

**LO SVILUPPO DELLE
ENERGIE ALTERNATIVE:
IL CASO PUGLIA**

**a cura di
Lucia Maddalena**

FrancoAngeli

I lettori che desiderano informarsi sui libri e le riviste da noi pubblicati possono consultare il nostro sito Internet: www.francoangeli.it e iscriversi nella home page al servizio “Informatemi” per ricevere via e.mail le segnalazioni delle novità o scrivere, inviando il loro indirizzo, a “FrancoAngeli, viale Monza 106, 20127 Milano”.

LO SVILUPPO DELLE ENERGIE ALTERNATIVE: IL CASO PUGLIA

**a cura di
Lucia Maddalena**

FrancoAngeli

Pubblicazione realizzata con il finanziamento della Fondazione
Cassa di Risparmio di Puglia.
La presente pubblicazione è stata sottoposta a referaggio.

Copyright © 2012 by FrancoAngeli s.r.l., Milano, Italy

L'opera, comprese tutte le sue parti, è tutelata dalla legge sul diritto d'autore. L'Utente nel momento in cui effettua il download dell'opera accetta tutte le condizioni della licenza d'uso dell'opera previste e comunicate sul sito www.francoangeli.it.

INDICE

Introduzione

di *Lucia Maddalena* pag. 9

1. Politiche energetiche: scenari globali e locali

di *Pasquale Paziienza e Vincenzo Vecchione* » 13

1. Premessa » 13

2. Politiche energetiche e stabilità e crescita del sistema socioeconomico » 15

3. Tendenze dello sviluppo e dinamiche dei consumi di energia a livello globale » 24

4. Politiche energetiche dell'Unione Europea » 36

5. La politica energetica italiana: le scelte della Puglia » 48

6. Conclusioni: alcune indicazioni di *policy* » 58

Bibliografia » 60

2. Fonti rinnovabili: quadro normativo e caratteristiche salienti

di *Barbara Angelillis* » 66

1. Fonti rinnovabili: aspetti normativi e organizzativi » 66

2. Il sistema di incentivazione delle fonti di energia rinnovabile » 69

3. Il parco eolico in Puglia » 76

4. Il parco fotovoltaico in Puglia » 80

5. Il parco delle biomasse in Puglia » 87

Bibliografia » 92

3. Le prospettive di crescita delle energie rinnovabili: un'analisi statistica	
di <i>Alessia Spada</i>	pag. 93
1. Un'indagine statistica sulle prospettive di crescita delle energie rinnovabili	» 93
2. Materiali e metodi	» 93
3. Risultati	» 95
4. Conclusioni	» 101
Allegato. Questionario sulle prospettive di crescita delle Fonti Rinnovabili rispetto alle diverse implicazioni eco- nomiche finanziarie e ambientali	» 102
Bibliografia	» 105
4. Le previsioni sugli scenari futuri delle fonti rinno- vabili	
di <i>Laura Antonucci, Barbara Cafarelli e Corrado Crocetta</i>	» 106
1. Le prospettive delle fonti energetiche rinnovabili	» 106
2. Metodi partecipati per l'analisi di sistemi complessi	» 107
3. Il metodo Delphi e le sue varianti	» 108
4. Le fasi dell'analisi delle prospettive di sviluppo delle energie rinnovabili in Puglia	» 110
5. I punti di forza	» 112
6. Punti di debolezza	» 114
7. Le opportunità	» 116
8. Minacce	» 117
9. Le aspettative relative alla capacità produttiva	» 119
10. Le aspettative relative alla crescita occupazionale	» 122
11. Le aspettative relative al contributo delle fonti rinno- vabili rispetto al fabbisogno energetico totale	» 124
12. Le aspettative relative al valore dei "certificati verdi"	» 125
13. Le aspettative relative all'incremento di rendimento degli impianti grazie all'innovazione	» 128
Bibliografia	» 130

5. La diffusione di tecnologie per la produzione di energia da fonte rinnovabile in Puglia: modelli a confronto	pag. 131
di <i>Viviana Fanelli, Lucia Maddalena e Silvana Musti</i>	
1. Introduzione	» 131
2. Il modello di Bass e lo studio della diffusione delle RET in Puglia	» 132
3. La diffusione della tecnologia eolica in Puglia: modelli a confronto	» 135
4. Conclusioni	» 140
Bibliografia	» 141
6. Implementazione di un modello di equilibrio per la determinazione del prezzo forward dell'energia elettrica	» 142
di <i>Viviana Fanelli, Lucia Maddalena e Silvana Musti</i>	
1. Introduzione	» 142
2. Il modello di equilibrio	» 145
3. Implementazione numerica	» 147
4. Conclusioni	» 153
Bibliografia	» 153
7. Potenzialità e prospettive della produzione di biofuels	» 155
di <i>Caterina Tricase</i>	
1. Introduzione	» 155
2. Definizione di biomassa	» 155
3. Disponibilità e potenzialità biomassa	» 156
4. Classificazione biofuels	» 158
5. Tecnologie di produzione e stato dell'arte	» 159
6. Potenzialità e prospettive	» 163
7. Conclusioni	» 166
Bibliografia	» 167
8. La produzione di bioenergia da microalghe: aspetti tecnici, economici ed energetici	» 168
di <i>Roberto Rana</i>	
1. Introduzione	» 168

2. Caratteristiche e impieghi delle microalghe	pag. 169
3. Le tipologie di impianti di coltivazione delle microalghe	» 171
4. Estrazione dell'olio e produzione di biodiesel da microalghe	» 173
5. Aspetti economici ed energetici	» 174
6. Conclusioni	» 177
Bibliografia	» 178
9. Valutazione della disponibilità di effluenti zootecnici per fini energetici: una metodologia d'analisi	
di <i>Mariarosaria Lombardi</i>	» 181
1. Introduzione	» 181
2. Metodologia d'analisi	» 184
3. Conclusioni	» 186
Bibliografia	» 186
Gli autori	» 187

INTRODUZIONE

di *Lucia Maddalena*

I lavori di questo volume sono stati presentati nell'ambito di due workshop: *Lo sviluppo del mercato energetico in Puglia: energie rinnovabili e implicazioni economico-finanziarie I e II* tenuti il 3 febbraio e l'8 luglio 2011. Attività svolta nell'ambito di un omonimo progetto di ricerca sostenuto dal Dipartimento di Scienze Economiche, Matematiche e Statistiche dell'Università di Foggia e dalla Fondazione Cassa di Risparmio di Puglia. In qualità di Direttore del Dipartimento e di Coordinatore del Progetto ringrazio, sia la Fondazione sia quanti con entusiasmo hanno accettato di portare il personale contribuito alla discussione di un tema così complesso negli incontri realizzati. L'energia ha sempre avuto un ruolo fondamentale in tutte le nostre attività, le grandi trasformazioni della civiltà sono state accompagnate da nuovi modi di produrre e consumare energia. Si pensi alla scoperta del fuoco, all'utilizzo degli animali per il trasporto e l'agricoltura, all'utilizzo del vento per la navigazione e per i mulini. La rivoluzione industriale del XIX secolo si è basata sull'uso dell'energia idraulica e del carbone e quindi i Paesi con grande disponibilità come Inghilterra e Germania hanno goduto di uno sviluppo preferenziale. La ripresa economica dopo la II guerra mondiale è stata fortemente condizionata dalla disponibilità di petrolio che fino alla prima crisi petrolifera del 1973 è stato a basso costo. Oggi la domanda di energia è in crescita e i costi anche ambientali dell'uso di energia da fossili sono in aumento. La crescita dei consumi è e sarà molto influenzata dai Paesi in via di sviluppo. Pur auspicando per questi ultimi che elaborino modelli più efficienti e meno dissipatori di risorse dei Paesi industrializzati, si prevede che in tempi brevi la domanda di energia eguaglierà quella degli attuali Paesi industrializzati in conseguenza della crescita demografica e dell'aumento dei consumi individuali legati allo sviluppo economico. Inoltre le emissioni di anidride carbonica e più generalmente le emissioni di gas serra sono alla base del grave problema del riscaldamento globale e dei forti cambiamenti climatici nel mondo, ai danni

ambientali procurati dall'uso di combustibili fossili si aggiungono i problemi che emergono per l'esaurimento delle fonti e per l'impatto dell'inflazione sulla crescita economica.

L'indice dei prezzi al consumo di energia è cresciuto rapidamente in questi anni e questo ha gravemente colpito la crescita macroeconomica creando inflazione e disoccupazione. La promozione delle energie rinnovabili è diventata una delle strategie importanti, introdotte al fine di attenuare le emissioni di anidride carbonica, di ridurre la quota dei consumi di combustibili fossili e quindi di ridurre le emissioni antropiche di gas serra. L'Italia non avendo fonti primarie come carbone e petrolio, ha una fattura energetica di circa il 3% del PIL, dipende energeticamente per circa l'85% e circa il 92% è coperto da importazioni di petrolio, si trova quindi in una situazione particolarmente critica. Il lavoro di ricerca parte da una ricognizione del sistema energetico in Puglia e più in generale in Italia con l'obiettivo ambizioso di dare un contributo che possa evidenziare e individuare criteri per uno sviluppo sostenibile delle fonti rinnovabili nel territorio regionale e non solo. Il cambiamento avvenuto in questi ultimi anni con l'inserimento di circa 200mila impianti di piccola e grande taglia solo in Italia sembra la realizzazione del sogno di Hermann Scheer, padre della legislazione tedesca sul tema delle fonti rinnovabili e promotore a livello internazionale di un nuovo sistema energetico innovativo e democratico. La Puglia, tra le prime regioni italiane, è stata in grado di raccogliere la sfida dell'energia pulita che oggi assume grande rilevanza alla luce degli obiettivi del 2020 imposti dai cambiamenti climatici e dalla possibile progressiva scarsità delle risorse fossili che si riflettono sugli aumenti dei prezzi sperimentati negli ultimi anni. L'opera di ricognizione è di fondamentale importanza per definire strategie di sviluppo future e questa ricognizione mostra la crescita esponenziale che si è avuta negli ultimi anni sia della produzione eolica come pure da celle fotovoltaiche. La raccolta di informazioni dettagliate sulla presenza di fonti di energia alternative a quelle tradizionali in Puglia e in Italia è stata condotta essenzialmente nel lavoro di Antonucci, Cafarelli e Crocetta e in quello di Spada che prende in esame la presenza di fonti per la produzione di energia eolica o solare per comprendere quali le principali opportunità ma anche le minacce alle prospettive future di crescita delle energie rinnovabili in Puglia. È stata condotta un'indagine statistica intervistando un campione di testimoni privilegiati, ovvero esperti delle energie rinnovabili operanti in regione e l'indagine ha pertanto messo in luce che esiste una visione positiva sulle prospettive di crescita ma che occorre comunque un lavoro comune a livello istituzionale e imprenditoriale per accentuarne i punti di forza e le opportunità e per minimizzare le

debolezze e minacce. Utilizzando una serie di fonti statistiche e di documenti di indirizzo normativo, sono state analizzate le politiche energetiche adottate ai vari livelli (globale, europeo, nazionale e locale) da Pazienza e Vecchione. Tale esame è stato svolto tenendo in considerazione una serie di fattori sia di carattere socioeconomico e politico sia di carattere ambientale. Infatti, soprattutto nell'ultimo decennio, nell'impostazione e valutazione delle politiche energetiche si verifica una notevole propensione a dare forte risalto ai loro possibili effetti sull'ecosistema, tralasciando di considerare il fondamentale ruolo che l'uso dell'energia ha sulla durata e qualità della vita, sul tasso di sviluppo umano e culturale, sui processi di crescita economica e sulla conseguente possibilità di creare nuova occupazione o, più in generale, sugli equilibri politici e sociali. In particolare, la loro efficacia è misurata prevalentemente dalla loro capacità di ridurre le emissioni nocive nell'atmosfera (soprattutto di CO₂), mentre non sono stimati anche altri impatti egualmente dannosi e spesso irreversibili sugli equilibri ambientali e socioeconomici. Pertanto, al fine di valutare meglio i possibili effetti delle scelte effettuate in campo energetico dall'Unione Europea e, quindi, dall'Italia, si è proceduto preliminarmente a delineare un articolato quadro di riferimento teorico ed empirico. In questa cornice sono focalizzate le problematiche riguardanti il ruolo delle politiche energetiche nei processi di sviluppo e sulla stabilità socioeconomica, nonché le tendenze e dinamiche relative ai consumi e all'approvvigionamento di fonti energetiche a livello globale e si danno quindi alcune indicazioni di *policy*. La liberalizzazione del mercato dell'energia ha indotto poi ad affrontare i problemi legati a un mercato non più monopolistico ma competitivo. I prezzi scaturiscono dal tradizionale incontro domanda-offerta, l'offerta in questo caso è completamente inelastica a cambiamenti di prezzo e i prezzi risultano molto volatili. Lo studio delle evoluzioni dei prezzi ha portato a costruire modelli matematici in grado di rispecchiare le principali caratteristiche del comportamento dei prezzi. È stato quindi proposto da Fanelli, Maddalena e Musti un modello di *pricing* che contiene elementi innovativi piuttosto interessanti. L'implementazione di un modello di equilibrio per il mercato dell'energia elettrica, utilizzando come input il percorso dei prezzi *spot* ottenuto con volatilità in ambito di regime *switching* coglie la stagionalità nella variazione dei prezzi che, grazie a tecniche di previsione sulla domanda di energia elettrica, rende possibile lo studio della dinamica dei prezzi *forward* dell'energia stessa in relazione alla domanda. È fornito quindi un ausilio alla programmazione produttiva del settore dell'energia elettrica e quindi un valido strumento per supportare il *risk management* nel campo dell'energia elettrica. Per studiare la diffusione di RET (*renewable energy*

technologies), in particolare la diffusione di fonti di energia eoliche e fotovoltaiche sono stati proposti e studiati diversi modelli *time-dependent* da Fanelli, Maddalena e Musti per individuare quello che meglio descrive il processo di diffusione, rappresentando la diffusione di energia in Italia in termini di potenza installata. Infine l'impiego di biomasse per la produzione di energia è stato affrontato nei lavori di Lombardi, Rana e Tricase evidenziando i punti di forza e di debolezza. Lo studio multidisciplinare può fornire una chiave di lettura sistematica dei vari aspetti legati al tema generale dell'energia e soprattutto dell'energia da fonti rinnovabili e suggerisce che una riflessione su come utilizzare il territorio è più che necessaria. Una pianificazione delle installazioni di impianti va fatta tenendo conto delle caratteristiche del territorio e del giusto bilanciamento tra potenziale energetico e capacità di carico delle reti. Ci chiediamo se le fonti rinnovabili potranno risultare una risposta concreta ai fabbisogni energetici e un'alternativa sempre più competitiva ai combustibili fossili.

Nonostante la crescita esponenziale non possiamo non tener presente che nel 2010 le fonti rinnovabili hanno contribuito solo per il 22% dei consumi energetici: il fotovoltaico per lo 0,5%, l'eolico come le biomasse per il 2,5%, la geotermia per l'1,5% e l'idroelettrico per il 15%. *Le fonti rinnovabili potranno un giorno coprire tutti i nostri bisogni energetici?* Quel che si può affermare è che il governo tedesco e quello danese stanno preparando piani di fattibilità per il raggiungimento di questo obiettivo e che questo può sembrare visionario a chi non ha un piano energetico. È ovvio che non ci sono soluzioni semplici se consideriamo che ogni politica energetica deve tener conto che le decisioni in materia energetica hanno tempi sicuramente non brevi e che si tratta di un problema molto complesso. In Italia gli strumenti classici utilizzati finora per raggiungere specifici obiettivi: politiche tariffarie, normativa, investimenti pubblici hanno subito dei ritardi e non sono stati sempre accompagnati da un impegno forte e costante nella ricerca, nella sperimentazione di nuove tecnologie, come è noto, importiamo le tecnologie per le fonti rinnovabili dall'estero. L'energia condiziona la nostra economia, l'occupazione, lo sviluppo sociale e la vivibilità dell'ambiente, sono necessarie quindi non solo intelligenti politiche energetiche e ricerca ma occorre anche che tutti ci sentiamo impegnati a un uso razionale dell'energia. Una costante attenzione del mondo politico al problema, la ricerca di soluzioni innovative per produrre ma anche per risparmiare energia potranno essere uno stimolo allo sviluppo e all'innovazione tecnologica.

1. POLITICHE ENERGETICHE: SCENARI GLOBALI E LOCALI

di *Pasquale Pazienza e Vincenzo Vecchione**

1. Premessa

La delineaazione delle politiche energetiche presenta un notevole grado di difficoltà, dato che richiede la considerazione di molteplici aspetti e fattori non sempre compatibili e conciliabili tra loro nonché la partecipazione nell'attività di *policy making* di una pluralità di attori, portatori di visioni e interessi differenti, spesso antitetici e confliggenti. In generale, in essa possono individuarsi due principali dimensioni: la prima, quella di carattere e livello internazionale, è ricollegabile con i problemi di approvvigionamento delle principali fonti energetiche per lo più concentrate in poche delimitate aree peraltro caratterizzate da forte instabilità politica; la seconda, quella di carattere e livello interno, include tutte le scelte relative alle modalità di utilizzo dell'energia su scala nazionale e locale¹. Come pure, a livello analitico e normativo, possono affrontarsi i problemi energetici sotto molteplici e vari profili (tecnico-scientifico, economico, ambientale e politico strategico), tutti tra loro fortemente interrelati sia a causa dell'incertezza sulla reale disponibilità delle risorse naturali e dei mercati delle fonti energetiche, caratterizzati da considerevoli oscillazioni dei prezzi imputabili a fenomeni imprevedibili e non del tutto controllabili, sia a causa del consistente arco temporale all'interno del quale bisogna inserire e commisurare le scelte da effettuare, che sono condizionate dai tempi tecnici di realizzazione e di utilizzazione degli impianti quasi sempre abbastanza lunghi.

L'interazione tra tutti questi aspetti ha portato a una continua modificazione degli obiettivi e delle strategie di politica energetica in funzione della

* Pur essendo frutto di una riflessione comune, i parr. 2 e 3 sono stati particolarmente curati da Vincenzo Vecchione e i parr. 4 e 5 da Pasquale Pazienza.

¹ Sui fattori di complessità delle politiche energetiche e sui problemi di *policy making* e *governance* determinati dalla loro dimensione internazionale e interna si rimanda a Prontera (2008).

priorità e prevalenza conferite a ciascuno di essi nel corso del tempo nonché in dipendenza del verificarsi di particolari eventi o fenomeni. Tuttavia, ultimamente gli indirizzi e gli strumenti di politica energetica appaiono più il portato di specifici influssi ideologici, determinati da una pregiudiziale e spesso radicale visione ecologista o economicistica del problema di approvvigionamento e consumo di energia, piuttosto che il risultato di un'analisi strategica basata su criteri di efficienza tecnico-scientifica ed economica, nonché su molteplici e articolati parametri di sostenibilità sociale e ambientale². Infatti, nella fissazione degli obiettivi e nella redazione dei piani di politica energetica si tende a dare enfasi ad alcuni aspetti soltanto e a trascurarne altri egualmente, se non più, importanti, tralasciando di considerare il fondamentale ruolo che l'uso dell'energia ha sulla durata e qualità della vita (salute, mobilità delle persone e delle merci, comfort delle abitazioni, conservazione delle derrate alimentari, eccetera), sul tasso di sviluppo umano e culturale (sistema delle comunicazioni, diffusione delle conoscenze, istruzione, progresso scientifico tecnologico, eccetera), sui processi di crescita economica³ e sulla conseguente possibilità di creare nuova occupazione e, non ultimo, sugli equilibri politici e sociali oltre che quelli ecologici. Pertanto, l'efficiente uso delle risorse energetiche e la riduzione della dipendenza energetica rappresentano obiettivi cruciali di politica economica da cui dipendono non solo la stabilità e crescita del sistema produt-

² Gli obiettivi delle politiche energetiche, che dal secondo dopoguerra agli anni Ottanta del secolo scorso sono consistiti nell'accrescimento delle fonti energetiche nazionali per garantire una maggiore sicurezza negli approvvigionamenti e l'equilibrio della bilancia energetica oltre che la stabilità e crescita del sistema socioeconomico, attualmente consistono nella fissazione e nel conseguimento di alcuni standard di salvaguardia ambientale attraverso la promozione di fonti energetiche rinnovabili e a basso impatto sull'ecosistema nonché nella promozione della concorrenza tra i produttori e fornitori di energia attraverso la liberalizzazione dei mercati e delle reti di distribuzione delle fonti di energia (soprattutto elettricità e gas), essendo notevolmente accresciutasi l'influenza dei movimenti ecologisti e delle teorie economiche di stampo liberista. Sull'evoluzione delle politiche energetiche e degli obiettivi da esse perseguite si vedano Clark (1990), McGowan (1990) e (1996), Kalicki e Goldwin (2005), citati in Prontera (2008).

³ Il ruolo che l'energia svolge nei processi di crescita economica è oggetto di ampia analisi. Autori come Warr e Ayres (2012), per esempio, analizzano gli USA e il Giappone tra il 1950 e il 2000 producendo la stima di una funzione di produzione a tre variabili per dimostrare empiricamente come il processo di crescita economica sia collegato non solamente a fattori produttivi tradizionali (il lavoro e il capitale), ma anche a un altro fattore non tradizionale (il lavoro utile). In particolare, le misure che concorrono a formare quest'ultimo fattore sono tutte basate su aspetti energetici. Nel loro lavoro, infatti, il "lavoro utile" è calcolato come prodotto tra inputs di energia primaria e una media di efficienza di conversione energetica stimata come funzione di mutamenti tecnologici che si registrano nel corso del tempo.

tivo, ma la stessa sovranità e indipendenza politica dello Stato nonché, di conseguenza, sia la libertà sia l'attuale e il futuro benessere della collettività e dei singoli individui che la compongono⁴.

In questa prospettiva, l'esame delle politiche energetiche adottate ai vari livelli (globale, europeo, nazionale e locale) tenderà a tenere in considerazione una serie di fattori sia di carattere socioeconomico e politico sia di carattere ambientale. Infatti, nell'impostazione e valutazione delle politiche energetiche si verifica una notevole propensione a dare risalto ai loro possibili effetti sull'ecosistema. In particolare, la loro efficacia è misurata prevalentemente dalla loro capacità di ridurre le emissioni nocive nell'atmosfera (soprattutto di CO₂), mentre non sono stimati altri impatti egualmente dannosi e spesso irreversibili sugli equilibri ambientali e socioeconomici. Pertanto, al fine di valutare meglio i possibili effetti delle scelte effettuate in campo energetico dall'Unione Europea (par. 4) e, quindi, dall'Italia con specifico riguardo al caso della Puglia (par. 5), in questo lavoro preliminarmente si procederà a delineare un articolato quadro di riferimento teorico ed empirico. In questa cornice saranno focalizzate le problematiche riguardanti il ruolo delle politiche energetiche nei processi di sviluppo e sulla stabilità socioeconomica (par. 2), nonché le attuali tendenze e dinamiche relative ai consumi e all'approvvigionamento di fonti a livello globale (par. 3). In conclusione si tratteranno alcune indicazioni di *policy* (par. 6).

2. Politiche energetiche e stabilità e crescita del sistema socioeconomico

La cruciale importanza delle politiche energetiche ai fini della stabilità e crescita del sistema socioeconomico è evidenziata dalla molto stretta correlazione esistente tra il livello dei consumi di energia e il tasso di sviluppo e di industrializzazione dei diversi Paesi. Infatti, a fronte di una media mondiale di consumo pro capite di energia pari a 1,7 tep/anno, le aree industrialmente più avanzate fanno riscontrare valori che vanno dai 7,9 tep/anno degli USA ai 3,1 tep/anno dell'ex URSS e dei Paesi dell'Est Europa (Europa OECD 3,5 tep/anno), mentre quelli in ritardo presentano valori che tendono ad attestarsi tra l'1,1 tep/anno dell'Asia orientale e lo 0,6 tep/anno

⁴ A tal fine, qui basterà ricordare gli effetti estremamente negativi che gli shock petroliferi ebbero sulla stabilità e crescita dei sistemi produttivi negli anni Settanta del secolo scorso oppure le recenti tensioni economiche e pressioni inflazionistiche innescate dall'oscillazione dei prezzi del petrolio e delle derrate alimentari attribuibili all'aumentata domanda di energia.

dell’Africa e lo 0,4 dell’Asia meridionale⁵. D’altronde, come il fabbisogno di energia sia positivamente correlato con il tasso di crescita è dimostrato anche dall’andamento dei consumi energetici nel lungo periodo. Nel Regno Unito, per esempio, l’utilizzo di fonti energetiche primarie, all’inizio dell’Ottocento (periodo in cui il Paese si trasforma in un’economia industriale), era valutabile in oltre 0,5 tep/anno pro capite (0,55 tep/anno), nel Novecento assommava già a 2,8 tep/anno per crescere fino a 3,5 tep/anno nel Duemila⁶. Larga parte di tutto questo fabbisogno energetico risulta coperto da combustibili di origine fossile (nel 2008 33% petrolio, 27% carbone e 21% gas, pari all’81% del totale), mentre la restante quota della domanda di energia primaria mondiale è in parte soddisfatta dal nucleare (6%) e in parte dalle fonti di energia rinnovabile (12,8% del totale)⁷.

Questo amplissimo contributo delle fonti energetiche di origine fossile al soddisfacimento del complessivo fabbisogno di energia pone gravi problemi tanto di carattere strutturale quanto di carattere congiunturale. Infatti, trattandosi di stock di risorse non reintegrabili, la molto consistente dipendenza del processo di crescita economica dalla disponibilità di energia a bassi costi ha portato a mettere in dubbio la sostenibilità nel tempo e nello spazio del modello di sviluppo finora adottato e dei sistemi produttivi e stili di vita e di consumo da esso discendenti. Inoltre, dato che la loro ubicazione risulta parecchio polarizzata (tanto da determinare delle sostanziali forme di monopolio naturale), i loro mercati sono caratterizzati da imperfezioni tali da poter determinare consistenti e non sem-

⁵ I dati, che si riferiscono al 2004, sono ripresi da Beretta (2006) e Zanetti G. (2008). Per un più articolato quadro dei consumi energetici nei Paesi poveri IEA – UNDP – UNIDO (2010).

⁶ I dati si riferiscono al Regno Unito e sono tratti da Silvestri (1988) e da Beretta (2006). Per quanto riguarda l’Italia, secondo Beretta (2006), il consumo di energia pro capite era di 0,5 tep/anno nel 1900, di 1,0 tep/anno nel 1939, di 2,5 tep/anno nel 1980 e di 3,0 tep/anno nel 2000.

⁷ Secondo il rapporto REN21 (2010) la quota delle rinnovabili nei consumi finali di energia ammonterebbe a oltre il 19% del totale. Di questa porzione la parte più consistente sarebbe costituita dalle biomasse tradizionali (13%) e dall’energia idraulica (3,2%), invece soltanto l’1,4% sarebbe formato dall’energia geotermica, dal solare termico e da altre forme di biomassa utilizzate al fine del riscaldamento e appena lo 0,7% dall’eolico, dal fotovoltaico, da biomasse e dall’energia geotermica per la produzione di potenza. Infine, i *biofuel* coprirebbero una frazione ancora più esigua (appena lo 0,6%). L’elevato apporto delle biomasse tradizionali ai consumi complessivi di energia trova spiegazione nel fatto che esse rappresentano ancora la principale fonte di energia nei Paesi a economia rurale, in cui ancora vivono i circa due terzi della popolazione mondiale (Silvestri, 1988; Beretta, 2006). Inoltre, sempre secondo il rapporto REN21 (2010), il contributo delle rinnovabili alla produzione elettrica mondiale nel 2008 corrisponderebbe invece al 18,5% del totale di cui la gran parte proveniente dall’idroelettrico (15,9%). Si deve comunque segnalare come le fonti di energia rinnovabile siano cresciute dal 1990 a oggi a un tasso medio annuo (1,9%), pari a quello dell’offerta mondiale di energia primaria IEA (2009).

pre prevedibili e controllabili oscillazioni dei prezzi con conseguenti problemi di instabilità a livello macroeconomico (inflazione, squilibrio della bilancia dei pagamenti, disoccupazione).

Per quanto riguarda il primo aspetto, bisogna rilevare che i processi di industrializzazione sono stati generati e favoriti soprattutto dallo sfruttamento di fonti energetiche fossili (nella fase iniziale il carbone, in seguito sostituito dal petrolio) e dallo sviluppo dell'elettricità, inizialmente prodotta mediante energia idrica⁸. Infatti, tali fonti sono risultate facilmente accessibili e usufruibili, assai versatili nonché, fin quando il processo d'industrializzazione è restato circoscritto in limitate aree e ha interessato quote ristrette di popolazione, relativamente abbondanti. Inoltre, il loro utilizzo è stato notevolmente agevolato dalla possibilità di applicare tecniche in parte già sperimentate e integrate in un sentiero dello sviluppo tecnologico alquanto noto. Comunque, pur essendo emersi abbastanza presto alcuni limiti di tale modello di sviluppo⁹, la non sostenibilità di una continua e illimitata crescita economica è stata sottolineata con forza negli anni Settanta del secolo scorso¹⁰, periodo in cui peraltro si è verificato il primo shock petrolifero. In particolare, con specifico riferimento all'energia, Georgescu-Roegen ha messo in evidenza la "natura entropica" dei processi produttivi e, più in

⁸ È noto come la "rivoluzione industriale" sia stata resa possibile dall'invenzione della pompa a vapore, che ha potuto prima consentire lo sfruttamento sistematico e intensivo delle miniere di carbone e in seguito, grazie alla maggiore disponibilità di tale fonte energetica a costi contenuti, di applicare sempre su più ampia scala la forza motrice generata dal vapore a fini di produzione e trasporto delle merci. Come pure è noto che in Italia i processi di industrializzazione ebbero inizio tra la fine dell'Ottocento e i primi del Novecento, quando si riuscì a utilizzare come fonte di energia quella idroelettrica, concentrandosi così in quelle regioni settentrionali (soprattutto in Lombardia, Piemonte e Liguria), in cui tale fonte energetica risultava di più agevole sfruttamento De Rosa (1973), Castronovo (1996), Mathias e Davis (2009).

⁹ Il primo a evidenziare i limiti della crescita a causa di un aumento esponenziale della popolazione fu Malthus (1789) (1803) e (1820). Successivamente, Stuart Mill (1848) ipotizzò che l'incremento della ricchezza si sarebbe prima o poi interrotto a causa del decrescere del saggio di profitto e che l'economia sarebbe entrata in uno stato stazionario, inteso come fase di equilibrio e non di *ristagno economico*, in cui si sarebbero potute determinare condizioni favorevoli al cambiamento in positivo delle condizioni dei lavoratori, se non si fosse verificato un eccessivo accrescimento della popolazione. Più recentemente, hanno affermato che la "salvezza ecologica" vada ricercata nel raggiungimento dello "stato stazionario" Boulding (1966), Hardin (1968), Istock (1971), Meadows *et al.* (1972), Daly (1973). Sull'insufficienza di questa ipotesi si veda Georgescu-Roegen (1975) e (1977).

¹⁰ L'emergere della "questione ambientale" in dipendenza della forte crescita economica verificatasi nei Paesi avanzati dell'area occidentale e in quelli dell'impero sovietico dal secondo dopoguerra in poi fu messo in evidenza soprattutto dal rapporto *The Limits to Growth* del Club di Roma elaborato da Meadows *et al.* (1972), che analizzava, utilizzando il linguaggio e i metodi della scienza economica, l'insostenibilità del modello di sviluppo basato sulla progressiva e illimitata espansione della produzione.

generale, di quelli vitali¹¹. Questo mutamento di prospettiva ha aperto un ampio dibattito, tuttora in corso, sugli strumenti interpretativi e valutativi del concetto di sviluppo e, conseguentemente, sugli obiettivi di *policy* da perseguire al fine di conservare e migliorare nel tempo gli standards di vita dell'attuale generazione e di quelle future¹². Nella discussione in atto, si confrontano posizioni alquanto divergenti sulle possibili ricadute economiche, sociali e ambientali delle potenziali scelte dei decisori politici, a causa delle differenti aspettative circa la capacità del progresso scientifico e tecnologico di superare gli odierni ostacoli all'utilizzo dei flussi di immense risorse naturali ancora non pienamente sfruttate. In realtà, la gamma delle posizioni teoriche varia da quelle che sostengono la capacità del sistema economico di continuare a crescere, senza i vincoli imposti dalla scarsità delle risorse naturali, grazie all'apporto della tecnologia¹³ a quelle che, invece, propongono una politica della decrescita¹⁴. Tra questi due estremi, si collocano altre posi-

¹¹ Secondo Georgescu-Roegen (1975), "il processo economico non è isolato e autosufficiente; esso non può sussistere senza un interscambio continuo che provoca cambiamenti cumulativi sull'ambiente, il quale ne è a sua volta influenzato". Inoltre, esso "come qualunque processo vitale è irreversibile (e in modo irrevocabile) [...] e si limita a trasformare energia e materia di valori in scarti". Pertanto, "è la termodinamica, tramite la legge dell'entropia, che riconosce la distinzione qualitativa fra *input* di risorse dotate di valore (bassa entropia) e *output* di scarti privi di valore (alta entropia)".

¹² Questo dibattito ha portato nel 1987 la Commissione Internazionale su Ambiente e Sviluppo, meglio conosciuta come Commissione Brundtland, a formulare una definizione di "sviluppo sostenibile", che è quella ormai prevalentemente accettata WCED (1987). Tuttavia, la traduzione in termini operativi di questo concetto, che si presta a molteplici e non univoche interpretazioni, ha determinato una sua continua mutazione a causa della necessità di adattarlo alle diverse priorità e ai differenti obiettivi fissati dai *policy makers*. Come pure ha stimolato la formulazione di numerosi indicatori e indici sintetici (*Human Development Index* dell'UNDP, *Ecological Footprint* del Living Planet Report del WWF, *Sustainable Development Indicators* dell'OECD, *Indice Ambientale Globale* della Commissione Europea, *Indice per lo Sviluppo Sostenibile in Italia* adottato dal CNEL, *FEEM Sustainability Index*, sviluppato dalla Fondazione Eni Enrico Mattei).

¹³ Secondo questa visione sarebbe impossibile ipotizzare un limite assoluto alla disponibilità di risorse, tenuto conto che la stessa definizione di "risorsa" subisce cambiamenti drastici e imprevedibili e che, in termini economici, tale limite non può essere né definito né specificato Barnett e Morse (1963). Inoltre, attraverso l'evoluzione tecnologica, le cui potenzialità non conoscono limiti, sarebbe sempre possibile migliorare la produttività di qualsiasi risorsa scarsa o forma di energia oppure riuscire a sostituirla con altre Barnett e Morse (1963), Beckerman (1972), Solow (1973; 1974). Pertanto, grazie a questa incondizionata fede nella crescita economica e nello sviluppo tecnologico, si arriva anche a ipotizzare che la terra possa arrivare a nutrire una popolazione mondiale di 45 miliardi di persone Clark (1963) e l'eliminazione di qualsiasi forma di inquinamento a costi contenuti Solo (1974). Tutti i riferimenti riportati sono tratti da Georgescu-Roegen (1975).

¹⁴ Secondo i sostenitori della decrescita, tra i primi Georgescu-Roegen (1982), anche il con-

zioni, più pragmatiche, che tentano di coniugare i tradizionali obiettivi correlati con il conseguimento della *performance* economica con altri in cui si tiene conto di variabili ambientali (lotta ai cambiamenti climatici, gestione responsabile delle risorse naturali ecc.) e sociali (lotta alla povertà, promozione dell'inclusione sociale, conoscenza, formazione e occupazione, eccetera) per definire la direzione e il corso dello sviluppo¹⁵. In tali visioni, la crescita economica è considerata il presupposto per la stabilizzazione dell'incremento demografico, vista la forte correlazione tra tasso di fertilità e livello del reddito¹⁶. Come pure, si tende a conferire sempre maggiore importanza a politiche tese a un più corretto ed efficiente utilizzo del potenziale disponibile in termini di stock di capitale umano, economico e ambientale ovvero volte a sostenere l'attività di ricerca nel campo del risparmio energetico e dello sviluppo di fonti rinnovabili di energia attraverso varie forme di incentivazione. In definitiva, seppure con una certa gradualità imposta dall'evoluzione del progresso scientifico e tecnologico nonché dalla difficoltà di modificare radicalmente e celermente il paradigma produttivo e gli stili di vita vigenti a causa degli enormi costi economici e sociali che ciò comporterebbe, si perseguono un cambiamento del modello di sviluppo e una ridefinizione delle priorità nelle scelte politiche, in cui la gestione e l'utilizzo delle risorse naturali, particolarmente quelle energetiche, rappresentano uno dei nodi cruciali da sciogliere sia per i Paesi avanzati sia per quelli emergenti o ancora in ritardo di sviluppo se si vogliono garantire a tutti, a livello *infra* e intergenerazionale, gli stessi standard esistenziali.

Per quanto riguarda il secondo aspetto, la possibile generazione di forme di instabilità a livello macroeconomico determinate dalle oscillazioni

retto di sviluppo sostenibile, a causa della sua vaghezza, si presta a interpretazioni tali da non escludere la positività e desiderabilità della crescita economica con tutti i risvolti che essa comporta in termini di produzione di esternalità negative. Pertanto, pur ritenendo catastrofici per l'attuale sistema socioeconomico tassi negativi di crescita, propongono un programma per una "decrecita serena, conviviale e sostenibile", basato sul conseguimento di 8 criteri/obiettivi di carattere concettuale e operativo, le cosiddette "otto R": 1. rivalutare, 2. riconcettualizzare, 3. ristrutturare, 4. ridistribuire, 5. rilocalizzare, 6. ridurre, 7. riutilizzare, 8. riciclare (Latouche, 2005; 2006; Bonaiuti, 2005).

¹⁵ Per utili approfondimenti su questi temi si può far riferimento ai lavori di autori come Jackson (2011) e O'Neill *et al.* (2010).

¹⁶ Si riscontra una rapporto inverso tra livello di reddito e tasso di fertilità. Infatti, nei Paesi con un elevato tenore di vita e conseguenti più alti consumi pro capite di energia i tassi di crescita demografica sono molto bassi o nulli, mentre in quelli più poveri si assiste a un elevato incremento della popolazione. Secondo Beretta (2006), "un gradino importante nello sviluppo sembra essere il superamento della soglia di un tep/anno pro capite". Infatti, a questo livello di consumi "le condizioni sociali migliorano, l'aspettativa di vita raggiunge i 70 anni, la fertilità diminuisce e il tasso di crescita si riduce, la crescita demografica rallenta".