

Infrastrutture smart & green per disinnescare l'emergenza ambientale

■ Gli effetti di un modello di sviluppo ad elevato impatto ambientale si stanno manifestando in forme sempre più gravi. L'utilizzo indiscriminato dei combustibili fossili, oltre all'inquinamento locale, comporta l'incremento della densità del gas-serra CO_2 , che a sua volta induce il riscaldamento globale, da cui lo scioglimento dei ghiacci e il conseguente aumento del livello medio del mare. Tutti fenomeni che hanno raggiunto nel 2016 una soglia di attenzione. La sfida è affrontare l'emergenza ambientale con strategie sistemiche di decarbonizzazione e predisporre le nuove infrastrutture intelligenti per supportare energie rinnovabili, accumulo energetico ed elettromobilità.

Introduzione

I segnali di criticità ambientale che si stanno manifestando in diversi contesti sono numerosi, significativi e preoccupanti. Ne riportiamo alcuni qui di seguito:

- a) il riscaldamento climatico, che si sta manifestando con sempre maggiore evidenza in questi ultimi anni. Il NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) nel suo ultimo rapporto¹ registra il fatto che il 2016, per il terzo anno consecutivo, è stato il più caldo a partire da quando sono iniziate le rilevazioni, nel 1880;
- b) la densità di anidride carbonica (CO_2) raggiunta nella nostra atmosfera che con un ritmo di immissione di trenta miliardi di tonnellate l'anno prodotte dalla combustione dei combustibili fossili, ha superato nel 2016 le 400 parti per milione (ppm) – alla base della compromissione dell'equilibrio termico del nostro pianeta²;
- c) l'avvenuto o comunque prossimo picco della curva di Hubbert di massima

produzione del petrolio ("peak oil"), che rappresenta il momento in cui l'offerta non riuscirà a tenere passo con la domanda di combustibile e che potrebbe portare l'umanità su una pericolosissima china regressiva³;

- d) le ormai dimostrate conseguenze per la salute umana dovute all'introduzione sistematica ed incontrollata di un amplissimo ventaglio di sostanze tossico-nocive in aria, in acqua e nei suoli – che determinano una vera e propria "epidemia sanitaria" con causali ambientali;
- e) il correlato ed insostenibile sfruttamento delle risorse naturali, che si verifica quando la raccolta supera la capacità di riproduzione di piante e fauna selvatica, come ad esempio il disboscamento o la pesca intensiva. Restrignendo il problema all'ambito europeo, il Rapporto Europeo sull'Ambiente del 2013 avvisava che si consuma ancora troppa acqua, troppa terra, troppe foreste, troppa natura ...ovvero troppo pianeta.

Si tratta di gravi elementi di preoccupazione che hanno ormai una consolidata conferma in ambito scientifico e che stanno

inducendo le autorità pubbliche mondiali, europee e nazionali a strutturare un insieme di interventi diretti e di strumenti di incentivazione atti a "correggere la rotta" prima che sia troppo tardi.

Effetti globali sul clima

Gli effetti delle attività industriali a livello globale sono in grado di compromettere rapidamente i delicati equilibri che consentono la vita nel nostro pianeta. Il primo segnale l'abbiamo avuto con il cosiddetto "buco dell'ozono". L'immissione massiccia in atmosfera dei clorofluorocarburi (CFC) utilizzati nei cicli di refrigerazione e negli spray – sostanze estremamente stabili ma molto reattive in alta atmosfera – ha quasi compromesso lo strato di ozono stratosferico che ci protegge dai raggi ultravioletti. Il protocollo di Montreal per il bando dei CFC firmato nel 1987 ha dimostrato di funzionare, ma a trent'anni dal bando è emerso che sarà necessario attendere almeno fino al 2050 per una completa regressione del fenomeno⁴. Nel frattempo, a fine 2015 si è manifestato il più ampio buco dell'ozono mai registrato nella zona antartica, pari a 10,9 milioni di miglia quadrate⁵; nel 2016, complice una temperatura più alta della stratosfera, il massimo stagionale è stato per fortuna più contenuto.

Ora, superata la criticità ultravioletti/ozono, è il momento del riscaldamento globale causato dalla continua immissione

1 "2016 is Earth's warmest year, culminating in a remarkable 3-year streak of record warm years for the globe", NOAA, <https://www.ncdc.noaa.gov/sotc/summary-info/global/201612>.

2 "How the world passed a carbon threshold and why it matters", Yale Environment 360, N. Jones, gennaio 2017, <http://e360.yale.edu/features/how-the-world-passed-a-carbon-threshold-400ppm-and-why-it-matters>.

3 "Energia per l'astronave terra – quanta ne usiamo, come la produciamo, che cosa ci riserva il futuro", N. Armaroli, V. Balzani, Zanichelli, 2008.

4 Cfr. "Hole in ozone layer is closing and will be 'healed' by 2050, scientists say", The Telegraph, 30/6/2016, S. Knapton, <http://www.telegraph.co.uk/science/2016/06/30/hole-in-ozone-layer-is-closing-and-will-be-healed-by-2050-scient/>.

5 Cfr. "Bigger and Later", A. Haar, novembre 2015, svs.gsfc.nasa.gov/12068.

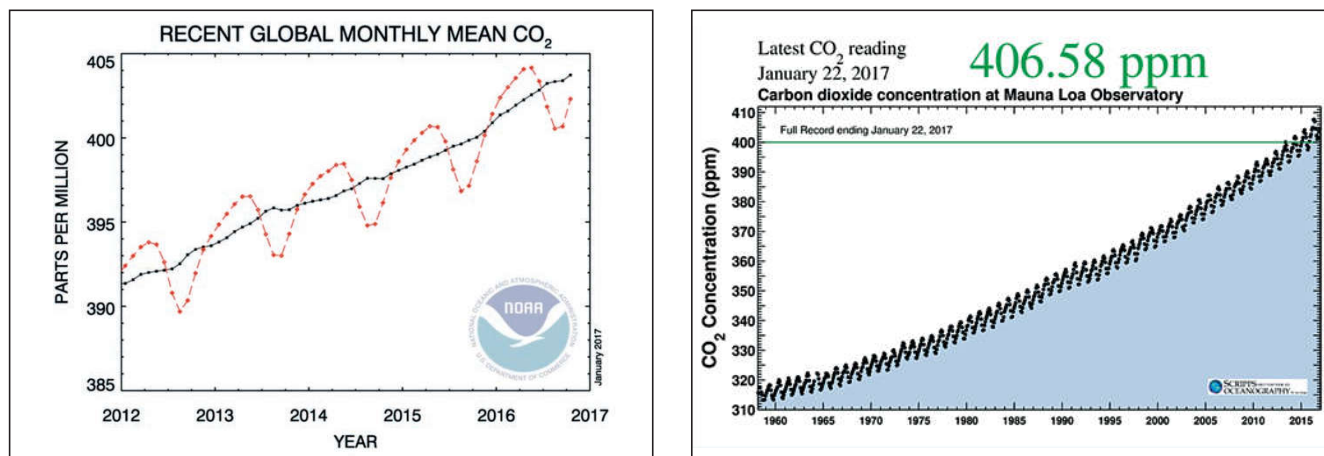


Figura 1 – Livelli di CO₂ registrati all'osservatorio di Mauna Loa. Fonte: NOAA, US, vedi nota 2.

sione in atmosfera di gas climalteranti. Gli effetti si stanno moltiplicando e la situazione sta rapidamente peggiorando. Ricordiamo il problema: questi gas, – in primis l'anidride carbonica (CO₂) per la sua persistenza e le grandi quantità in gioco, ma anche altri come il metano ed i fluorocarburi (HFC, sostitutivi dei CFC) per il più forte effetto unitario – assorbono i raggi infrarossi riflessi dalla superficie terrestre, di fatto conservando il calore con un effetto cumulativo che sta riscaldando il pianeta. A sua volta, il surriscaldamento dell'atmosfera porta allo scioglimento dei ghiacci nell'Artico ed in Antartide, con l'effetto di un incremento del livello medio del mare sulla superficie del pianeta.

Livelli di CO₂ in atmosfera e acidificazione dei mari

Dopo aver superato la "soglia psicologica" di 400 ppm di CO₂ nel 2015 (cfr. Figura 1), nel "consolidamento" del 2016 si è registrato un altro record: il più rapido aumento in un anno mai registrato di CO₂ nell'atmosfera terrestre di quasi 4 ppm tra febbraio 2015 e febbraio 2016. Ricordiamo che la CO₂ viene emessa a fronte di qualsiasi combustione contenente carbonio. Il livello di CO₂ preindustriale era di 280 ppm: livelli come quelli attuali (406,58 ppm a gennaio 2016) non si erano mai manifestati sul nostro pianeta negli ultimi 650mila anni. Un effetto collaterale meno noto dell'incremento di CO₂, ma con conseguenze sulle specie marine, è l'acidificazione degli oceani che, dall'era preindustriale,

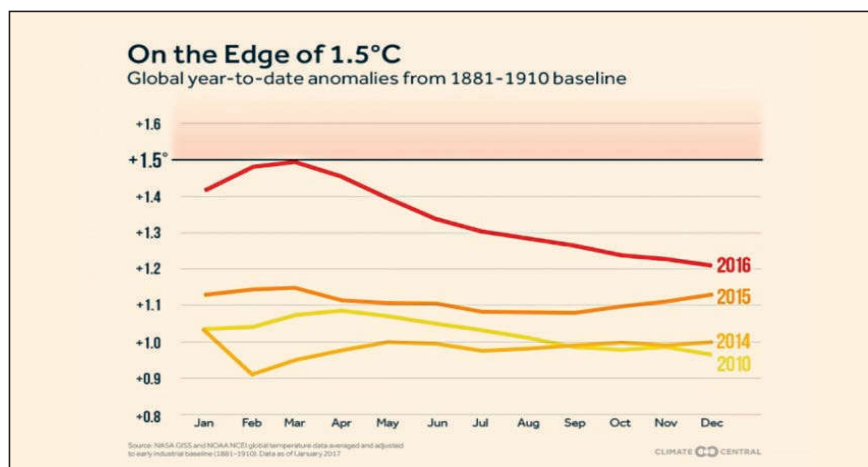


Figura 2 – L'aumento medio di temperatura mondiale registrato negli ultimi tre anni, con un picco di 1,5 °C. Fonte: rielaborazione Climate Central⁷ su dati NASA/NOAA.

è aumentata del 30%.⁶

Riscaldamento globale

Il 2016 è stato l'anno più caldo da quando si tengono registrazioni della temperatura media mondiale, cioè da 137 anni; non solo, ma si tratta del terzo anno di seguito in cui si registra questo preoccupante fenomeno. L'aumento è stato quantificato da NASA e NOAA tra 0,94 °C e 0,99 °C sopra la media degli anni 1951-1980, anche se secondo alcuni studi abbiamo già superato un aumento di 1,2 °C sfiorando 1,5 °C (cfr. figura 2 qui sotto), considerando come riferimento le medie del periodo preindustriale, 1881-1910. Le anomalie climatiche si stanno in effetti moltiplicando: qui basti dire che nella primavera del 2016 le temperature medie in tutto l'emisfero settentrionale hanno superato i 2 °C al di sopra della soglia "normale" per la prima volta nella storia delle registrazioni, e pro-

tabilmente per la prima volta da quando la civiltà umana è cominciata migliaia di anni fa. L'incremento di 2 °C è il punto al di sopra del quale il cambiamento climatico potrebbe cominciare a diventare concretamente pericoloso per l'umanità e che si è manifestato – pur se per un breve transiente – molto prima di quanto previsto. Si tratta di una pietra miliare per la nostra specie. Il cambiamento climatico merita quindi la nostra più grande attenzione possibile.⁷

Scioglimento dei ghiacci artici e aumento del livello medio del mare

L'area ghiacciata dell'Artico raggiunge la sua massima estensione tra febbraio ed aprile. Come evidenziato in Figura 3, nel l'area ghiacciata ha registrato il suo minimo storico nella serie annuale per

⁶ Cfr. "FAQs about ocean acidification", US OCB & UK OA, <http://www.whoi.edu/OCB-OA/FAQs/>.

⁷ Cfr. <http://www.climatecentral.org/news/2016-declared-hottest-year-on-record-21070>.

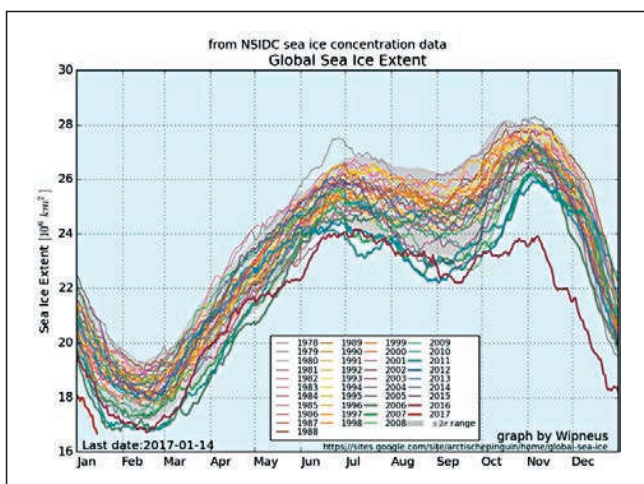


Figura 3 – La riduzione continua dei ghiacci (fonte: New Scientist⁸ / US NSIDC).

8 Cfr. "Global sea ice is at lowest level ever recorded", 16/1/2017, M. Le Page, New Scientist, <https://www.newscientist.com/article/2118093-global-sea-ice-is-at-lowest-level-ever-recorded>.

il secondo anno di seguito da quando ci sono le rilevazioni via satellite, cioè dal 1979.

Stanti i volumi di ghiaccio conservati in Antartide, quanto si sta osservando in quel continente è di una gravità mai vista per l'immediata conseguenza di questo fenomeno, ovvero l'innalzamento del livello medio del mare: le stime di crescita che emergono dalle più recenti valutazioni sono il doppio di quelle precedenti. Lo studio su

PNAS⁹ appena pubblicato ha rilevato come nel ventesimo secolo la crescita del livello del mare non abbia precedenti nei 27 secoli finora trascorsi: +14 cm contro un potenziale di +2 cm come risultava dalle medie dei secoli precedenti. E la causa è sempre la stessa: il riscaldamento climatico.

9 Cfr. "Temperature-driven global sea-level variability in the Common Era" Ed. A. Cazenave, Centre National d'Etudes Spatiales, 4/1/2016, <http://www.pnas.org/content/early/2016/02/17/1517056113>.

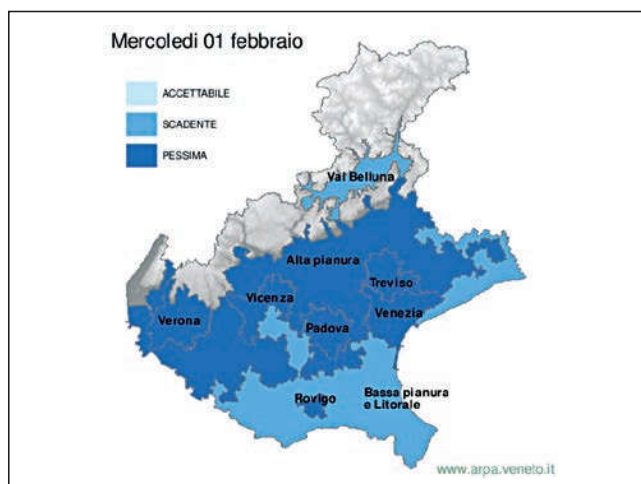


Figura 4 - Qualità dell'aria prevista da Arpav per l'1/2/2017.

La qualità dell'aria è ritenuta "accettabile" se le PM10 sono in densità inferiore a 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, "scadente" se superiore a 50 ed inferiore a 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, "pessima" se superiore a 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Inquinamento locale: il caso della pianura padana

È da sottolineare che, in contesti informali e nei mass media, viene frequentemente confusa la scala dell'inquinamento, con il risultato di mettere un inquinante globale come la CO_2 e gli inquinanti locali, – come ad esempio le polveri sottili e gli ossidi di azoto – sullo stesso piano. Invece non lo sono, e vanno trattati in maniera differente. La CO_2 ,

come altri gas climalteranti, accumulandosi nell'atmosfera provoca un danno per il clima nel pianeta, ma non è una sostanza che causa immediato danno per la respirazione; elemento che invece accomuna le polveri sottili, gli ossidi di azoto, gli ossidi di zolfo, l'ozono in bassa atmosfera⁹ ed altri inquinanti locali. La "metrica" con cui considerare gli inquinanti emessi deve quindi essere duplice: da una parte gli effetti (progressivamente) dannosi per il clima, dall'altra gli effetti (immediatamente) dannosi per la salute.

Il territorio del Nord Italia, racchiuso tra le Alpi, l'Adriatico e gli Appennini, rappresenta una delle aree più inquinate d'Europa e del pianeta in generale, come documentano le fonti della Nasa, per questioni morfologiche (le Alpi non consentono un ricambio dell'aria), antropiche (l'elevata densità della popolazione) ed economiche (l'elevata densità di produzioni industriali presenti nell'area).¹⁰ Il negativo quadro emissivo, cui siamo già in qualche modo abituati, in assenza di correttivi sostanziali, sta però rapidamente peggiorando. Oramai in ogni inverno, nelle regioni della pianura padana, si registrano livelli altissimi di polveri sottili – di cui vengono di prassi rilevate la frazione sotto i 10 µm denominata PM₁₀ e, con una rete di rilevamento non ancora completamente sviluppata, la frazione sotto i 2,5 µm denominata PM_{2,5} – e di altri inquinanti (in primis gli ossidi di azoto, NOx). La soglia di legge per le PM₁₀, pari a 50 µg/m³ (microgrammi per metro cubo) di media giornaliera, che denota un'aria di qualità "scadente", è quasi costantemente superata nelle città più urbanizzate, raggiungendo frequentemente i 100 µg/m³, di qualità "pessima e in alcuni casi anche il triplo, mentre in condizioni di inversione termica accade persino che si vada a superare i 200 µg/m³.

A questo riguardo va segnalato il fatto che in Veneto, a partire dal 1° Febbraio

2017, è stato attivato il "livello di criticità 2" di inquinamento dell'aria da polveri sottili per gli agglomerati di Venezia, Treviso, Vicenza e Verona, Padova (attivo già dal 31 gennaio) e nella città di Rovigo, essendosi rilevate per tre giorni consecutivi concentrazioni medie giornaliere di PM₁₀ superiori al livello di criticità stabilito di 100 µg/m³ (cfr.).

Il livello di superamenti della soglia di 50 µg/m³ ammessi dalla normativa europea sono 35 in un intero anno. Come fa notare Legambiente¹², sono molte le città italiane (quasi tutte quelle del Nord Italia) che ogni anno superano – e in diversi casi raddoppiano – questo limite. Per gli NOx (ossidi di azoto) la situazione non è dissimile, con un numero di supe-

qualità dell'aria ambiente – per il superamento dei limiti di PM₁₀ in Italia. Fase della procedura: messa in mora ai sensi dell'art. 258 TFUE.

Effetti sulla salute. È ormai dimostrato l'impatto sanitario connesso alla presenza di inquinanti: per ogni 10 µm/m³ di PM₁₀ in più nell'aria che si respira di media annuale, l'aspettativa di vita si riduce di oltre sette mesi¹³. Un fenomeno ben noto agli epidemiologi dimostra inoltre come, ad ogni picco di PM₁₀, si affianchi a distanza di un giorno o due un corrispondente picco dei ricoveri ospedalieri ed altri indicatori di peggioramento della salute (ticket sanitari, consumo farmaci per anziani, asmatici e cardiopatici). Ricordiamo le conseguenze sanitarie cita-



Figura 5 - Livelli di PM10 in µg/m³ nelle principali città venete registrate il 31/1/2017. Sopra i 100 µg/m³ l'aria è definita di qualità "pessima". Fonte: Arpav.

ramenti del limite (orario) di 200 µg/m³ generalmente molto prossimo al limite massimo dei 18 ammessi in un anno. Il limite è orario perché al superamento della soglia si hanno immediati e significativi effetti sull'organismo.

Procedura di infrazione europea. Per la mancata applicazione delle norme che prevedono il contenimento dell'inquinamento atmosferico, l'Italia rischia una multa di ben un miliardo di euro. Si tratta della procedura di infrazione n.2014/2147 – Cattiva applicazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla

te dall'OMS:

morbilità: bronchite, bronchiti croniche, attacchi di asma, ricoveri per complicanze cardiovascolari, cerebrovascolari (potenzialmente) e respiratorie; urgenze per asma e malattie cardiovascolari; riduzione dei giorni di attività lavorativa; mortalità: per problemi cardiopolmonari da esposizione a lungo a PM_{2,5}; per cancro da esposizione a lungo a PM_{2,5}; nei bambini sotto i 5 anni con infezione respiratoria acuta da esposizione a breve a PM₁₀; mortalità per esposizione a breve alle PM₁₀.

¹³ Cfr. gli studi APHEA2 "Air Pollution and Health. A European Approach"; NMMAPSII "The National Morbidity, Mortality and Air Pollution Study"; MISA "Meta-analisi Italiana Studi effetti a breve termine inquinamento Atmosferico".

¹⁰ L'ozono in alta atmosfera ci protegge invece dai raggi ultravioletti.

¹¹ Cfr. "Emergenza climatica ed inquinamento locale: da rischio ad opportunità per una trasformazione del Nord Est", A. Candiello, in Veneto Nordest, N.45/2016, pp.83-119.

¹² Cfr. "Malaria di Città 2017. Come ridurre lo smog cambiando le città italiane in 10 mosse", Legambiente, a cura di G. Zampetti e A. Minutolo, gennaio 2017.

Lo studio dell'Agenzia Europea per l'Ambiente ha quantificato l'impatto in termini di morti premature ogni anno nella misura di:

- 59.500 unità, attribuibile all'inquinamento da PM_{2.5};
- 21.600 unità, attribuibile all'inquinamento da NO_x;
- 3.300 unità, attribuibile all'inquinamento da ozono.

A tali impatti corrispondono dei costi per i sistemi sanitari: secondo lo studio OMS/OCSE del 2015, l'inquinamento atmosferico in Italia ha causato danni per poco meno di novanta miliardi di euro, pari a quasi cinque punti di PIL.

Scenari e prospettive

Che fare? Le linee di intervento per contenere tali emergenze richiedono innanzi tutto di "de-carbonizzare" il più possibile l'economia, riducendo il consumo di combustibili fossili nel complesso e specificamente riducendone il consumo per unità di produzione¹⁴. È necessario aggiornare i processi produttivi riducendone considerevolmente i consumi ed utilizzando una quota sempre maggiore di fonti energetiche alternative (non fossili). Ciò al fine di conservare il più possibile il pregiato combustibile liquido il petrolio, che attualmente domina la nostra economia, e del quale per il momento non abbiamo trovato un valido sostituto per tutti gli utilizzi – e di ridurre le emissioni di carbonio (in forma di anidride carbonica) in atmosfera.

Non si deve infatti trascurare il fatto che le risorse fossili sono per loro natura soggette ad esaurimento. A fronte di un "estratto" pari a circa mille miliardi di barili, le stime del petrolio rimasto oscillano tra mille e duemila miliardi di barili. Il momento critico, seguendo il modello di Hubbert, è il "picco" di produzione, che a seconda delle stime ha avuto/avrà luogo tra il 2010 ed il 2030. La disponibilità dello *shale oil* – petrolio non convenzionale estratto dai frammenti di rocce di scisto bituminoso mediante processi di pirolisi, idrogenazione o dissoluzione termica – potrebbe incrementare le sti-

¹⁴ Capacità già ben dimostrata dal nostro Paese, cfr. dati Eurostat 2015, "Energy intensity of the economy", che risulta tra i migliori nella classifica europea con poco più di 100 kg di oil equivalent per mille euro di PIL.

me e spostare un po' in avanti la curva, al prezzo però di un significativo impatto ambientale. Superato il picco, la forbice domanda-offerta si aprirà in maniera irreversibile, inducendo un aumento crescente del costo del petrolio. Nessuno è al momento in grado di prevedere l'effetto dirompente sull'economia globale – ed in definitiva sul benessere, sulla qualità e sulla stessa aspettativa di vita di tutta l'umanità – che avrà la fine del petrolio a buon mercato.

La combinazione dei due vincoli non consente scappatoie, come potrebbe essere la semplice sostituzione del petrolio con

stabilità a lungo termine ed il rischio cui le popolazioni sarebbero sottoposte nel caso di fuoriuscite accidentali¹⁵. Bisogna poi considerare che il carbone è ancora più "sporco" del petrolio, in termini di inquinanti emessi nella combustione: polveri sottili, zolfo, ma anche metalli pesanti, e mercurio; le ceneri di risulta, che vengono prodotte in grande quantità (pari al 10% in peso del carbone immesso), sono altamente tossiche nonché debolmente radioattive.

Di fronte a queste inquietanti prospettive, gli scenari che l'umanità dovrà affrontare dipendono dalle scelte che si

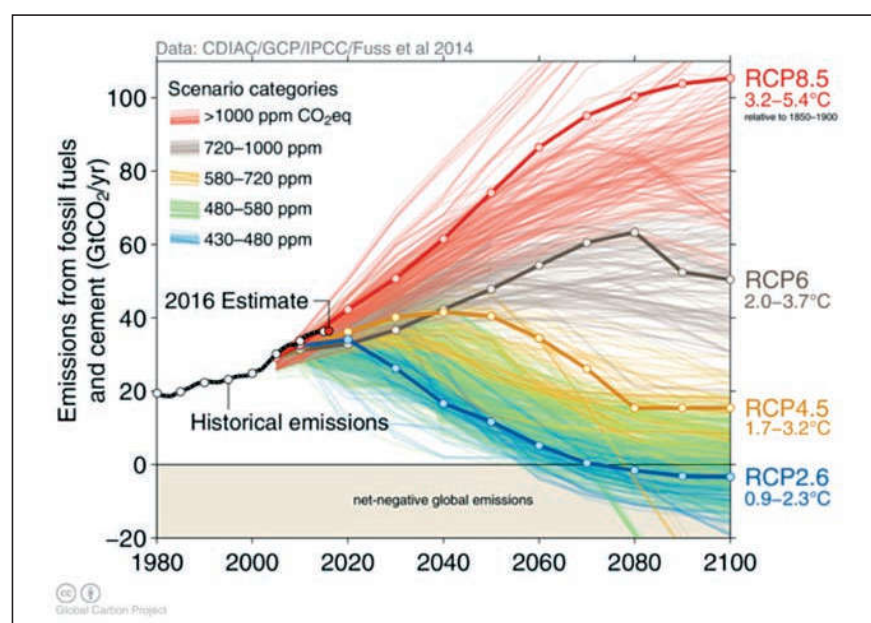


Figura 6 – Scenari possibili per i futuri livelli di CO₂ in atmosfera. Fonte: NOAA/IPCC, vedi nota 2.

il gas naturale (anch'esso soggetto alla legge di Hubbert) o con il carbone, che peraltro è ancora più problematico dal punto di vista ambientale. Una centrale a carbone "standard" da un gigawatt emette infatti circa sei milioni di tonnellate di CO₂/anno, pari a quasi *mezzo miliardo di tonnellate* di CO₂ nell'intera sua vita operativa, stimabile in circa sessant'anni. Alcuni studi stanno valutando come una possibilità lo stoccaggio della stessa in depositi salini sotterranei, ma si tratta comunque di quantità enormi, stimabili in *tre miliardi di barili* di CO₂ in forma liquida supercritica¹⁵, elemento che suscita significative perplessità per quanto riguarda la

¹⁵ Cfr. "Sequestrare l'effetto serra", R.H. Socolow, in "Le Scienze", pp.70-77, N.444, Agosto 2005.

andranno a fare nel prossimo futuro (cfr. Figura 6). Per contenere le emissioni globali, sono state proposte alcune strategie sistemiche, tra cui segnaliamo uno studio¹⁷ che propone un intervento strutturato su sette "cunei", ciascuno quantificabile nella *non emissione* di un miliardo di tonnellate di CO₂ per anno per diversi decenni. I cunei si dovranno comporre generando un contenimento di diverse centinaia di miliardi di tonnellate di prossime emissioni allo scopo di

¹⁶ La CO₂, pur se innocua dal punto di vista della tossicità, se venisse emessa in grandi quantità per qualche instabilità del deposito sotterraneo, una volta in superficie potrebbe causare soffocamento nelle popolazioni esposte.

¹⁷ Cfr. "Carbonio sotto controllo", di R.H. Socolow e S.W. Pakala, pp. 40-48, su "Le Scienze" N.459, novembre 2006.



impedire che i livelli di CO₂ superino entro i prossimi 50 anni le 500 ppm compromettendo irreversibilmente l'equilibrio climatico.

Le nuove reti: sensori e infrastrutture

Stanti le numerose criticità esistenti, sarebbe opportuno rafforzare le reti di misura ambientali di matrice pubblica, favorendo anche nuove reti fuori dal perimetro strettamente pubblico, in ottica smart city. Le centraline di rilevazione esistenti misurano PM₁₀, NOx ed ozono in particolare, ma ci sono anche strumenti per la rilevazione di moltissimi altri inquinanti: un sistema ideale dovrebbe fornire misure ad ampio spettro degli inquinanti al fine di valutarne livelli massimi e medie. Le rilevazioni dovranno avere caratteristiche di continuità, ove possibile, ed in ogni caso di periodicità con una frequenza minima. Stante la diretta correlazione di impatto sanitario con le PM_{2,5}, sarebbe opportuno aggiornare le reti per includere sistematicamente tale inquinante nelle rilevazioni. Alle misure ambientali dovrebbero inoltre essere affiancate rilevazioni sanitarie periodiche e sistematiche, al fine di verificare sperimentalmente l'impatto sulla salute di residenti e lavoratori.

Ricordiamo come i costi delle indagini epidemiologiche siano molto contenuti in quanto elaborazioni di dati già in possesso dalle ASL ed altri soggetti. Le analisi tossicologiche, per le quali sono necessari prelievi dei soggetti, richiedono invece un adeguato campionamento. La combinazione delle due tipologie di indagine può chiarire le correlazioni tra inquinanti ed impatti sanitari e quindi suggerire le appropriate azioni di tutela del cittadino.

La disponibilità e l'openness dei dati di rilevazione sono elementi essenziali per rendere tali misure utili ed utilizzabili anche da soggetti privati. L'incontro delle tecnologie digitali con le tecnologie di rilevazione ambientale e con la mobilità, rappresenta il primo passaggio per andare verso le "città intelligenti", elemento primario della strategia europea per l'innovazione. La grande quantità di dati che è possibile raccogliere (ad elevata frequenza di rilevazione) con sensori ambientali e fisici suggerisce l'utilizzo di adeguate tecnologie di gestione dei dati, che sono peraltro disponibili ed all'altezza del compito.

La spinta al cambiamento è globale, come globali sono i problemi ambientali che si stanno registrando con sempre maggiore preoccupazione. Nel nostro Paese, a tali fattori si affiancano forti

motivazioni al cambiamento sulla base dell'analisi di rischi ed opportunità specifici di alcune aree locali come la pianura padana: il livello eccessivo dell'inquinamento che viene raggiunto, senza la capacità di rimescolare gli inquinanti, l'elevata densità industriale ed abitativa, il multipolare, caotico ed inquinante sistema di mobilità sono problemi da non sottovalutare. Ma vi è anche l'opportunità di impegnare le straordinarie abilità manifatturiere e le forti competenze tecniche e scientifiche disponibili per la trasformazione del nostro modello di sviluppo.

Ecco che per un approccio passivo (sensori, misure, rilevazioni) e di contenimento (risparmio energetico, efficienza, riduzione delle emissioni) dovrà essere affiancato da un approccio attivo. Energie rinnovabili, sistemi di accumulo, recupero e risparmio energetico ed i nuovi modelli di mobilità sono i driver di un profondo cambiamento delle regioni più avanzate a livello mondiale. Basti pensare alla rapida diffusione di auto ibride (ricordiamo Toyota, che ha aperto la strada) ed elettriche (esemplare il caso Tesla), allo sviluppo del fotovoltaico, ora coadiuvato dai sistemi di accumulo, all'industria dei generatori eolici (Danimarca docet) e al boom delle batterie al litio, fino alle reti elettriche in-

telligenti, ai nuovi sensori ambientali ed al modello delle smart cities, che lentamente ma inesorabilmente trova applicazione nelle più avanzate capitali europee.

La rivoluzione elettrica

Il cambiamento, per poter avvenire in grande scala, deve coinvolgere le infrastrutture, che rappresentano i pilastri sui quali le società sono costruite. Le infrastrutture tradizionali andranno affiancate alle (e gradualmente sostituite dalle) nuove infrastrutture per elettromobilità, reti intelligenti, accumulo e produzione di energia a basso impatto emissivo, oltre naturalmente alle reti tecnologiche di comunicazione.

Saranno infatti le nuove infrastrutture a plasmare il nostro nuovo modo, necessariamente più rispettoso ed accorto, e certamente più "intelligente", di interagire con l'ambiente. Colonnine di ricarica, reti intelligenti di distribuzione, accumulatori di energia, uniti ad un modello distribuito di generazione di energia da fonte rinnovabile, dovranno essere la dorsale di un nuovo sistema di gestione dell'energia, con l'energia elettrica sostitutiva dei combustibili fossili come vettore energetico.

La rapidissima evoluzione nel settore dell'*information technology* è stata la spinta principale che ha consentito al digitale di trasformare il modo in cui scambiamo e gestiamo le informazioni, modificando profondamente il modo in cui operano la società e le imprese. Ora è il momento di cambiare il modo in cui scambiamo e gestiamo l'energia.

Tra digitale e tecnologie "green" vi sono alcune analogie molto interessanti che possono essere riassunte in queste semplici corrispondenze:

L'aspetto di interesse sta nel fatto che le tecnologie per la mobilità elettrica e quel-

le per la generazione di energia da fonte rinnovabile sembrano riprodurre, seppure in modi e con ritmi diversi, la straordinaria capacità di miglioramento di efficienza e di riduzione di costi unitari che caratterizza il digitale.

La "legge di Moore", dal nome del presidente di Intel che 50 anni fa la descrisse, a tutt'oggi confermata, consente ai computer di avere *cpu* con il doppio di componenti nello stesso spazio ed allo stesso costo ogni due anni, e rappresenta la "forza dirompente" che ci ha consentito di disporre di sempre maggiore potenza di calcolo in spazi sempre più ridotti. Simili leggi dall'andamento esponenziale descrivono il continuo incremento dello spazio di memoria per lo *storage* e l'aumento sistematico della velocità delle reti informatiche: questi fenomeni insieme, combinati, hanno consentito la diffusione di apparati digitali sempre più piccoli, potenti e versatili e la diffusione di servizi di *cloud computing* sempre più comodi e convenienti, di cui ormai non possiamo più fare a meno.

Sono diversi anni che gli esperti dibattono l'emergenza di un simile modello nelle tecnologie *green*, segnaliamo in particolare un articolo su "Scientific American" di Ramez Naam 2011: "*Smaller, cheaper, faster: does Moore's law apply to solar cells?*". Nel caso delle celle fotovoltaiche, a differenza del digitale, le dimensioni non contano: sono le prestazioni a migliorare e i costi a diminuire, tanto che iniziano a divenire direttamente competitivi con l'energia da fonti fossili. Ai valori attuali, i costi si dimezzano in circa dieci anni, con un coefficiente più basso della legge di Moore, ma sempre seguendo una legge di sviluppo esponenziale. In termini concreti, si tratta di una diminuzione di prezzo a pari prestazioni del 10% l'anno.

Non solo: è la stessa capacità installata a crescere con un trend esponenziale, ed è interessante notare che il nostro Paese, grazie al conto energia di qualche anno fa, è balzata ai primissimi livelli mondiali per watt/pro capite installati di fotovoltaico, con oltre 300 watt/pro capite, secondo solo alla Germania; la crescita adesso si è purtroppo molto rallentata, a causa della riduzione degli incentivi, mentre altri Paesi stanno invece accrescendo la capacità installata.

Anche le batterie stanno dimostrando un percorso di incremento dell'efficienza di accumulo energetico molto rapido. Come evidenziato dagli ingegneri della Tesla, che ne fanno uso per il "serbatoio energetico" delle auto elettriche, la densità di energia nelle batterie sta crescendo di una percentuale tra il 5% e l'8% all'anno; Tesla ha da poco lanciato un prodotto specifico, il Powerwall, in grado di accumulare 6,4 kWh di energia elettrica, muovendosi su un mercato completamente nuovo. L'aumento dei volumi dovuto alla diffusione delle auto elettriche ha comportato una notevole riduzione dei costi per kWh delle batterie al litio, che si è praticamente dimezzato dal 2014 ad oggi (cfr. Figura 7). Il prezzo è ora divenuto competitivo a tal punto da rendere più convenienti i sistemi di accumulo energetico a batteria rispetto ai tradizionali generatori a gas per soddisfare indisponibilità temporanee di energia elettrica o picchi di consumo¹⁸. Con il vantaggio non trascurabile di assorbire l'energia elettrica in surplus (a basso costo) e di ridurre il volume complessivo

¹⁸ Cfr. "Tesla's battery revolution just reached critical mass: three new plants in California show how lithium-ion storage is ready to power the grid", di T. Randall, 30/1/2017, Bloomberg, <https://www.bloomberg.com/news/articles/2017-01-30/tesla-s-battery-revolution-just-reached-critical-mass>.

	Reti ICT	Smart grid & elettromobilità
dimensione n.1	computing / potenza di calcolo	generazione di energia rinnovabile
dimensione n.2	storage / memoria	accumulo energetico
dimensione n.3	reti di comunicazione in banda larga (fibra, adsl)	reti di distribuzione intelligenti, colonnine di ricarica "fast"
dimensione n.4	PC, TV, smartphone, tablet	elettrodomestici, macchinari, auto elettriche e plug-in

delle emissioni (e dei costi).

Il dieselgate, scoppiato in settembre 2015 a seguito di una violazione da parte di diversi costruttori tedeschi delle norme sulle emissioni negli Stati Uniti, rappresenta forse il momento in cui a livello di informazione di massa ci si accorge che le motorizzazioni tradizionali hanno raggiunto un limite. Un limite ingegneristico – che è il motivo per cui i costruttori hanno "barato" con i software di gestione della centralina per ridurre le emissioni solo durante le misurazioni in laboratorio – ma anche un limite di sostenibilità complessiva: il pianeta e diverse aree locali (tra cui la nostra) non sono più in grado di assorbire gli elevatissimi volumi di inquinanti emessi ogni giorno dalle automobili. Il sostegno europeo della motorizzazione diesel, che era la strategia europea di matrice tedesca per ridurre le emissioni della mobilità privata, si è dimostrata non solo una strategia inefficace, ma anche peggiorativa, barattando sul piano emissivo uno scarso 20% di CO₂ in meno in cambio di ordini di grandezza superiori in termini di polveri sottili ed ossidi di azoto, con effetti particolarmente gravi in territori "chiusi" come il Nord Italia.

La transizione alle motorizzazioni elettriche, che sembrava molto più in là nel tempo, si sta ormai rapidamente avvicinando. Due i fattori che hanno fatto mutare velocemente l'opinione di cittadini e governanti: il già citato dieselgate, da un lato, e lo straordinario successo della Tesla, dall'altro.

Approfondiamo: ai primi di aprile 2016, in una sola settimana, Tesla ha raccolto oltre trecentomila preordini per l'acquisto della sua "Model 3" solo elettrica, corrispondenti ad un volume di oltre 14 miliardi di dollari. È opportuno inoltre notare che la liquidità raccolta in sole ventiquattro ore con i preordini (era necessario un versamento di mille dollari per ogni prenotazione) ha superato la liquidità raccolta con la quotazione in borsa nel 2010. La Tesla Model 3 ha un'autonomia dichiarata di 345 km ed un prezzo molto competitivo di 35mila dollari. La ricarica fa leva sulle colonnine supercharger (che l'azienda sta rapidamente diffondendo, anche nel nostro Paese) che fanno un pieno in 40

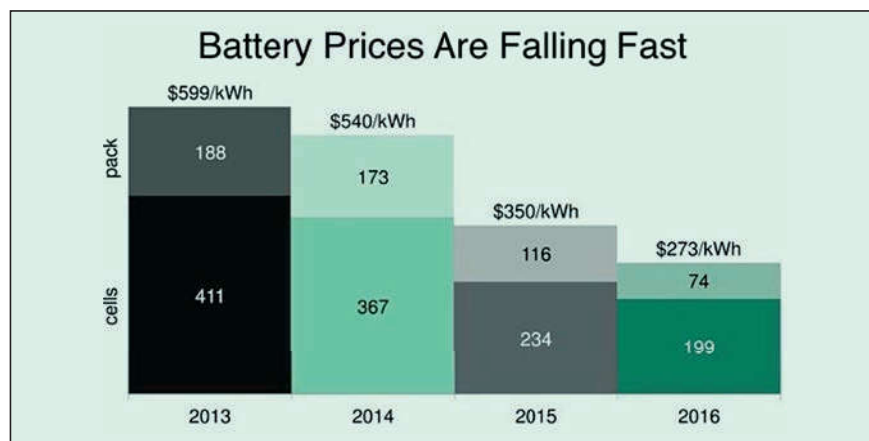


Figura 7 – Il prezzo delle batterie sta rapidamente scendendo. Fonte: Bloomberg New Energy Finance.

minuti. Tesla ha dimostrato come ridurre i costi delle batterie, rivolgendosi ai produttori di batterie da portatili e combinando insieme tante piccole batterie. Un'ulteriore riduzione del 30% dei costi sulle batterie è prevista con la messa in produzione della Gigafactory.

Come reazione al dieselgate, il governo tedesco nel 2016 ha velocemente sterzato con un forte piano di incentivi a sostegno delle motorizzazioni ibride ed elettriche. Con tali misure, per complessivi 1,2 miliardi di euro, che prevedono 4.000 euro di incentivo per le elettriche e 3.000 euro per le ibride plug-in, il governo mira ad aumentare il numero delle auto elettriche in circolazione a mezzo milione.

Nonostante alcune voci insistenti fossero circolate, non è mai stato licenziato un piano di incentivazione della mobilità elettrica comparabile per entità a quello tedesco da parte del nostro governo. Anzi: come riporta A. Fontanarosa in un articolo su Repubblica del 2/1/2017, "Auto elettrica, fallimento italiano. La Corte dei conti: su 50 milioni disponibili, spesi solo 6286 euro", una burocrazia lenta e farraginoso ad oltre sette anni dalla direttiva europea che lo imponeva già nel 2009 e ad oltre quattro anni dal suo recepimento nel 2012 con la legge 134, non è riuscita a finanziare neppure una delle colonnine pubbliche di ricarica previste – senza le quali le auto elettriche non potranno mai diffondersi. Il risultato: a) in Italia sono operativi 1.700 punti di ricarica, di cui nessuno pubblico; b) i punti di ricarica pubblici previsti nel-

le autostrade, nei porti e negli aeroporti non sono stati realizzati, di fatto disincentivando i potenziali acquirenti di auto elettriche, che devono confrontarsi con una rete incompleta ed insufficiente, in particolare sulle lunghe distanze.

Considerazioni conclusive

Le tematiche affrontate evidenziano diverse criticità, ma anche significative opportunità. Queste possono essere proficuamente colte dalle imprese italiane, stanti le notevoli disponibilità di capacità manifatturiere, di competenze tecniche e scientifiche.

La sfida per il nostro Paese, attraverso le sue imprese, è quella di ritornare ad essere soggetto attivo in una transizione che dovrà rinnovare profondamente tutte le infrastrutture in chiave di maggiore efficienza e sostenibilità, e trasformare tutti i sistemi a queste collegati (case, fabbriche, mezzi, apparati produttivi), con tutti i benefici che ne potranno conseguire.

Si tratta di un percorso tutto da progettare e da realizzare, mettendo a frutto le competenze e capacità tecniche disponibili, generando benessere e qualità della vita, verso un modello più armonico con i delicati equilibri del nostro territorio e quindi del pianeta.



ANTONIO CANDIELLO, PhD in fisica teorica, è consulente e formatore per i processi di innovazione in informatica, tecnologia, sistemi di gestione, qualità e ambiente presso imprese e pubbliche amministrazioni. Insegna economia e organizzazione aziendale all'Istituto Universitario Salesiano Venezia.