferimenti normativi dal Testo Unico Ambientale 152/2006

Riciclaggio: “il riciclo è un’operazione di recupero attraverso cui i rifiuti sono trattati per ottenere prodotti, materiali o sostanze da utilizzare per la loro funzione originaria o per altri fini. Esso include il trattamento di materiale organico ma non il recupero di energia né il ritrattamento per ottenere materiali da utilizzare quali combustibili”. Art. 183 del TU Ambientale

Frazione umida: “rifiuto organico putrescibile ad alto tenore di umidità, proveniente da raccolta differenziata o selezione o trattamento dei rifiuti urbani”. Art. 183

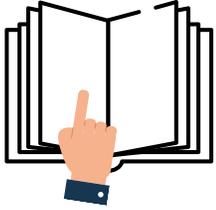
“I materiali di cui è cessata la qualifica di rifiuti da utilizzare come combustibili o altri mezzi per produrre energia, o da incenerire, o da utilizzare in riempimenti o smaltiti in discarica, non sono computati ai fini del conseguimento degli obiettivi di riciclaggio”. Art. 205 bis.

“Al fine di incrementarne il riciclaggio [...] i rifiuti organici sono differenziati e riciclati alla fonte, anche mediante attività di compostaggio sul luogo di produzione, oppure raccolti in modo differenziato, con contenitori a svuotamento riutilizzabili o con sacchetti compostabili certificati a norma UNI EN 13432-2002, senza miscelarli con altri tipi di rifiuti”. Art. 183 ter, comma 2

“Le attività di compostaggio sul luogo di produzione comprendono oltre all'autocompostaggio anche il compostaggio di comunità realizzato secondo i criteri operativi e le procedure autorizzative da stabilirsi con de-

creto del Ministro dell'ambiente della tutela del territorio e del mare di concerto con il Ministro della salute”. Art. 183 ter, comma 3.

“Il Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare, le Regioni e le Province autonome di Trento e Bolzano, gli Enti di governo dell'ambito ed i Comuni, secondo le rispettive competenze, promuovono le attività di compostaggio sul luogo di produzione, anche attraverso gli strumenti di pianificazione di cui all'articolo 199 e la pianificazione urbanistica”. Art. 183 ter, comma 4.



Note & Riferimenti

1. <https://www.sprecozero.it/cose-il-progetto-reduce/>
2. <https://www.sprecozero.it/wp-content/uploads/2020/07/Report-AR-1-Rifiuti-urbani.pdf>
3. <https://www.amaroma.it/azienda/news/3286-accordo-enea-ama-per-la-gestione-green-dei-rifiuti.html>
4. <https://www.gruppo.acea.it/al-servizio-delle-persone/ambiente/economia-circolare/acea-smart-comp>
5. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:52004DC0038&from=GA>
6. <https://www.greenreport.it/news/economia-ecologica/a-montespertoli-investimenti-da-30-milioni-di-euro-in-arrivo-un-nuovo-biodigestore/>
7. http://www.calabramaceri.it/attachments/brochure%20CALABRA%20MACERI%20intera_2021%20Oridotta
8. <https://insideevs.it/news/515626/emissioni-auto-life-cycle-assessment/>
9. <https://www.quibrescia.it/provincia/bassa-bresciana-2/2020/05/11/chiaro-esplode-una-cupola-allimpianto-di-produzione-biogas/561286/>

Il futuro della Città

Nicolò Savarese



Prevedere l'evoluzione degli insediamenti umani

I processi di inurbamento non sono solo il portato storico conseguente alla prima rivoluzione industriale e all'affermarsi del modo di produzione capitalistico, ma un fenomeno ormai costante e ineluttabile nell'evoluzione dei modelli insediativi e di vita dell'umanità.

Le stime delle Nazioni Unite ⁽¹⁾ circa il tasso di inurbamento della popolazione mondiale mostrano che nel 2050 esso raggiungerà mediamente il 68%, ma oltre l'80% nei paesi industrialmente più avanzati (Europa, Americhe, Cina) **(Figura 1)**. Questa previsione impone il problema di come sarà o dovrebbe essere la "città del futuro". Fino alla fine del XIX secolo - da Platone a Leon Battista Alberti, da Thomas More agli utopisti sociali dell'Ottocento - il concetto di "città futura" era piuttosto formulato in termini di "città ideale".

Non esistendo tuttora una scienza della città, nel senso rigoroso del termine, non esistono neanche teorie circa la sua evoluzione, anche se esiste una corposa storiografia urbana. Sebbene sia possibile affrontare singoli settori in un'ottica sistemica, un approccio intersettoriale di tipo analitico è praticamente impossibile, in quanto i sistemi urbani sono forse i più complessi tra i "sistemi complessi" conosciuti. Ciò non impedisce, tuttavia, di avanzare ipotesi, più o meno fondate, sul futuro delle città, tenendo conto dell'efficacia dei sistemi di pianificazione bene o male in atto. Parlare di futuro significa fare previsioni sul futuro e quindi confrontare, integrare e rendere tra loro coerenti le previsioni di quasi tutte le discipline che si occupano - direttamente o indirettamente - degli insediamenti umani sul territorio. ⁽²⁾

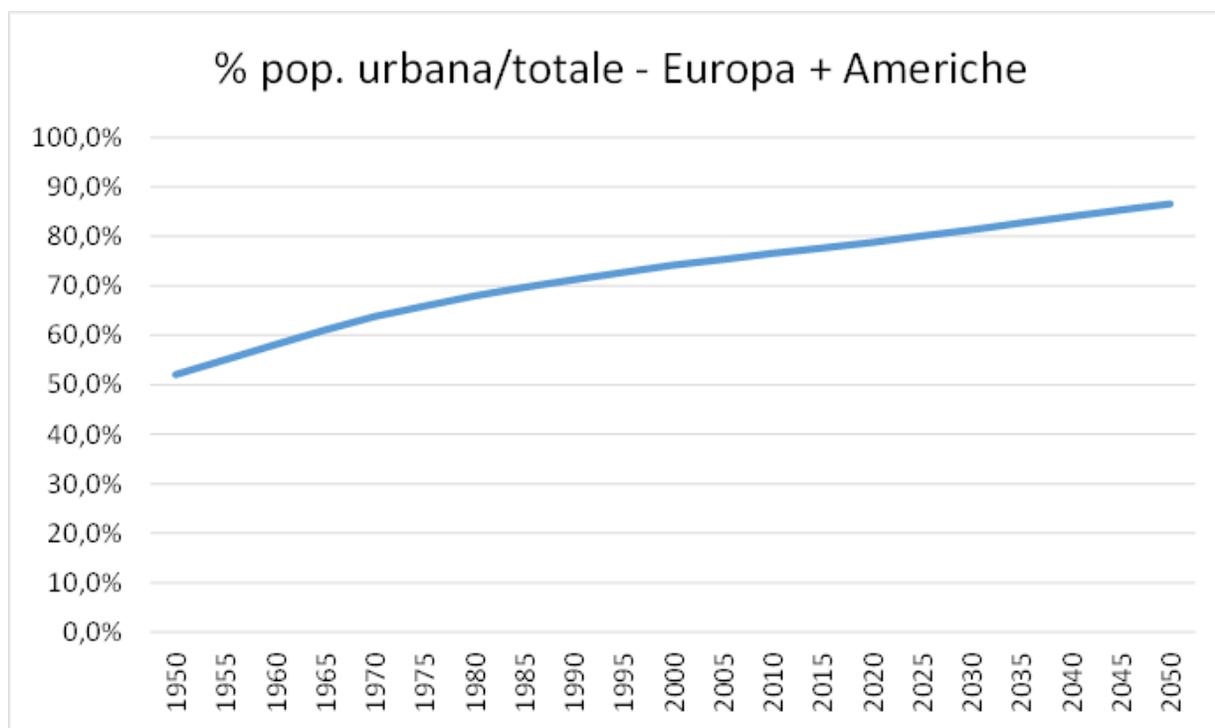


Figura 1. Tasso di inurbamento della popolazione mondiale nel 2050.

Per chiarirsi meglio su questo punto, occorre innanzi tutto definire il quadro metodologico entro cui qualsiasi previsione può essere effettuata, pena la sua totale inconsistenza e inutilità. Poiché la semplice estrapolazione dei dati attuali può al massimo servire ad una analisi di base, il problema principale consiste nella costruzione di scenari sui quali effettuare una valutazione e – ove le previsioni servano a determinare delle linee d'azione - la scelta delle strategie più adeguate. Possiamo al riguardo individuare le sei fasi principali di un processo pianificatorio:

- a)** analisi dei dati, identificazione dei problemi strategici, delle forze trainanti o *driver* dei cambiamenti e delle variabili in gioco;
- b)** analisi dei *trend* relativi alle variabili precedentemente identificate e messa a fuoco degli obiettivi generali probabili, auspicabili o anche solo possibili;
- c)** costruzione di scenari alternativi, stimandone al contempo gli impatti e il livello d'incertezza o di rischio;
- d)** valutazione degli scenari dal punto di vista dei vari possibili destinatari;
- e)** messa a punto di piani strategici e di politiche coerenti, valutandone la fattibilità economica, finanziaria e organizzativa, nonché la flessibilità e adattività rispetto al mutare delle condizioni future;
- f)** monitoraggio permanente degli esiti delle strategie e delle politiche adottate.

L'operazione di *visioning*, di cui al punto **b)**, riveste un'importanza cruciale, in quanto non è affatto neutra e coinvolge, già a questo sta-

stadio, le forze sociali, economiche e politiche presenti nell'arena urbana.

La *vision* è propedeutica alla definizione degli scenari e ne costituisce la base e la ragion d'essere. La costruzione degli scenari, di cui al punto **c)**, è quella più delicata e deve essere in grado di prospettare i vari approcci possibili all'evoluzione dei contesti urbani, tra cui, ad esempio: gli scenari di maggior successo dal punto di vista ideologico o politico; quelli potenzialmente catastrofici; quelli più convenzionali e di più agevole fattibilità; quelli più utopici ma altamente auspicati o auspicabili; e così via. Spesso lo scenario, che poi guiderà strategie e politiche d'intervento, scaturisce dall'integrazione di approcci e visioni multiple.

Per quanto riguarda il punto **e)**, la pianificazione urbana e territoriale va orientandosi sempre più verso piani concepiti in senso strategico e sempre meno normativistico. Ciò significa fissare le linee direttrici della *governance* urbano-territoriale, rinviando la definizione degli assetti urbanistici e normativi di natura conformativa alla fase attuativa, concepita in termini di "progetti integrati". Ciò comporta spesso una radicale ristrutturazione della pubblica amministrazione – quantomeno a livello locale non più organizzata settorialmente per *lines* autonome e scarsamente intercomunicanti, ma per staff interdisciplinari, a seconda delle competenze coinvolte in uno stesso progetto. Preliminare, rispetto a qualsiasi approccio pianificatorio, è tuttavia l'identificazione e l'analisi dei principali *driver* dei cambiamenti in atto; solo così è possibile il confronto e la valutazione dei modelli e delle forme urbane possibili e auspicabili per il futuro delle città.

I driver del cambiamento

I principali fattori di crisi delle attuali aree urbane e metropolitane in tutto il mondo sono così riassumibili:

- una sostanziale discrasia tra la velocità – molta rapida - di modificazione dei flussi (di energia, informazione, materiali, rifiuti, risorse idriche, ecc.) e quella – molto lenta – di adattamento della forma e delle infrastrutture urbane;
- una scarsa integrazione tra i sistemi erogatori di servizi ecosistemici, anche a causa di una loro crescente privatizzazione e deregolamentazione;
- una tendenza crescente alla diffusione territoriale degli insediamenti residenziali, commerciali e produttivi;
- sostanziali modificazioni nella struttura demografica della popolazione (invecchiamento, riduzione dimensionale dei nuclei familiari, flessibilità occupazionale, ecc.);
- terziarizzazione delle attività produttive con conseguenti fenomeni di de-industrializzazione e dismissione di vaste aree urbane;
- un sempre più accentuato disaccoppiamento casa/lavoro/servizi con conseguente crescita della motorizzazione privata e della congestione del traffico.

La formulazione di ipotesi sul futuro della città si basa sull'identificazione di obiettivi generali e specifici che si ritengono probabili/ possibili/ desiderabili per contrastare i problemi ora indicati e che possono essere descritti anche come fattori di cambiamento (driver) dello stato attuale in senso migliorativo. I fattori di potenziale impatto sulle condizioni materiali e immateriali di vita delle persone - e quindi sulla struttura degli insediamenti umani - sono innu-

merevoli; è però possibile operarne una progressiva scrematura in base alla numerosità delle interazioni positive che ciascuno di essi manifesta in una mappa delle reciproche interdipendenze, come quella riportata in **figura 2**.

Questa operazione ci consente di portare in evidenza tre grandi obiettivi generali da perseguire per una riqualificazione degli ecosistemi urbani:

- 1)** valorizzazione identitaria dei luoghi e coinvolgimento delle comunità locali nella loro trasformazione;
- 2)** ristrutturazione dello spazio pubblico, inteso come sottocategoria di beni comuni, e ripensamento radicale dei sistemi di mobilità sia pubblica che privata;
- 3)** adozione di nuove procedure di programmazione degli interventi pubblici, con particolare attenzione all'impatto spaziale delle varie politiche d'intervento.

Quasi tutti gli analisti – e non solo gli urbanisti – ritengono infatti che lo spazio pubblico sia destinato sempre più a svolgere un ruolo determinante e vada perciò totalmente ripensato e riorganizzato in chiave sistemica. Le motivazioni che supportano tale convinzione sono molteplici e fanno riferimento agli obiettivi generali prima evidenziati.

In primo luogo, la questione "identità" è ormai trasmigrata dagli studi antropologici e sociologici a quelli urbanologici e c'è, a mio parere, una ragione specifica in tutto ciò: la decomposizione delle grandi città e delle aree metropolitane in un arcipelago di comunità e relative parti che non si relazionano e non si parlano più tra loro. Lo spazio pubblico gioca perciò un ruolo fondamentale, perché è all'in-

terno di questo spazio che si manifestano legami interpersonali, relazioni sociali, comunanze etniche, nuovi riti collettivi, modalità innovative di partecipazione alla vita pubblica. Di conseguenza, qualunque operazione di trasformazione dello spazio pubblico non può che partire dall'identità dei

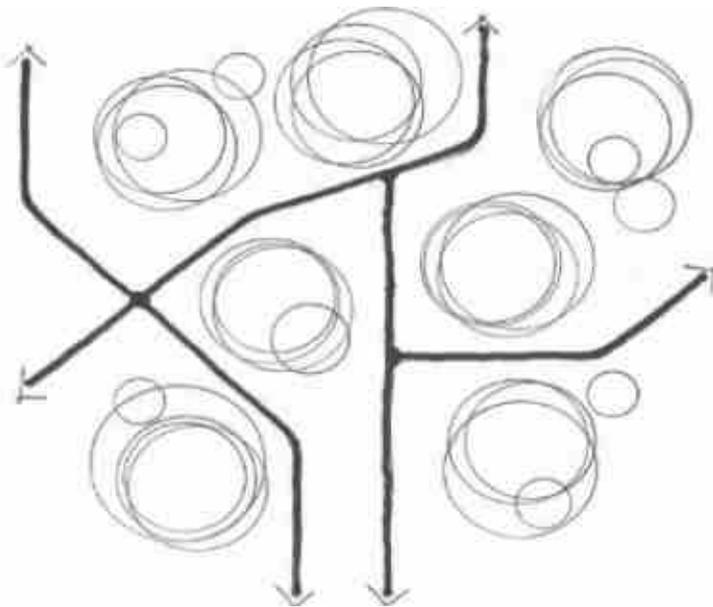
luoghi ovvero dal senso che lo spazio di relazione ha per coloro che lo abitano. Inoltre s'è capito che nessun processo di trasformazione urbana può essere portato a termine con successo senza un coinvolgimento diretto dei residenti nella progettazione dello spazio pubblico di loro pertinenza.

A	A.1	A.2	A.3	A.4	A.5	A.6	A.7	S	S.8	S.9	S.10	S.11	E	E.12	E.13	E.14	E.15	E.16	U	U.17	U.18	U.19	U.20	U.21	U.22	U.23	G	G.24	G.25	G.26	G.27	G.28	G.29	G.30	92		
A.1	1																																			8	
A.2		1																																			13
A.3			1																																		21
A.4				1																																	10
A.5					1																																21
A.6						1																															11
A.7							1																														8
S								1																													54
S.8									1																												9
S.9										1																											13
S.10											1																										11
S.11												1																									21
E													1																								100
E.12														1																							23
E.13															1																						17
E.14																1																					17
E.15																	1																				21
E.16																		1																			22
U																			1																		129
U.17																				1																	14
U.18																					1																19
U.19																						1															17
U.20																							1														22
U.21																								1													18
U.22																									1												16
U.23																											1										23
G																																					111
G.24																																					23
G.25																																					20
G.26																																					16
G.27																																					15
G.28																																					22
G.29																																					13
G.30																																					2
TOT	8	13	21	10	21	11	8	9	13	11	21	23	17	17	21	22	14	19	17	22	18	16	23	23	20	16	15	22	13	2	TOT						

Figura 2. La matrice dei fattori di cambiamento nello spazio urbano.

Una seconda ragione sta nella crisi della mobilità urbana, non più sostenibile e non più sanabile con rimedi vagamente ecologici o puramente tecnologici, neppure se smart, in quanto è qui in gioco il concetto stesso di mobilità, non più fondabile sul principio univoco della minimizzazione del rapporto tempo/spazio negli spostamenti individuali, ma su un mix integrato di criteri riguardanti la sicurezza, il benessere, la salute, l'accessibilità

e l'inclusione per tutti coloro che usano lo spazio pubblico. Le misure che vengono invece adottate nel settore del trasporto urbano non vanno sempre in questa direzione; basti pensare all'incentivazione delle auto elettriche o ibride che, oltre al grande consumo di metalli rari e al problema dello smaltimento delle batterie, possono solo ridurre le emissioni nocive soltanto del 50% (nel migliore dei casi).



Ben diversi sarebbero invece gli effetti di una forte incentivazione del trasporto pubblico locale a trazione elettrica, che potrebbe ridurre il trasporto privato – e quindi il parco auto in circolazione – del 75%. Una terza ragione riguarda il governo del territorio e i rapporti intercorrenti tra pubblico e privato. La pianificazione del sistema dello spazio pubblico costituisce il principale strumento che le amministrazioni pubbliche hanno per esercitare la *governance* dei processi di trasformazione urbana, anche rispetto agli investimenti immobiliari privati, attraverso il

controllo quali-quantitativo degli standard urbanistici. Da tutto ciò consegue l'esigenza di un assetto urbanistico e trasportistico radicalmente differente dal modello attuale, limitando e concentrando il traffico veloce su una griglia stradale a maglie larghe e ridisegnando il sistema degli spazi pubblici interno alle maglie (isole ambientali).

La creazione di una efficiente rete di nodi di scambio modale (tra privato e pubblico, tra bici e altri mezzi) ottimizzerebbe, inoltre, l'uso stesso della rete. **(3)**

Nei migliori casi sinora realizzati non solo vengono ad invertirsi i diritti di precedenza (pedoni, bici, trasporto pubblico, veicoli privati), grazie ad una riduzione drastica della velocità consentita, ma tutto il disegno dello spazio pubblico – dalle pavimentazioni al verde, dalla segnaletica agli arredi – viene ripensato in una logica globale di inclusione, condivisione d'uso, sicurezza.

L'attuazione di un modello di questo tipo non dipende solo dalla capacità di ridisegnare l'assetto urbano nel suo complesso e nelle singole sue parti; la modifica dei comportamenti individuali, il rafforzamento dei partenariati locali e il coinvolgimento diretto dei cittadini ne sono condizioni imprescindibili.





Modelli e forme urbane

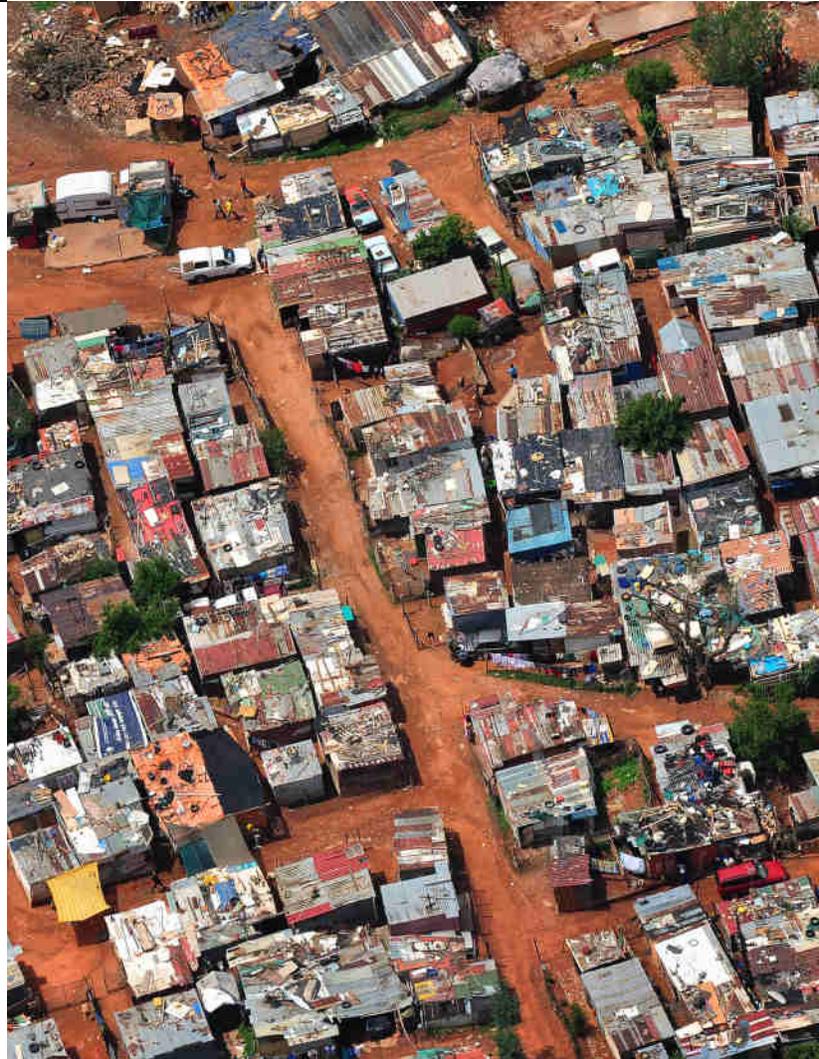
Le problematiche sin qui discusse hanno stimolato architetti e urbanisti a formulare modelli più o meno innovativi di trasformazione degli insediamenti urbani e metropolitani. Nonostante la grande variabilità delle proposte credo sia possibile considerare quattro grandi categorie o modelli futuribili di assetto urbanistico: (1) città compatta; (2) città diffusa; (3) città in rete; (4) città arcipelago.

- Non mi soffermo più di tanto sui primi due - <città compatta> e della <città diffusa> - in quanto trattasi di due modelli già ora compresenti nelle megalopoli ai due estremi dello sviluppo: il *central business district*, da una parte, e lo *sprawl* delle periferie suburbane, dall'altra.

Queste ultime, in particolare, finiscono per incidere sulla vita delle persone e sull'aspetto fisico delle città: dalle sterminate estensioni di casette unifamiliari con giardinetto dei suburbi nordamericani alle indefinite baraccopoli sudamericane o asiatiche o africane . (4)

Molto più interessanti sono gli altri due modelli - <città in rete> e < città arcipelago> - caratterizzati dal passaggio da una struttura dell'insediamento urbano e territoriale più o meno rigidamente gerarchica ad una struttura reticolare e policentrica, come mostrato in **figura 3**.

Le <reti di città> rappresentano un modello evolutivo innovativo, sebbene ancora embrionale. Se analizziamo una qualsiasi area extra-urbana, possiamo constatare che nella maggior parte dei casi i piccoli/medi centri ad essa appartenenti



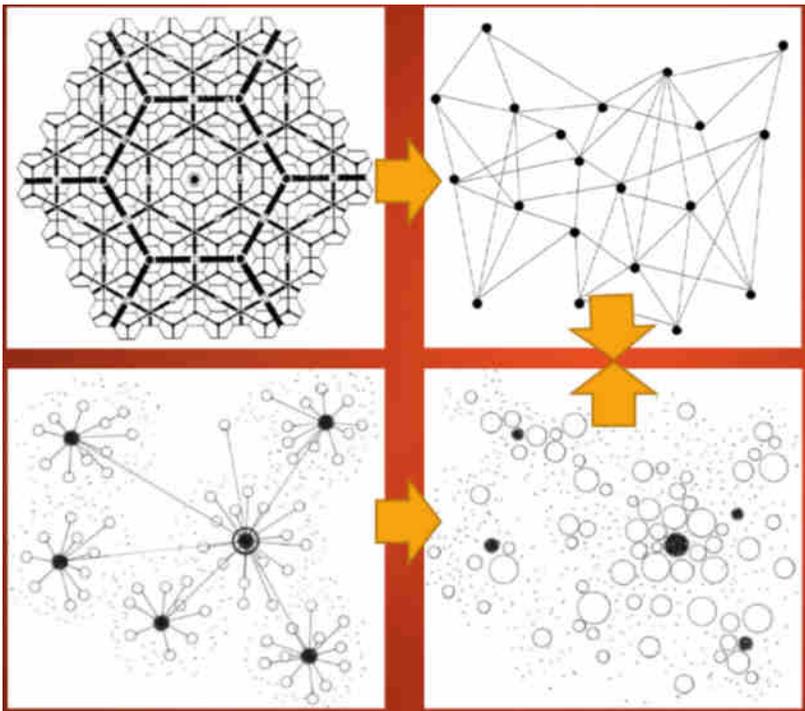


Figura 3. Struttura reticolare e policentrica.

sono sostanzialmente equipollenti e non presentano alcuna particolare forma di specializzazione funzionale o produttiva; anzi evidenziano una notevole omogeneità di risorse e funzioni possedute, con un conseguente basso livello dei servizi offerti alla comunità.

Come dirò meglio in seguito, si tratta di una legge economica elementare, specie se applicata all'erogazione di servizi, in base alla quale il rango o livello delle prestazioni offerte è legato all'ampiezza del bacino d'utenza. L'obiettivo ottimale sarebbe allora quello di fare sistema, tendendo alla specializzazione di ciascun comune dell'area in una determinata tipologia di servizi.

E' questo il criterio base su cui si costruisce una rete urbana diffusa ma integrata orizzontalmente, cui è possibile sovrapporre reti urbane, nazionali o anche internazionali, integrate verticalmente, ovvero basate su determinate specializzazioni produttive di nicchia. Trattasi, in sintesi, di un nuovo modello di riassetto e di *governance* del territorio, in cui è la dimensione demo-

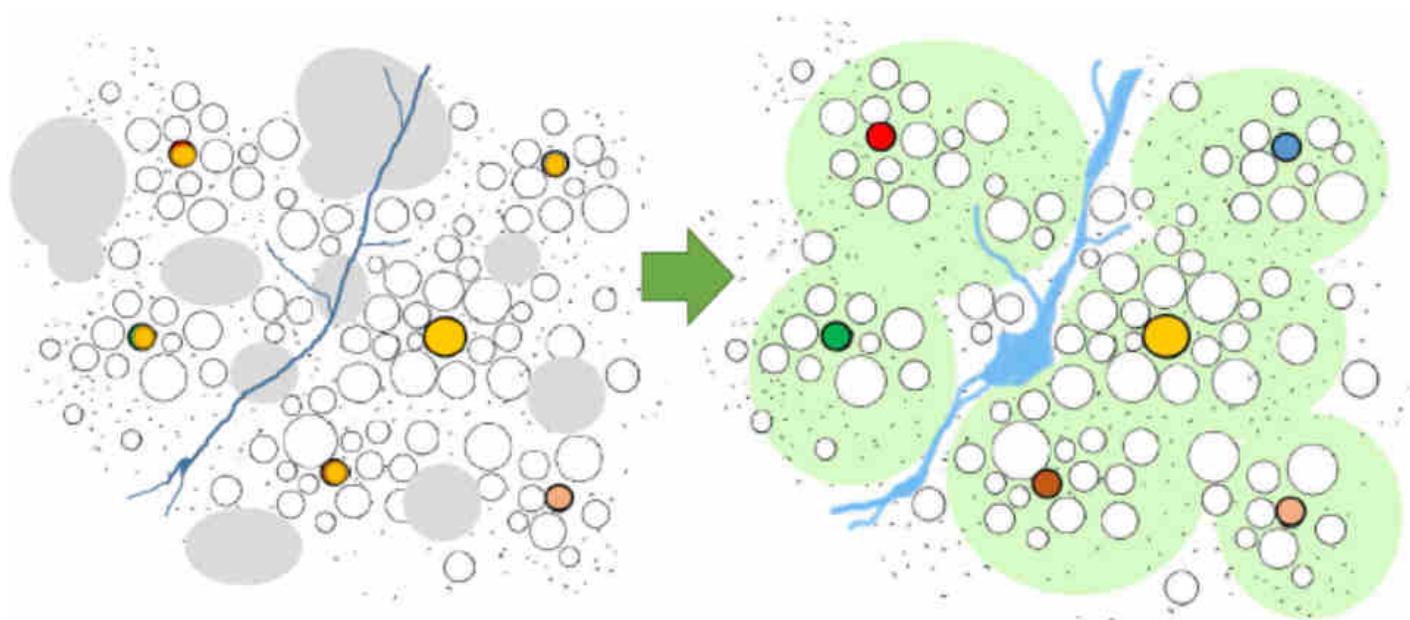
grafica complessiva della rete a determinare la massa critica o il valore di soglia per l'insediamento delle funzioni di servizio più rare e qualificate.

Il modello <città arcipelago> nasce da una logica inversa ma simile: per disaggregazione anziché per aggregazione. Nelle aree metropolitane di tutto il mondo, superate certe soglie dimensionali, tendono a verificarsi due fenomeni: (i) le loro parti componenti (quartieri o settori urbani) subiscono un processo di progressiva perdita di coesione; (ii) i diversi tipi di funzioni (residenziali, industriali, terziarie) si distribuiscono sul territorio in maniera apparentemente casuale, senza una precisa gerarchia, se non in base a logiche opportunistiche orientate dal mercato immobiliare.

Il modello insediativo che ne deriva, dal punto di vista morfologico, può essere definito "metropoli a bolle" o "arcipelago metropolitano" ⁽⁶⁾.

Non a caso gli unici poli aggreganti periferici, nelle grandi aree urbane e metropolitane, sono divenuti i megacentri commerciali, inglobando gran parte dei servizi culturali e per il tempo libero. Se questi processi fossero invece programmati e gestiti in funzione della qualità della vita urbana e dell'efficienza della sua organizzazione, sarebbe possibile conseguire diversi importanti risultati:

- decentramento delle funzioni terziarie e di servizio di rango elevato in maniera strategica, anche ai fini di una riqualificazione/rigenerazione delle aree periurbane, grazie all'attrazione di servizi complementari, caratterizzati in senso tipologico e prestazionale dalle funzioni di rango più elevato;
- attivazione di processi di densificazione a livello periurbano, liberando aree edificate e favorendo così l'ampliamento delle infrastrutture verdi e blu interstiziali;
- trasformazione progressiva delle aree residenziali in "isole ambientali" secondo i criteri precedentemente descritti circa la riorganizzazione e il ridisegno dello spazio pubblico.



E' qui opportuna una breve digressione sulle leggi che, in una economia di mercato, regolano il rapporto tra dimensione demografica di un centro urbano e sua dotazione in termini di servizi, ovvero tra localizzazione delle attività produttive e dimensione delle loro aree di mercato.

Le varie teorie sulla gerarchizzazione territoriale degli insediamenti umani possono essere interpretate sia come teorie di ottimizzazione dell'accesso, dal punto di vista della domanda, che come teorie di ottimizzazione dei costi di produzione e distribuzione di beni e servizi, dal punto di vi-

vista dell'offerta. In altri termini, per i consumatori di beni o utenti di servizi, più un bene/servizio è raro (e quindi più raramente acquisibile), maggiore è la distanza che essi saranno disponibili a percorrere. Ma anche dal punto di vista del produttore di beni o fornitore di servizi, le cose vanno nella stessa direzione: più un bene/servizio è raro e costoso (e quindi con minor numero di potenziali acquirenti), più dovrà ampliare la sua area di mercato se vuole intercettare un numero sufficiente di consumatori/utenti.

Il ragionamento ora fatto è molto semplicistico e prescinde da diversi altri fattori che incidono

sulla produzione o sul consumo (economie e diseconomie esterne, livelli di infrastrutturazione, disponibilità di materie prime, conflittualità della manodopera, tendenze del gusto e della moda, ecc.), ma risponde bene all'evidenza empirica dimostrata dalla gerarchizzazione dei mercati. Questo modello socio-economico ha condizionato in passato l'assetto delle città e dei territori, dando luogo a strutture insediative rigidamente gerarchiche. Il fatto in qualche modo sorprendente è che l'evoluzione, prima delineata, degli assetti urbano-territoriali non ha modificato la legge che, in un sistema reticolare e policentrico, regola i rapporti, non solo numerici, tra i centri di maggiore o minore importanza, nonostante la loro - apparentemente casuale - distribuzione sul territorio.⁽⁷⁾

Qualche riflessione conclusiva

Al di là dei modelli insediativi discussi è però opportuno riflettere su alcune delle parole d'ordine e delle politiche spesso pubblicizzate come panacee per la soluzione dei problemi che rischiano di affliggere il futuro delle città.

Politiche ecologiche.

Riguardo ai cambiamenti climatici in atto e ai suoi impatti più immediati, è indubbio che la componente antropica connessa all'emissione di gas serra sia un fattore rilevante, come ormai ampiamente dimostrato.

Le conseguenze più gravi sono rilevabili nel sempre più frequente manifestarsi di condizioni climatiche e meteorologiche estreme, con pesanti conseguenze negative (inondazioni, incendi, distruzione o grave dan-

neggiamento del patrimonio immobiliare e infrastrutturale, ecc.). Se poi questi fenomeni sono rafforzati da altri tipi d'azione (deforestazione, consumo di suolo, cattiva gestione delle acque superficiali, ecc.) i rischi sono destinati ad aumentare drammaticamente.

Tuttavia alcune considerazioni sembrano opportune. Le politiche mirate al potenziamento del sistema degli spazi pubblici rivolgono una particolare attenzione al sistema delle infrastrutture verdi e blu, le quali dovrebbero contribuire a: (i) ridurre e mitigare tutti i fattori di inquinamento; (ii) migliorare la qualità paesaggistica delle città; (iii) conservare livelli elevati di biodiversità; (iv) contrastare il consumo di suolo (v) incidere favorevolmente sulla salute fisica e mentale dei cittadini; (vi) accrescere la resilienza rispetto alle conseguenze del cambiamento climatico. Tuttavia, su alcuni degli aspetti ora citati frequenti sono gli equivoci e i fraintendimenti. L'aspetto paesaggistico, per esempio, viene spesso sopravvalutato da architetti e urbanisti. In realtà la valenza estetica del paesaggio non è che l'introiezione psicologica - peraltro storicamente variabile - di configurazioni spaziali tramandate, assimilate e associate a valori costitutivi della propria cultura o, al limite, percepiti come esotici⁽⁸⁾. Per contro si registra una sottovalutazione della funzione svolta dalle "reti ecologiche", trascurando uno degli aspetti fondamentali cui le reti idriche e vegetazionali assolvono: la preservazione della biodiversità ovvero il mantenimento della continuità tra ecosistemi urbani e reti ecologiche territoriali, più o meno naturali che esse siano, facendo delle infrastrutture verdi e blu i principali canali di reciproca integrazione.

Riguardo al consumo di suolo – pressoché inevitabile con i ritmi di inurbamento visti all'inizio va inoltre notato che da circa 12.000 anni a questa parte – un lasso di tempo infinitesimo rispetto alla durata delle ere geologiche e climatiche – l'agricoltura ha trasformato in maniera radicale gli assetti di interi e vastissimi ecosistemi in tutto il mondo e che, pur in questo ristrettissimo intervallo temporale, l'equilibrio degli ecosistemi interessati si è in qualche modo ristabilito; il che induce a pensare che gli ecosistemi abbiano una capacità adattativa molto superiore a quella che spesso viene loro attribuita, a condizione che la loro interazione sia preservata, come prima detto. Un altro aspetto correlato, da sottoporre ad una analisi critica più approfondita, è quello della resilienza come obiettivo strategico di tutte le politiche d'intervento. In realtà, sul concetto di <resilienza> - ovvero capacità degli ecosistemi urbani di assorbire gli impatti del cambiamento climatico adattandovisi e modificandosi - e sulle politiche ad esso ispirate, si può avanzare un altro tipo di perplessità, giacché la flessibilità degli ecosistemi urbani al mutare delle condizioni ambientali esterne non significa necessariamente conservazione o addirittura miglioramento delle condizioni di vita per tutti i suoi abitanti. Come in tutti i processi biologici di tipo adattivo ed evolutivo rispetto all'ambiente, la pressione selettiva esalta e premia la competitività, piuttosto che l'equità sociale e non a caso è sempre stata alla base di tutte le teorie economiche marginaliste di stampo liberista.

Politiche tecnologiche.

Se la promozione e lo sviluppo di tecnologie ambientalmente più sostenibili è comunque

altamente auspicabile, anche il concetto di *smartness*, riferito alle città, richiede qualche riflessione in più.

Nel rileggere buona parte delle analisi della prima metà del secolo scorso sulle previsioni circa i futuri o potenziali impatti socio-economici ed urbanistici della scienza dei calcolatori elettronici, della cibernetica e dell'informatica, ciò che sorprende è la fallacia – e in taluni casi l'ottusità – di quelle previsioni alla luce di quanto poi accaduto **(9) (10)**. Ancora peggio se si fa riferimento a internet, al web, alla telefonia cellulare e ai social network, anche quando tali applicazioni erano già state immesse nel mercato, salvo poi esaltarne le virtù salvifiche per la società e l'economia. Seri ripensamenti su alcuni preoccupanti aspetti (monopolizzazione dell'informazione, privacy e mercificazione dei dati personali, dis/post-informazione, ecc.) cominciano solo ora ad affacciarsi. La fantascienza, a dire il vero, era da tempo andata molto oltre e forse proprio questo fatto ha scoraggiato gli analisti professionali dal fare previsioni apparentemente troppo azzardate. Questa incapacità di fondo persiste tuttora, impedendo di esplorare visioni, quantomeno verosimili o possibili, di un futuro non troppo lontano.

In ragione di quanto ora detto, le problematiche concernenti l'innovazione tecnologica e la sua componente digitale sono generalmente analizzate e valutate in un'ottica eccessivamente ottimistica. Il concetto di <smart city> si basa essenzialmente sulla possibilità di monitorare in continuo le principali variabili che incidono sulla qualità dell'ambiente urbano e domestico, attraverso sistemi capillari di sensori, reti di fibre ottiche ad alta capacità, sistemi di Intelligenza Artificiale in grado di trattare quantità enormi

di dati in tempo reale (big data). La convinzione della maggior parte degli analisti - anche economisti - è che lo sviluppo delle nuove tecnologie sia in grado di trovare le soluzioni giuste per tutti i problemi, inclusi quelli ecologici prima evidenziati. In realtà questo tipo di diagnosi trascura alcuni aspetti sociali dei mutamenti in atto e di prospettiva, legati agli squilibri economici e reddituali, sociali e culturali o addirittura etnici, che si vanno viepiù accentuando a livello locale, regionale, nazionale e planetario, e che si riflettono pesantemente sulla conflittualità urbana in maniera talora latente, talora esplosiva. Se non v'è dubbio che le nuove tecnologie siano comunque necessarie e utili per mitigare gli effetti di molte delle criticità evidenziate, è altrettanto evidente che esse incidono molto limitatamente su questi ultimi fattori di crisi delle aree urbane e metropolitane.

In conclusione questo mi pare essere il punto fondamentale e decisivo rispetto a tutte le riflessioni sin qui condotte e alla valutazione dei modelli proponibili circa l'evoluzione futura di città e territori.

Adottare politiche astrattamente valide per la totalità di un'agglomerazione metropolitana, conduce spesso all'accentuazione degli squilibri e delle conflittualità latenti, generando effetti socialmente negativi, talvolta devastanti. L'approccio per arcipelaghi urbani e per reti territoriali rappresenta, a mio parere, l'unica risposta valida ai fenomeni di disgregazione in atto, conferendo nuova sostanza al concetto di <glocalismo>⁽¹¹⁾ e spostando il problema dell'unità ad un livello più alto, il tutto ispirato da pochi e semplici criteri generali:

- ricondurre il senso e la dimensione delle molteplici comunità urbane locali, presenti in un agglomerato metropolitano, al concetto classico di <polis>, strutturando e valutando tutte le politiche d'intervento a questa scala;
- favorire la riappropriazione degli spazi fisici di relazione e di vita da parte delle comunità locali, coinvolgendole attivamente nella progettazione, realizzazione e rigenerazione di quegli stessi spazi;
- ricercare l'unità delle diverse e frammentate componenti urbane e territoriali attraverso una loro interconnessione globale e assegnando ai processi educativi e formativi - compresa un'attenzione tutta particolare all'uso delle nuove tecnologie - un ruolo determinante nella costruzione di uno scenario di questo tipo.



Note & Riferimenti

1. UN Department of Economic and Social Affairs, 2018, World Urbanization Population: <https://population.un.org/wup/>
2. Una delle ricerche più recenti ed esaurienti di questi ultimi anni sul futuro delle città, è quella completata nel 2015 su mandato del governo britannico: UK Government, 2016, Future of Cities, www.gov.uk/government/collections/future-of-cities Un'altra ricerca recente è PLUREL nell'ambito del programma comunitario PEER - Partnership for European Environmental Research: www.peer.eu e www.plurel.net
3. Le tematiche riguardanti lo spazio pubblico sono oggetto di ampie e approfondite discussioni nell'ambito degli eventi organizzati e promossi dall'Associazione Biennale dello Spazio Pubblico: www.biennalespaziopubblico.it In particolare molti degli aspetti riguardanti la riorganizzazione della mobilità urbana sono stati oggetto di una proposta tecnica elaborata da: AIIT Lazio e INU Lazio, 2019, I PUMS e le isole ambientali
4. Della contrapposizione tra questi due modi di concepire le città ideali del futuro la Fantascienza ci ha dato una rappresentazione memorabile in The City and the Stars di Arthur C. Clarke (romanzo ispiratore della trilogia di Matrix)
5. Riferimenti analitici un po' più approfonditi in: Savarese N., 2014, Reti di città e modelli insediativi policentrici in Urbanistica Informazioni 452, INU Edizioni
6. Il termine "città arcipelago" è stato proposto da: Indovina F., 2009, Dalla città diffusa all'arcipelago metropolitano, Franco Angeli
7. Una delle caratteristiche dei modelli gerarchici è quella che in fisica viene definita come legge di "invarianza di scala", e cioè il fatto che essa sembra valere qualunque sia la scala a cui viene osservata la realtà. Sull'essenza della questione vedasi: Pareto W., 1920, Compendio di sociologia generale, Einaudi; Barabasi AL, 2002, Link, la scienza delle reti, Einaudi
8. Al riguardo credo che la lezione di Gilles Clément sia estremamente istruttiva: Clément G., 2014, Manifesto del terzo paesaggio, Quodlibet
9. Riferimenti analitici e bibliografici in: Fassio F., Nicolosi G., 2018, I visionari. Utopia digitale e fine del lavoro, Manifesto Libri
10. Bria F., Morozov E., 2018, Ripensare la smart city, Codice
11. Per una rielaborazione originale del concetto <glocal>: Bauman Z., 2005, Globalizzazione e glocalizzazione, Armando ed.

Nuove indicazioni della Climate Science 2021

La Redazione



Johan Rockström

Presentiamo qui alcune indicazioni tratte da *“Ten New Insight on Climate Science”*. Si tratta di un rapporto periodico frutto di un'iniziativa congiunta di Future Earth (<https://futureearth.org/>), the Earth League (<https://the-earth-league.org/>) e il Programma mondiale di ricerca sul clima (<https://www.wcrp-climate.org/>). La serie annuale sintetizza i risultati delle ultime ricerche della scienza del clima relative ai cambiamenti climatici. Dal 2017 i report vengono presentati annualmente alle COP in presenza del Segretario Esecutivo dell'UNFCCC. Il rapporto 2021 è stato preparato da un consorzio di 54 ricercatori provenienti da 21 paesi.



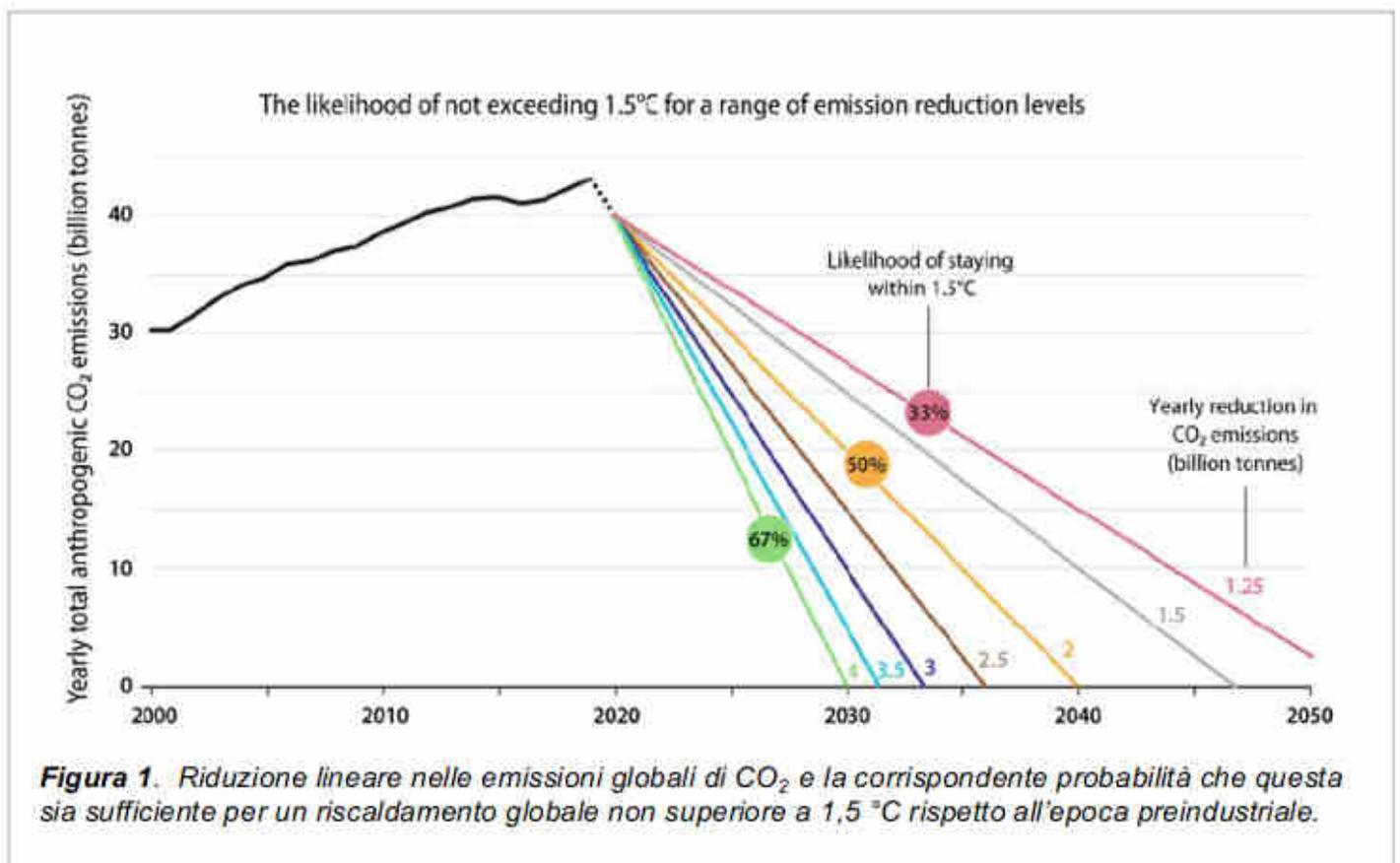
Stabilizzare il riscaldamento a 1,5°C è ancora possibile, ma è necessaria un'azione globale drastica e immediata

1 Stabilizing at 1.5°C warming is still possible, but immediate and drastic global action is required

Informazioni chiave

- Una stima del carbon budget globale, ossia della quantità complessiva di CO₂ che può essere ancora immessa nell'atmosfera, indica che sono necessarie rapide riduzioni, in media di 2 gigatonnellate di CO₂ (GtCO₂) l'anno. A tale riduzione (pari al 5% delle emissioni globali attuali), è attribuita una probabilità del 50% di mantenere il riscaldamento globale entro 1,5 °C. Questo ritmo di riduzione deve essere mantenuto fino a quando, intorno al 2040, le emissioni nette non saranno pari a zero.

- Tuttavia permane la possibilità, basata su diversi scenari climatici, che il carbon budget necessario per mantenere l'aumento della temperatura globale entro 1,5°C rispetto all'era preindustriale sia stato già superato.
- Se i tagli indicati, privi di precedenti, non verranno effettuati, è probabile che supereremo il riscaldamento di 1,5°C e che avremo bisogno di un enorme dispiegamento, su scala globale, di tecnologie di rimozione del carbonio.
- L'esperimento non programmato del calo delle emissioni a breve termine indotto dalla pandemia di COVID-19 ha avuto un impatto molto limitato sulla decarbonizzazione complessiva verso il raggiungimento dell'obiettivo di 1,5°C. Casualmente, la riduzione osservata è vicina al livello desiderato per il 2020, pari a circa il 7% rispetto al 2019.
- Il settore energetico offre le più grandi opportunità di decarbonizzazione a breve termine, ma da solo non basta: è necessario che tutti i settori economici riducano drasticamente le emissioni di tutti i gas serra (non solo dalla CO₂), compresi, per esempio, il metano e il protossido di azoto.





Note tecniche

Il riscaldamento climatico è definito come la variazione tra le attuali temperature globali (su più anni, in media 30 anni) rispetto alla media tra il 1850-1900 presa come temperatura media di riferimento (preindustriale). La variabilità naturale del sistema climatico induce un riscaldamento e/o raffreddamento non uniforme sia interannuale che spaziale, ma i limiti fissati dall'Accordo di Parigi si riferiscono a medie globali a lungo termine. A partire dal 2020, le stime attuali indicano che la temperatura globale è già aumentata di 1,2°C. L'accordo di Parigi ha fissato a 1,5°C l'obiettivo per il massimo riscaldamento grazie a un crescente consenso scientifico sul fatto che gli impatti e i processi climatici irreversibili potrebbero aumentare in modo inaccettabile oltre quel livello. Questa valutazione si basa sia su modelli climatici predittivi sia sull'osservazione degli impatti che sono già in atto a causa del riscaldamento osservato finora. Inoltre, la probabilità di cambiamenti irreversibili (tipping point) è molto più elevata se il riscaldamento supera 1,5°C.

Lavori recenti indicano, con una probabilità del 50%, che il budget di carbonio che possiamo emettere complessivamente dal 2020 in poi, per non superare 1,5°C, è di 440 GtCO₂ (corrispondenti a circa 10 anni di emissioni al ritmo attuale, n.d.r.). A tutte le affermazioni sono associate delle incertezze, le quali tuttavia continuano a ridursi man mano che raccogliamo più osservazioni, comprendiamo meglio le sottostanti leggi scientifiche e quindi possiamo costruire modelli sempre più dettagliati e validati. Infine, data l'attuale incertezza su tutte le varie variabili climatiche osservate o modellate, anche le previsioni più attendibili includono una piccola probabilità che il limite di irreversibilità sia stato già raggiunto. Questo significa che anche se le emissioni fossero azzerate oggi stesso, il riscaldamento potrebbe superare comunque 1,5°C.

Approfondimenti

Sebbene sia ancora possibile, come mostrato in figura 1, rimanere all'interno del carbon budget necessario a rispettare l'obiettivo di 1,5°C, questo risultato è altamente improbabile a meno che non vengano immediatamente intrapresi cambiamenti rapidi e massicci, senza precedenti, dell'economia e delle infrastrutture mondiali. E' necessario che i cambiamenti dal lato dell'offerta, come il passaggio all'energia rinnovabile, siano attuati parallelamente

ai cambiamenti dal lato della domanda. In specie, i continui progressi nelle tecnologie dell'energia solare ed eolica, come pure la generazione di nuove infrastrutture energetiche a basse emissioni di carbonio, potrebbero presto essere sufficienti per soddisfare le nuove richieste di energia soltanto se implementate insieme a riduzioni della domanda.

Tuttavia, dato che le emissioni delle infrastrutture ad alta intensità di produzione di carbonio esistenti e programmate per il futuro sono già sufficienti, da sole, a eccedere il carbon budget che ci porterebbe a superare 1,5°C, è comunque necessario eliminare i progetti già pianificati basati sui combustibili fossili. Inoltre, sarà necessario il pensionamento anticipato di alcune infrastrutture economicamente valide ma ad alta intensità di produzione di carbonio, nonché profonde riduzioni in ogni settore, utilizzando tutte le leve di mitigazione. Iniziando con un rapido passaggio alla produzione di elettricità a basse emissioni di carbonio, l'elettrificazione di altri settori diventa un'opzione da perseguire anche ai fini della loro propria decarbonizzazione.

E' estremamente urgente e necessario avviare una profonda trasformazione della società con il fine di stabilizzare il clima a qualsiasi temperatura target compatibile con un livello di vita sulla terra sostenibile. A meno che, a partire da oggi, le emissioni non vengano ridotte in modo consistente su una scala temporale e spaziale senza precedenti, non sarà più possibile mantenere il riscaldamento entro l'obiettivo di 1,5°C. Di fatto, buona parte degli scenari che includono un'azione drastica per stabilizzare la temperatura media globale al livello di 1,5°C prevedono che le temperature inizialmente supereranno tale obiettivo, richiedendo l'implementazione di tecnologie di rimozione del carbonio, di efficacia finora indimostrata, al fine di rendere le emissioni globali negative per molti anni. Superare 1,5°C anche solo temporaneamente può avere effetti irreversibili sugli oceani e su altre componenti del sistema Terra oltre ad aumentare la frequenza degli eventi estremi.

Considerazioni finali

A livello globale, è necessario:

- intraprendere azioni immediate e senza precedenti in tutti i settori per ridurre le emissioni di gas serra;
- fissare sia obiettivi molto ambiziosi a medio termine sia l'obiettivo di azzeramento netto entro il 2040.

A livello nazionale e locale:

- un'elettrificazione ampia e profonda che utilizzi fonti prive di carbonio è una strategia chiave per la decarbonizzazione e lo sviluppo sostenibile;
- deve iniziare la dismissione di infrastrutture ancora economicamente valide ma ad alta intensità di carbonio;
- un portafoglio diversificato di tecnologie per la rimozione del carbonio deve essere sviluppato e progettato rapidamente, sebbene non utilizzato in sostituzione della riduzione delle emissioni;
- piccole ma immediate riduzioni della domanda possono avere grandi impatti sulle emissioni, consentendo la riduzione della produzione di energia ad alta intensità di carbonio (es. centrali a carbone).



L'azione globale per il clima deve essere giusta

5 Global climate action must be just

Informazioni chiave

- L'azione per il clima deve sostenere transizioni giuste, perché altrimenti potrebbe rallentare il miglioramento degli *standard* di vita nei paesi a basso e medio reddito e gravare sulle persone svantaggiate a livello globale.
- Lavorare per uno sviluppo giusto, equo e a basse emissioni di carbonio per i paesi più poveri richiede all'1% più ricco di ridurre le proprie emissioni di un fattore 30, il che consentirebbe al 50% più povero della popolazione mondiale di aumentare le proprie emissioni fino a tre volte.
- Un'azione per il clima orientata alla giustizia ha maggiori probabilità di ottenere l'accettazione pubblica, creando condizione più favorevoli alla sua implementazione.

Approfondimenti

L'azione globale per il clima deve essere progettata per affrontare le crescenti disuguaglianze e ingiustizie tra gruppi sociali e tra generazioni che vivono in diversi paesi del mondo. Una giusta distribuzione del bilancio del carbonio richiederebbe che l'1% più ricco della popolazione globale riducesse le sue attuali emissioni di almeno un fattore 30, così che le emissioni pro capite del 50% più povero della popolazione globale potrebbero aumentare di circa tre volte i loro livelli attuali. Questo richiederebbe la decarbonizzazione delle infrastrutture di produzione e consumo esistenti e la promozione di stili di vita a bassa emissione di carbonio. Gli obiettivi e gli incentivi per facilitare questa transizione si risolverebbero necessariamente in un processo globale a due velocità, con un alto tasso di cambiamento percepibile a livello del G20. È probabile che le politiche climatiche orientate alla giustizia siano più ampiamente accettabili, aumentando il potenziale per un'implementazione efficace a beneficio di tutti. Non solo gli impatti climatici sono distribuiti in modo ingiusto, ma le azioni per mitigare il cambiamento climatico rischiano anche di avere un impatto indebito sui più vulnerabili. Le politiche climatiche che aumentano il costo di beni di base come l'energia domestica, l'acqua o il cibo - per esempio attraverso la tassazione o aggiungendo il costo della limitazione dei danni ambientali nella fornitura di questi beni e servizi - tendono ad avere effetti distributivi regressivi, poiché colpiscono le persone a basso reddito più duramente rispetto alle persone più ricche in termini relativi. Le politiche e i processi che cercano di ridurre i settori economici ad alto contenuto di carbonio ed espandere una economia a basso

contenuto di carbonio possono minacciare i mezzi di sostentamento dei lavoratori dei settori ad alto contenuto di carbonio, a meno che non siano accompagnati da programmi di miglioramento delle competenze e di creazione di posti di lavoro. Le risorse minerarie necessarie per le tecnologie a basse emissioni di carbonio, come le batterie e i pannelli fotovoltaici, sono spesso estratte nei paesi più poveri in modi che generano effetti ambientali e sociali dannosi. Inoltre, l'azione per il clima potrebbe rallentare l'aumento degli *standard* di vita nei paesi a reddito medio-basso, mentre i paesi e le persone più povere hanno meno capacità di agire sul cambiamento climatico.

La mancanza di sviluppo infrastrutturale in molti paesi in via di sviluppo, non da ultimo nell'Africa sub-sahariana, può fornire un'opportunità per passare a sistemi infrastrutturali efficienti dal punto di vista delle risorse e della resilienza al clima. Ciò richiede un'economia politica che sostenga i paesi con minori capacità di bilanciare le priorità di mitigazione, adattamento e sviluppo.

Per esempio, i paesi più ricchi dovrebbero contribuire agli investimenti a basse emissioni di carbonio nei paesi più poveri. Questi cambiamenti richiedono la rottura dello *status quo*, trasformando le disuguaglianze sistemiche e le strutture che le mantengono.

L'ambizione internazionale sul clima può e deve assicurare co-benefici per le società vulnerabili. Inoltre, non dovrebbe minare l'accesso delle persone ai beni di base. Al fine di un'azione giusta e ambiziosa, i diritti passati, presenti e futuri derivanti da un'equa distribuzione del bilancio globale del carbonio devono essere protetti.

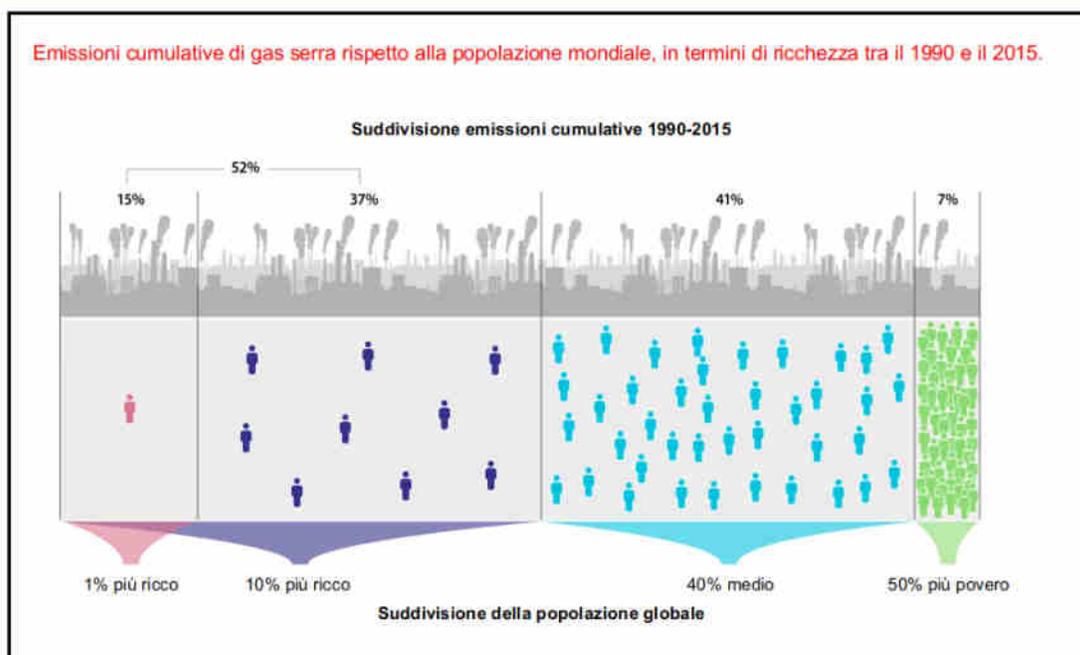


Note tecniche

Quando si confrontano le impronte di carbonio pro capite in tutto il mondo, emergono enormi disparità (all'interno e tra i paesi). Per esempio: il 10% più ricco della popolazione mondiale era responsabile del 52% delle emissioni cumulative di carbonio (basate sul consumo) nel periodo 1990-2015, mentre il 50% più povero ne rappresentava solo il 7%. Durante questo periodo, l'impronta di carbonio del 10% più ricco ha continuato a crescere in continua assenza di politiche di mitigazione per limitare le emissioni di questo segmento di popolazione. Vale la pena notare che, nonostante l'aumento registrato dell'impronta di carbonio globale dagli anni '70, le disuguaglianze nella sua distribuzione tendono a diminuire. Questo è in parte dovuto alla crescita economica della Cina e al forte accoppiamento tra livello di reddito (PIL) e impronta di carbonio.

Raggiungere il disaccoppiamento tra queste due variabili sarà una grande sfida per mitigare il cambiamento climatico mentre si persegue il benessere per tutti e si avanza nello sviluppo e nei programmi climatici. Si stanno accumulando evidenze del fatto che i paesi più ricchi potrebbero convenientemente dare priorità agli obiettivi ambientali e sociali nella definizione delle loro politiche e nella misurazione del progresso sociale ed economico con metriche diverse dal PIL.

Gli impatti del cambiamento climatico hanno già colpito e continuano a colpire le persone vulnerabili e i paesi che meno hanno contribuito al problema. I paesi membri del G20 rappresentano circa il 78% delle emissioni globali di gas serra e determineranno quindi in larga misura le tendenze delle emissioni globali nei prossimi decenni. Le azioni attuali e promesse dei paesi ricchi sono inadeguate per affrontare la crisi climatica e non si assumono la responsabilità della disparità di emissioni e degli impatti.



Considerazioni finali

A livello globale, è importante che i negoziatori e i responsabili delle decisioni:

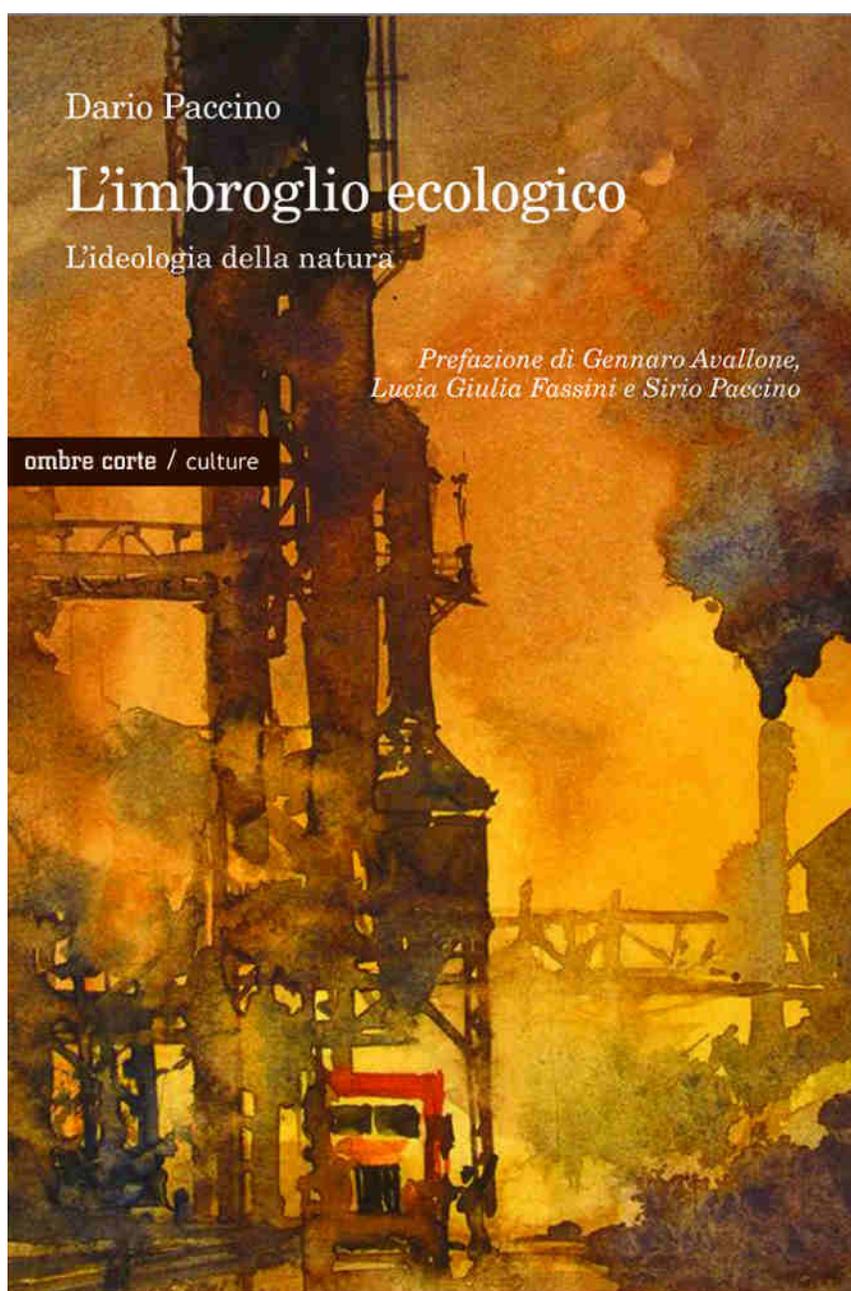
- utilizzino strategicamente la tariffazione delle emissioni di CO₂, unitamente a interventi di redistribuzione delle risorse e trasferimenti finanziari dai paesi ricchi a quelli poveri per evitare effetti regressivi delle transizioni orientate a ridurre le emissioni di carbonio;
- sostengano i paesi a basso e medio reddito nei loro sforzi per passare direttamente a infrastrutture a bassa emissione di carbonio e resilienti al clima, traendo benefici dai minori costi e requisiti infrastrutturali dell'energia rinnovabile distribuita;
- sviluppino un giusto sistema di condivisione degli oneri a livello globale, per esempio attraverso un approccio basato sui diritti di sviluppo dell'effetto serra o un approccio basato su un'uguale quantità di emissioni cumulative pro capite, che possa ridurre la povertà globale;
- reimpostino le delibere sulle ambizioni climatiche nazionali in termini di obiettivi che sono progettati per ridurre ulteriormente la disparità della distribuzione del bilancio del carbonio;
- riconcettualizzino il modo in cui si ottiene la crescita, disaccoppiando il livello di reddito (PIL) e l'impronta di carbonio, al fine di dare contemporaneamente la priorità al perseguimento del benessere per tutti e all'avanzamento dello sviluppo e delle agende climatiche.

A livello nazionale e locale, è importante che i governi:

- nel contesto delle nazioni più ricche, stabiliscano politiche molto più aggressive in linea non solo con la migliore scienza del clima disponibile (cioè raggiungere o superare la conformità con l'accordo di Parigi e gli obiettivi netti zero), ma anche in linea con obiettivi orientati all'equità. Ciò richiede una riduzione delle emissioni di consumo a un'impronta di vita pro capite di circa 2-2,5 tonnellate di CO₂eq entro il 2030;
- stabiliscano politiche per tassare pesantemente i prodotti di lusso e le attività con un'elevata impronta di carbonio;
- conducano analisi attente e avanzate delle potenziali implicazioni distributive e di giustizia delle transizioni a basse emissioni di carbonio;
- compensino le popolazioni svantaggiate dove le politiche di riduzione delle emissioni hanno impatti distributivi regressivi, idealmente con misure che aiutino direttamente le persone a ridurre le loro emissioni.

Dario Paccino e L'Imbroglia Ecologica

Carmen Storino



“L’esigenza di sviluppo infinito, insita nel capitalismo, se poteva apparire preoccupante per una parte del pianeta nella fase della rivoluzione industriale, si prospetta oggi, al pari del fungo atomico, come una minaccia di morte per la vita terrestre, comportando per un lato un crescente aumento di sviluppo e per l’altro una progressiva distruzione delle metropoli con la congestione, gli inquinamenti, il caos circolatorio, la disumanizzazione degli *habitat* dell’uomo”. (1)

Sono passati cinquant’anni da quando Dario Paccino scrisse queste parole nel suo “L’imbroglia ecologica. L’ideologia della natura”. Eppure, la narrazione di un pianeta messo a dura prova dalla natura divoratrice del capitalismo è più attuale che mai, in un tempo scandito da pandemie e dal ritorno odioso della guerra e della paura nucleare. Come scrisse Giorgio Nebbia, Dario Paccino è stato “uno scrittore che ha lasciato un segno negli studi e nei movimenti di difesa dell’ambiente,

un anticipatore di problemi che sarebbero esplosi molti anni dopo e che avrebbero preso il nome di «ecologia»⁽²⁾

Già nel 1956, ben prima che il pensiero ecologico aprisse le prime breccie nell'opinione pubblica, in "Arrivano i nostri" Dario Paccino evidenziò il disastro ambientale realizzato dall'invasione distruttiva dei "bianchi portatori di civiltà" nelle terre delle popolazioni indigene nordamericane, con al seguito l'imposizione della modernità occidentale, fatta di coltivazioni intensive al posto delle grandi distese di pascoli e praterie e la conseguente moria delle popolazioni di bisonti e la totale perdita dei mezzi di sostentamento dei nativi. Una denuncia forte e chiara che rivelò subito la lucidità di un ecologista inquieto che riuscì a non restare

incastrato nell'insanabile contraddizione, oggi viva più che mai, dell'intellettuale che media per il sistema economico, facendo convivere in sé la figura dello scrittore, del giornalista e del divulgatore scientifico con quella del militante. Un "intellettuale non intellettuale" che fu particolarmente abile a svolgere una funzione chiave: dare voce a chi è stato espropriato dal monopolio dell'informazione e della cultura per dimostrare "come i processi di conquista, necessari all'accumulazione di capitali, tendono a gettare tra i rifiuti tutto ciò che non è a essi funzionale: esseri umani in eccesso, culture, animali, ambienti di vita"⁽³⁾ Quando uscì, "L'imbroglione ecologico" fu immediatamente criticato sia da benpensanti e cattedratici sia da una buona parte della sinistra che lo definì troppo radicale, al punto



che il suo ricordo fu rimosso anche dai padri nobili del pensiero “verde”. Ciononostante, a distanza di cinquant’anni possiamo tristemente constatare il carattere profetico di Paccino e del suo testo, con noi tutti che assistiamo atterriti al ritorno della guerra - che oltre a portare morte e paura, appare pure compromettere qualunque possibilità di transizione ecologica - e al susseguirsi di conferenze che enunciano obiettivi privi di credibilità a fronte di uno stato dei fatti pervaso di eventi che già sfiorano e superano il catastrofico, nell’attesa che mitiche soluzioni di mercato (ancora il capitalismo) provvedano a risolvere le crisi del pianeta.

In “L’imbroglio ecologico” Paccino scrive una pagina essenziale dell’ecologia politica italiana. In maniera sapiente analizza ed evidenzia i meccanismi sociali e i rapporti di produzione che sottostanno alla crisi ecologica, la cui origine viene fatta coincidere con la stessa divisione della società in classi. L’avvento del padrone che ambisce al maggior guadagno ha dato avvio, secondo Paccino, ad un processo economico di accumulazione basato sul saccheggio selvaggio della natura e sulla normalizzazione della schiavitù. Dalla sua nascita questo modello non ha mai smesso di autoalimentarsi e, affermando in maniera sistematica la logica secondo la quale ad un certo livello di produzione corrisponde un elevato grado di disuguaglianza nella distribuzione della ricchezza, ha costituito il motore portante dell’attuale gap tra paesi ricchi e paesi poveri, oggi al centro del dibattito politico e sociologico sulla giusta transizione.

Nelle riflessioni di Paccino la liberazione dalle forze economiche, politiche e sociali che alimentano il modello capitalistico non passa



semplicemente per “fare la rivoluzione”; piuttosto, è necessario riconsiderare il modo in cui società e natura interagiscono tra loro per convergere verso un paradigma che si “ponga l’obiettivo di risparmiare gli esseri umani anziché il capitale”.

Il consumismo, la sete di petrolio e la moltiplicazione di rifiuti e oggetti confliggono con una società che tenga conto della “miseria” nel mondo e dei limiti del pianeta, quelli che oggi chiamiamo *planetary boundaries*.

Nei fatti, la visione di Paccino sulla possibilità di una riconversione ambientale del capitalismo è radicale: l’unica politica ecologica che questo modello di sviluppo è in grado di accogliere è quella costruita su parole vuote che restano “fuori dalle lotte reali degli uomini” e che vedono i detentori di capitali erigersi a finti difensori della natura.

L'ecologia è stata trasformata in un ulteriore campo dal quale estrarre valore, un nuovo business con nuove opportunità di guadagno. È in questo interesse, dichiarato folkloristico e ideologico, che, nel 1972, Dario Paccino scova l'imbroglio ecologico.

Nel 2022 ci ritroviamo ancora allo stesso punto, tanto da rimanere veramente sorpresi davanti all'opera di Paccino che, pur risalendo agli anni '70, riesce a descrivere con assoluta precisione lo scenario contemporaneo. Ad oggi, tutto ciò che si profila è una transizione energetica che non fa nulla per incidere su un quadro di rapporti con la Terra all'insegna dello sfruttamento e per rappresentare concretamente un radicale mutamento dell'attuale ordine capitalistico.

Come scrisse Dario Paccino a suo tempo, non è possibile continuare a rimandare lo scardinamento dei rapporti di potere responsabili del disequilibrio planetario, appellandosi alla questione demografica e asserendo che "invece di ridurre gli oggetti, bisognerebbe ridurre le nascite".

Assecondando le radicali riflessioni di Dario Paccino occorre ripensare la realtà socio-ecologica in cui viene ad inserirsi la transizione: in effetti, si tratta di creare lo spazio necessario al cambiamento di paradigma delle strategie messe in atto al fine di mitigare e possibilmente evitare la catastrofe climatica ed ecologica, collocandole dentro le lotte reali degli uomini.





Note & Riferimenti

1. D. Paccino, "L'imbroglione ecologico. L'ideologia della natura", Einaudi, 1972
 2. G. Nebbia, "Paccino, un ecologo inquieto", Il Manifesto, 2018, <https://ilmanifesto.it/paccino-un-ecologo-inquieto/>
 3. Prefazione di G. Avallone, L. G. Fassini, S. Paccino in Dario Paccino, "L'imbroglione ecologico. L'ideologia della natura", Ombre Corte, 2021.
-

Carbonio

David Archer

Il carbonio è la spina dorsale di tutta la vita sulla Terra. Questo elemento è in grado di ospitare fino a quattro legami molecolari, grazie ai quali possiede una grande versatilità chimica e la capacità di assemblarsi in un'ampia varietà di molecole, da zuccheri, grassi e proteine che sono i mattoni della vita, agli idrocarburi complessi che hanno alimentato la rivoluzione industriale. In peso, il carbonio costituisce solo lo 0,03% circa del nostro pianeta, ma esercita una profonda influenza praticamente su ogni aspetto del Sistema Terra.

E forse più di ogni altro elemento, è stato il soggetto di un intenso dibattito circa l'impatto dell'umanità sull'ambiente globale. Sulla Terra, il carbonio è ripartito tra una serie di diversi serbatoi, tra cui la crosta e il mantello (99,95%), le forme disciolte e particellari di carbonio inor-

ganico (0,049%), il materiale organico vivente nella biosfera terrestre e marina (0,00064%) e i costituenti secondari gassosi nell'atmosfera (un altro 0,00064%), inclusa l'anidride carbonica (CO₂) e il metano (CH₄). Questi gas "serra" assorbono la radiazione infrarossa in uscita dalla superficie terrestre, intrappolando il calore all'interno del sistema planetario come una coperta termica. Tra tutte le forme di carbonio, quella che recentemente ha ricevuto più attenzione è la CO₂, le cui concentrazioni atmosferiche sono state notevolmente alterate dalle attività umane, con profondi impatti sul clima terrestre. Comprendere come viene controllata la concentrazione della CO₂ atmosferica richiede un apprezzamento dei complessi processi che agiscono per regolare la distribuzione del carbonio tra i suoi diversi giacimenti globali.



CARBONIO

Su scale temporali geologiche, il carbonio che fluisce dentro e fuori la Terra solida (principalmente la crosta continentale e oceanica) agisce per stabilizzare il clima, in un circuito di feedback negativo noto come 'il termostato climatico della CO₂'. ⁽¹⁾

Quando disciolta in acqua (compresa la pioggia), l'anidride carbonica ha comportamento acido. Per tale motivo reagisce con le rocce ignee [laviche] continentali e provoca il rilascio di minerali che vengono infine trasportati negli oceani, dove partecipano alla regolazione della chimica e dell'acidità (pH) dell'acqua di mare. Il calcio che viene rilasciato a causa di questo processo di erosione atmosferica delle rocce (*weathering*) reagisce con il carbonio disciolto nell'acqua di mare producendo carbonato di calcio (CaCO₃) che precipita e attraversa la colonna d'acqua, restando sepolto nei sedimenti oceanici per centinaia di migliaia di anni o più. Questa sepoltura di minerali carbonati è la via principale per estrarre il carbonio dall'atmosfera e immagazzinarlo in serbatoi geologici a lungo termine.

La velocità di questo processo di stoccaggio del carbonio dipende dal clima (temperatura e soprattutto precipitazioni), che a sua volta dipende dalla concentrazione di CO₂ nell'aria. L'aumento delle concentrazioni atmosferiche di CO₂ provoca a sua volta l'aumento della sua velocità di rimozione dall'atmosfera attraverso le reazioni prodotte dai processi di erosione atmosferica. Da qui il ruolo di termostato della CO₂.

La coevoluzione del clima e della biosfera terrestre non è sempre stata del tutto fluida. ⁽²⁾

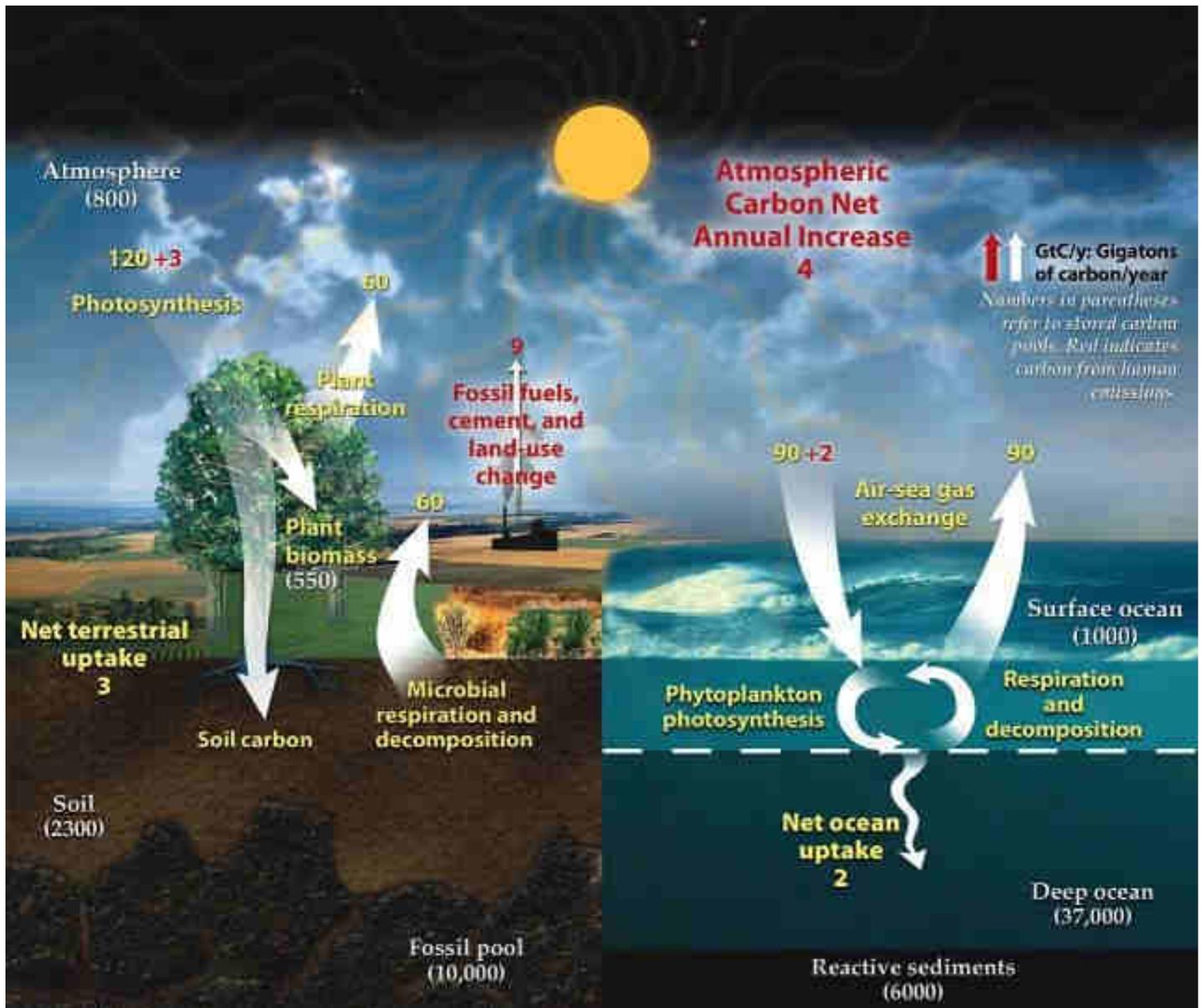
A volte il termostato dovuto al *weathering* sbanda verso set point più caldi o più freddi per un certo tempo, sfidando la biosfera ad adattarsi. Prendiamo, ad esempio, quegli episodi della storia della Terra in cui

enormi inondazioni di lava vulcanica hanno rilasciato nell'atmosfera quantità di CO₂ sufficienti a cambiare il mondo. I gas vulcanici si arricchiscono grandemente di CO₂ quando il magma caldo riscalda rapidamente le rocce sedimentarie, facendole esplodere con rilascio di CO₂, metano e altri gas. Al giorno d'oggi, una grande frazione delle emissioni vulcaniche di CO₂ della Terra proviene da pochi vulcani, che si trovano principalmente ai tropici e sono associati a depositi sedimentari di carbonato di calcio. Ma le emissioni di CO₂ di questi vulcani moderni sono minime rispetto alle enormi sorgenti vulcaniche del lontano passato geologico.

La più grande delle estinzioni di massa, alla fine del periodo Permiano, 250 milioni di anni fa, è stata causata da una delle più grandi inondazioni vulcaniche nella storia della Terra, nell'attuale Siberia. ⁽³⁾

Questo enorme rilascio di CO₂ nell'atmosfera ha sopravanzato la capacità di regolazione del termostato di CO₂, portando a un forte aumento delle temperature globali che ha cambiato radicalmente le condizioni ambientali sulla Terra, provocando un'estinzione di specie su larga scala.

A volte, la biosfera stessa oscilla improvvisamente verso una nuova direzione, con un impatto sul ciclo del carbonio e sul clima globale. Ad esempio, alla fine del periodo devoniano, circa 350 milioni di anni fa, le piante iniziarono a colonizzare la superficie terrestre, con l'evoluzione di radici, foglie e semi che consentirono loro di estrarre acqua dal terreno e riprodursi in modo diffuso. Queste prime piante terrestri hanno rafforzato la reazione agli agenti atmosferici a livello del suolo attaccando le rocce chimicamente e formando terreni come sottoprodotto.



I più rapidi tassi di reazione hanno anche rimosso un'enorme quantità di CO₂ dall'atmosfera, indirizzando il pianeta verso un'era glaciale. Inoltre, la colonizzazione della terra da parte delle piante ha portato a un massiccio rilascio di fosforo nell'oceano, che ha fertilizzato le alghe marine, provocando la riduzione e l'estinzione dell'ossigeno nelle profondità oceaniche. (4)

Avanti veloce di diverse centinaia di milioni di anni, o qualcosa del genere, e la CO₂ sembra ancora essere la madre di tutti i problemi am-

bientali. (5)

Gli esseri umani hanno prima esercitato un impatto significativo sulla concentrazione di CO₂ atmosferica liberando terreni per l'agricoltura o la gestione della selvaggina.

Un secolo di deforestazione in Nord America e in Europa, dal 1800 al 1900, ha fatto sì che la superficie terrestre diventasse una fonte di carbonio per l'atmosfera. Più o meno nello stesso periodo l'uso del carbonio fossile da parte dell'umanità si è affermato per la prima volta in modo sostanziale, con l'invenzione del-

la macchina a vapore a opera di James Watt, che ha fornito alla nostra specie i mezzi per generare energia meccanica su larga scala. Invenzione e ingegno hanno preso piede rapidamente, portando avanti una rivoluzione tecnologica senza precedenti che ha trasformato la vita sulla Terra in soli due secoli. In un batter d'occhio geologico, l'umanità ha consumato le enormi quantità di depositi di carbonio organico che si erano formate nel corso di centinaia di milioni di anni.

Dal 1750, gli esseri umani hanno rilasciato circa 330 miliardi di tonnellate di carbonio. Circa la metà di tutte queste emissioni si è verificata nell'ultimo mezzo secolo, dalla prima Giornata della Terra nel 1970.

Ulteriori impatti umani sul ciclo del carbonio sono derivati dai continui cambiamenti nell'uso del suolo e dalla produzione di cemento su vasta scala (la fabbricazione del cemento può essere considerata come un processo opposto all'erosione atmosferica di fissaggio della CO₂, che potremmo definire di "reverse weathering"). Mentre la superficie terrestre dell'Europa e del Nord America potrebbe ora, fortuitamente, riassorbire CO₂ attraverso la ricrescita degli alberi, la deforestazione in altre regioni continua a fornire una fonte di CO₂ all'atmosfera. **(6)**

Il futuro del pool di carbonio terrestre dipende in modo significativo dalle pratiche umane di uso del suolo, ma anche dalla stabilità di enormi depositi di carbonio organico congelato nei suoli del permafrost settentrionale. Il riscaldamento della tundra e del suolo artico sta accelerando lo scioglimento di questi depositi ghiacciati, che probabilmente rilasceranno più CO₂ di quanta potrebbe essere eguagliata da qualsiasi altra parte della superficie terrestre. **(7)**



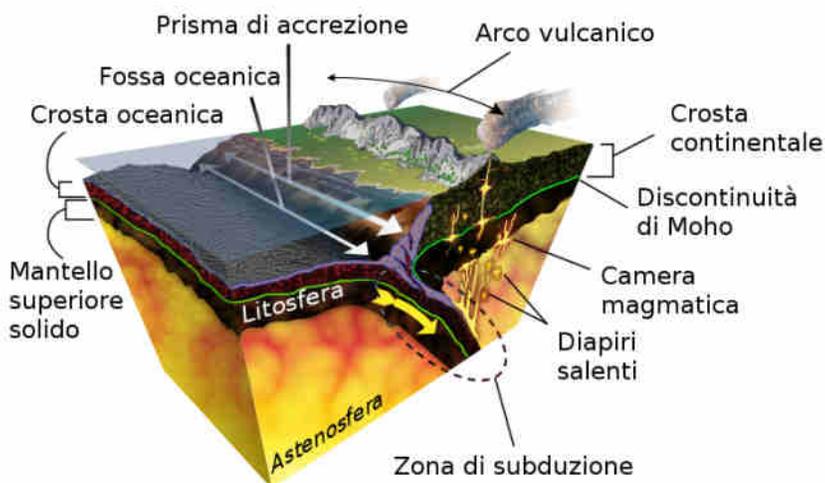


Nel loro insieme, queste perturbazioni umane del ciclo globale del carbonio sono analoghe alle emissioni vulcaniche di CO₂ nelle 'estinzioni serra' del passato geologico. Le quantità totali di CO₂ liberate naturalmente dai vulcani erano probabilmente maggiori di quelle che gli esseri umani potrebbero mettere insieme bruciando combustibili fossili, ma il tasso delle nostre emissioni di CO₂ è probabilmente senza precedenti nella storia della Terra.

Cosa succede a tutta la CO₂ rilasciata dalle attività umane?

Circa la metà è ancora nell'atmosfera, con la concentrazione che è salita da circa 320 parti per milione (ppm) nel 1970 a circa 415 ppm di oggi (un aumento di circa il 30%). Il resto del carbonio antropogenico è stato per lo più assorbito in una gigantesca fossa oceanica, che ha contribuito a stabilizzare sia la concentrazione atmosferica di CO₂ che la temperatura della superficie terrestre (e quindi il clima globale). Solo negli ultimi cinquant'anni, gli oceani hanno

assorbito circa 150 miliardi di tonnellate di CO₂ dall'atmosfera, assorbendo anche quantità significative di calore. A breve termine, l'assorbimento oceanico di CO₂ e calore sta attenuando l'effetto serra. A lungo termine, tuttavia, la CO₂ e l'inquinamento termico immagazzinati nell'oceano verranno infine rilasciati nuovamente nell'atmosfera, rallentando qualsiasi futuro ricupero. Inoltre, l'assorbimento di CO₂ da parte degli oceani ha un effetto significativo sulla chimica dell'acqua di mare, con un conseguente aumento dell'acidità (diminuzione del pH) poiché la CO₂ idratata diventa acido carbonico.



La risposta su scala globale del ciclo del carbonio oceanico a uno spostamento verso una maggiore acidità è difficile da prevedere, ma sappiamo che l'acidificazione degli oceani è stata una caratteristica importante dei precedenti eventi di estinzione di massa sulla Terra.

Il tempo necessario al pH dell'oceano per riprendersi da un brusco aumento delle concentrazioni di CO₂ è dell'ordine di migliaia di anni: lungo per gli standard umani, ma geologicamente breve. E qui sta una distinzione fondamentale tra il carbonio dei combustibili fossili di origine umana e le fonti naturali di CO₂ vulcanica. Mentre la CO₂ vulcanica è stata rilasciata nell'atmosfera nel corso di milioni di anni, il carbonio dei combustibili fossili è stato rilasciato negli ultimi due secoli a una velocità che travolge la capacità dei processi di tamponamento chimico naturale. Le nostre rapide emissioni di CO₂ porteranno quindi a un picco di acidità oceanica maggiore rispetto a qualsiasi precedente disturbo del ciclo del carbonio.⁽⁸⁾

I negoziati politici sulla questione climatica si sono concentrati sul tentativo di limitare l'aumento della temperatura globale al picco di 1,5°C.⁽⁹⁾ Un riscaldamento del genere renderebbe il pianeta più caldo di quanto non sia stato in milioni di anni, da molto prima dello sviluppo dell'uomo come specie civilizzata. Un riscaldamento di 2°C o più sarebbe certamente peggiore, ma la scelta di 1,5°C di per sé è in qualche modo arbitraria. Un vero confine di "sicurezza" potrebbe essere definito in termini di bilancio energetico del pianeta.

Oggi, a causa dell'aumento della concentrazione di CO₂, la quantità di energia fornita alla Terra dalla luce solare supera l'energia persa dal pianeta.

Questo squilibrio energetico sta causando il riscaldamento del pianeta, con la maggior parte del calore in eccesso che finisce nell'oceano. La concentrazione di CO₂ nell'aria che riequilibrerebbe il bilancio energetico della Terra, e quindi arresterebbe l'accumulo di questo inquinamento termico, è di circa 350 ppm. Questa soglia è stata varcata una trentina di anni fa. L'attuale concentrazione di CO₂ atmosferica, 410 ppm, sta aumentando di alcune ppm all'anno. Anche se le emissioni umane di CO₂ si fermassero oggi, di punto in bianco, la concentrazione di CO₂ nell'aria rimarrebbe al di sopra di 350 ppm per migliaia di anni; essenzialmente per sempre, dal nostro punto di vista. La progettazione di un ritorno a uno stato climatico stabile e ottimale può quindi richiedere la rimozione attiva della CO₂ dall'atmosfera. Per farlo, esistono varie strategie possibili, inclusa la stimolazione della crescita delle piante (poi dovremmo seppellire il carbonio risultante), l'uso di scrubber chimici (come si fa sui sottomarini e le astronavi) e l'aumento artificiale dei tassi di erosione atmosferica (macinando determinati tipi di rocce che reagiscono con la CO₂).⁽¹⁰⁾

Ma qualunque approccio adottiamo, limitare i livelli di CO₂ atmosferica sarà estremamente difficile e costoso. Tornare a 350 ppm entro pochi decenni richiederebbe la rimozione di circa 440 miliardi di tonnellate di carbonio dall'atmosfera.⁽¹¹⁾

Ottimisticamente, se rimuovere una tonnellata di carbonio dall'atmosfera costa \$ 360,11 il conto totale sarebbe di \$ 160 trilioni, circa 1,6 anni di attività economica mondiale.

Nella storia della Terra, innovazioni come lo sviluppo dell'attività mineraria – si tratti di vermi mangiatori di rifiuti, di radici che rompono le rocce o di frantumazioni prodotte da trivelle petrolifere – sono in grado di capo-



volgere il metabolismo chimico della Terra e alterarne il clima. Oggi l'umanità si sta ingozzando dell'energia dei combustibili fossili, mangiando il grasso della terra, come una muffa gigante che prospera su una vecchia crosta di pane. In un mondo di opportunismo biologico e di crescita, la conclusione sarebbe scontata: crescita esponenziale della popolazione consumatrice seguita da un collasso quando il nutrimento viene meno. Tuttavia, di tutti gli episodi climatici e le estinzioni nella storia del ciclo del carbonio, questo è il primo caso in cui l'agente dell'evento sta almeno iniziando a comprendere le conseguenze delle sue azioni. La nostra perturbazione del ciclo del carbonio è principalmente un problema energetico, così fonda-

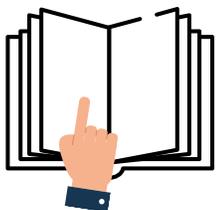
mentale per le nostre vite che è difficile immaginare di cambiarlo abbastanza rapidamente. Ma c'è molta energia intorno a noi, dal sole e dal vento. Se ora stessimo semplicemente esaurendo i combustibili fossili, la nostra civiltà crollerebbe davvero? Gran parte dell'attività umana sul pianeta Terra è guidata e guidata dal nostro sistema finanziario; quando ci sono soldi da fare immediatamente, siamo estremamente intelligenti e adattabili.

Nel 1858, le fogne di Londra sfociavano direttamente nel Tamigi. Certamente, le massicce revisioni del sistema fognario all'epoca debbono aver creato controversie, ma il *business as usual* non era più un'opzione possibile.

E non è più un'opzione praticabile ora, poiché dovremmo aver capito che i nostri rifiuti di CO₂ non sono così diversi dai vasi da notte dei londinesi vittoriani. La sfida sta nel prendere la decisione. La portata globale delle emissioni di CO₂ significa che tutti devono collaborare alla soluzione finale, anche se i benefici della bonifica sono molto meno immediati per gli individui.

È una questione di etica contro finanza, analoga all'istituzione della schiavitù, che è stata in gran parte eliminata più volte nella storia umana. In molti modi, alcune cose stanno andando nella giusta direzione, con i costi dell'energia senza emissioni di carbonio che diventano competitivi con l'energia a carbone esistente, ad esempio.

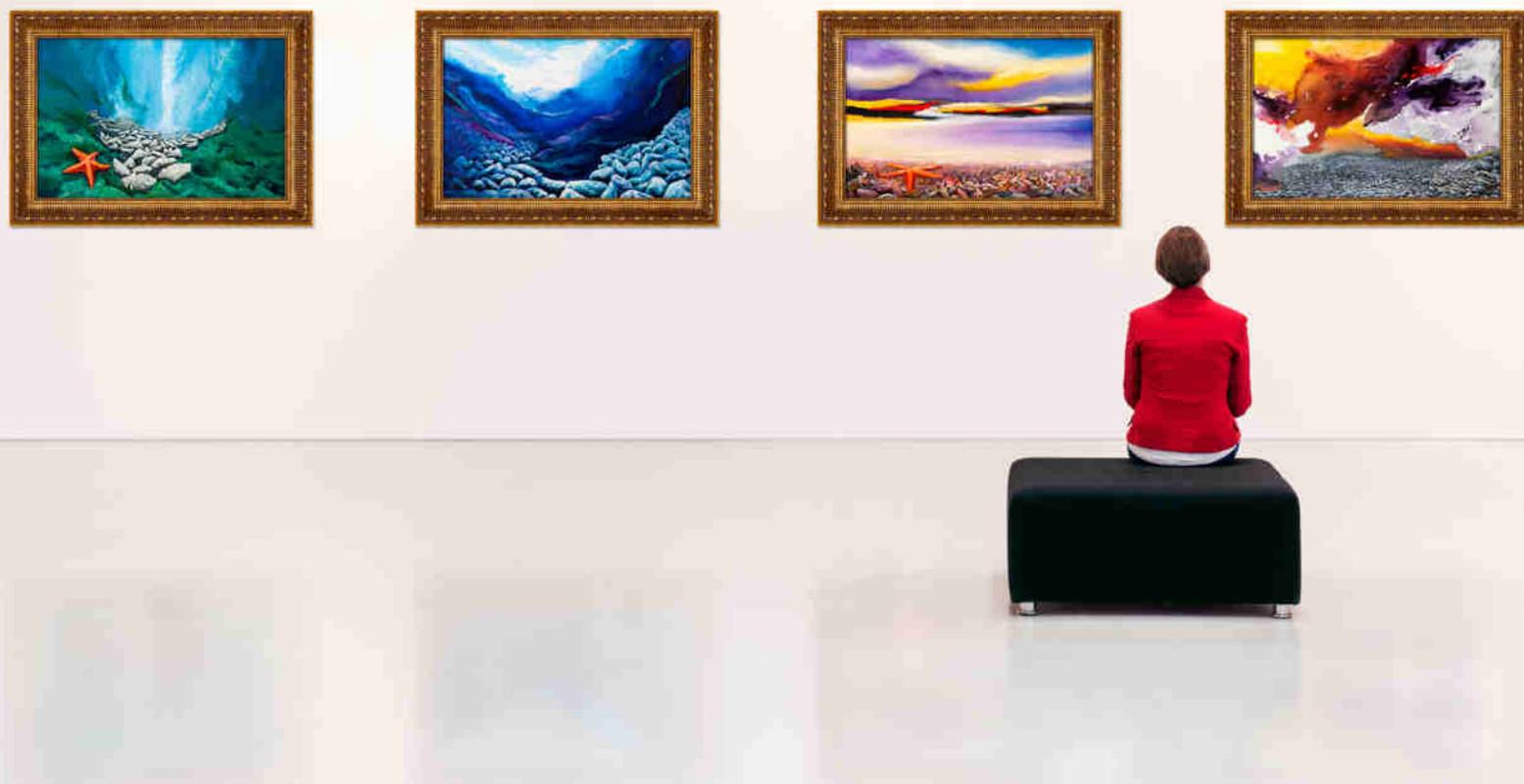
Al momento, però, i nostri progressi, guidati dal nostro sistema decisionale orientato al denaro, sono troppo lenti.



Note & Riferimenti

1. J. C. G. Walker, P. B. Hays and J. F. Kasting, 'A negative feedback mechanism for the long-term stabilization of Earth's surface temperature', *Journal of Geophysical Research*, 1981, 86, 9776–82, <https://doi.org/10.1029/JC086iC10p09776>
2. P. Brannen, *Ends of the World: Volcanic Apocalypses, Lethal Ocean and Our Quest to Understand Earth's Past Mass Extinctions*, New York: Harper Collins Publishers, 2017.
3. S. Z. Shen et al., 'Calibrating the end-Permian mass extinction', *Science*, 2011, 334, 1367–72, <https://doi.org/10.1126/science.1213454>
4. T. J. Algeo and S. E. Scheckler, 'Terrestrial-marine teleconnections in the Devonian: links between the evolution of land plants, weathering processes, and marine anoxic events', *Philosophical Transactions of the Royal Society B-Biological Sciences*, 1998, 353, 113–28, <https://doi.org/10.1098/rstb.1998.0195>
5. P. P. Tans, 'An accounting of the observed increase in oceanic and atmospheric CO₂ and an outlook for the future', *Oceanography*, 2009, 22, 26–36, <https://doi.org/10.5670/oceanog.2009.94>
6. On deforestation, reforestation and afforestation, see 'Forests' by Sally N. Aitken in this volume.
7. S. M. Natali et al., 'Large loss of CO₂ in winter observed across the northern permafrost region', *Nature Climate Change*, 2019, 9, 852–57, <https://doi.org/10.1038/s41558-019-0592-8>
8. K. Caldeira and M. E. Wickett, 'Anthropogenic carbon and ocean pH.', *Nature*, 2003, 425, 365, <https://doi.org/10.1038/425365a>. On ocean acidification and warming, see also 'Oceans 2020' by David M. Karl in this volume.
9. H. J. Schellnhuber, S. Rahmstorf and R. Winkelmann, 'Commentary: Why the right climate target was agreed in Paris', *Nature Climate Change*, 2016, 6, 649–53, <https://doi.org/10.1038/nclimate3013>
10. On carbon dioxide removal (CDR) and negative emissions technologies, see 'Geoengineering' by D. G. MacMartin and K. L. Ricke in this volume.
11. D. W. Keith, G. Holmes, D. St. Angelo and K. Heidel, 'A process for capturing CO₂ from the atmosphere', *Joule*, 2018, 2, 1573–94, <https://doi.org/10.1016/j.joule.2018.05.006>

Il presente lavoro è riprodotto sotto la licenza Creative Commons CC BY4.0 traducendo con trascurabili adattamenti editoriali il lavoro originale di David Archer, *Carbon*, in Philippe Tortell (ed.), *Earth 2020: An Insider's Guide to a Rapidly Changing Planet*. Cambridge, UK: Open Book Publishers, 2020, <https://doi.org/10.11647/OBP.0193>.



Ispirati dall'Arte

Non è usuale che una pubblicazione di argomento ecologico preveda una rubrica fissa dedicata alla presentazione e al commento di opere artistiche. Il fatto è che il discorso dell'ecologia non è cosa diversa dal discorso intorno al nostro "stare al mondo" – e quest'ultimo contempla strati profondi, del pensare e del sentire, ai quali l'arte arriva per canali propri, non sostituibili. Di essa, insomma, proveremo a giovarci al fine di alludere ai 'fondamentali': sia, come in questa prima occasione, quando si tratti di testimonianze del pesantissimo passato che ci portiamo appresso, sia quando si tratti della possibilità, che massimamente ci sta a cuore, di immaginare un futuro sottratto agli esiti nefasti che oggi si delineano.

Intanto, iniziamo con uno sguardo che rimonta agli inizi del secolo passato.

Camion del Novecento

Alberto Olivetti

Nel 1914 Mario Sironi dipinge *Il camion*, una tavola (cm. 90x80) accolta poi nella prestigiosa collezione milanese di Emilio Jesi ed ora a Brera. In quell'anno divampa la guerra europea.

In Italia si contrappongono scelte opposte: partecipare o astenersi? Nel maggio del 1915 si decide per l'intervento.

La guerra dura per più di tre anni. Quel camion del 1914 si muove in una strada cittadina, sorpassa, al di qua delle rotaie, un tram elettrico e i piani della calandra e del cofano che ci vengono incontro si confondono con l'incombere dei palazzi, con le saracinesche dei negozi e delle finestre.

La scomposizione futurista apparenta parafranghi, portiere e muri, crea una scansione che mette capo ad un accumulo di "lastre" fino ad occupare intera l'immagine.



Mario Sironi, *Il camion*, 1914, olio su tavola, cm. 90x80, Milano, Galleria di Brera



Mario Sironi, *Il camion giallo*, 1919, tempera e collage su carta applicata su tela, cm. 89x63

Nell'ampio stradale deserto, fila sull'asfalto un camion nero. Non un rumore d'attorno e il motore un regolare rombo attutito, felpato. Donde proviene quella macchina silenziosa e dove è diretta? Percepisci il transito di alcunché di fatale che non si arresta.

Un semovente nero che incede in uno spazio siderale, attraversa quanto di ineluttabile possa accogliersi in un rettilineo di periferia, ora che ha portato a termine la sua missione e fila dritto al cuore della città. Sul finire del 1918 tacciono le armi sui fronti d'Europa.

Camion e città si compenetrano e rimandano suoni metallici.

Nel 1919 Sironi realizza *Il camion giallo*, una tempera e collage su carta applicata su tela (89x63 cm.).

La sottolineatura futurista delle 'linee forza' qui si schiaccia, l'impianto spaziale è costretto a superficie.

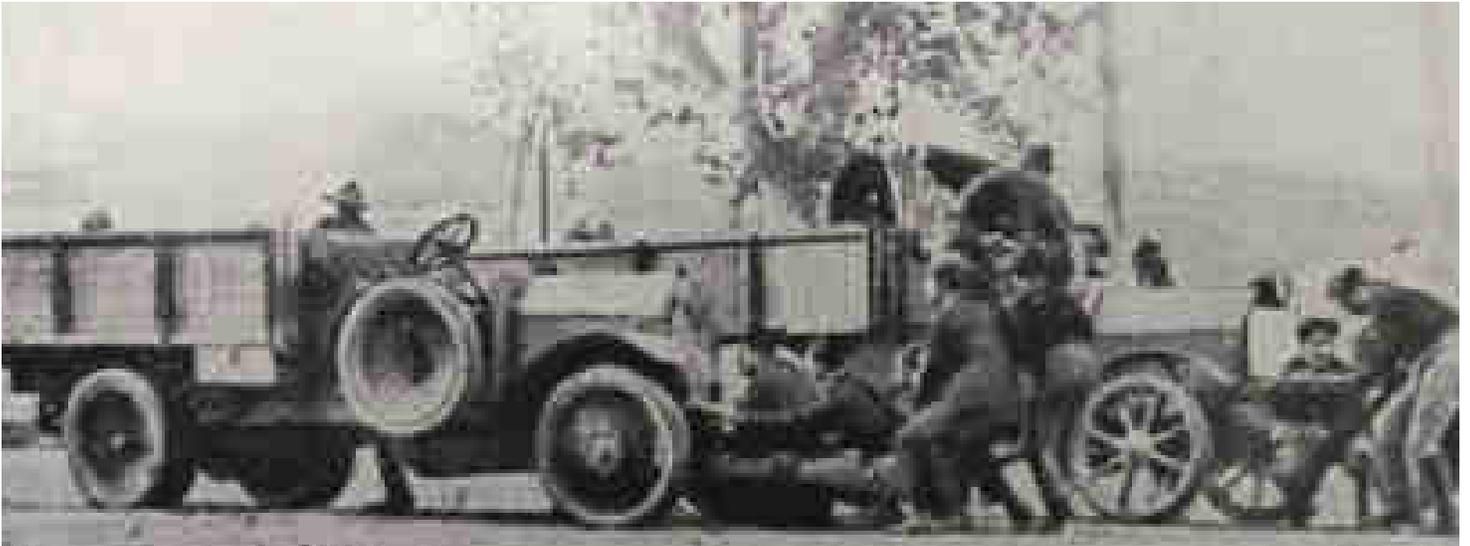
L'alto edificio a sei piani che si staglia in una luce di recente periferia, quasi poggia sul camion che è delineato di fianco, un solido parallelepipedo giallo montato su due ruote.

Ma è nei Paesaggi urbani tra 1919 e 1922 che i camion di Sironi raggiungono la loro significanza assoluta. Esempio a riguardo *Paesaggio urbano con camion del 1919-1920* (olio su tela, 44x60 cm.) a Brera.

Al di qua di un nudo muro antracite oltre il quale lontana scorgi una gru, alcuni condomini a torre da poco ultimati sfidano il blu di Prussia di un cielo peso.



Mario Sironi, *Paesaggio urbano con camion*, 1919-1920, olio su tela, cm. 44x60, Milano, Galleria di Brera



La marcia su Roma

Ma con il nuovo inverno di "pace" in Italia dopo la "vittoria" (seicento ottanta mila morti) crescono il malcontento, i tumulti, le violenze e gli scontri armati. E durano più di tre anni. Nella primavera del 1919, il 19 marzo, si costituiscono a Milano i Fasci di combattimento intorno ai quali si aggregano squadre armate di reduci e di giovani studenti. Sono gli Squadristi che giungono con i loro camion (nel solo primo semestre del 1921 si contano cinquecento azioni) ad assaltare Camere del Lavoro, Cooperative, sezioni e circoli culturali socialisti e comunisti. Devastano e uccidono.

Lo squadristo come insorgenza eversiva, la componente che assicura al fascismo il successo. Nel 1939, ricorrendo il ventennale delle Squadre d'azione, la rivista «Antieuropa» diretta da Asvero Gravelli pubblica il numero monografico Squadristo. La copertina riproduce *Imboscata* ovvero, come si legge, il «manifesto ideato e stampato dallo squadrista Vittorio Emanuele Boeri per l'adunata degli squadristi nel Ventennale dei Fasci di combattimento, eseguito dal Pittore Vittorio Pisani».

Vittorio Pisani, *Imboscata*, copertina di "Antieuropa", 1939

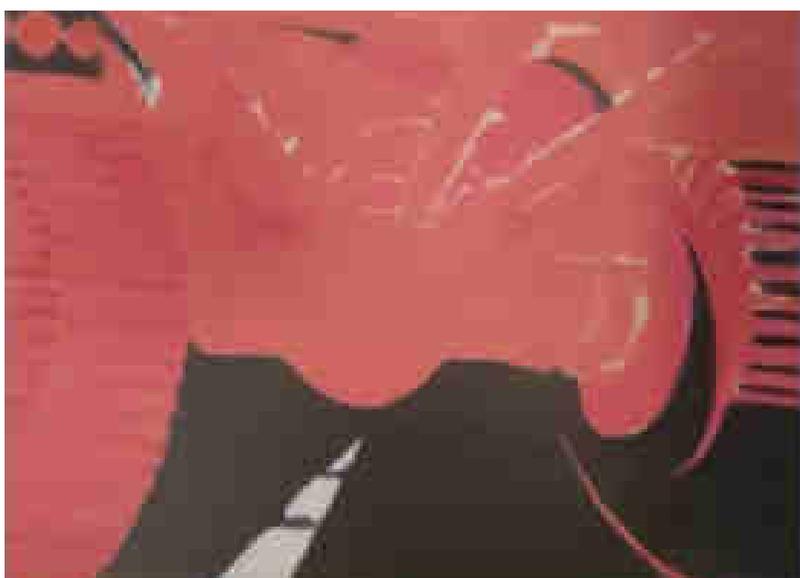
Il camion è stato colpito. Una ruota del traino posteriore rotola via. Sporgendosi dalle sponde del camion attaccato dal nemico come dagli spalti di un fortino le intrepide camicie nere rispondono al fuoco e si immolano eroicamente, fino all'ultima cartuccia. Il camion ricorre tra i soggetti dipinti da Titina Maselli.

Ho davanti tre variazioni di Titina sul tema: *Camion blu* (1966, acrilico su tela, 117x60 cm.); *Camion rosa* (1976, acrilico su carta, 70x100 cm.); *Camion verde nero* (1983, acrilico su carta, 70x50 cm.). I turchese, i carnicini, gli smeraldi dei camion di Titina. Indagati tra le gomme delle grandi ruote di scorta, e le coppe dell'olio e i tubi degli scappamenti; dal sotto in su ad esibire i meccanici incastrati del loro ventre nascosto.

I pneumatici ben aderenti all'asfalto, là dove la strada corre come un nastro, i chilometri annullati dalla potenza del motore a pieno regime che cancella le distanze segnate sulle carte stradali. Camion che procedono sicuri, nel ritmo regolare dei pistoni. Verso dove vanno quei camion? Hanno una meta da raggiungere? Titina è affascinata dal loro andare.



Titina Maselli, *Camion blu*, 1966, acrilico su tela, cm. 117x60, Roma, collezione privata.

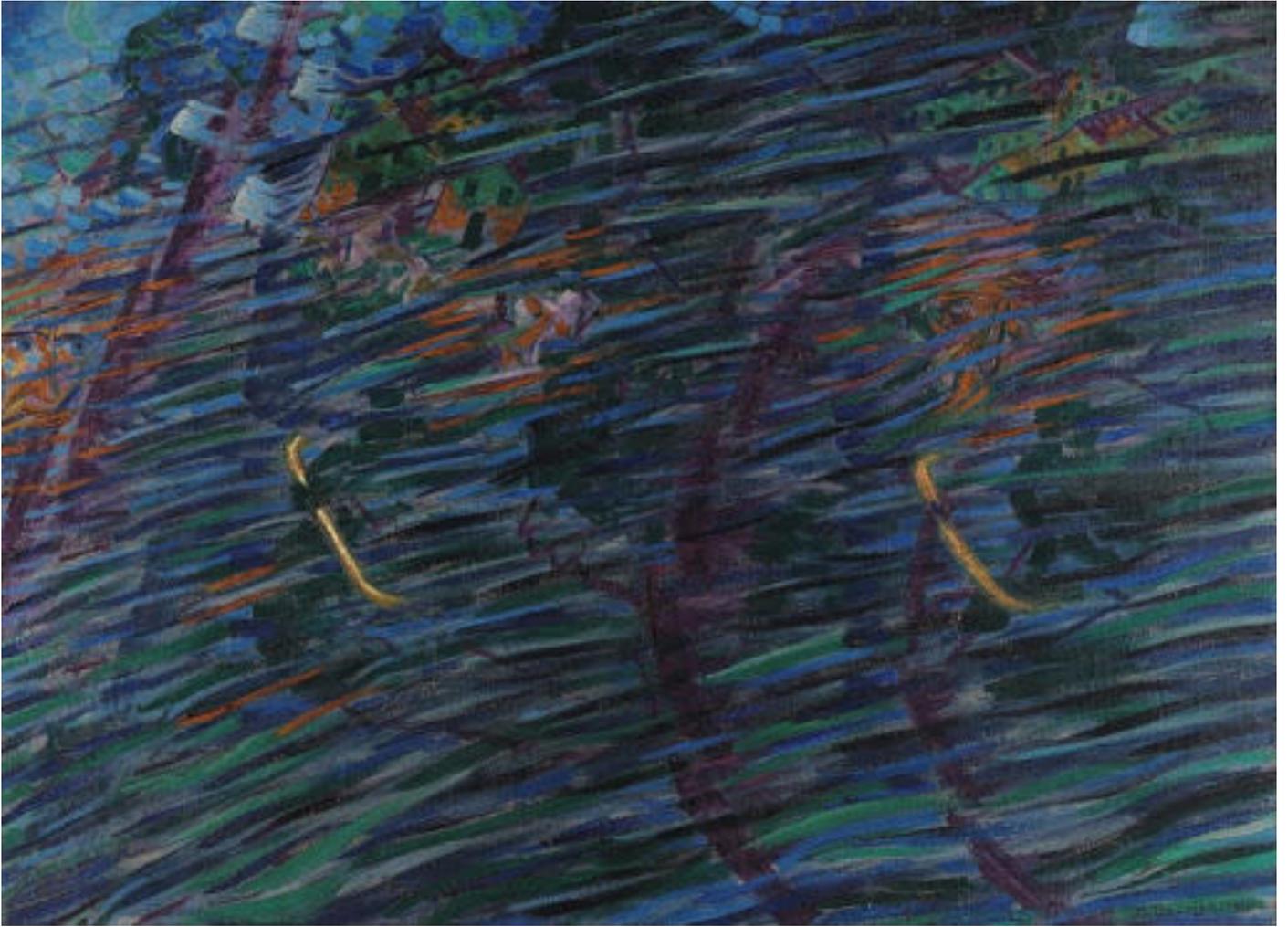


Titina Maselli, *Camion rosa*, 1976, acrilico su carta, cm. 70x100, Roma, collezione privata.



Titina Maselli, *Camion verde nero*, 1983, acrilico su carta, cm. 70x50, Roma, collezione privata.

L'andare che Umberto Boccioni aveva delineato nel 1911 in *Stati d'animo. II. Quelli che vanno* (olio su tela, 70x96 cm.). Camion "viandante", questo di Titina, erede del Wanderer romantico, in viaggio alla ricerca di sé stesso nell'Italia dell'autostrada del Sole.



Umberto Boccioni, *Stati d'animo. II. Quelli che vanno*, 1911 (olio su tela, 70x96 cm.).

Gli autori in questo numero



David Archer

Chimico oceanico computazionale, professore presso il Dipartimento di Scienze Geofisiche dell'Università di Chicago dal 1993. Esperto del ciclo del carbonio, ha lavorato sulla evoluzione dell'anidride carbonica scale temporali geologiche, nonché sulla sua concentrazione atmosferica quando proveniente da combustibili fossili ed attività antropiche .



Riccardo Guarino

Vittima di un'insana passione per l'ecologia vegetale, dopo anni da naufrago nel Mar del Precariato, approdò nel 2008 all'Università di Palermo, ove insegna tuttora. A diciott'anni chiese in regalo la Flora d'Italia di Sandro Pignatti, condannandosi così a curarne la seconda edizione, in collaborazione con Sandro Pignatti e Marco La Rosa. Ha pubblicato, inoltre, numerosi articoli e saggi sulle non sempre idilliache relazioni tra piante, uomini e paesaggi.



Simone Manda

Laureato in Lingue e Civiltà Orientali presso La Sapienza di Roma, ha vissuto in vari Paesi, dall'Australia alla Francia, sviluppando, nel frattempo, una forte passione per la scrittura che non ha mai smesso di coltivare. Formatosi al Corso di giornalismo investigativo della Fondazione Lelio e Lisli Basso a Roma, collabora con sbilanciamoci.info e Altreconomia E' redattore freelance della testata investigativa IrpiMedia.



Marina Mannucci

Già Presidente dell'Associazione Femminile Maschile Plurale e volontaria dell'Associazione Avvocato di strada e del Comitato Rompere il silenzio, è attivista della campagna "Per il Clima - Fuori dal Fossile". Ha svolto attività didattica per comunità nomadi ed è stata docente presso Istituti superiori. Ha inoltre coordinato il progetto dell'Asilo Domus Bimbi di Ravenna e ha operato all'interno del Centro di Documentazione di Tuzla (Bosnia).



Alessandro Montebugnoli

Autore di numerose pubblicazioni di argomento economico-sociale, ha insegnato Storia del pensiero economico presso la Facoltà di filosofia di Sapienza Università di Roma. Già presidente dell'associazione Servizi Nuovi, attualmente fa parte del Comitato direttivo del Centro per la Riforma dello Stato, presso il quale ha curato i cicli di seminari Capitalismo e società agli inizi del XXI secolo e Società e scienza al tempo della crisi ecologica.

**Fabio Musmeci**

Fisico. Ricercatore senior in Enea, si occupa da oltre 25 anni del trattamento e recupero di rifiuti organici mediante compostaggio, con attività di monitoraggio e modellistica. Presidente dell'Associazione Italiana Compostaggio, di cui è stato cofondatore. E' stato coordinatore dell'Osservatorio Provinciale dei Rifiuti di Roma dal 2003 al 2008.

**Alberto Olivetti**

Ordinario f. r. di Estetica nell'Università di Siena. Tra i suoi libri ricordiamo Sul dipingere; Qui e ora. Figurare il presente; Per un ritratto di Pietro Ingrao; Intimità delle lontananze. La collana "Album. Dipinti e disegni di Alberto Olivetti" è pubblicata da Silvana Editoriale. Cura l'Archivio Pietro Ingrao presso il Centro di studi e iniziative per la Riforma dello Stato e tiene su "il manifesto" la rubrica settimanale 'Divano'.

**Franco Padella**

Chimico, si è occupato per oltre 25 anni di ricerca e sviluppo di materiali, processi e tecnologie per la produzione di energia da fonti rinnovabili e per l'efficienza energetica. Autore di oltre un centinaio tra pubblicazioni e brevetti, qui si interroga su ruolo, rischi e potenzialità delle tecnologie in una transizione che sia soprattutto ecologica e non solo tecnologica.

**Sandro Pignatti**

Professore emerito dell'Università "La Sapienza" di Roma, accademico dei Lincei, ha retto per anni il timone della Botanica in Italia. Numerose le testimonianze della sua attività scientifica, che spaziano dall'ecologia umana ai boschi d'Italia, dalle Dolomiti al Guangdong (Dinghushan) e all'Australia (Little Sandy Desert). Tra le più importanti, la Flora d'Italia, pubblicata in tre volumi nel 1982, recentemente (2017-2019) riedita in quattro volumi e supplementi digitali.

**Nicolò Savarese**

Architetto esperto in pianificazione urbanistica e territoriale, membro di INU, AISRe, AISS e socio fondatore della Biennale dello Spazio Pubblico. È stato tra i fondatori di CIVITA, divenendo direttore e amministratore delegato del Consorzio. Già Direttore dei programmi del CUEBC di Ravello, svolge attualmente attività professionale di consulenza per enti pubblici e istituzioni europee. Buona parte delle ricerche e dei progetti è reperibile presso <https://nicolosavarese.academia.edu>.

**Carmen Storino**

Laureata in Programmazione e Gestione delle Politiche e dei Servizi Sociali e con un Master di in Diritto degli Stranieri e Politiche Migratorie è stata educatrice e operatrice legale nell'accoglienza per richiedenti asilo e rifugiati. Studiosa con un approccio prevalentemente sociologico dei processi sociali, economici e sanitari che si pongono all'origine della attuale crisi ecologica, è insegnante di italiano, storia e geografia nella scuola primaria, luogo dove sparge semi di sensibilizzazione ecologica e ambientale.

