

## Sostenibilità energetica: un aiuto dalla matematica

Stefano Pisani

*L'uomo affronta continuamente il problema di come bilanciare i propri bisogni nei confronti delle risorse mondiali, cercando di operare nei vincoli imposti dalle leggi di natura. La matematica ci aiuta a capire meglio questo tipo di problemi complessi ed è usata da matematici e utenti vari in un gran numero di diverse applicazioni per trovare soluzioni creative per un modo di vita sostenibile. La società e gli individui dovranno fare scelte difficili; la matematica ci fornisce gli strumenti per prendere decisioni consapevoli*

Sviluppo sostenibile, economia sostenibile, edilizia sostenibile, mobilità sostenibile, città sostenibile, ecc. Il capitolo della sostenibilità ambientale è diventato sempre più ampio man mano che ha acquistato definizione il grande romanzo della fragilità del nostro pianeta. Stiamo scoprendo, in relativamente pochi anni, a nostre spese quanto per causa nostra, un ambiente improvvisamente vulnerabile. Se dio è morto, è caduto anche l'Eden immutabile in cui presumevamo di vivere: il nostro ecosistema ha perduto la sua onnipotenza e, anzi, ora ha bisogno del nostro aiuto per continuare a sussistere così come lo conosciamo.

L'oggettività è spesso quella che mette in un angolo e fa prendere le decisioni. L'oggettività dell'assottigliamento dell'ozono stratosferico del 5% fra il 1979 e il 1990, che è stato uno dei primi e più mediaticamente sentiti allarmi ambientali globali, o quella "predittiva" del Rapporto sui limiti dello sviluppo del 1972 commissionato al MIT dal Club di Roma. In entrambi i casi, e in molti altri, risultiamo debitori all'oggettività degli strumenti della matematica, che ha concorso, indirettamente, alla formazione di una coscienza ambientale diffusa. Ha concorso e concorre tuttora. Non è un caso, quindi, che l'*American Mathematical Society*, la più influente associazione di matematici del mondo, abbia deciso di dedicare il *Mathematics Awareness Month* del 2013 al tema della sostenibilità. Il "Mese della consapevolezza matematica" è, storicamente, aprile. Dal 1986, il *Joint Policy Board for Mathematics* (JPBM), composto dall'*American Mathematical Society*, l'*American Statistical Association*, la *Mathematical Association of America* e la *Society for Industrial and Applied Mathematics*, consacra que-

sto mese primaverile a un tema, organizza attività e raccoglie saggi e contributi di genere vario allo scopo di far scoprire e apprezzare la matematica al grande pubblico. Quest'anno, appunto, al centro dell'iniziativa è stato il tema della sostenibilità. L'umanità – o almeno quella meglio intenzionata – è alla perenne ricerca di un equilibrio fra i suoi bisogni e la disponibilità delle risorse mondiali. È una bilancia delicata, con vincoli imposti dalle leggi di natura, di cui la matematica può essere il perno centrale, aiutando a capire meglio problemi complessi e escogitando diverse applicazioni e soluzioni creative per una *way of life* sostenibile. Se la società e gli individui sono chiamati a fare scelte difficili, la matematica fornisce gli strumenti per prendere decisioni consapevoli.

### SOSTENIBILITÀ ENERGETICA

«L'energia è il filo rosso che collega la crescita economica, l'equità sociale, e un clima e un ambiente che permettano al mondo di prosperare». Le parole di Ban Ki-moon, segretario generale delle Nazioni Unite, pronunciate durante l'evento *Delivering Sustainable Energy for All: Opportunities at Rio+20* che si è tenuto a Washington lo scorso anno, aprivano la strada all'iniziativa "Energia sostenibile per tutti" (*Sustainable Energy for all, SE4All*) che aveva essenzialmente tre obiettivi, complementari e da realizzare prima del 2030, anno in cui, secondo stime dell'Agenzia Internazionale dell'Energia, si prevede che saranno un miliardo le persone che non avranno accesso all'energia. Questi obiettivi sono: raddoppiare il ritmo di sviluppo dell'efficienza energetica, assicurare l'accesso a moderni servizi di approvvigionamento



energetico per tutti, raddoppiare la quota di energia rinnovabile nella produzione energetica globale.

L'applicazione della matematica, nella sfida al problema dell'energia mondiale, può risultare basilare per assicurare l'avvento di un futuro sostenibile. Un problema che può essere declinato secondo due direttive principali. In prima battuta, deve tener conto del fatto che le risorse naturali che vengono sfruttate sono, ovviamente limitate. Una considerazione a cui bisogna far seguire, inevitabilmente, il passaggio dal paradigma dello sfruttamento (miope e indiscriminato) a quello dell'impiego razionale che eviti un consumo intensivo di altra energia e soprattutto lo spreco energetico, pratiche che finiscono per avere un effetto molto dannoso per l'ecosistema, già oggi estremamente provato dai cambiamenti climatici, dal consumo dell'ozono, dalla eco-tossicità, dall'acidificazione degli oceani, ecc. La

**Secondo una stima dell'Agencia Internazionale dell'Energia, nel 2030, 1 miliardo di persone non avranno accesso all'energia**

matematica, in questo contesto, si concentra soprattutto su alcune linee d'intervento, come il controllo delle fonti e del trasporto delle energie sostenibili, dell'aumento dell'efficienza energetica, della riduzione dell'impatto ambientale e del miglioramento dell'accettabilità socio-economica di questo tipo di sviluppo.

#### **I MODELLI MATEMATICI E L'INIZIATIVA SE4ALL: LE ANALISI DECISIONALI MULTI-CRITERIO**

Diventa essenziale, a questo punto, pianificare nuovi sistemi di energia sostenibile. Un tipo di lavoro che presenta notevoli difficoltà di tipo tecnico che possono essere ben affrontate proprio dalla matematica. Stando a quanto emerge proprio da uno dei saggi pubblicati in occasione del *Mathematics Awareness Month* da parte della *United Nations Industrial Development Organization*, una delle branche più note della matematica, l'Analisi, rappresenta un valido strumento per accertare entità e caratteristiche essenziali di queste problematiche. In più, l'Analisi matematica consente di avere una

visione del problema aperta alla multidimensionalità, alle interconnessioni e ai vari meccanismi di feed-back che sussistono fra i diversi sistemi energetici, in modo da ridurre al minimo i rischi e arrivare a un approccio di sistema razionale. Le analisi decisionali multi-



**Di fronte a problemi complessi, la matematica fornisce utili a prendere decisioni consapevoli**

criterio (*MCD*), in particolare, risultano sempre più spesso utilizzate, a fronte della complessità dei sistemi socio-economici e biofisici coinvolti e della multidimensionalità degli obiettivi sostenibili. Uno degli aspetti più importanti e utili dei modelli matematici è senza dubbio la capacità che questi hanno di imbastire diversi scenari che aiutino a comprendere meglio una realtà estremamente complessa. Questi modelli riescono infatti a restituire un output che descriva come diversi percorsi portano a diversi risultati (fornendo al tempo stesso spiegazioni affidabili e evidenze empiriche) a partire da input che, la maggior parte delle volte, riflettono innumerevoli orientamenti e preferenze sociali e politiche spesso in contrasto fra loro. Proprio perché i modelli recepiscono molteplici prospettive vengono sovente usati per giungere a “larghe intese”, per usare un’espressione molto di moda in questo periodo, a quella comprensione condivisa di sviluppi, opzioni e azioni possibili necessaria per prendere decisioni politiche che si fondino su solide basi. Nella recente Valutazione Energetica Globale condotta sotto la direzione dell’*International Institute for Applied Analysis*, per esempio, oltre cinquecento scienziati di tutto il mondo hanno lavorato insieme per studiare gli scenari possibili legati alle future trasformazioni del sistema energetico globale, e in particolare per stabilire la plausibilità economica e tecnologica di una serie di scelte volte a raggiungere alcuni obiettivi sostenibili (fra cui anche quelli di SE4All). In quel caso, i modelli hanno svelato anche la loro funzione “persuasiva” dell’opinione pubblica, in relazione a decisioni politiche basate su prove oggettive.

## **I MODELLI E LE ENERGIE RINNOVABILI: LA FLUIDODINAMICA E I METODI IBRIDI**

La matematica deve però sapersi confrontare con alcune ‘complicazioni’ quando procede alla formulazione dei suoi scenari energetici possibili. Una di esse è la variabilità intrinseca di quelle energie rinnovabili, come l’eolico o il solare, che sono legate alle condizioni climatiche. Negli ultimi anni, tuttavia, la potenza dei mezzi di calcolo impiegati in matematica è aumentata in maniera esponenziale e ha consentito di gestire questo tipo di problematica in modo da fornire una pianificazione e una programmazione accettabile. Attualmente, gli scienziati riescono ad esempio a realizzare simulazioni accurate dei movimenti del Sole e la teoria della fluidodinamica e le equazioni di Navier-Stokes consentono di arrivare a formulare predizioni affidabili del comportamento dei venti, delle maree e delle onde. Naturalmente, la stima attuale e predittiva delle risorse rappresentano elementi indispensabili nel caso delle energie rinnovabili. Avere informazioni sull’attività eolica è logicamente un fattore cruciale se si vogliono sviluppare tecnologie che sfruttino al meglio l’energia rinnovabile eolica: in questa direzione sono stati elaborati strumenti per la predizione numerica del tempo, oltre a metodi statistici avanzati e altri basati su reti neurali e ibridi.

Le pale delle moderne turbine eoliche sono progettate con l’aiuto della matematica, che concorre anche a ottimizzare la loro posizione oltre a essere impiegata per gli impianti fotovoltaici o a energia solare concentrata. I modelli matematici sono poi essenziali, praticamente indispensabili, anche nella progettazione dei sistemi geotermici migliorati.

## **MODELLI MATEMATICI E SISTEMA ENERGETICO – LE ANALISI DI SENSITIVITÀ**

L’attività umana influenza oggi i sistemi ecologici in modo incisivo e la matematica permette, come abbiamo visto, di allargare lo sguardo al futuro fornendo simulazioni delle conseguenze più o meno

prossime dell'impronta antropogenetica sul nostro pianeta, che tengano conto delle interazioni fra i vari sistemi coinvolti. In particolare, nei confronti dell'energia, i modelli dell'analisi di sensitività hanno già fornito una risposta su quale sia la strada principale da intraprendere per dirigersi verso un futuro più sostenibile: migliorare l'efficienza dell'intero sistema energetico.

Ciò significa prendere in considerazione, per ogni prodotto o processo, l'intero ciclo di vita, dal reperimento delle risorse materiali e dell'energia all'impiego del prodotto, al suo smaltimento. Per fare questo tipo di analisi, esistono gli strumenti matematici della *Stima del Ciclo di Vita (LCA)*, che permettono di misurare i problemi ambientali e esaminarli alla luce delle diverse fasi del ciclo che li determinano. In questo modo è possibile capire meglio quali sono gli impatti delle varie tecnologie coinvolte nei diversi tipi di energia, arrivando anche a una visione più chiara del ruolo dei materiali impiegati e dei prodotti di scarto. Un'analisi di tipo LCA può essere messa in campo per stimare l'efficienza di diverse alternative energetiche determinando, ad esempio, il bilancio energetico netto e la *carbon footprint* che comporta la conversione delle automobili dalla benzina a una miscela di derivati del petrolio e bioetanolo da mais.

## I LIMITI

Naturalmente, nonostante i progressi compiuti dalle analisi di scenario, l'applicazione della matematica ai problemi connessi allo sviluppo sostenibile incontra comunque dei limiti. In primo luogo a causa della difficoltà della materia: la natura costituisce un sistema fisico enorme e complesso, che è perfino "peggiorato" dalle azioni (e re-azioni) degli esseri umani. In secondo luogo, i modelli matematici si muovono per semplificazioni e "stilizzazioni", perché hanno necessità di astrarre e standardizzare.

Questo, inevitabilmente, comporta che le loro ipotesi non potranno mai essere completamente dimostrate come vere in modo definitivo, per quanto siano ben costruite: non si potrà mai escludere definitivamente

che nuovi studi, osservazioni, prove potrebbero arrivare a contestare la veridicità del modello. I modelli statistici, per esempio, riescono a produrre prove per supportare una teoria, ma non certo dimostrazioni assolute. Da questo suo carattere di "falsificabilità"



**I modelli matematici non potranno mai predire verità assolute e non hanno la forza, di indurre decisioni politiche**

deriva probabilmente l'ultimo limite: i modelli statistici o matematici non hanno la forza per indurre direttamente delle decisioni politiche, nemmeno se le ipotesi matematiche fossero sempre verificate. Le indicazioni formulate dai modelli si devono confrontare, purtroppo o fortunatamente, sempre con l'interpretazione umana e i giudizi politici, prima di tradursi in scelte concrete. In questo modo si introduce un elemento soggettivo che delinea un limite ma che, al contempo, deve servire da stimolo per far comprendere a scienziati e decisori politici che è necessario uno spirito di collaborazione per progettare e interpretare i modelli, se si vuole davvero arrivare a un futuro di energia sostenibile che abbia un minimo impatto sul clima.

